

CIAT
SB
208
.T7
RA
v.2

Programa de Pastos Tropicales

Referencias y Ayudas Utilizadas
en el Programa de Capacitación
Científica en Investigación para
la Producción y Utilización
de Pastos Tropicales



Volumen 2

CIAT
BIBLIOTECA

58274



Centro Internacional de Agricultura Tropical

SERVICIOS REFERENCIALES Y BIBLIOGRAFICOS

X. DESARROLLO DE PASTURAS

1. Recomendaciones generales para el establecimiento y mantenimiento de pastos en la zona de Carimagua Llanos Orientales de Colombia.
J.M. Spain 509
2. Establecimiento de pastos en Zonas Tropicales.
J.M. Spain. 532
3. Establecimiento de pastos mediante siembras ralas.
J.M. Spain, C. Castilla y L.H.Franco 541

XI. CALIDAD DE PASTURAS Y NUTRICION

1. Utilización del recurso forrajero para producción de ganado de carne.
C. Lascano 553
2. Calidad de pasturas y nutrición. Cuadros y gráficos.
C. Lascano. 579
3. Aspectos de calidad forrajera de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweickt, en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia.
C. Lascano, P.Hoyos y J. Velasquez 640
4. Medición de consumo bajo pastoreo.
C. Lascano 658

XII. PRODUCTIVIDAD Y MANEJO DE PRADERAS.

1. Efecto de los factores de manejo del pastoreo sobre la utilización de pasturas tropicales.
L.E. Tergas 669
2. Productividad animal potencial y manejo de praderas en un ultisol de Colombia.
L.E. Tergas, A. Ramírez, G. Urrea, S.Guzman y C. Castilla 699
3. Productividad animal y manejo de Brachiaria humidicola (Rendle) Sch. en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia.
L.E. Tergas, O. Paladines, I. Kleinheisterkamp. 718

(Continuación....)

Pag.

4. Pastos y Producción animal en la Amazonfa.
J.M. Toledo, E.A. Serrao 733
5. Selección de cultivares de pastos a partir de un
gran número de entradas sometidas a pastoreo.
B. Grof 785
6. Sistemas de producción ganadera en el Trópico de
América.
O. Paladines 801

XIII. BIOMETRIA

1. Nociones básicas del diseño y análisis de
experimentos.
M.C. Amezcua. 858
2. Métodos para los estudios sobre utilización de
las praderas.
O. Paladines. 915

XIV. ECONOMIA

1. Principios para la evaluación económica de proyectos
de inversión.
Eugenia de Rubinstein 985
2. Criterios para la evaluación económica de proyectos
de inversión.
L. Rivas 1013
3. Metodología para realizar el cálculo de las
proyecciones del rebaño vacuno.
A. Carrillo 1031
4. Evaluación del uso estratégico de una pastura en
hatos de cría. Estudios de caso.
C. Seré 1055
5. Análisis económico de sistemas de ceba en pastos
mejorados en los Llanos Orientales de Colombia.
R.D. Estrada, C. Seré 1063

X. DESARROLLO DE PASTURAS

- Recomendaciones generales para el establecimiento y mantenimiento de pastos en la Zona de Carimagua, Llanos Orientales de Colombia.

M. Spain

- Establecimiento de Pastos en Zonas Tropicales. James M. Spain

- Establecimiento de Pastos mediante siembras ralas.

J.M. Spain

C. Castilla y

L.H. Franco

RECOMENDACIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE PASTOS EN LA ZONA DE CARIMAGUA, LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

Editado por J.M. Spain, Febrero, 1978; Revisado Marzo, 1982

INTRODUCCION

En Febrero, 1978, se preparó "Recomendaciones Generales para la Siembra de Pastos en Carimagua". Después de un año, fue necesario actualizar y ampliar las recomendaciones. Después de cuatro años se ha realizado la segunda revisión. La mayoría de las modificaciones y cambios se basan en conversaciones y reuniones realizadas entre los técnicos de Carimagua y comunicaciones de investigadores no residentes. Se seguirán actualizando las recomendaciones a medida que la experiencia dicte los cambios.

PREPARACION DEL TERRENO

Cuando se inicia con sabana nativa es necesario una quema antes de la preparación del terreno. La cantidad de rastrojo acumulado depende del tiempo que transcurra entre la quema y la preparación de la tierra. No es conveniente dejar pasar más de dos ó tres meses después de quemar antes del primer paso del rastrillo en el invierno.

Se recomienda el uso del rastrillo californiano (off-set-disc) con dos ó tres pases, según el peso del implemento y las condiciones del suelo, dejando la superficie bastante rugosa con terrones y restos de raíces y rastrojo en la superficie pero controlando bien las especies nativas. Uno ó dos pases al final del invierno y un pase al entrar el próximo invierno han dado buenos resultados.

Otro sistema que ha dado resultado consiste en hacer un pase con el equipo de escardillos (cultivadora de campo "International Harvester") a una profundidad de 12-15 cm, seguido por un pase de rastrillo californiano después que hayan caído 2-3 aguaceros.

Se puede utilizar el arado para una preparación más profunda, pero de acuerdo a la experiencia en Carimagua, no parece necesaria, debido a las condiciones físicas de los suelos. En caso de arar, es importante pasar primero con el rastrillo (californiano) para romper el césped; de otra manera el arado bota cespedones demasiado grandes que hacen extremadamente difícil el siguiente pase con el rastrillo. Generalmente es necesario otro pase de rastrillo después de la arada. Cuando la siembra se realiza sobre un potrero viejo, el arado es a veces conveniente para acabar con especies que son más difíciles de controlar que las de sabana nativa.

Una posible ventaja del arado sería el control de hormigas arrietas que poseen nidos superficiales y susceptibles a una labor de arado de 20 a 25 cm de profundidad. Observaciones realizadas en Carimagua confirman la destrucción total o parcial de los hormigueros de la hormiga arrieta (*Atta* spp.), la cual construye las entradas a sus cuevas en forma de torres de paja.

En ningún caso se recomienda el uso excesivo del rastrillo californiano ó pulidor porque deja la tierra demasiado suelta con una superficie de estructura muy fina sujeta a la erosión (aún en pendientes muy suaves) y a la formación de una costra que interfiere en la salida de la plántula. La causa principal de la escorrentía y erosión es el sellamiento de la superficie, resultando en una tasa de infiltración demasiado baja. La superficie se sella muy fácilmente si se encuentra muy plana y de estructura fina con poca protección de raíces viejas ó rastrojo.

Suelos arenosos y de pendiente requieren un trato especial para evitar su sobrepreparación. Con algunas especies vigorosas y agresivas, la preparación en base a solo escardillos ó palas puede ser satisfactoria, aunque deja alguna vegetación nativa sin controlar. En muchos casos, un solo pase del rastrillo californiano es suficiente para suelos muy livianos (arenosos).

En el caso de siembras a escala comercial, una manera eficiente de preparar el terreno es la de trabajar lotes grandes en rectángulos comenzando en una diagonal (de esquina a esquina) y terminando en la otra, habiendo realizado en el curso dos pases con el rastrillo californiano como se muestra en la Figura 1. Si fuera necesario se podría hacer otro pase (sencillo) después de 15-30 días, según el tiempo, para un mejor control de la vegetación.

La preparación del terreno en los bajos y esteros tiene que realizarse durante el verano. Los sistemas son similares a los que se utilizan en la sabana alta. La fecha óptima depende del grado de inundación y el nivel freático.

NIVELACION E INCORPORACION DE FERTILIZANTE Y/O CAL

Cuando la investigación es a base de parcelas pequeñas en que la presencia de hormigueros u otro relieve en el terreno interfieren, conviene el siguiente proceso: rastrillar, luego arar seguido por una nivelación con un equipo similar a la Eversman que se tiene en Carimagua. Después de la nivelación se ara y rastrilla de nuevo para tener la tierra preparada pero tratando de dejar la superficie algo rugosa. Todo este trabajo resulta en una sobre-preparación del terreno con el peligro de erosión al haber alguna pendiente y se recomienda solamente para parcelas pequeñas.

Si los tratamientos incluyen la incorporación de cal ó fertilizantes se recomienda lo siguiente: después de nivelar el terreno, hacer la aplicación del 50% de la dosis de cal ó fertilizante a ser incorporado. Luego pasar con el rastrillo californiano a una profundidad de 10-12 cm seguido por una arada de 20-25 cm para luego hacer la aplicación del otro 50% de la cal ó fertilizante seguido por una última rastrillada de 12-15 cm con el californiano. Así se logra una incorporación muy uniforme hasta la profundidad de la arada. Al parecer, la aplicación superficial de fertilizantes, tanto en banda como al voleo es satisfactoria, y más aún si se deja la superficie rugosa como se recomienda.

ENCALAMIENTO Y FERTILIZACION

Encalamiento

En Carimagua se trabaja casi exclusivamente con especies que son tolerantes a la acidez. Por lo tanto, normalmente no se recomienda aplicaciones de cal. El calcio necesario como nutrimento se suministra normalmente a través del fertilizante fosfatado. En el Cuadro 1, se presentan los contenidos de P_2O_5 , $CaCO_3$ y otros elementos en las fuentes más comunes de P. Con fuentes más concentradas de P como superfosfato triple, se recomienda la aplicación de Ca para compensar su bajo contenido. (Cuadro 3).

Fertilización de Establecimiento

Las recomendaciones para la fertilización no se han hecho buscando rendimientos máximos, sino un buen establecimiento de plantas vigorosas, persistentes y productivas durante varios años; teniendo en cuenta la filosofía de insumos mínimos que se ajuste de acuerdo a las especies a sembrar.

Se han encontrado algunas diferencias entre especies en cuanto a requerimientos para fósforo, potasio, magnesio y azufre y por lo tanto es difícil hacer una recomendación que sirva para todas. De las gramíneas que se han sembrado, las menos exigentes son Melinis minutiflora, Brachiaria humidicola, Andropogon gayanus y B. decumbens. Las más exigentes son Panicum maximum, Hyparrhenia rufa, Brachiaria radicans (Tanner), Brachiaria mutica (pará).

Entre las leguminosas también existen diferencias en su requerimiento de fertilizantes. Las menos exigentes parecen ser: Stylosanthes capitata, S. guianensis y Zornia latifolia. Desmodium ovalifolium y Pueraria phaseoloides (kudzú) son más exigentes, especialmente en Mg. Ambas han respondido en condiciones de campo en Carimagua a aplicaciones de este elemento en forma muy dramática.

En el Cuadro 2 se presenta una clasificación tentativa de gramíneas y leguminosas con respecto a sus requerimientos nutricionales. Para el establecimiento de las especies menos exigentes se recomendaría la aplicación de 25 kg de P_2O_5 , 12 de kg de K_2O y 6 kg de Mg y S; en el otro extremo de exigencia, 100 kg de P_2O_5 , 50 kg de K_2O y 25 kg de Mg y S. El Cuadro 3 incluye recomendaciones tentativas para las especies de mayor interés en Carimagua.

Fertilización de Mantenimiento

En experimentos con parcelas pequeñas donde se cosecha periódicamente todo el forraje, la extracción de nutrimentos es muy fuerte y las necesidades de mantenimiento son altas. Una base para la dosis de mantenimiento sería las cantidades de elementos extraídos. El Cuadro 4 muestra el rango de extracción de los diferentes elementos por algunas especies de interés especial en Carimagua.

En cambio si se trata de experimentos de pastoreo, la remoción de nutrimentos del potrero es muy reducida. El animal contiene, en base a peso vivo, aproximadamente 0.75 % P, 0.20% K, 1.35 % Ca y 0.04 % Mg. Con una ganancia de 300 kg en peso vivo/ha/año, las extracciones del potrero serían 2.2 KgP, 0.6 Kg K, 4.0 Kg Ca y 0.1 Kg Mg. Si ocurre un proceso de redistribución de la fertilidad que junto con pérdidas por lixiviación de K y fijación de P, hacen necesarias las aplicaciones de mantenimiento. Cuando las gramíneas están sembradas solas y sin aplicación de N, es probable que esta sea tan limitante que el efecto de P y K después del establecimiento sea inhibido. Al aplicar N ó tener el pasto en asociación con una leguminosa, las respuestas al P, K y probablemente al Ca, Mg y S también van a ser mayores, requiriendo así aplicaciones de mantenimiento cada uno ó dos años. Sin tener una base muy firme para recomendar dosis de mantenimiento, se sugiere para pastoreo, aplicaciones de 5 - 6 kg c.u. de P_2O_5 y K_2O y unos 3-4 kg de Mg y S por cada 100 kg peso vivo/ha/año (Cuadro 3). En suelos de textura fina como son los de la parte plana de Carimagua, se podría hacer aplicaciones de mantenimiento cada dos años, ajustando las cantidades a aplicar.

Las mejores épocas para la aplicación del fertilizante de mantenimiento en potreros parecen ser a principios ó a finales de la época lluviosa. La ventaja de la aplicación al final del invierno sería reducir las pérdidas por lixiviación y permitir que la planta se fortalezca para el verano.

Fuentes de Fertilizantes

Tradicionalmente, el calfos (Escoria Thomas) ha sido la fuente menos costosa del P, a pesar de su bajo tenor del elemento. El problema principal del calfos es la baja producción. Además, el costo del producto y el transporte hasta Carimagua estan llegando a un nivel (4.000 /T - producto puesto en Bogotá + \$2,500/T el transporte) en que se esta analizando la conveniencia de seguirlo trayendo, frente a la roca fosfórica. Este esta dando resultados iguales o superiores en la mayoría de los casos a los obtenidos con fuentes de P mucho más costosas, cuando se aplica a pastos que no requieren cal. El valor actual de R. F. Pesca es de \$4.000 /T Bogotá.

El muriato de potasio (KCL) contiene 60% K₂O y es la fuente más barata de este elemento. El sulfato de potasio es más costoso por unidad de K pero tiene la ventaja del S que aporta.

Una posible fuente de K, Mg y S sería el "Sulpomag" una sal doble de K y Mg que contiene aproximadamente 22% de K₂O y S y 11% Mg. Otras fuentes de Mg y S serían: cal dolomítica, óxido de magnesio, sulfato de magnesio, azufre elemental y superfosfato simple (El superfosfato triple contiene muy poco azufre).

El factor costo/unidad nutrimento puesto en la finca, es el más importante. En el Cuadro 5 se presentan los precios actuales (Marzo 1982) de varios abonos puestos en Bogotá. El costo del transporte Bogotá-Carimagua es de \$2,500/T (1 Nov. 81).

Abonos Completos

El uso de abonos completos (compuestos) para el establecimiento y mantenimiento de pastos tiene la ventaja de que normalmente son más fáciles de conseguir que las fuentes arriba mencionadas y que no hay necesidad de mezclarlas. Por otro lado, rara vez coinciden las fórmulas disponibles con las necesidades en el campo. Para Carimagua, las fórmulas más aceptables serían: 10-30-10, 4-20-20, 4-24-12 y 0-25-25.

Abonos Nitrogenados

El N no parece muy limitante durante el primer año de establecimiento de gramíneas después de sabana nativa. Para que tenga un efecto significativo en el mantenimiento de la pradera es probable que sea necesaria una dosis de por lo menos 50 kg N/ha/año. Por lo tanto es poco probable que el N contenido en un compuesto de 10-30-10 ó 10-20-20 a razón de 100 ó 200 kg/año, tenga mayor efecto en la producción del pasto. La úrea es la fuente más común y barata de N pero debido a pérdidas grandes por volatilización cuando se aplica al voleo y sin incorporar se recomienda su aplicación sobre suelo húmedo pero no saturado.

Casi todas las gramíneas responden altamente al N después de agotarse las reservas en el suelo. Ensayos conducidos en Carimagua muestran claramente el efecto positivo del N en potreros de B. decumbens después de 1, 2 y 3 años de pastoreo en términos de producción de forraje. Sin embargo, su uso no es económico bajo las condiciones actuales en Carimagua.

Se piensa que las leguminosas son la mejor fuente de N para las gramíneas asociadas. La cantidad de N aportada por leguminosas forrajeras tropicales en asociación con gramíneas se estima en 100-150 kg/año. Por lo tanto, en ensayos donde se pretende simular una asociación pero con gramínea pura, serían recomendables aplicaciones de este orden.

Micronutrientes

Resultados obtenidos bajo corte en Carimagua con gramíneas y leguminosas tropicales no muestran respuesta en producción de forraje a las aplicaciones de micronutrientes. La disponibilidad de Cu, B y Mn bajo condiciones de sabana nativa en Carimagua es adecuada para el establecimiento de pasturas. Aplicaciones de Zn (4 Kg/ha) inducen incrementos en la concentración en el tejido, especialmente en gramíneas. Sin aplicaciones de Zn, las gramíneas con excepción de Brachiaria humidicola 679, presentan en el tejido concentraciones

de Zn próximas o por debajo del nivel de deficiencia (20 ppm Zn) y cercanas al límite inferior del requerimiento de vacunos (15 ppm Zn). En leguminosas, sin aplicaciones de Zn, las concentraciones en tejido llenan suficientemente el requerimiento del animal y de la planta.

Sin embargo, en condiciones de macetas se han registrado respuestas a Zn y otros elementos como Cu y B. La remoción de todo el forraje de la maceta debe inducir deficiencias de casi todos los elementos después de varias cosechas.

Niveles altos de P pueden inducir una deficiencia de Zn aún en la primera cosecha, igual que el encalamiento con algunas especies. Es una gran ventaja trabajar con especies que por lo general no requieren cal y funcionan bien a niveles relativamente bajos de P. Sin embargo, en todos los ensayos que se manejan bajo corte, es necesario prever la posibilidad de deficiencias de micronutrientes. En tales casos son recomendables dosis preventivas de Zn, Cu, Mo, y B. En suelos tan ácidos como los Oxisoles de Carimagua, es de esperar deficiencias de Molibdeno. Hasta la fecha, no se han observado y el hecho de que las leguminosas se infectan con los inoculantes usados y en muchos casos con cepas nativas que, al parecer, fijan N eficientemente, confirma la no deficiencia de Mo.

SIEMBRA

Epoca de Siembra

En el año: Las condiciones ambientales en la zona de Carimagua permiten la siembra de pastos durante varios meses, comenzando en Abril y siguiendo hasta Octubre para muchas especies. Para mayor seguridad en cuanto a humedad para especies de semilla pequeña sembradas superficialmente y/o muy susceptibles a la sequía, es mejor esperar hasta finales de Abril ó principios de Mayo. Los meses de más precipitación son Junio y Julio. Normalmente se presenta un veranillo en Agosto ó a principios de Septiembre que podría durar 10-15 días. Después del 15 de Noviembre, las lluvias son poco confiables. Durante 1978

se sembraron exitosamente ocho especies (A. gyanus, B. decumbens, P. maximum, M. minutiflora, S. capitata, Z. latifolia, D. ovalifolium, P. phaseoloides) cada mes desde Abril hasta Octubre.

Después de la preparación del suelo: Es indispensable dejar caer 2-3 lluvias fuertes antes de sembrar especies de semillas muy pequeñas (A. gyanus, M. minutiflora, H. rufa) para que el suelo se asiente y así evitar la tapada excesiva de la semilla con la tierra suelta que resulta de la labranza. Además, parece conveniente dejar pasar 1-2 meses para que la población de hormigas disminuya después que se destruya la vegetación que había.

De las especies en asociación: Es conveniente sembrar simultáneamente la leguminosa y la gramínea en asociación. En caso de un crecimiento excesivo de la gramínea, se le puede controlar mediante un pastoreo. En cambio, ha sido difícil controlar el exceso de leguminosa con el pastoreo porque las gramíneas son casi siempre más perseguidos que las leguminosas durante la época lluviosa.

Siembras con Material Vegetativo

Debido a la escasez de semilla, es a veces necesario sembrar especies por estacas, estolones ó cepas. En épocas de abundancia de lluvia, es factible sembrar directamente en el campo D. ovalifolium, S. capitata (y otras especies de Stylosanthes) y Z. latifolia por estacas sembradas verticalmente con 5-8 cm del tallo enterrado, afirmando bien el suelo alrededor de la estaca. A escala comercial, convendría la siembra de algunas especies (p.e. Z. latifolia, D. ovalifolium) en surcos con tallos (estacas) horizontales como se hace con B. decumbens. El comportamiento durante el primer año de algunas especies es muy distinto entre plantas provenientes de semilla y las de estacas. El sistema radicular puede ser muy distinto, careciendo de la raíz principal (pivotante).

Para la siembra de especies estoloníferas, como B. decumbens, B. humidicola, etc. se recomienda tapar parcialmente el material de propagación siempre dejando por lo menos un nudo expuesto, afirmando el suelo alrededor de éste.

La siembra se debe realizar sólo durante épocas de abundancia de lluvia. Mientras más probabilidad de sequía haya, más importante será la tapada y compactación sobre las cepas ó estolones.

Métodos de Siembra

Durante el invierno se puede sembrar la mayoría de las especies forrajeras superficialmente. En Carimagua existen tres tipos de máquinas sembradoras. La voleadora Apolo sirve para la siembra al voleo, mezclando la semilla con algún material inerte ó con Escorias Thomas (ver "Métodos y costos de siembra del pasto gordura (Melinis minutiflora) en los Llanos Orientales", p 6, CIAT boletín (sin número, por Forero y Spain, 1971). Es peligroso mezclar la semilla con abonos que contienen N ó K y aún P cuando es en forma de superfosfato.

La máquina "Connor-Shea" cubre una franja de 1.65 m, tiene dos tolvas, una para el fertilizante y la otra para la semilla y está provista de discos para enterrar el fertilizante y/o la semilla, colocándolos en bandas a 15 cm. La máquina John Deere es básicamente una abonadora de tolva con salidas cada 15 cm, de 3.60 m de ancho. La máquina tiene como accesorios, tolvas para semilla pequeña que se colocan detrás de la tolva grande. El mecanismo de siembra funciona mediante una cadena conectada a un piñón en el eje de las ruedas. La máquina no tiene discos, por lo tanto la siembra es superficial. Se le puede adaptar cadenas ó ramas para lograr una ligera tapada de la semilla.

Se ha utilizado la John Deere exitosamente para la siembra de B. decumbens, P. plicatum, S. capitata, S. guianensis, P. phaseoloides y D. ovalifolium. También se puede mezclar semilla de difícil manejo (A. gayanus, M. minutiflora, H. rufa) con Escorias Thomas y sembrar directamente de la tolva de fertilizantes.

Para reducir el problema de malezas en lotes recién sembrados es conveniente aplicar el P en la banda junto con la semilla, haciendo la aplicación del resto del fertilizante al voleo después que estén bien establecidas las plantas.

Así se logran concentraciones más altas de P en la zona de la plántula y se favorece menos el crecimiento de malezas entre hileras. Es necesaria una separación entre semilla y fertilizantes nitrogenados ó potásicos cuando se siembra en hilera; de otra manera hay mucho riesgo de quemar la plántula recién germinada por la alta concentración de sales en la solución del suelo. La aplicación de P, K, Mg, S de mantenimiento, se recomienda hacerla al voleo.

En épocas con alta probabilidad de períodos secos, conviene compactar la superficie después de sembrar. Existe un equipo compactador que consiste de varias llantas viejas acopladas sobre un eje. Lo ideal es compactar únicamente sobre las hileras para no favorecer la germinación de malezas en la zona intermedia y dejar una superficie más rugosa.

Para mayor seguridad en el establecimiento de dos especies en asociación, se recomienda la siembra en hileras y por separado (leguminosa y gramínea). Se ha trabajado con hileras separadas 45-50 cm, sembrando una hilera de leguminosa, una de gramínea ó dos y dos. El patrón de dos y dos parece dejar entrar más luz a la leguminosa en caso de asociaciones con gramíneas de crecimiento vigoroso y vertical. Para darle mayor ventaja a la leguminosa, se puede sembrar dos hileras de leguminosas y una de gramínea. En el caso de leguminosas que son lentas en su establecimiento ó gramíneas excesivamente vigorosas, se puede controlar la gramínea y favorecer la leguminosa mediante el pastoreo.

Siembras Ralas

La siembra de poblaciones ralas se puede hacer hasta finales de Agosto, época propicia para las especies que producen semilla a finales de la época lluviosa ó durante la época de sequía (ej. A. gyanus). La preparación del terreno se hace con rastrillo californiano, dejando la superficie terronuda. La preparación de la tierra puede hacerse en dos etapas; preparando franjas para la siembra de las matas madres y dejando el resto para preparar entrando en verano, antes de caer la semilla. Así se logra un mejor control de malezas y el hecho de comenzar el verano con una superficie floja y rugosa, ayuda a mantener ésta libre de malezas hasta las lluvias de Abril.

Se recomienda aproximadamente 1500 matas/ha para B. decumbens, D. ovalifolium, Z. latifolia y entre 500 y 1000 matas/ha para A. gayanus, P. maximum, B. radicans, B. humidicola y P. phaseoloides, sembrando con material vegetativo ó semilla. Cuando se establece por estolones, se recomienda sembrar las matas equidistantes. Cuando sea por semilla, conviene sembrar en hileras perpendiculares a la dirección del viento de verano con matas más cercanas en las hileras, p.e. 2 m entre matas en la hilera y 5 m entre hileras para una población de 1000/ha.

Se recomienda la aplicación de 3 gr P_2O_5 , 1 gr K_2O , 0.5 gr S y 0.5 gr Mg por planta en el momento de la siembra, evitando siempre el contacto directo de la semilla con el potasio.

Se puede hacer un control de plagas en el momento de la siembra aplicando en corona 2 grs de Aldrín ó Furadán por planta madre.

Después de asegurado el cubrimiento de la zona intermedia con estolones y/o semillas se debe hacer una fertilización, de acuerdo a las recomendaciones dadas para cada especie.

Semilla

Es fundamental conocer la calidad de la semilla a sembrar (pureza, porcentaje de germinación, estado de latencia) para poder ajustar la cantidad a sembrar. En el Cuadro 6 se presentan recomendaciones de cantidades de semilla pura viable. Algunas especies presentan problemas especiales de latencia y de semilla dura. En muchos casos es recomendable la escarificación de la semilla, por medios mecánicos o tratamiento químico.

Inoculación

La Sección de Microbiología está en condiciones de suministrar inóculo para casi todas las leguminosas de Categorías III, IV y V en Carimagua. Aunque existe Rhizobium nativo en el suelo que parece efectivo en algunas especies, es recomendable siempre inocular para mayor seguridad. Se están estudiando cepas de

Rhizobium tolerantes a la acidez del suelo que ofrecen mayor persistencia y la posibilidad de infectar plántulas en el segundo año. No es recomendable tratar la semilla de leguminosas con fungicidas si se inoculan.

En el Cuadro 7 se presentan las cepas recomendadas para las leguminosas de mayor interés al Programa. Se recomienda la peletización de todas las semillas de leguminosas con roca fosfórica ó cal agrícola (CIAT, 1977 pp A-46) junto con el inoculante y pegante. Se revuelve primero la semilla con pegante (cola), leche o agua de azúcar para mojarla, luego se agrega el inoculante seguido por la roca para secar la mezcla y proteger la bacteria. (Ver memo RSB-09-82).

PLAGAS

Fase de Establecimiento

Además de las hormigas arrieras (por lo menos dos especies de Atta), se presentan otras plagas como Naupactus spp. y Naupactini sp (Coleóptera: Curculionidae) que son especialmente dañinas durante los primeros meses de la época lluviosa. Son hospederas en plantas de hoja ancha en la sabana nativa; por lo tanto, es posible que una quema de la sabana en los alrededores de una siembra al iniciarse la época de lluvias disminuya el problema. Asimismo, es posible que en siembras grandes, el problema de plagas sea principalmente en la periferia de la siembra.

La destrucción de la vegetación por quema y labranza influye en la población de hormigas, especialmente las quemadas de verano y la destrucción total de la sabana por labranza. Algunos ganaderos en la zona recomiendan varios meses de descanso entre la preparación del terreno y la siembra del pasto, sin especificar las razones para tal práctica. Es probable que tenga algo que ver con una reducción en la población de hormigas, por falta de alimento.

Fase de Mantenimiento

Las plagas mas dañinas en pastos establecidos son el mion

(Aeneolamia spp, Zulia spp) en la gramínea B. decumbens y las hormigas arrieras. Andropogon gayanus parece ser especialmente susceptible al ataque de la hormiga cuando se presentan rebrotes tiernos después de una quema o bajo pastoreo muy fuerte en época de sequía cuando la tasa de crecimiento de la planta es muy baja. Las hormigas se vuelven nocturnas y son capaces de cosechar todo el rebrote cada noche y agotar rápidamente las reservas de la planta. Es obvio que se debe evitar el manejo que conducirá a esta situación.

El control del mion mediante el manejo no ha sido tan efectivo como se había pensado cuando se comenzó la siembra de B. decumbens en la zona. Brachiaria humidicola parece ser muy resistente al efecto del insecto.

CONCLUSION

Este trabajo tiene como fin principal el de servir como guía general para el investigador que trabaja en Carimagua o en ecosistemas similares. Es de esperar que el usuario vaya mejorando las recomendaciones dadas, adaptándolas a sus condiciones específicas.

Ojalá hagan llegar sus sugerencias para aprovechar sus experiencias y adicionarlas en nuevas versiones del trabajo.

Además de servir como guía de campo, el presente trabajo señala las deficiencias en los conocimientos sobre el establecimiento y mantenimiento de pastos; así indica las áreas donde se deben enfocar los esfuerzos en el futuro.

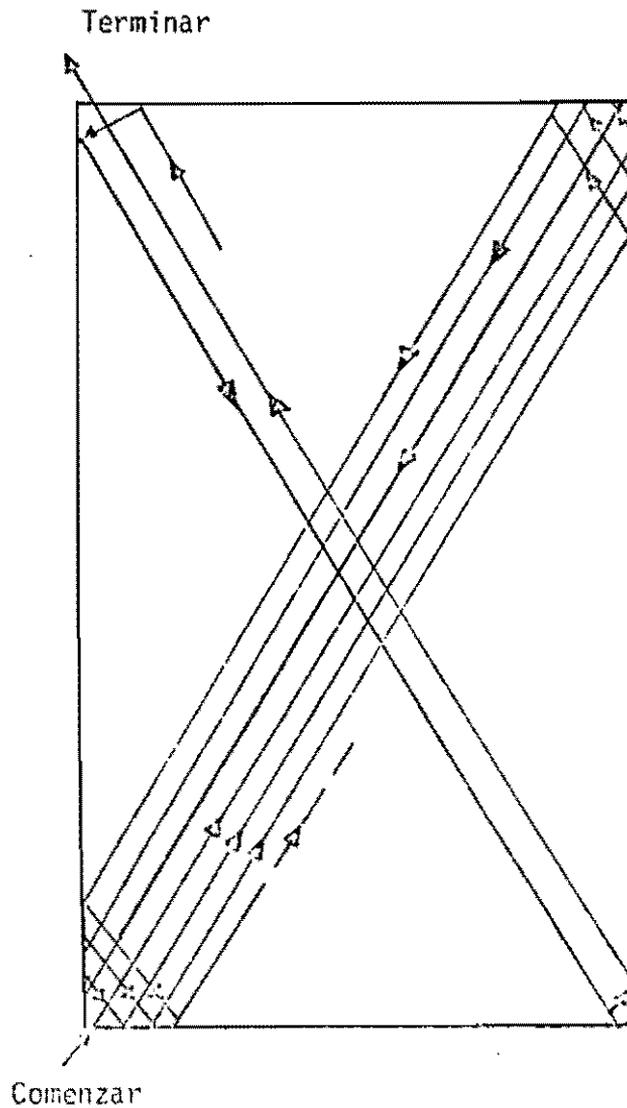
REFERENCIAS

- CIAT, Informes Anuales, 1977, 1978, (Programa Ganado de Carne hasta 1978), 1979, 1980, 1981, Programa de Pastos Tropicales.
- Humphreys, L.R. 1974. A guide to better pastures for the tropics and subtropics. Wright, Stephenson & Co. Melbourne.
- Leach, G.J., R.M. Jones and R.J. Jones. 1976. The agronomy and ecology of improved pastures. 277-307. In N.M. Shaw and W.W. Bryan, (eds) "Tropical Pastures Research, Principles and Methods". C.A.B. Bul #51. Commonwealth Bur. of Past. and Fld. Crops. Hurley.
- Spain, J.M. 1979. Establecimiento y manejo de pastos en los Llanos Orientales de Colombia. en L.E. Tergas y P.A. Sánchez (eds). Producción de Pastos en Suelos Acidos de los Trópicos. CIAT, Cali, Colombia, pp 181-190.
- Spain, J.M., L.H. Franco y G. Navas (1981). Establecimiento y manejo de praderas en la Orinoquia. Suelos Ecuatoriales, Bogotá (en imprenta).
- Spain, J. M., C. Castilla, L. H. Franco. 1980. El uso eficiente de recursos e insumos en el establecimiento y mantenimiento de pastos tropicales. Memorias. Congreso Nacional de Zootecnia, Cali, Nov. 8-12, 1979. CIAT: 65-95.
- Willard, C. J. 1962. Establishment of new seedings. p. 368-381. In H. D. Hughes, M. E. Heath, D. S. Metcalf (eds.) Forages. Iowa State University Press, Ames.

Figura 1

Un método de preparar un lote rectangular ó cuadrado en forma diagonal para facilitar el trabajo, las vueltas en los extremos y lograr mayor eficiencia. Cuando se termina el lote en la diagonal opuesta a la del comienzo, se habrá completado dos pases sobre todo el lote.

Recomendado para el rastrillo californiano (off-set-disc)



Cuadro 1. Rango de contenido de P_2O_5 , $CaCO_3$ (equivalente) y otros elementos de fuentes más comunes de P en Colombia

Producto	C O N T E N I D O								
	P_2O_5	$CaCO_3$	MgO	S	Mn	Fe	Zn	Cu	$CaCO_3$ equiv. aplicado, al aplicar 100 kg P_2O_5
	-----		%	-----			- ppm -	----- kg -----	
Escorias Thomas	12-16	66	1.1		1.1	11.0	10	10	(15)* 437
Superfosfato Triple	45	27-36	0.4	1.4		1.6			59-79
Superfosfato Simple	15	45-51		12		1.6			297-339
ROCAS FOSFORICAS									
Huila	18-23	70-76	0.2-0.5			2.4	148	14	(20)* 351-377
Pesca	20	50	0.1			2.2			253
Florida	32	85	0.3			3.6			264
N. Carolina	32	86	0.5			3.7			264

* Contenido de P_2O_5 asumido para el calculo.

Cuadro 2. Clasificación relativa¹ preliminar de gramíneas y leguminosas con respecto a sus requerimientos de nutrimentos bajo pastoreo en suelos de banco de sabana, Carimagua

	ELEMENTO				
	P	K	Mg	S	Ca
<u>M. minutiflora</u>	1	1	1	1	1
<u>B. humidicola</u>	1	1	1	1	1
<u>B. decumbens</u>	2	2	2	2	2
<u>A. gayanus</u>	2	2	2	2	2
<u>H. rufa</u>	3	3	2	2	3
<u>P. maximum</u>	4	3	3	3	2
<u>S. capitata</u>	2	2	2	2	2
<u>D. gyroides</u>	3	3	3	3	2
<u>D. ovalifolium</u>	2	2	3	3	2
<u>P. phaseoloides</u>	2	2	3	3	2
<u>C. macrocarpum</u>	1	1	2	2	2

1/ Mientras más alta la cifra, mayor el requerimiento.

Cuadro 3. Guía general para determinar cantidades de fertilizantes a aplicar para establecimiento y mantenimiento de potreros en Carimagua

Objetivo	Elemento	Nivel de exigencia ^{1/}			
		1	2	3	4
		----- kg/ha -----			
Establecimiento	P ₂ O ₅	25	50	75	100
Mantenimiento		6	12	18	24
Establecimiento	K ₂ O	12	25	37	50
Mantenimiento		6	12	18	24
Establecimiento	Mg	6	12	18	24
Mantenimiento		4	8	12	16
Establecimiento	S	6	12	18	24
Mantenimiento		4	8	12	16
Establecimiento	Ca	50 ^{2/}	100	200	400
Mantenimiento		12	25	50	100

1/ Ver Cuadro 2.

2/ El contenido de Calcio en algunas fuentes de P es suficiente para las necesidades de la mayoría de las especies.

Cuadro 4. Extracción de nutrimentos por plantas forrajeras cultivadas en Carimagua en parcelas pequeñas y manejadas bajo corte durante un año*.

ESPECIE	Rendimiento		P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	B
	Materia Seca									
	ton/ha		-----Kg/ha-----				-----gr/ha-----			
-----GRAMINEAS-----										
<i>A. gayanus</i>	621	9.3	9	77	21	20	11	138	57	63
<i>B. decumbens</i>	606	9.7	11	71	34	29	12	126	41	48
<i>B. humidicola</i>	679	8.3	7	89	22	22	11	156	37	37
<i>B. brizantha</i>	665	9.1	10	68	33	27	9	160	40	62
-----LEGUMINOSAS-----										
<i>D. ovalifolium</i>	350	6.2	7	56	45	15	8	146	60	176
<i>P. phaseoloides</i>	9900	5.3	10	60	51	17	9	349	89	191
<i>S. capitata</i>	1019	6.3	8	69	57	16	-	523	52	151
<i>S. capitata</i>	1315	8.0	11	89	71	25	10	-	-	-
<i>S. capitata</i>	1318	7.6	10	82	83	24	-	-	-	-
<i>C. macrocarpum</i>	665	3.2	5	46	22	9	-	-	-	-

* Dosis de establecimiento: 50 Kg P_2O_5 /ha, en banda

25 Kg K_2O /ha

100 Kg Ca/ha

25 Kg Mg/ha

Cuadro 5. Precios actuales de algunos abonos y enmiendas puestos en Bogotá (Enero 1982)^{1/}

Producto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	Ca	Precio CIF Bogotá Tonelada
Escorias Thomas	0	15	0	1	0	37	\$ 4.000
Superfosfato Simple	0	15	0	0	12	20	2/
Superfosfato Triple	0	45	0	0	1	14	22.000
Roca Fosfórica Huila	0	20	0	0	0		4.600
Roca Fosfórica Pesca	0	20	0	0	0		4.000
Sulpomag	0	0	22	11	22		2/
Sulfato de Magnesio	0	0	0	10	13		37.000 3/
Oxido de Magnesio	0	0	0	32	0		52.000 3/
Sulfato de Potasio (K ₂ SO ₄)	0	0	50	0	18		26.000
Muriático (KCl)	0	0	60	0	0		29.000
Flor de Azufre	0	0	0	0	85		36.000
Abonos compuestos**	10-20-20						22.000
	10-30-10						23.000
Yeso	0	0	0	0	20	29	4.000
Cal Calcítica	0	0	0	0	0	30	2/
Cal Dolomítica	0	0	0	8	0	37	4.300
ELEMENTOS MENORES:							
Sulfato de Zn	22% Zn,	25% S					38.000
Sulfato de Cu	24% Cu,	15% S					68.000
Borax R-46	14% B						58.000

^{1/} Transporte Bogotá-Carimagua: \$ 2.500

^{2/} Sin cotizar

^{3/} CIF - Bolivar, Valle

Cuadro 6. Cantidades recomendadas de semilla/ha de algunas especies forrajeras en Carimagua.

Las recomendaciones están en base a semilla pura viable (SPV).

Para convertir a semilla comercial (SC):

$$\text{kg SPV} \times \frac{100}{\% \text{ germ SC}} = \text{kg SC a sembrar.}$$

Espece	Sembrada Sola	En Asociación ^{1/}	Escarificación ^{2/}
<u>B. decumbens</u>	2	1	Acido Sulfúrico
<u>A. gayanus</u>	5	2.5	
<u>P. maximum</u>	5	2.5	
<u>S. capitata</u>	3	1.5 - 2	Mecánica o Acido Sulfúrico
<u>D. ovalifolium</u>	2	1 - 1.5	Mecánica o Acido Sulfúrico
<u>Z. latifolia</u>	1	10.5 - 1	Mecánica o Acido Sulfúrico
<u>P. phaseoloides</u>	3	1.5 - 2	Agua Caliente

1/ Cuando se siembra en hileras por separado las dos especies. Cuando es al voleo en mezcla íntima, se recomienda la misma cantidad de semilla que cuando se siembra sola.

2/ Método Preferido. Es posible que no sea necesario, según el período de almacenamiento después de cosechar. Se recomienda una prueba de germinación. Para mayor información, consulte con la Sección de Producción y Tecnología de Semillas.

Cuadro 5. Precios actuales de algunos abonos y enmiendas puestos en Bogotá (Enero 1982) ^{1/}

Producto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	Ca	Precio CIF Bogotá Tonelada
Escorias Thomas	0	15	0	1	0	37	\$ 4.000
Superfosfato Simple	0	15	0	0	12	20	<u>2/</u>
Superfosfato Triple	0	45	0	0	1	14	22.000
Roca Fosfórica Huila	0	20	0	0	0		4.600
Roca Fosfórica Pesca	0	20	0	0	0		4.000
Sulpomag	0	0	22	11	22		<u>2/</u>
Sulfato de Magnesio	0	0	0	10	13		37.000 <u>3/</u>
Oxido de Magnesio	0	0	0	32	0		52.000 <u>3/</u>
Sulfato de Potasio (K ₂ SO ₄)	0	0	50	0	18		26.000
Muriático (KCl)	0	0	60	0	0		29.000
Flor de Azufre	0	0	0	0	85		36.000
Abonos compuestos**	10-20-20						22.000
	10-30-10						23.000
Yeso	0	0	0	0	20	29	4.000
Cal Calcítica	0	0	0	0	0	30	<u>2/</u>
Cal Dolomítica	0	0	0	8	0	37	4.300
ELEMENTOS MENORES:							
Sulfato de Zn	22% Zn,	25% S					38.000
Sulfato de Cu	24% Cu,	15% S					68.000
Borax R-46	14% B						58.000

1/ Transporte Bogotá-Carimagua: \$ 2.500

2/ Sin cotizar

3/ CIF - Bolivar, Valle

Cuadro 6. Cantidades recomendadas de semilla/ha de algunas especies forrajeras en Carimagua.

Las recomendaciones están en base a semilla pura viable (SPV).

Para convertir a semilla comercial (SC):

$$\text{kg SPV} \times \frac{100}{\% \text{ germ SC}} = \text{kg SC a sembrar.}$$

<u>Especie</u>	<u>Sembrada Sola</u>	<u>En Asociación^{1/}</u>	<u>Escarificación^{2/}</u>
<u>B. decumbens</u>	2	1	Acido Sulfúrico
<u>A. gayanus</u>	5	2.5	
<u>P. maximum</u>	5	2.5	
<u>S. capitata</u>	3	1.5 - 2	Mecánica o Acido Sulfúrico
<u>D. ovalifolium</u>	2	1 - 1.5	Mecánica o Acido Sulfúrico
<u>Z. latifolia</u>	1	10.5 - 1	Mecánica o Acido Sulfúrico
<u>P. phaseoloides</u>	3	1.5 - 2	Agua Caliente

1/ Cuando se siembra en hileras por separado las dos especies. Cuando es al voleo en mezcla íntima, se recomienda la misma cantidad de semilla que cuando se siembra sola.

2/ Método Preferido. Es posible que no sea necesario, según el período de almacenamiento después de cosechar. Se recomienda una prueba de germinación. Para mayor información, consulte con la Sección de Producción y Tecnología de Semillas.

Cuadro 7. Cepas de Rhizobium recomendadas para las leguminosas de mayor interés en Carimagua. (RSB-09-82 e Informe Anual del CIAT. 1981)

<u>LEGUMINOSA</u>	<u>CEPA</u>
<u>D. ovalifolium</u> 350	CIAT - 2335
<u>D. gyroides</u> 3001	" "
<u>D. canum</u> 3005	" - 1502
<u>P. phaseoloides</u> 9900	" - 2434
<u>S. capitata</u> (1019, 1315, 2310)	" - 1460
<u>C. macrocarpum</u> 5065	" - 1780
<u>Centrosema</u> sp. 5112	" - 590
<u>C. pubescens</u> 438	" - 590
<u>Zornia</u> spp.	No inocular

ESTABLECIMIENTO DE PASTOS EN ZONAS TROPICALES

James M. Spain

INTRODUCCION

El establecimiento exitoso de pastos depende del uso de semilla apropiada de las especies deseadas cuyos requerimientos en germinación y crecimiento inicial correspondan a las condiciones del ambiente en su forma natural ó alteradas mediante prácticas de manejo.

Estas condiciones ambientales son relativamente fáciles de suministrar durante una parte del año en tierras ya trabajadas ó fáciles de cultivar, si se dispone de los recursos requeridos. En el campo real de la mayoría de las zonas tropicales en vía de desarrollo, algunos y en determinadas circunstancias todos los recursos son restringidos. La semilla puede ser muy escasa y/o costosa. Los fertilizantes y la cal, la maquinaria apropiada y hasta la mano de obra son a menudo factores limitantes. La vegetación nativa junto con la topografía y las condiciones físicas del suelo inhiben la capacidad del agricultur de suministrar un ambiente óptimo para el establecimiento del pasto, utilizando sistemas tradicionales de labranza.

El objetivo de la investigación en la Sección es el de desarrollar sistemas eficientes, económicos y accesibles en el medio para el establecimiento de especies forrajeras adaptables a las condiciones climáticas, edáficas y bióticas que se encuentran en regiones de suelos álicos en América Latina.

El Ambiente

El primer paso a dar es el estudio del ecosistema con el fin de caracterizarlo con respecto a los factores que influyen en el establecimiento de pastos. Se pueden determinar fácilmente los parámetros edáficos pero los factores climáticos y bióticos son rara vez bien conocidos en áreas en desarrollo y podrían requerir varios años de observación para caracterizarlos en detalle.

Con un conocimiento adecuado del ecosistema, se pueden escoger especies ó ecotipos que se adapten bien al ambiente ó que requieran poca modificación del mismo, para su buen establecimiento. Muchos parámetros edáficos y algunos climáticos y bióticos son sujetos a modificación a través del manejo, pero frecuentemente, el factor económico no permite el cambio deseado. De tal manera, en suelos muy ácidos y de baja fertilidad comunes a la mayoría de las regiones de sabana en América Latina, la política del Programa Ganado de Carne ha sido de trabajar con especies que son tolerantes a la acidéz en lugar de encalar el suelo para combatir el problema. Por otro lado la respuesta de los pastos a la adición de nutrimentos, especialmente al fósforo, es tan grande que casi siempre

* Ganado de Carne CIAT.

se aplica algo de fertilizante, por lo menos en la etapa de establecimiento. Los investigadores han tenido mucho más éxito en la selección de especies y ecotipos de alto rendimiento que toleran la acidéz que en la selección de especies tolerantes a bajos niveles de P y K en el suelo.

Trabajando con las especies y ecotipos más promisorios para Carimagua, con base en conocimientos previos y en un programa de pruebas a nivel de campo, se está procediendo al desarrollo de sistemas de establecimiento. La mayoría del trabajo se hace, comenzando con sabana nativa. Los pastos tropicales pueden establecerse en cualquiera de las siguientes situaciones en el área de interés para el programa de Ganado de Carne del CIAT.

- 1.- Después de destruir la sabana nativa
- 2.- Con las especies nativas
- 3.- En praderas ya establecidas
- 4.- Después de un ciclo de cultivos
- 5.- Sembrando conjuntamente con cultivos
- 6.- Después de tumbar y quemar el bosque ó vegetación arbustiva

Las primeras cinco situaciones se están estudiando actualmente en Carimagua. Hasta el presente no se tienen trabajos en establecimiento de pastos después de la tumba y quema de bosque ó vegetación de cerrado.

La Semilla

La calidad de la semilla es talvéz el eslabón más débil en el proceso de establecimiento de pastos tropicales. Se quisiera siempre tener una semilla de alto porcentaje de viabilidad pero frecuentemente es necesario compensar la mala calidad de la semilla comercial por cantidades exageradas al sembrar. Además de la baja viabilidad de semilla de pastos tropicales se presentan dos problemas adicionales; Latencia de la semilla y, en el caso de leguminosas, semillas duras. La latencia se puede romper mediante el almacenamiento ó por tratamientos con calor ó frio y por el uso de estimulantes de crecimiento (Grof, 1968; Ramos 1975). La escarificación es frecuentemente necesaria para solucionar el problema de semillas duras de leguminosas aunque a menudo se recomienda un cierto porcentaje mínimo de estas para ser incluidas en la siembra en áreas en donde el patrón de clima es poco predecible y son frecuentes las sequias largas (Cook y Lowe, 1977).

La mayoría de los pastos tropicales son de semillas pequeñas, por lo tanto se deben sembrar muy superficialmente. En Carimagua, se han sufrido pérdidas en gramíneas como Melinis minutiflora (15×10^6 semillas kg^{-1}), debido a una siembra demasiado inmediata a la preparación de la tierra. Las lluvias que han caído después de la siembra han alcanzado a tapar demasiado la semilla no pudiendo esta emerger. Se recomienda la siembra con gramíneas de semillas muy pequeñas tan sólo después de varias lluvias siguiendo a la preparación de la tierra para que la superficie se compacte y se llenen algunos de las microdepresiones de la superficie del suelo. Humphreys (1974), recomienda la siembra hasta profundidades de 1 cm. para la mayoría de las leguminosas y gramíneas forrajeras de semilla pequeña. En el caso de "Townsville" stylo, la siembra se hace siempre sobre la superficie. Las reservas de nutrimentos en la semilla son insuficientes para su emergencia de mayores profundidades.

El Establecimiento del Pasto

Comenzando con semilla de buena calidad, los factores ambientales más importantes que influyen en la germinación y establecimiento son: La presencia siempre de humedad adecuada, aireación suficiente, condiciones físicas del suelo que permitan la penetración de las raíces y la salida de la plántula, nutrimentos suficientes, pH adecuado, temperaturas óptimas para el crecimiento rápido de la planta y la ausencia (ó control) de patógenos ó predadores y de vegetación que compita con la nueva siembra. Algunas semillas requieren luz para su germinación (Leach et al, 1976).

Humedad: Los pastos que se siembran sobre la superficie son especialmente susceptibles a la falta de humedad aún cuando el suelo disponga de ella a poca profundidad. McWilliam et al (1970) encontraron grandes diferencias entre especies de zonas templadas con respecto a su requerimiento de humedad. La compactación del suelo que se encuentra demasiado poroso y suelto puede solucionar el problema de secamiento. Willard (1962), recomienda el uso de dos rodillos corrugados, uno inmediatamente antes de la salida de semilla de la sembradora y el otro inmediatamente detrás. Los suelos en Carimagua son a menudo demasiado porosos después de una preparación tradicional de la tierra y se han perdido siembras debido a sequías de corta duración cuando no se ha compactado la superficie, al menos sobre las hileras.

El uso de rastrojo de un cultivo ó de la misma sabana puede ser muy útil en el control del secamiento de la superficie del suelo. Esta práctica alcanza a moderar las temperaturas en la superficie, conservar la humedad y mejorar el ambiente de la plántula en la primera etapa de su desarrollo.

En base a que la temperatura y la duración del día no varían mucho a través del año en las latitudes bajas, las fechas de siembra se pueden escoger para lograr condiciones más favorables en cuanto a humedad durante

la etapa de establecimiento. Humphreys (1974) recomienda la siembra antes de las primeras lluvias, asegurando una humedad adecuada, pero admite lo difícil que es predecir la fecha en que van a caer.

Aireación: La mayoría de los Ultisoles y Oxisoles son suficientemente bien drenados con una aireación adecuada a no ser que hayan sido cultivadas ó sobre preparadas (un caso demasiado frecuente en parcelas experimentales).

Condiciones Físicas del Suelo: Las raíces de la planta recién germinada tienen que penetrar el suelo para darle anclaje, obtener la humedad y los nutrimentos requeridos. Semillas sembradas sobre tierras no preparadas son a veces incapaces de penetrar la superficie compactada, en parte por la alta resistencia del suelo, la carencia de poros y además por la falta de anclaje de la semilla que puede ser empujada sobre la superficie del suelo por las raíces en crecimiento (Barley, et al 1965, Campbell and Swain, 1973a). Este problema se ha presentado en pruebas que se han sembrado sobre sabana nativa sin ninguna preparación en Carimagua. Sin embargo, es poco frecuente el problema en tierra preparada. La formación de costra es raramente un problema a no ser que la semilla se siembre demasiado profunda ó sea sepultada por la erosión causada por la lluvia. Problemas de condiciones físicas en el suelo son más comunes en áreas que se han cultivado ó que están siendo renovadas después de varios años de pastoreo. Las propiedades físicas de los Oxisoles recién cultivados son excelentes.

Rugosidad de la Superficie (microrelieve): Es un aspecto muy importante en la preparación del suelo para la siembra y a veces se pasa por alto. Una sobrepreparación (demasiada pulverización) es frecuentemente la causa del sellamiento de la superficie y la formación de una costra endurecida que puede resultar en una erosión severa (pérdida de semilla, fertilizante y suelo) y una escasa protección para las plántulas que alcanzan a sobrevivir. Una superficie rugosa con bastante microrelieve, que contenga terrones, restos de tallos y raíces y abundantes depresiones, da protección al suelo contra la erosión, suministra pequeñas depresiones donde se acumulan los granos finos para una buena germinación de la semilla creando un micro-ambiente mucho más favorable para la pequeña planta.

Nutrimentos: Un suministro adecuado de nutrimentos se requiere para el crecimiento óptimo de la planta. Algunos elementos son especialmente críticos para la germinación de la semilla y su desarrollo inicial, y rara vez se encuentran en cantidades adecuadas en los Oxisoles y Ultisoles del trópico. La planta recién germinada acaba con las reservas de la semilla en muy poco tiempo pero aún antes de que se acaben, algunas especies responden a los nutrimentos en el medio de crecimiento (McWilliam et al 1970)

El fósforo es especialmente importante en Oxisoles de Carimagua (CIAT, 1976). El nitrógeno lo es para las gramíneas y para las leguminosas que no tienen nódulos efectivos. El potasio, magnesio, calcio y el azufre son muy a menudo deficientes en suelos álicos.

Es factible lograr concentraciones adecuadas de nutrimentos en la zona de la plántula mediante aplicaciones en banda de un fertilizante apropiado. Dosis bajas son más efectivas aplicadas en esta forma. Una vez establecida, la planta generalmente tiene requerimientos más bajos que recién nacida.

pH del Suelo: Las especies tropicales varían mucho en su tolerancia a la acidéz del suelo (Andrew, et al. 1973, Spain et al, 1975, Spain and Andrew, datos no publicados). En base a que la cal es escasa y costosa en la mayoría de las zonas tropicales en vía de desarrollo la política del CIAT ha sido buscar especies que sean tolerantes a condiciones de acidéz fuerte. Suelos extremadamente ácidos son casi siempre bajos en calcio y magnesio. Por lo tanto, generalmente se incluyen estos elementos en la siembra de pastos (todas las fuentes comerciales de fósforo contienen calcio).

Temperatura: Las altas temperaturas del trópico tienen como efecto la disecación rápida de la superficie del suelo y de las semillas y plantas recién germinadas, sembradas superficialmente. El problema es especialmente grave en lotes en donde el suelo es demasiado fino y plano ofreciendo así muy poca protección a la planta. El uso de rastrojo como una posible solución del problema se ha mencionado. Bajas temperaturas pueden ser limitantes estacionalmente en el crecimiento de las plantas en zonas subtropicales.

Patógenos: Las semillas de pastos son tratadas a veces con fungicidas y/o bactericidas para el control de patógenos. Sin embargo, en el programa se depende de la resistencia ó tolerancia genética a las enfermedades que afectan la semilla o la plántula.

Predadores: Las semillas de pastos son especialmente susceptibles a la remoción de hormigas cosechadoras. El tratamiento de semillas con insecticidas ó repelentes puede reducir las pérdidas (Russell et al. 1967). La fumigación completa del área podría ser económica en algunas situaciones. Según un trabajo hecho por Campbell y Swain (1973b), la remoción no continúa después de su germinación.

Un gran número de insectos junto con hormigas arrieras (CIAT, 1974) causan daños muy serios en lotes recién sembrados de gramíneas y leguminosas en Carimagua. Es sin duda, uno de los problemas más graves a enfrentar en el establecimiento de pastos en sabanas.

Vegetación que compita con los pastos: La eliminación de especies nativas y malezas que compiten con el pasto durante el período de establecimiento y crecimiento es tal vez uno de los factores más importantes en todo el proceso en suelos de sabana. El control en sí, no es difícil y se logra en forma completa con una labranza adecuada.¹ Si no se aplican abonos ni cal, la tierra puede mantenerse hasta más de un año sin que aparezcan malezas, factor que representa una gran ventaja en el establecimiento de pastos, comenzando con la sabana nativa. Pero el costo de la labranza tradicional es alto en términos de maquinaria, combustible y tiempo y el riesgo de erosión en pendientes aún muy suaves bajo las condiciones climáticas en la zona de Carimagua es grande. Por lo tanto, y a pesar de que existen sistemas para el establecimiento de pastos que son bien conocidos y probados, se requieren sistemas nuevos, adaptados a estas condiciones, que sean más eficientes, económicos y accesibles para los agricultores en el medio en que se trabaja y que resulten de menor riesgo en cuanto a la erosión del suelo.

En zonas selváticas ó de cerrado, el proceso de tumbar y quemar los árboles y arbustos alcanza a mover el suelo y deja condiciones favorables para el establecimiento de muchas especies forrajeras. Las mismas condiciones naturales que existen en el bosque son mucho más favorables para el establecimiento de pastos que las que se presentan en sabanas. En la quema de la sabana no hay mayor acumulación de cenizas ni movimiento del suelo y la superficie muchas veces se mantiene compacta, poco porosa y muy inhóspita para las siembras superficiales de pastos. Se tiene dos años de experiencia trabajando con un sistema de labranza basado en el uso de palas de cultivadora que alcanzan a cortar las especies de la sabana a una profundidad de cuatro a cinco cms. que efectúan un control adecuado de la vegetación (CIAT, 1976). Las palas dejan todo el rastrojo en la superficie, alcanzan a separar la planta de su sistema radicular dando un control muy adecuado si las condiciones climáticas después de la labranza son apropiadas. La mejor época parece ser hacia finales de la estación lluviosa cuando se presentan días de sol, viento y calor en que la planta se seca rápidamente y no vuelve a rebrotar como ocurre en épocas más lluviosas. El sistema tiene varias ventajas: Por un lado el costo es mucho más bajo que para una labranza tradicional. En segundo lugar, el rastrojo en la superficie da buena protección a la semilla y la planta recién germinada y alcanza a moderar las temperaturas y las fluctuaciones en el contenido de humedad en la superficie del suelo. Otra ventaja es la protección que da al suelo contra la erosión.

Métodos de Siembra: La siembra en banda tiene varias ventajas comparada con la siembra al volco. En suelos de baja fertilidad se permite la aplicación en banda de pequeñas cantidades de fertilizantes para favorecer la germinación y crecimiento inicial de la planta sin estimular demasiado

el crecimiento de las malezas. Además la práctica reduce la fijación de fósforo en suelos ácidos. Es fácil compactar el suelo sobre la hilera favoreciendo la germinación del pasto, dejando la superficie entre hileras suelta para reducir la germinación de malezas.

En la siembra de asociaciones a nivel experimental, se separa la leguminosa de la gramínea, sembrando en hileras intercaladas ó en franjas. Se tiene un ensayo bajo pastoreo en que el "Kudzu" (Pueraria phaseoloides) fué sembrado en franjas de 2.5 m. intercalados con franjas de gramíneas del mismo ancho. La esperanza es de darle más oportunidad a la leguminosa, especialmente cuando se siembra con gramíneas muy agresivas como Brachiaria decumbens. Comercialmente, sería más fácil sembrar por separado en franjas que en hileras. El factor distribución espacial de los diferentes componentes de una asociación requiere más estudio. Cabrales (1975), informa de una siembra exitosa de Kudzú en un potrero establecido de pasto Pará (Brachiaria natica) sembrando en franjas.

Es conveniente utilizar una sembradora-abonadora combinada para una aplicación precisa de la semilla con respecto a la banda de fertilizantes. La semilla normalmente se cubre con una capa muy superficial mediante ruedas de compactación ó cadenas arrastradas detrás de la sembradora. Algunas semillas son difíciles de manejar solas, y conviene mezclarlas con algún material inerte ó con fertilizante como Escorias Thomas, para así facilitar su manejo y el control de la tasa de siembra. Comúnmente se mezcla Melinis minutiflora e Hyparrhenia rufa con Escorias Thomas, efectuando la siembra en una abonadora de tolva.

Humphreys (1974), presenta recomendaciones en cuanto a cantidades de semillas a sembrar. Las recomendaciones se basan en semillas de buena calidad y es esencial conocerla en el material a usar y compensar la falta de germinación por tasas ajustadas de siembra.

Enfoques Actuales de Nuestro Programa

En los Informes Anuales de CIAT (1976, 1977, 1978) se encuentran relatos de progreso con respecto a la investigación en el establecimiento de pastos. Se tiene interés especial en reducir los costos de preparación del terreno, la cantidad de semilla ó material vegetativo requerida para una siembra adecuada, un uso más eficiente de la mano de obra en la siembra y más seguridad en cuanto al establecimiento de poblaciones adecuadas de las especies forrajeras más promisorias para la zona de interés al Programa.

BIBLIOGRAFIA

- Andrew, C. S., A. D. Johnson and R. L. Sundland. 1973. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. *Aust. J. Agric. Res.* 24:325-339.
- Barley, K. P., D. Farrell and E. L. Greacen. 1965. The influence of soil strength on the penetration of a loam by plant roots. *Aust. J. Soil Res.* 3:69-79.
- Cabrales, Roberto A. 1975. Establecimiento de las leguminosas Kudzu Tropical (*Pueraria phasecoloides*) y Campanita Azul (*Clitoria ternatea*) en potreros establecidos de pasto Para ó Admirable (*Brachiaria mutica*). Informe del XIII Reunión del Programa de Pastos y Forrajes y Curso de Metodología de Investigación ICA-IICA (OEA) Cali, Colombia.
- Campbell, M. H. and F. G. Swain 1973a. Effect of strength, tilth and heterogeneity of the soil surface on radicle entry of surface sown seeds. *J. British Grassld. Soc.* 28:41-50.
- _____ and _____, 1973b. Factors causing losses during the establishment of surface sown pastures. *J. Range Mgt.* 26:355-359.
- CIAT Annual Report. 1974. p 10-11.
- CIAT Annual Report. 1976. p c-14-22.
- Cook, S. J. and K. F. Lowe. 1977. Establishment of Siratro pastures. *Trop. Grassld.* 11:41-48.
- Grof, B. 1968. Viability of seed of *Brachiaria decumbens*. *Qld. J. Agric. Anim. Sci.* 25:150-152.
- Humphreys, L. R. 1974. A guide to better pastures for tropics and subtropics. Wright, Stephenson & Co. Melbourne.
- Leach, G. J., R. M. Jones and R. J. Jones. 1976. The agronomy and ecology of improved pastures. 277-307. In N. H. Shaw and W. W. Bryan, (eds) "Tropical Pasture Research, Principles and Methods". C. A. B. Bul#51. Commonwealth Bur. of Past. and Fld. Crops. Hurley.
- McWilliam, J. R., R. J. Clements and P. M. Dowling. 1970. Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. *Aust. J. Agric. Res.* 21. 19-32.
- Ramos, Nestor, 1975. Factores que influyen en la germinación del pasto *Brachiaria*. Tesis de Grado M.S. Univ. Nacional, Inst. Col. Agrop. Bogotá.

Russel, M. J., J. E. Coaldrake and A. M. Sanders. 1967. Comparative effectiveness of some insecticides, repellants and seed pelleting in the prevention of ant removal of pasture seeds. Trop.Grassld. 1:153-166.

Spain, J. M., C. A. Francis, R. H. Howeler and F. Calvo. 1975. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and pastures p.309-329. In W. Bornemisza and A. Alvarado (eds.) Soil Management in Tropical America. Soil Sci. Dept. N. C. State Univ. Raleigh.

Willard, C. J. 1962. Establishment of new seedings. p368-381. In H. D. Hughes, M. E. Heath, D. S. Metcalf (eds) Forages. Iowa St. Univ. Press, Ames.

ESTABLECIMIENTO DE PASTOS MEDIANTE SIEMBRAS RALAS

J. M. Spain, C. Castilla y L. H. Franco

El patrón de lluvia en los Llanos Orientales (trópico húmedo) crea por seis meses, condiciones favorables que facilitan el establecimiento de pastos utilizando sistemas tradicionales de labranza. Sin embargo, los sistemas tradicionales son caros y exponen el terreno al peligro de la erosión.

Los costos principales en el establecimiento son: la preparación del terreno, el fertilizante y la semilla que en algunos casos es escasa además de ser costosa. Cuando se siembra por material vegetativo, la mano de obra también contribuye fuertemente al costo de la siembra. Se estima que el establecimiento de Brachiaria humidicola, con material vegetativo, en el piedemonte llanero oscila entre 4000 y 5000 pesos/ha, sin incluir el valor de fertilizante (R. Pérez y J. Gómex, comunicación personal, Septiembre, 1979). Aunque la mayoría de las especies forrajeras tropicales se adaptan bien a las condiciones de baja fertilidad, es a veces necesario corregir algunos problemas de fertilidad de acuerdo a la región y la especie deseada.

En Carimagua se están evaluando alternativas que reduzcan los costos de establecimiento, el riesgo inherente en el proceso y el peligro de erosión durante la etapa de establecimiento. El sistema más prometedor hasta la fecha es el método de establecimiento mediante poblaciones ralas que utiliza la agresividad potencial de algunas especies para su auto-propagación, ya sea por semilla ó por estolones. Para tal efecto se sembraron en Agosto-Septiembre 1977, en un terreno previamente arado y rastrillado 10 especies: Brachiaria decumbens, B. humidicola, B. radicans, un híbrido de Cynodon,

Andropogon gyanus (621), Panicum maximum, Pueraria phaseoloides, Desmodium ovalifolium (350), Stylosanthes capitata (1078) y Zornia latifolia (728), a razón de 1000 matas/ha (3.16 m entre matas sembradas en cuadro).

Inicialmente se fertilizó únicamente un área de aproximadamente 0.1 m² alrededor de cada mata con rangos desde 0.5 gm hasta 9.0 gm de P₂O₅ y 0 gm de 1.5 gm de K₂O (Cuadro 1). El fósforo y el potasio afectaron las especies estoloníferas en el número y la longitud de estolones producidos en un corto plazo (figuras 1 y 2). La producción de semilla de A. gyanus y P. maximum también fué afectada por el P y K (Cuadro 2). La invasión por estolones fué tan rápida para B. radicans que para Diciembre 1977 cubría completamente el área intermedia. La invasión fué menos rápida para B. humidicola. El crecimiento inicial de B. decumbens fué vertical y el desarrollo de estolones más lento. El híbrido de Cynodon produjo numerosos estolones largos, pero de muy poco vigor.

De las leguminosas, P. phaseoloides fué la más agresiva cubriendo totalmente el área en ocho meses. Después de un pastoreo los tallos quedaron bien anclados al suelo, formando así nuevas plantas. D. ovalifolium sufrió un fuerte ataque de hormigas arrieras y su desarrollo inicial fué más lento, pero alcanzó a cubrir todo el área en menos de un año. La semilla de S. capitata tuvo baja germinación y no produjo resultados confiables. Para Mayo 1978 (nueve meses después de la siembra), solamente S. capitata, B. decumbens, D. ovalifolium y Z. latifolia no habían cubierto el área entre matas (figura 3). En un año, todas las especies con excepción de S. capitata, cubrían el terreno en su totalidad sin presentar problemas de malezas.

Estrategía lógica del sistema

Los Oxisoles de las sabanas del trópico húmedo son de tan baja fertilidad que se mantienen libres de malezas durante varios meses, después de una preparación tradicional. Fertilizando solamente una pequeña área alrededor de la planta madre se crean condiciones óptimas para su superdesarrollo sin estimular el crecimiento de malezas. Desde el momento de la siembra hasta que los estolones cubran la mayoría del área, no se hace la fertilización intermedia. En el caso de A. gyanus y P. maximum, que producen semilla a finales del año y se disemina por medio del viento durante el verano, la fertilización intermedia se hace antes de las primeras lluvias para que las plántulas tengan también condiciones favorables para su desarrollo y compitan ampliamente con las malezas que puedan allí prosperar. Los tratamientos para el área intermedia se presentan en el Cuadro 3.

Cabe anotar la importancia de no sobrepreparar el terreno intermedio, el cual debe presentar una superficie rugosa para evitar la erosión y retener la semilla depositada por el viento. Esto se observa claramente en la Figura 4. Los surcos de A. gyanus que parecen sembrados así, corresponden a un pase con escardillos para dar rugosidad al terreno. La figura 5 presenta el aspecto de estas plántulas dos meses después de las primeras lluvias.

Como la población inicial es de sólo 1000 matas/ha, la mano de obra para sembrar con material vegetativo es del orden de un jornal/ha y menor cuando se hace con semilla. Así como la inversión inicial es baja en términos de mano de obra, semilla y fertilizante en la mata, los riesgos son menores.

Es de anotar que aunque la cantidad de fertilizante total aplicado es la misma, la inversión es más segura, ya que sólo se fertiliza el área intermedia cuando el establecimiento está asegurado.

Comparado el sistema de siembras ralas con métodos tradicionales, estaría en desventaja por el tiempo transcurrido hasta el establecimiento. Sin embargo, su diferencia no es muy acentuada, especialmente en el caso de especies agresivas como son B. humidicola, B. radicans; y de A. gayanus donde la excesiva producción de semilla en el verano permite un rápido desarrollo una vez entran las lluvias.

Proyecciones Futuras

En Carimagua se adelantan trabajos que permiten el establecimiento mediante poblaciones ralas de leguminosas y/o gramíneas, con otros métodos de control de sabana como el control químico, la quema, el uso de varios implementos agrícolas de labranza mínima para reducir costos aún más y darle la posibilidad al pequeño agricultor, de aumentar su capacidad de establecer pastos en términos de tiempo e inversión requerida. También se estudia la posibilidad de densidades menores para A. gayanus y de otros patrones de distribución de las plantas madres para mayor eficiencia. Parece conveniente sembrar por hileras de aproximadamente seis metros entre sí, cruzando la dirección del viento de verano y con una dosis de semilla para asegurar una planta cada 1-2 metros en la hilera.

Algunas especies son suficientemente agresivas para invadir sobre sabana nativa fertilizada después de ser establecidas en una franja angosta de

suelo removido en que hay control de la vegetación nativa. B. humidicola, D. ovalifolium y P. phaseoloides son las más agresivas de las especies consideradas como promisorias en la zona de Carimagua.

Es importante advertir que los métodos discutidos son nuevos y la experiencia muy limitada. La literatura acerca de este tipo de siembras es nula aunque sistemas algo similares existen y se usan, por ejemplo, en el Cerrado de Brasil en donde después de dos ó tres ciclos de cultivos anuales para pasar a pastos, el ganadero siembra hileras de P. maximum distantes entre sí, dependiendo de una producción abundante de semilla para poblar el área.

REFERENCIAS

- CIAT. 1978. Informe Anual de 1977. ppA-67-68.
- CIAT. 1979. Informe Anual de 1978. pp B102-104.
- ICA-CIAT. 1979. Informe Anual de Carimagua 1978. pp 47-48.
- SPAIN, J. M. 1979. Establecimiento y manejo de pastos en los Llanos Orientales de Colombia. p 186-187 En: Producción de Pastos en suelos Acidos de los Tropicos, Eds. L.E. Tergas, P. A. Sanchez, CIAT, Cali, Colombia.

Cuadro 1.- Niveles de fertilizantes aplicados en la mata.

Aplicado*		Total	
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
GM/MATA		KG/HA	
0.5	0	0.5	0
1.0	0.5	1.0	0.5
3.0	1.5	3.0	1.5
9.0		9.0	

*En base a 0.1 m²/mata fertilizado, las dosis equivalentes en la mata de P₂O₅ y K₂O son x 100 = kg/ha.

Fertilización
Constante

5 gm cal/mata. Las leguminosas recibieron 0.5 gm de Mg y 0.5 de S por mata.

Cuadro 2.- El efecto de P y K aplicados en la mata en la población de A. gayanus y P. maximum ocho meses después de la siembra de las matas madres.

	Matas/m ²	
	<u>A. gayanus</u>	<u>P. maximum</u>
<u>P₂O₅</u>		
0.5	97	4.8
1.0	170	6.3
3.0	144	6.6
9.0	176	13.2
<u>K₂O</u>		
0	136	6.4
0.5	160	7.3
1.5	146	9.5

Quadro 3.- Fertilizante aplicado en el área intermedia, después de asegurada la población.

<u>Area</u> <u>Intermedia</u>	P ₂ O ₅	K ₂ O
	KG/HA	
	50	25
	100	25
	200	25
	100	0
	100	50

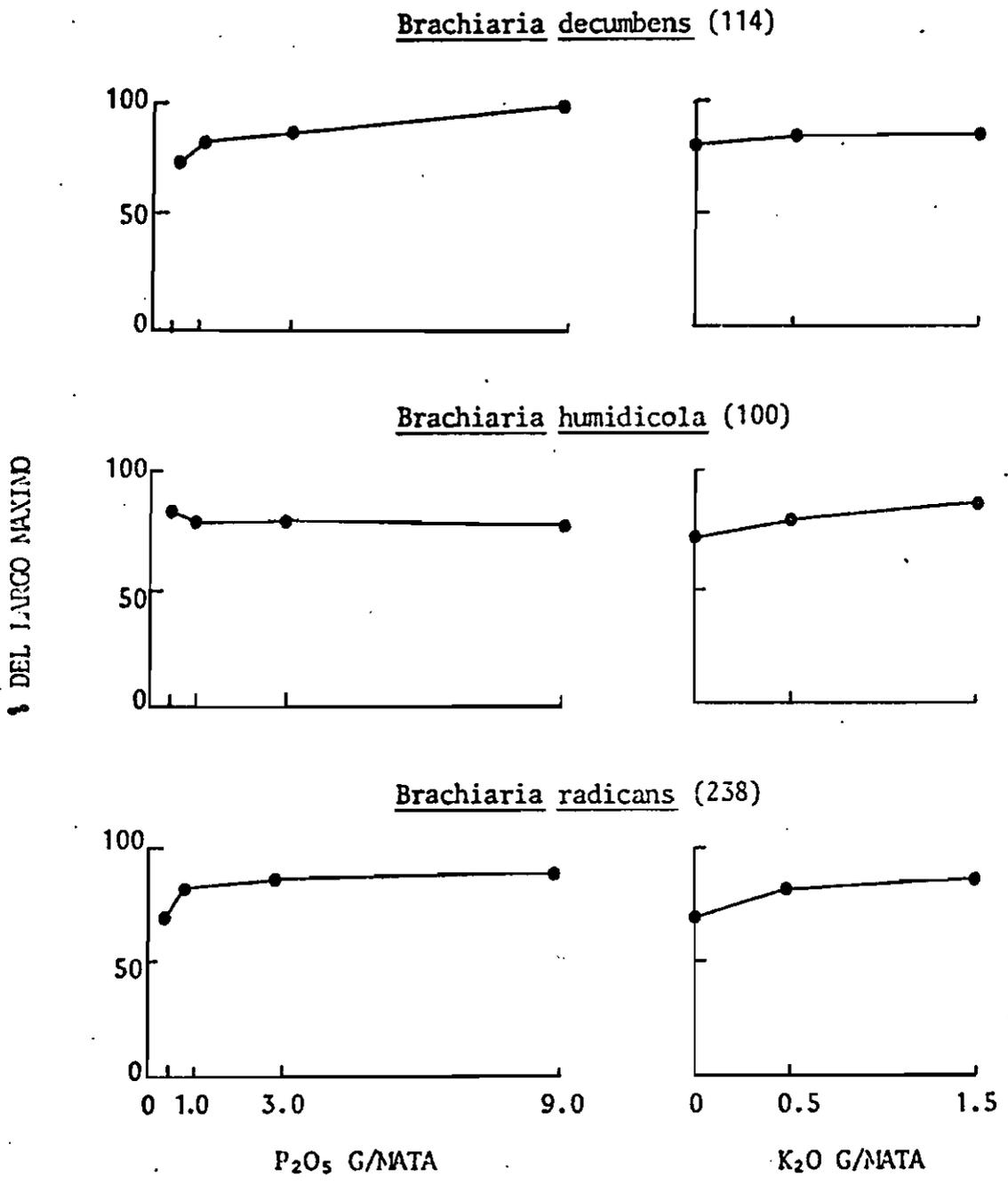
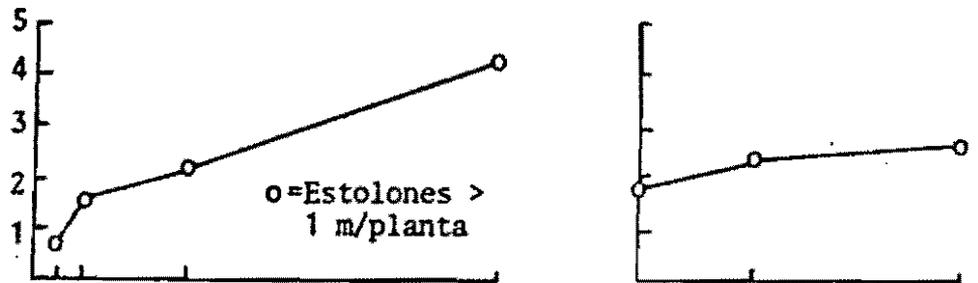
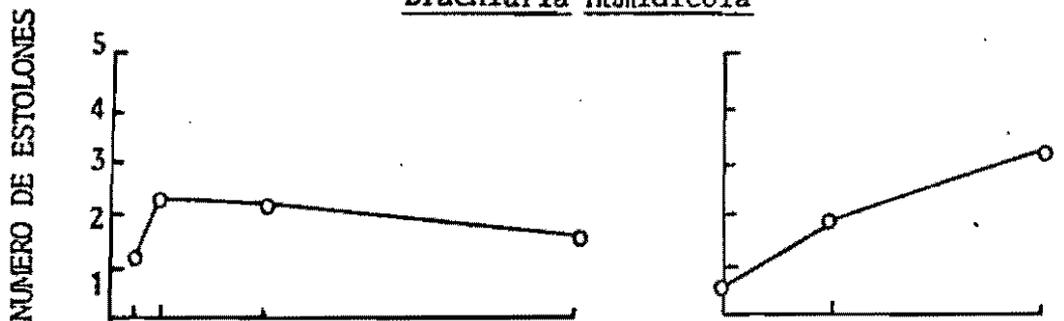


Figura 1.- Efecto de P y K en la longitud de estolones después de 90 días de sembrado por material vegetativo de tres especies de gramíneas. El promedio de longitud (en cm) de los cuatro estolones más largos/mata, en el mejor tratamiento, se muestra en paréntesis. Carimagua 1977.

Brachiaria decumbens



Brachiaria humidicola



Brachiaria radicans

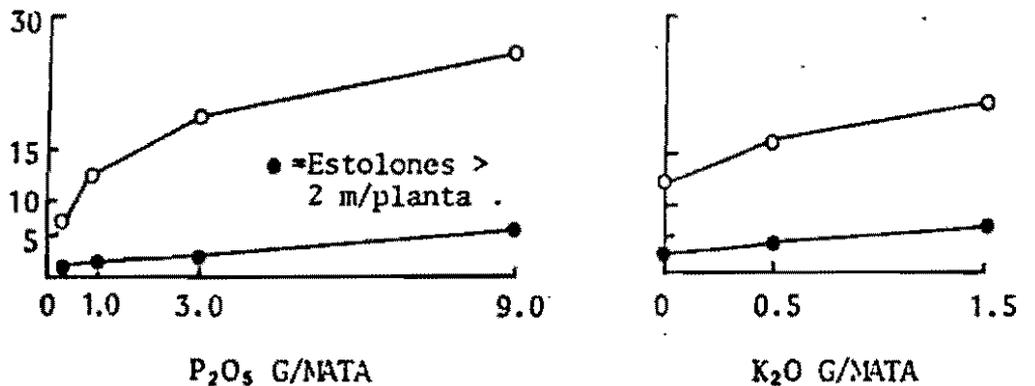


Figura 2.- Efecto de P y K en el número de estolones de más de 1 y 2 metros de largo después de 90 días de sembrado por material vegetativo de tres especies de gramíneas.

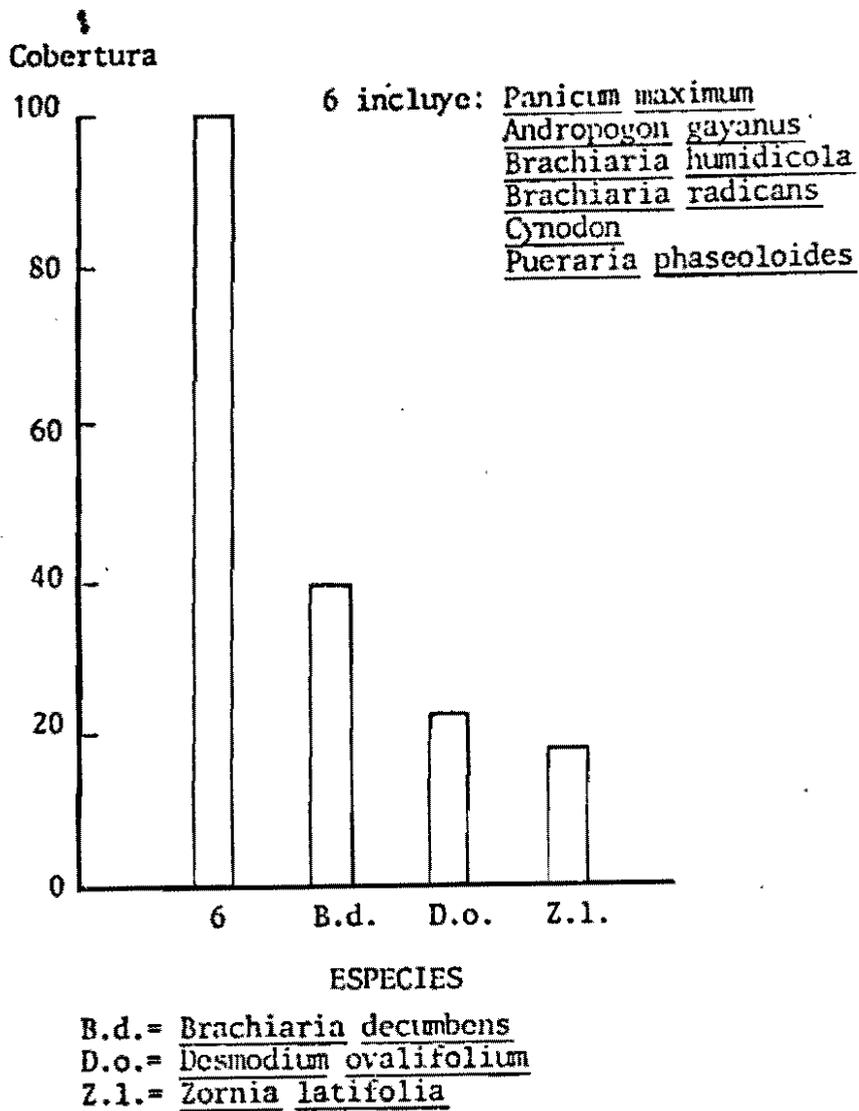


Figura 3.- El porcentaje de cobertura logrado por nueve especies sembradas a 1000 matas/ha, nueve meses después de sembrado.

XI. CALIDAD DE PASTURAS Y NUTRICION

- Utilización del Recurso Forrajero para Producción de Ganado de Carne.
Carlos Lascano
- Calidad de Pasturas y Nutrición - Cuadros y Gráficos.
Carlos Lascano
- Aspectos de calidad forrajera de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweickt,
en la altillanura plana de los llanos orientales de Colombia.
Carlos Lascano,
P. Hoyos y J. Velásquez
- Medición de Consumo bajo Pastoreo. Carlos Lascano

UTILIZACION DEL RECURSO FORRAJERO PARA PRODUCCION
DE GANADO DE CARNE

C. Lascano

INTRODUCCION

La cantidad y calidad nutritiva de un forraje son factores que interactúan y que influyen significativamente en la producción de ganado de carne bajo condiciones de pastoreo. Si la cantidad de forraje disponible no es limitante y no se presentan problemas de aprehensión entonces las ganancias de peso estarán en gran parte determinadas por el consumo voluntario de materia seca digerible, sinónimo de calidad nutritiva (Elliot et al 1961, Holmes et al 1966).

Se desprende de lo anterior que la baja producción por animal observada, por ejemplo, en los Llanos de Colombia con pastos naturales bien manejados y aún con gramíneas mejoradas y adaptadas (Paladines y Leal, 1979) se puede deber principalmente a un consumo bajo de nutrientes digeribles.

Si aceptamos que el bajo consumo de forrajes es un factor limitante en la producción de ganado en los trópicos, entonces, para pensar en soluciones es necesario conocer como atributos del forraje, y del animal interactúan con los mecanismos digestivos de regulación de consumo, en los rumiantes. Se tratará entonces en este trabajo de discutir en forma general algunos conceptos sobre regulación de consumo de forrajes y las implicaciones a que ellos conllevan.

FACTORES RELACIONADOS CON CONSUMO VOLUNTARIO DE FORRAJES

Sería interminable discutir todos los factores que directa o indirectamente se sabe ejercen influencia en el consumo de forrajes de animales en pastoreo. Es por ello que sin desconocer los efectos que puede tener en consumo de forrajes la temperatura ambiental, la salud animal, la raza, la morfología y "gustosidad" relativa de las plantas, deficiencias nutricionales, etc., únicamente se discuten aquellos atributos del forraje y condiciones fisiológicas o productivas del animal que se sabe pueden influenciar directamente el consumo de nutrientes digeribles cuando el forraje disponible no es limitante.

REGULACION FISICA DE CONSUMO

RELACION CONSUMO - DIGESTIBILIDAD

Evidencia presentada por Blaxter et al (1956) sugirió que el mecanismo relacionado con el consumo de forrajes parecía estar asociado con la capacidad del tracto digestivo de acomodar el material ingerido. Esta observación fué muy importante ya que implicaba que el rumiante alimentado con forrajes no regulaba el consumo en términos de satisfacer sus requerimientos energéticos. Posteriormente Conrad et al (1964) reportó datos obtenidos con vacas lecheras en confinamiento que indicaban que dentro de los rangos de digestibilidad comunes a los forrajes (45 - 65%) el consumo voluntario estaba relacionado al peso del animal y a la digestibilidad del alimento. En estos estudios el consumo de todas las raciones invariablemente resultó en una producción relativamente

constante de heces del orden de 0.94 Kg MO/día/ 100 Kg peso vivo. Se pensó entonces que la producción constante de heces reflejaba una capacidad limitada de procesamiento en el tracto digestivo de materia seca no digerida. Se observó además (figura 1) que con aumentos en digestibilidad de la ración se obtenían aumentos en consumo hasta el punto en que la digestibilidad de la materia orgánica fuese de 65%. Por encima de este punto aumentos en digestibilidad no resultaron en aumentos de consumo voluntario en vacas con producción de 13 Kg de leche. En base a este estudio se generalizó la idea de que la regulación de consumo de la mayoría de los forrajes con digestibilidades de la materia orgánica hasta de un 65% era de naturaleza física, es decir la consecuencia de una capacidad limitada de procesamiento del tracto digestivo. En contraste, el consumo de alimentos con digestibilidades mayores de 65% estaba regulado por el requerimiento energético del animal, es decir un control metabólico.

La cuantificación de consumo voluntario en base a los resultados de Conrad et al (1964) se hace posible con la siguiente relación:

$$\frac{\text{Consumo (Kg MO/100Kg PV/día)}}{100 - \text{digestibilidad MO (\%)}} = \frac{.94 \text{ Kg Heces MO/100 Kg PV/día}}{100 - \text{digestibilidad MO (\%)}}$$

Con esta relación es fácil ver que la única forma de variar consumo es cambiando los valores de la digestibilidad del forraje.

Los cambios en digestibilidad asociados con madurez de los pastos están bien documentados en la literatura. A manera de ejemplo se citan en los resultados obtenidos por Reid et al (1973) los cuales ilustran cambios en digestibilidad con madurez de algunas gramíneas y leguminosas. Es interesante indicar que los

cambios en digestibilidad asociados con madurez son más drásticos en las gramíneas estudiadas que en las leguminosas. Además es conocido que existen diferencias en digestibilidad entre géneros de gramíneas o leguminosas cuando se comparan a una misma madurez. Los cambios en contenido de nutrientes con madurez no sólo se reflejan en la energía (digestibilidad de MS) sino también en el contenido de proteína tal como lo indican trabajos de Milford y Minson (1966) para algunas gramíneas y una leguminosa. Estos estudios y otros similares han permitido establecer que en general los forrajes tropicales tienen digestibilidades relativamente bajas aún en estado inmaduro. Vale la pena mencionar que los cambios de digestibilidad por unidad de tiempo son mayores en pastos templados que tropicales debido a que tienen una digestibilidad inicial más alta.

Es importante ahora analizar el efecto que podrían tener los cambios en digestibilidad en el consumo de materia seca y ganancia de peso. Para tal efecto se ha utilizado la relación consumo-digestibilidad de Conrad para predecir consumo de un animal de 300Kg de peso vivo y las tablas del NRC (1976) para predecir ganancia de peso bajo condiciones hipotéticas (Cuadro 1). En el mejor de los casos (dig 60%) el consumo de materia seca calculada permitiría ganancias de peso del orden 700-800 g/día que probablemente están por debajo del potencial genético de un animal de 300 Kg. Digestibilidades de 40-45% probablemente resulten en consumo menores de los calculados y por lo tanto mayor pérdida de peso, ya que bajo estas condiciones el forraje (gramínea) probablemente

será deficiente en proteína lo cual se sabe tiene un efecto depresivo en digestibilidad y consumo voluntario. Los efectos de cambios en digestibilidad en consumo de materia seca han sido verificados bajo condiciones de pastoreo por Lascano (1979). En estos estudios (Cuadro 2) los cambios en partes seleccionables para el animal obtenidos a través de una secuencia de pastoreadores A, B y C, resultaron en producción de heces relativamente constante (1.2 Kg MS/100 Kg PV/día) pero en digestibilidades III VIVO diferente. Esto quiso decir que el factor que determinó consumo en este estudio fué digestibilidad del material consumido.

No hay duda que la relación consumo-digestibilidad de Conrad sirve para ilustrar y explicar en parte el problema de consumo asociado con gramíneas tropicales en general. Las implicaciones de la relación se podrán reflejar a manera de ejemplo, en todos aquellos sistemas de pastoreo que utilizan una presión que permita maximizar ganancia de peso/animal al dar la oportunidad de selección de partes de la planta más digestibles. Esto desde luego se basa en la gran habilidad de selección que tiene un animal en pastoreo tal como lo demuestra el estudio de Engdahl (1976) en el Cuadro 3. Los datos de este trabajo muestran, por ejemplo, cómo animales pastoreando Cynodon dactylon en estado seco con un 66% de tallo en el material disponible fueran capaces de seleccionar una dieta con sólo 18% de este componente. Así mismo los animales en este estudio seleccionaron partes más digestibles de la planta en este caso hojas y, tanto en el pasto seco como en crecimiento.

Si la relación consumo-digestibilidad se mantuviera constante, para animales de diferentes condiciones fisiológicas y para diferentes especies de forraje entonces podría ser de gran utilidad para evaluar valor nutritivo (consumo potencial de nutrientes digeribles) de nuevo germoplasma en programas de selección sobre todo teniendo en cuenta la alta correlación que se ha encontrado entre digestibilidad IN VITRO e IN VIVO. Desafortunadamente esta relación está lejos de ser perfecta ya que se sabe existen otros factores relacionados con la condición fisiológica o productiva del animal y con la condición dinámica del proceso digestivo que pueden actuar independientemente de la digestibilidad para regular consumo de forrajes.

CONDICION PRODUCTIVA DEL ANIMAL

En la figura 2 se presenta un resumen de trabajos publicados en la literatura y recopilados por Ellis (1978). Se observa que a una misma digestibilidad el consumo corregido por peso vivo es mayor en vacas lactantes que en toros adultos y en animales de menor peso en comparación con animales más pesados. Estas variaciones de consumo en relación a digestibilidad debido a estado productivo del animal podrían ser debidas a diferencias en potencial de crecimiento, en requerimientos y/o capacidad del retículo-rumen para alojar residuos de forraje. Factores como preñez (Forbes, 1969) y grasa abdominal (Taylor, 1959) se cree pueden reducir la capacidad o volumen del retículo-rumen y por consiguiente afectar consumo voluntario independientemente de la digestibilidad del forraje. En general estos datos nos permiten inferir que

la relación consumo-digestibilidad puede variar en función de atributos del animal o condición fisiológica y en forma independiente de atributos del forraje.

CONDICION DINAMICA DEL PROCESO DIGESTIVO

Después del trabajo de Conrad hubo gran interés en determinar qué porción del tracto digestivo ejercía mayor influencia en la regulación física de consumo. Experimentos realizados por Scott y Jacobson (1967) demostraron que el consumo voluntario se reducía en forma lineal con adiciones progresivas de Polietileno en el rumen. Estos resultados sugirieron que la porción del tracto digestivo involucrado en regulación física de consumo era el retículo-rumen. En este mismo sentido Freer y Campling (1963) habían indicado que para animales de un mismo estado de producción el contenido de materia seca en el rumen después de una comida era relativamente constante e independiente de la calidad del forraje consumido. Estos resultados llevaron a Thorton y Minson (1972) a postular y luego probar que el consumo de forrajes era inversamente proporcional al tiempo de retención de la materia seca en el rumen. Este concepto fué verificado por Laredo y Minson (1973) quienes además encontraron que ovejas estabuladas consumían significativamente más hoja que tallo de gramíneas debido a que tenían un tiempo de retención menor en el rumen. Este trabajo también mostró que aunque el consumo de hoja había sido mayor que el tallo la digestibilidad del tallo había sido mayor que la de hojas.

Tal vez de los aspectos más interesantes de la relación

consumo-tiempo de retención en el rumen sea el de la diferencia en consumo que se ha encontrado entre algunas gramíneas y leguminosas (Thornton y Minson, 1973). En este trabajo Australiano el consumo a una misma digestibilidad fué mayor en leguminosas que en gramíneas y aparentemente asociado con un menor tiempo de retención en el rumen de la leguminosa.

La anterior evidencia experimental sugiere que el tiempo de retención en el rumen y por lo tanto el consumo voluntario están influenciados por diferencias en la estructura morfológica de componentes de una misma planta (hoja y tallo) y de especies (gramíneas y leguminosas). Sin embargo, para entender mejor los factores asociados con el forraje que pueden influenciar tiempo de retención o condición del proceso digestivo en el rumen es necesario saber cuáles son las fuerzas que intervienen en el proceso. Ellis (1978) llamó la atención al hecho de que la medida de tiempo de retención en el rumen de los trabajos Australianos era aparente, es decir, que el recíproco no representaba una verdadera velocidad de pasaje sino la suma de velocidad de pasaje y digestión como se ilustra en el Cuadro. 4. Para separar los efectos de velocidad de pasajes y digestión del tiempo de retención en el rumen es necesario estimar en forma independiente cada componente. Las mediciones de velocidad de pasaje requieren el uso de un marcador externo que se le aplique en "dosis única" y que permita marcar los residuos de forrajes en el retículo-rumen. Trabajos de Huston y Ellis (1965) demostraron las ventajas de utilizar lantánidos o metales raros (La, Ce, Yb) como marcadores en estudios de velocidad de pasaje

ya que estos permanecen tenazmente adheridos al residuo de forraje marcado y son fácilmente detectados en las heces por absorción atómica. Las determinaciones de velocidad de digestión se han realizado utilizando sistemas IN VITRO en IN SITU (Trollsen y Bell, 1969).

Utilizando los lantánidos como marcadores externos se ha podido establecer que las hojas de Cynodon dactylon var. Coastal tienen una velocidad de pasaje más rápida que los tallos pero velocidades de digestión de fibra potencialmente digerible IN VITRO similar, tal como se indica en el Cuadro 5 (Lascano, 1979). Estos resultados sugieren que tal vez el proceso de digestión química (acción bacteriana) contribuya poco a la reducción de tamaño de partículas constituidas principalmente por fibra indigerible, proceso que se considera necesario para pasaje a través del orificio retículo-omaso de residuos de forraje tal como lo sugieren trabajos en la literatura (Pearce y Moir, 1967; Trollsen y Campbell, 1968). En este sentido Van Soest (1965) propuso la "Teoría del Hotel" en la cual la célula se visualiza como el hotel siendo la pared celular el sostén del mismo. Los procesos de digestión bacteriana pueden desocupar el interior del hotel (contenido celular y pared celular digerible) pero dejar la estructura intacta (fibra indigerible) y por lo tanto no disminuir el espacio que ocupa dicha estructura en el rumen. Es probable entonces que la degradación de tamaño de partículas residuales de forraje en el rumen sea consecuencia de procesos físicos como masticación inicial, ruminación y acción abrasiva del rumen por intermedio de su motilidad.

Estudios diseñados para evaluar los efectos de ciertos atributos del forraje en relación a la regulación física de consumo en rumiantes sugieren que tanto madurez como partes seleccionables de las plantas pueden afectar significativamente los procesos de degradación física de partículas de forraje en el rumen (Lascano, 1979). Un resumen de estos estudios muestran que tanto hojas como tallo de forraje inmaduro se degradaron más rápido que las correspondientes partes maduras (Cuadro 6). Así mismo las hojas y tallos consumidos por animales con mayor posibilidad de selección (Pastoreador A) se degradaron más rápido que hojas y tallos consumidos por animales con menos posibilidad de selección (Pastoreador C) (Cuadro 7).

Para racionalizar mejor los conceptos dinámicos de digestión en rumiantes Ellis (1978) presentó un modelo cuyos componentes son cuantificables (figura 2). En el modelo simplificado la materia seca se divide en:

- 1.- Pared celular digerible
- 2.- Pared celular indigerible
- 3.- Contenido celular

La mayor parte del contenido celular que entra al tracto digestivo desaparece por digestión (98%) a una velocidad K_d . Por lo tanto el contenido celular que desaparece por pasaje (K_p) es pequeño y hace que esta fracción del forraje se considere de una disponibilidad nutritiva uniforme, es decir que su disponibilidad para el animal no cambia con madurez o especie de forraje. La porción digerible de la pared celular puede desaparecer del tracto por digestión o por pasaje a una velocidad K_d y K_p , respectivamente. Sin embargo, la por-

ción indigerible de la pared celular únicamente desaparece por pasaje a una velocidad Kp. Quiere decir lo anterior que la pared celular no es de disponibilidad nutritiva uniforme ya que la proporción de parte digerible a indigerible puede cambiar con madurez e inclusive con especie de forraje. Por lo tanto la pared celular y sobre todo la indigerible, constituyen la fracción de forraje que ejerce mayor influencia en el consumo voluntario ya que sus residuos representan la mayor masa o volúmen que debe ser procesada en el tracto para permitir su salida.

En general en este modelo, si el volúmen o cantidad de materia seca en el tracto permanece constante como se ha tratado de inferir para animales de una misma condición fisiológica, entonces el consumo va a variar en función de Kd y Kp por la siguiente relación:

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Volúmen} \times Kp}{Kp/Kp+Kd}$$

En donde el volúmen representa peso de materia seca no digerida en el tracto y Kd y Kp representan la fracción de ése volúmen que se digiere y sale del tracto por unidad de tiempo, respectivamente. El producto volúmen x Kp representa excreción de materia seca por unidad de tiempo. La indigestibilidad (100-digestibilidad) del forraje está dada por la relación Kp/Kp+Kd. En esta fórmula la cantidad de heces/unidad de tiempo (volúmen x Kp) no es necesariamente constante en contraste con la fórmula presentada por Conrad et al (1964). Esto quiere decir que tanto cambios en digestibilidad (denominador) como cambios en volúmen o velocidad de pasaje (numerador)

pueden resultar en cambios en consumo voluntario de forrajes. Más específicamente el modelo permite ver (Cuadro 8) cómo manteniendo el volumen y la velocidad de digestión constantes, incrementos en velocidad de pasaje pueden resultar en disminución en digestibilidad pero en aumentos en consumo tal como se ha observado experimentalmente. Aumentos en volumen del tracto, sin cambios en las dos fuerzas dinámicas que intervienen en el proceso digestivo resultan de acuerdo al modelo en aumentos en consumo, que podría ser el caso de las vacas lactantes en comparación con vacas gestantes.

Existen datos en la literatura que podrían interpretarse en base al modelo dinámico de Ellis. A manera de ejemplo, en un estudio de Minson (1971) con diferentes ecotipos de *Panicum* el consumo voluntario de los forrajes no estuvo relacionado con la digestibilidad sino con la proporción de hoja en relación a tallo en el material ofrecido y aparentemente una característica de cada ecotipo. Experimentos realizados en CIAT con *Andropogon gayanus* suministrado a ovejas en confinamiento el incremento en cantidad de forraje ofrecido de 50 a 100 g/p.⁷⁵/día resultó en aumentos significativos en consumo pero no en digestibilidad (López 1978). Es probable que en ambos estudios la mayor cantidad de hoja material ofrecido resultó en mayor ingestión de este componente que como se ha discutido tiene un tiempo menor de retención en el rumen.

Como punto de referencia es importante indicar que en la literatura se han presentado muchas propuestas de métodos químicos

(contenido de fibra - Van - Soest, 1965: solubilidad en Pepsina, Donefer et al, 1966) o métodos IN VITRO (velocidad de digestión Donefer et al, 1960) para predecir consumo. Sinembargo, parece que estos métodos al igual que valores de digestibilidad IN VITRO tienen algún valor en predicción de consumo únicamente cuando se trata de una especie en la cual la principal variable es estado de madurez.

C O N C L U S I O N E S

Se reconoce que los pastos tropicales tienen gran potencial de producción. Sinembargo, esta producción es estacional y acompañados con disminuciones en el valor nutritivo del forraje debido a procesos ligados a la maduración. En base a la evidencia que se ha previsto es aparente que disminuciones en digestibilidad por madurez tienen un efecto depresivo en el consumo voluntario de forrajes dadas las limitaciones físicas que impone el tracto digestivo para procesar residuos no digeridos. Generalmente asociados con incrementos en madurez se pueden esperar disminuciones en la cantidad de hojas en el forraje disponible que como se ha dicho pueden ser consumidas en mayor cantidad que los tallos debido a su menor tiempo de retención en el rumen. Esto hace que los efectos de madurez en consumo, particularmente en gramíneas, sea más drástico de lo que podría indicar un coeficiente de digestibilidad.

El conocimiento de cómo ciertos atributos de gramíneas y leguminosas promisorias para determinada región interactúan con los me-

canismos de regulación de consumo en rumiantes podría ser un paso importante en la búsqueda de alternativas para la mejor utilización del recurso forrajero para la producción de carne. Entre otras cosas podría pensarse en dar cierta prioridad a la selección de especies con alta proporción de hoja en relación a tallo, y desde luego al muy justificado empeño de introducción de leguminosas en asociación con gramíneas.

R E F E R E N C I A S

- Blaxter, K.L., M.W. McGraham and F.W. Wainman 1956. Some observations on the digestibility of food by sheep and on related problems. *Brit J. Nutr.* 10:69
- Conrad, H.R., A.D. Pratt and J.W. Hibbs 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Changes in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility *J. Dairy Ci.* 47:54.
- Donefer, E. C.W. Crampton, and L.E. Lloyd 1960. Production of the nutritive value index of forages from IN VITRO fermentation data. *J. Anim Ci.* 19:545.
- Donefer, E. C.W. Crampton, and L.E. Lloyd 1966. The prediction of digestible energy intake potential (NVI) of forages using simple, IN VITRO technique. *Proc. 10th. Int. grassed. cong. Helsinki P.* 442.
- Ellis, W.C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *J. of Dairy Ci.* 61:1828.
- Elliot, R.C. K. Fokkema and C.H. French. 1961. Herbage consumption studies by beef cattle. *Rhodesia J. Agr.* 58:124.
- Engdahl, G.R. 1976. Techniques for determining intake by grazing animals. Ph.D. dissertation, Texas A&M University, College Station.
- Forbes, J.M. 1969. The effect of Pregnancy and fatness on the volume of rumen contents in the ewe. *J. Agr. Ci.* 72:119.
- Freer, M. and R.C. Campling. 1963. Factors affecting voluntary intake by cows. 5. The relationship between the voluntary intake of food, the amount of digesta in the reticulo-rumen and rate of disappearance of digesta from the alimentary tract with diets of hay, dried grass or concentrates. *Brit. J. Nutr.* 17:79.
- Holmes, J.H.G., M.C. Franklin and L.J. Lambourne. 1966. The effects of season, supplementation and pelleting on intake and utilization of some sub-tropical pastures. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 6:354.
- Huston, J.E. and W.C. Ellis 1965. Evaluation of 144 CE as an indigestible marker. *J. Anim Ci.* 24:888.
- Laredo, M.A. and D.J. Minson. 1973. The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep of leaf and stem fractions of fine grasses. *Aust. J. Agric. Res.* 24:875.
- Lascano, C. 1979. Determinants of grazed forage voluntary intake in cattle. Ph.D. Dissertation Texas A&M University College Station.

López, W. 1978. Ensayo de digestibilidad y consumo de heno de Andropogon gayanus con ovejas. I. curso de adiestramiento en producción y utilización de pastos tropicales CIAT.

Minson, D.J. 1971. The digestibility and voluntary intake of six panicum varieties. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 11:18.

Milford, R. and Minson D.J. 1966. Intake of tropical pasture species. Proc. IX Int. Grassed Congr. Sao Paulo, Brazil, P.815-22.

Paladines, O., J.A. Leal. 1979. Pasture management and productivity in the Llanos Orientales of Colombia. Proceeding of Pasture Production in acid soils. CIAT P. 311.

Pearce, G.R. and R.J. Moir. 1967. The influence of rumination and grinding upon the passage and digestion of feed. Aust. J. Agric. Res. 15:635.

Reid, R.L., J. Amy, J.F. Past and J.S. Muggerrua. 1973. Trop. Agric. (Trinidad) 50:1

Scott, B.C. and D.R. Jacobson. 1967. Interaruminal addition of mass or removal of rumen contents on voluntary intake of the bovine J. Dairy Sci. 50:1814

Taylor, J.C. 1959. A relationship between weight of internal fat, "fill" and the herbage intake of grazing cattle. Nature. 184:2021.

Thorton, R.F. and D.J. Minson. 1972. The relationship between voluntary intake and mean apparent retention in the rumen. Aust. J. Agric. Res. 23:87.

Thorton, R.F. and D.J. Minson. 1973. The relationship between apparent retention time in the rumen voluntary intake and apparent digestibility of legume and grass diets in sheep. Aust. J. Agric. Res. 24:889.

Troelsen, J.E. and J.B. Campbell. 1968. Voluntary consumption of forages by sheep and its relation to the size and shape of particles in the digestive tract. Anim. Prod. 10:289.

Troelsen, J.E. and J.M. Bell. 1969. Relationship between IN VITRO digestibility and finess of substrate grind as an indication of voluntary intake of hay by sheep Can. J. Anim. Sci. 49:119.

Van Soest, P.J. 1965. Symposium of factors influencing voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility J. Anim. Sci. 24:834.

Cuadro 1. EFECTO DE DIGESTIBILIDAD DEL FORRAJE EN GANANCIA DE PESO.

SITUACION HIPOTETICA DE UN NOVILLO DE 300 KG

Digestibilidad MS	Consumo ^{1/} Voluntario	Ganancia de Peso ^{2/} Calculada
<u>%</u>	<u>Kg MS/100 kg PV/día</u>	<u>gr/día</u>
60	3.0	700 - 800
50	2.4	100 - 200
40	2.0	-

1/ Consumo = $\frac{1.2^a) \text{ Kg MS Heces/100 Kg PV/día (Conrad et al, 1964)}}{100 = \text{Digestibilidad}}$

a) $\frac{0.94}{.80} = 1.2$

2/ Ganancia de Peso calculada en base a NRC, 1976, así:

DMS (Digestibilidad MS) = NDT

ED (Energía digestible Mcal/Kg) = $\frac{\text{NDT} \times 4.409}{100}$

EM (Energía Metabolizable Mcal/Kg) = ED x .82

ENm = 77/F

ENg = 2.54 - .0314 F

log F = 2.26 - .2213 EM

Cuadro 2. CONSUMO VS DIGESTIBILIDAD BAJO CONDICIONES DE PASTOREO CON CYNODON DACTYLON VAR. COASTAL (LASCANO, 1979)

AÑO	Pastoreador /Secuencia ^{1/}	Digestibilidad	Consumo
		MS	MS
		<u>%</u>	<u>KgMS/100 KgPV/día</u>
1977	A	60.9 ^a	3.08 ^a
	B	60.1 ^a	2.94 ^a
	C	55.8 ^b	2.50 ^b
1978	A	64.8 ^a	3.09 ^a
	B	55.7 ^b	2.47 ^b
	C	55.9 ^b	2.48 ^b

a, b Diferencia Significativa ($P < .05$)

1/ Secuencia de Entrada a las Parcelas

Cuadro 3. SELECTIVIDAD DE PASTOREO DE CYNODON DACTYLON
VAR. COASTAL (ENGDAHL, 1976)

Período ^{1/}	<u>Forraje Disponible</u>			<u>Forraje Seleccionado</u>		
	<u>Total</u>	<u>Hoja</u>	<u>Tallo</u>	<u>Total</u>	<u>Hoja</u>	<u>Tallo</u>
1						
%	100	34	66	100	82	18
DIMS ^{2/} (%)	35	40	36	42	45	39
2						
%	100	41	59	100	90	10
DIMS ^{2/} (%)	55	63	48	65	65	57

1/ Período 1 Pasto Seco; Período 2 Pasto en Crecimiento.

2/ Digestibilidad IN VITRO de la Materia Seca.

Cuadro 4 RELACION ENTRE TIEMPO DE RETENCION DE MATERIA SECA Y VELOCIDAD DE PASAJE Y DIGESTION

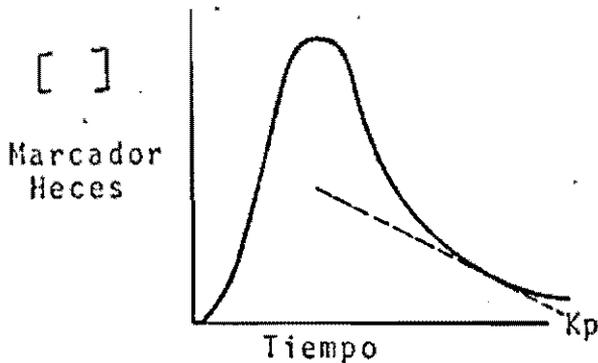
$$\text{Tiempo de retención en el rumen (TRR)} = \frac{\text{Materia seca (gr) en el rumen}}{\text{Consumo MS/Unidad de Tiempo}}$$

Recíproco:

$$\frac{1}{\text{TRR}} = \frac{1}{K_p + K_d}$$

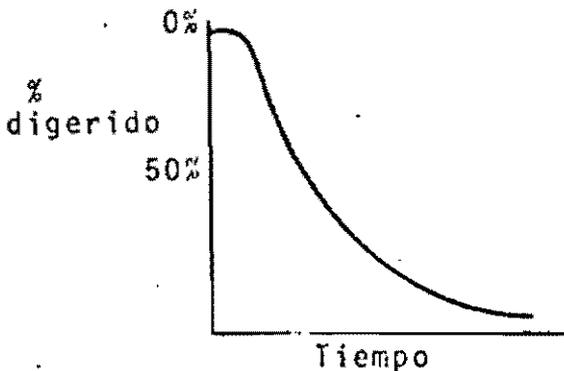
donde K_p y K_d representan velocidad de pasaje y digestibilidad, respectivamente.

Velocidad de Pasaje: Obtenida con marcadores externos suministrados al rumen en "dosis única"



Pendiente lenta representa verdadera velocidad de pasaje

Velocidad de digestión IN VITRO



Cuadro 5 VELOCIDAD DE PASAJE (Kp) Y DIGESTION (Kd) DE HOJAS Y TALLOS EN CYNODON DACTYLON VAR. COASTAL (Lascano, 1979)

Pastoreador ^{1/} /Secuencia	Velocidad de Pasaje (Kp Hr ⁻¹)		Velocidad de Digestión (Kd Hr ⁻¹)	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
A	.043 ^b	.029	.049	.043
B	.037 ^c	.022	.044	.041
C	.034 ^c	.026	.040.	.050

1/ Secuencia de entrada a las parcelas

b, c, Diferencia significativa P<.05

Cuadro 6 VELOCIDAD DE DEGRADACION FISICA DE HOJAS Y TALLOS DE CYNODON DACTYLON VAR. COASTAL AFECTADA POR MADUREZ (Lascano, 1979) 1/

Madurez	Velocidad de Degradación Física Kdf (hr ⁻¹)	
	<u>Hoja</u>	<u>Tallo</u>
Inmaduro	.1050 ^a	.0430 ^a
Intermedio	.0708 ^b	.0363 ^b
Maduro	.0841 ^b	.0362 ^b

1/ Datos representan promedio de degradación de partículas de 1600 m a 300/160 m de tamaño

a,b Diferencia significativa (P<.05)

Cuadro 7 · VELOCIDAD DE DEGRADACION FISICA DE HOJAS Y TALLOS DE CYNODON DACTYLON VAR. COASTAL AFECTADA POR PARTES SELECCIONABLES (Lascano, 1979) ^{1/}

Pastoreador	Velocidad Degradación Física Kdf (hr ⁻¹)	
	Hoja	Tallo
A	.1136 ^a	.0442 ^a
B	.0771 ^b	.0362 ^b
C	.0691 ^b	.0315 ^b

1/ Datos representan promedio de degradación de partículas de 1600 μ m a 300/160 μ m de tamaño

a, b Diferencia significativa (P < .05)

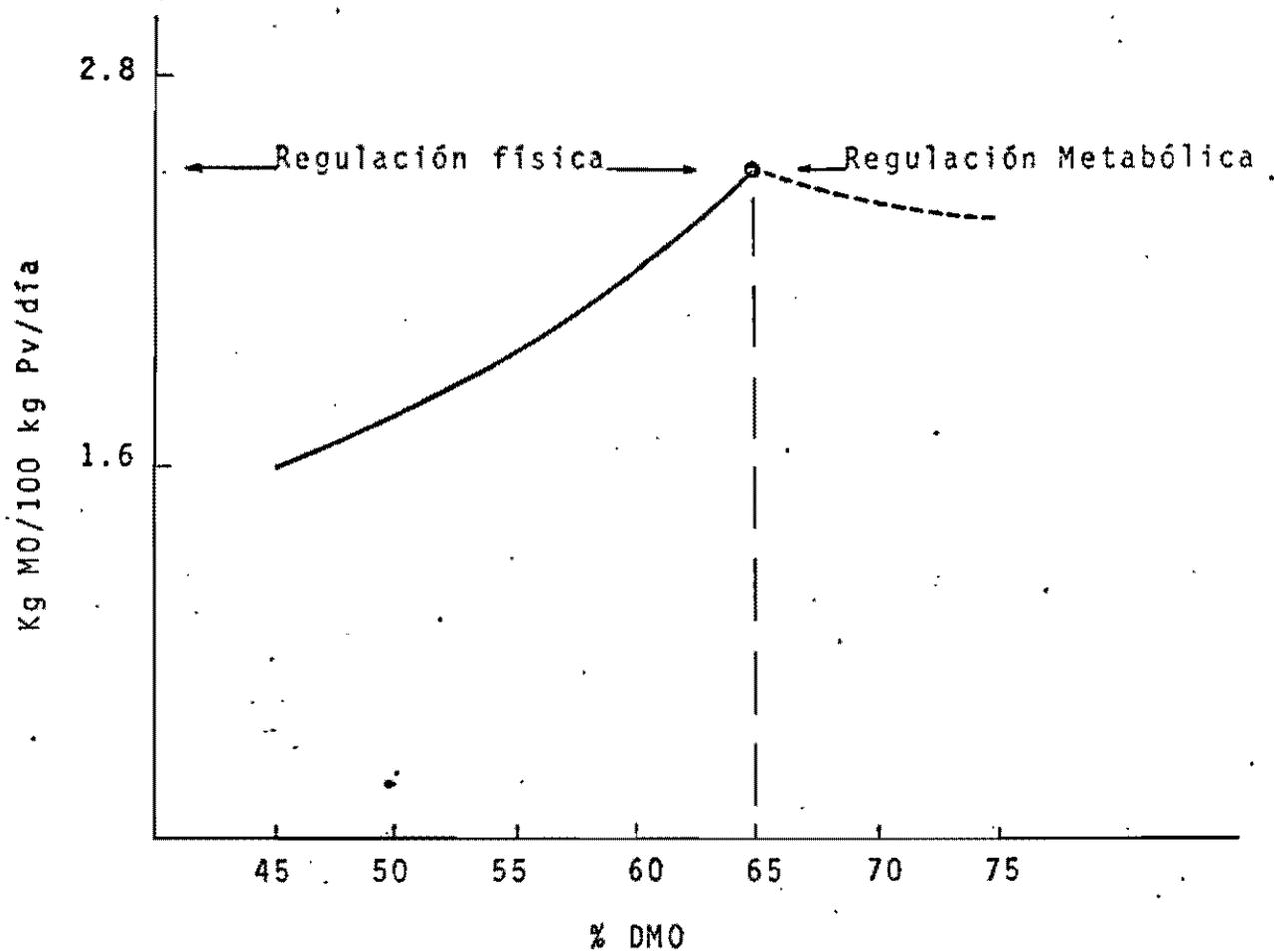
Cuadro 8 EFECTO DE VARIAR VELOCIDAD DE PASAJE Y VOLUMEN EN CONSUMO VOLUNTARIO (Elliis, 1978)

Volúmen Kg/100KgPV	Velocidad de Pasaje(Kp) %/día	Producción ^{1/} heces gMS/día/100kgPV	Velocidad de Digestión(Kd) hr ⁻¹	Digestión ^{2/} MS %	Consumo g/día/100KgPV	%
1.213	.75	910	.90	54.5	2.000	
1.213	.825	1000	.90	52.2	2.092	4.6
1.274	.75	.956	.90	54.5	2.101	5.1

$$1/ \text{ Producción heces} = \text{Volúmen} \times \text{Kp}$$

$$2/ \text{ Digestión (\%)} = 100 \left(\frac{\text{Kd}}{\text{Kd} + \text{Kp}} \right)$$

Figura 1. Consumo vs. digestibilidad (Conrad et al 1964)



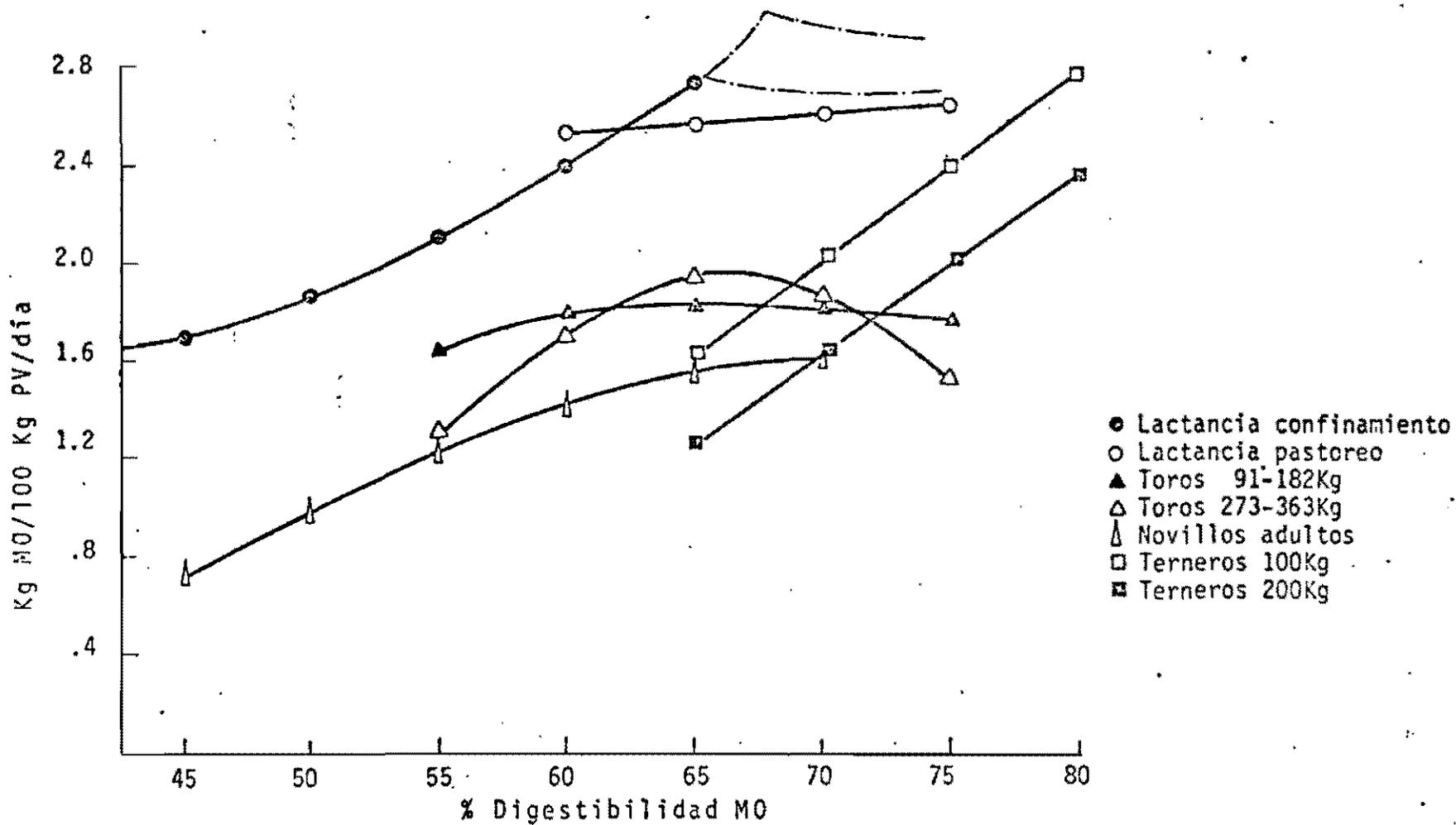


Figura 2 Consumo voluntario vs. digestibilidad (Tomado de Ellis, 1978).

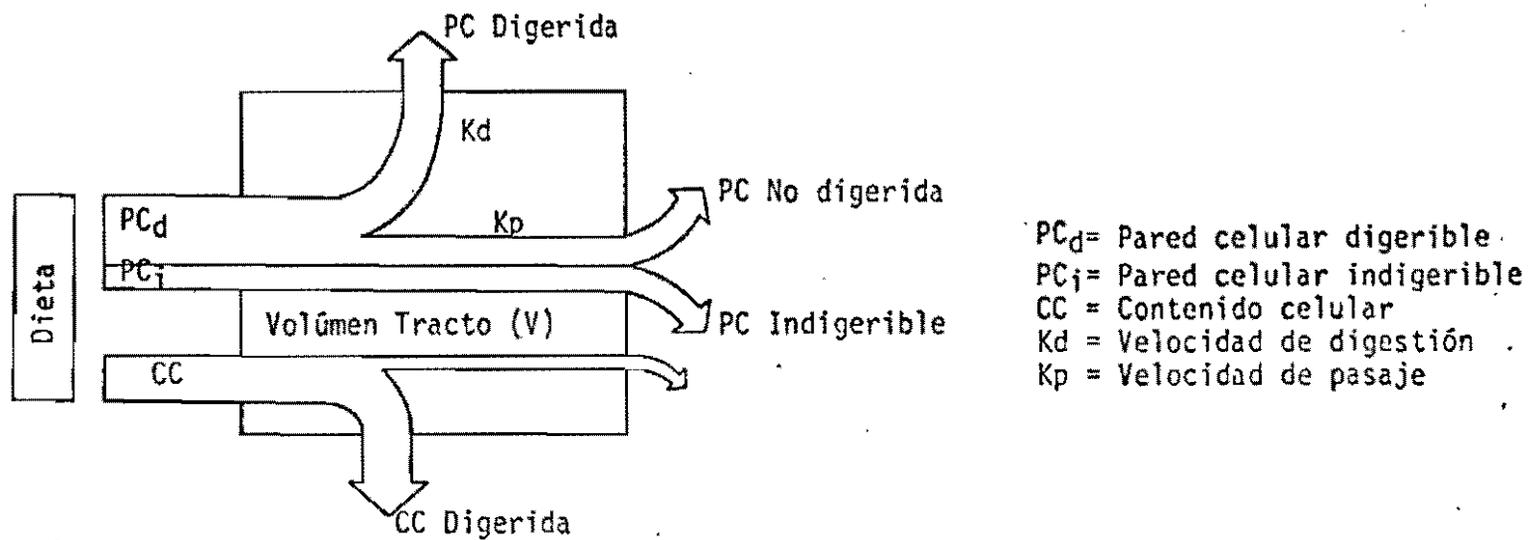


Figura 3. Modelo de flujo y digestión de entidades dietéticas
(Adaptado de Ellis, 1978)

CALIDAD DE PASTURAS Y NUTRICION

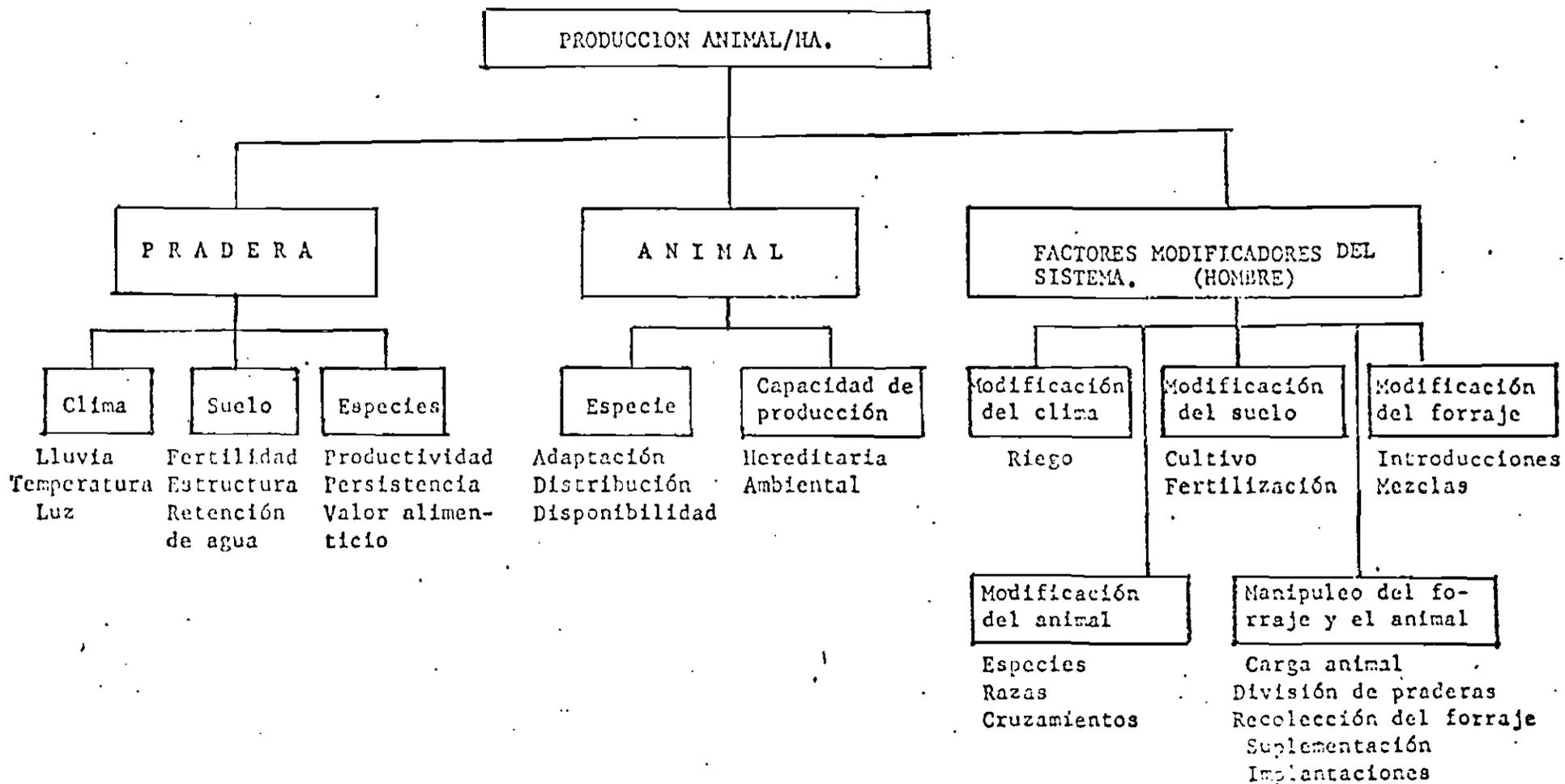
CIAT

Cuadros y Gráficos presentados en el Programa
De Adiestramiento Posgrado en Producción y Utilización
de Pastos Tropicales

Febrero, 1981

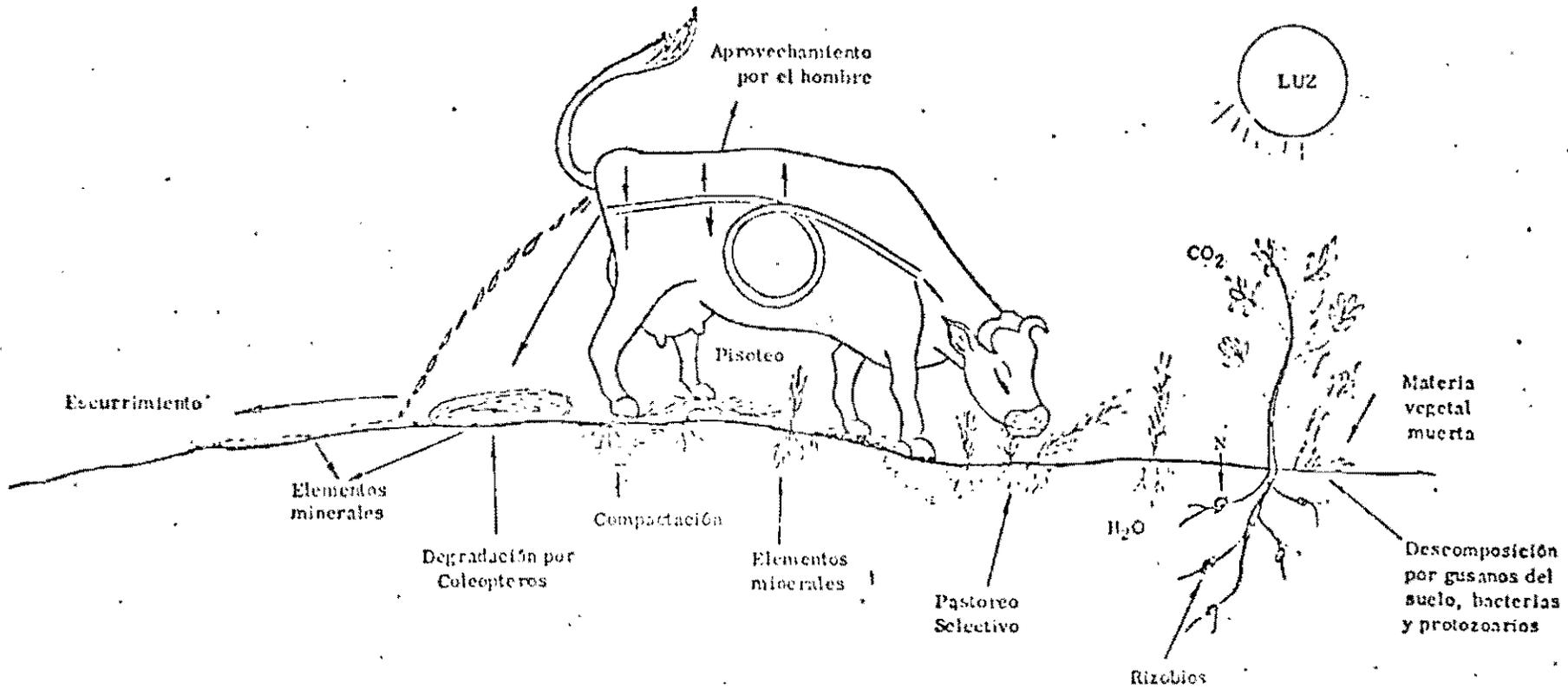
Carlos Lascano, Ph.D.

DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES QUE ACTÚAN SOBRE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ANIMAL EN PRADERAS



Sección 20 repales

RELACIONES FUNDAMENTALES ENTRE EL AMBIENTE, EL SUELO, LAS PLANTAS Y LOS ANIMALES EN PASTOREO



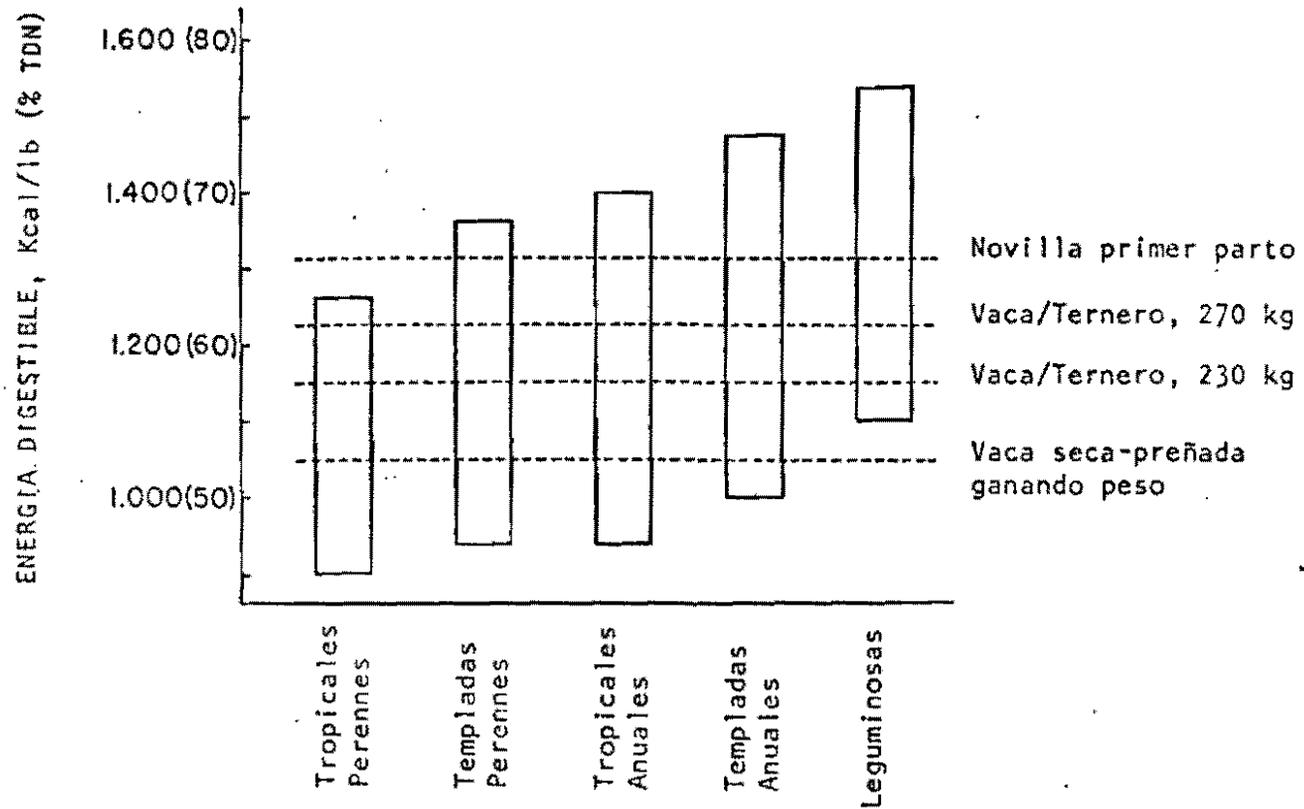
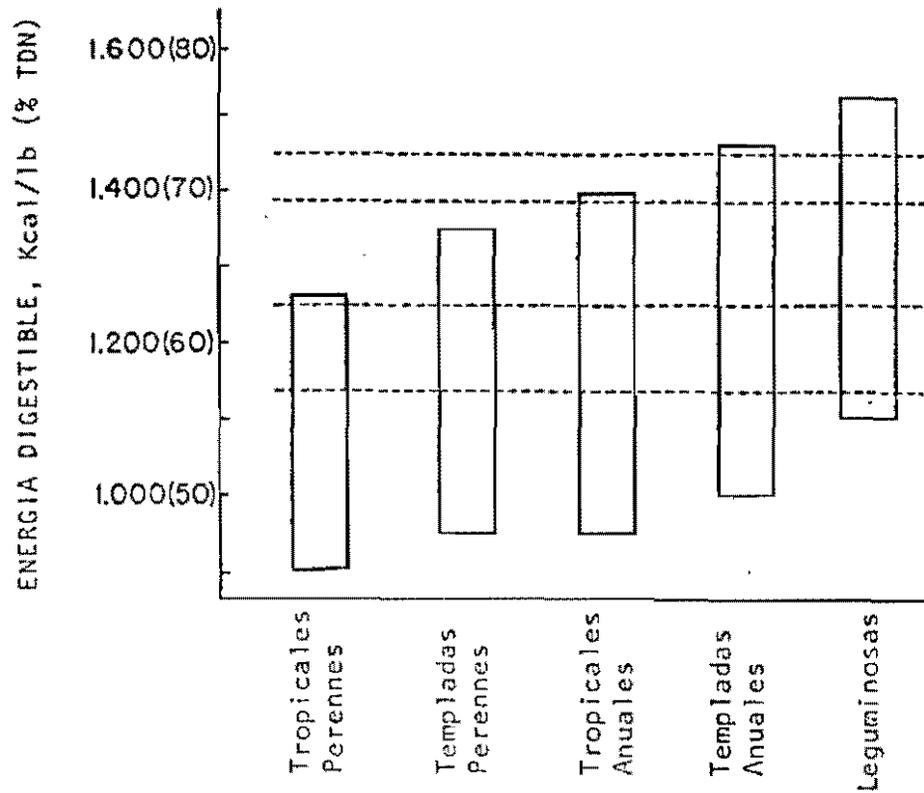
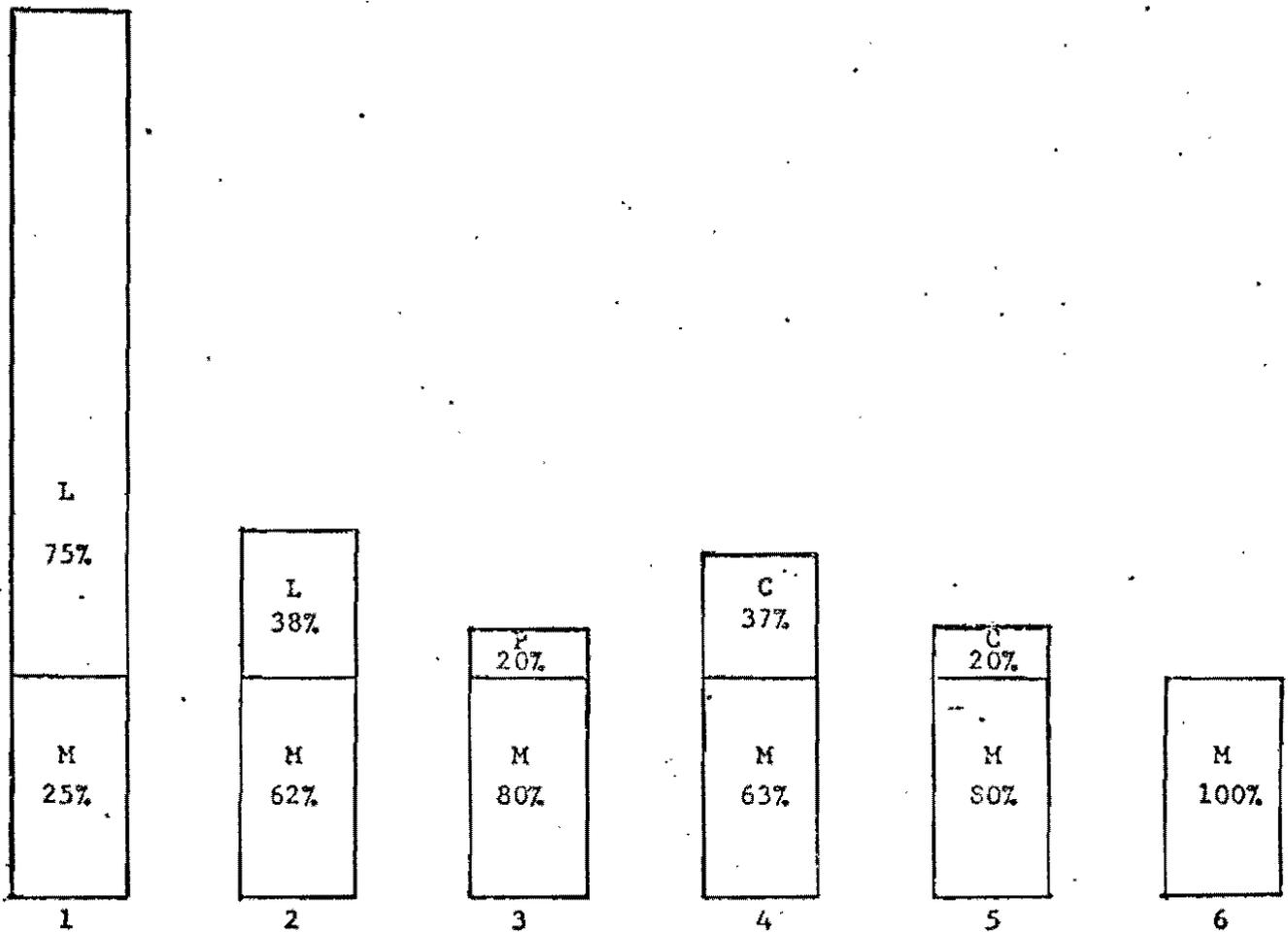


Figura: Rangos en energía digestible de varias clases de forraje para cubrir requerimiento de vacas.



Novillos	
Peso	Ganancia/día
150 kg	500 g
200 kg	770 g
200 kg	500 g
300 kg	770 g
300 kg	500 g

Figura: Rangos en energía digestible de varias clases de forraje para cubrir requerimiento de novillos.



Distribución del requisito de energía entre mantenimiento (M), preñez P, producción de leche (L) y crecimiento (C).

1 y 2 vacas lecheras produciendo 20 y 4 lts. de leche.

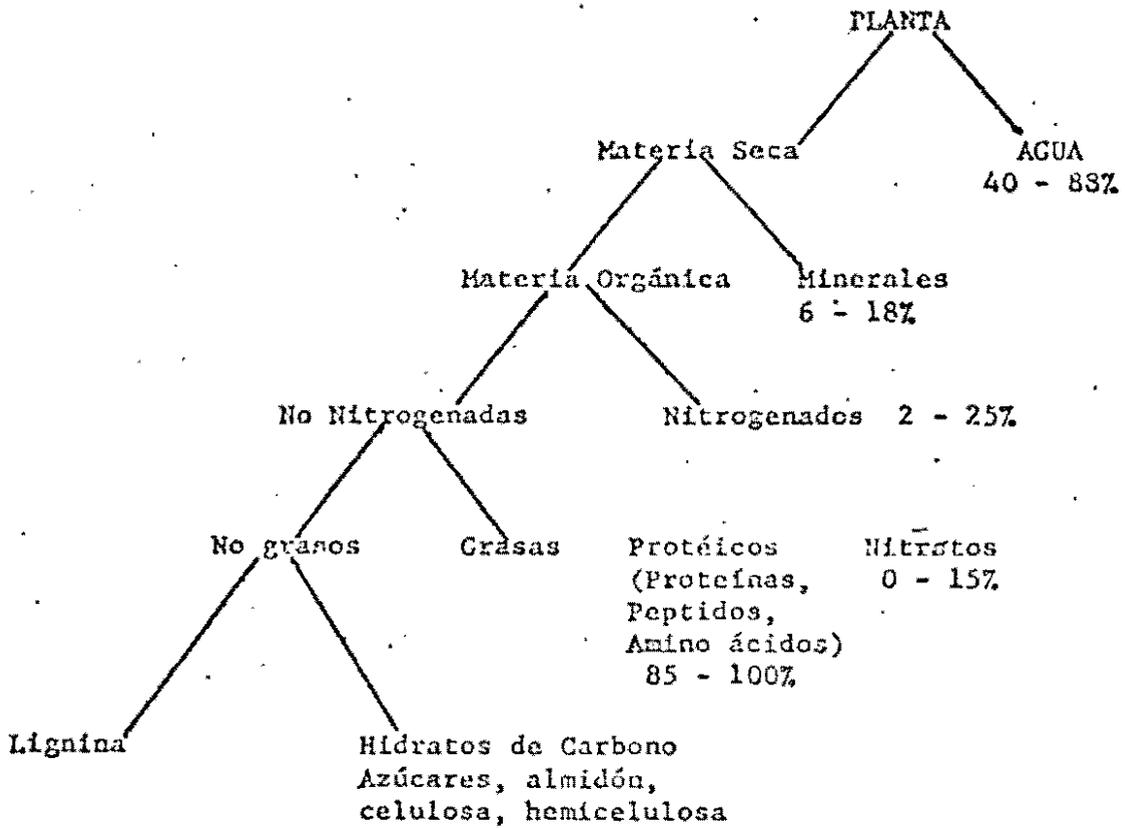
3 vaca seca en el último mes de gestación.

4 - 5 - 6 novillos ganando 700 - 300 y 0 g. de peso diarios.

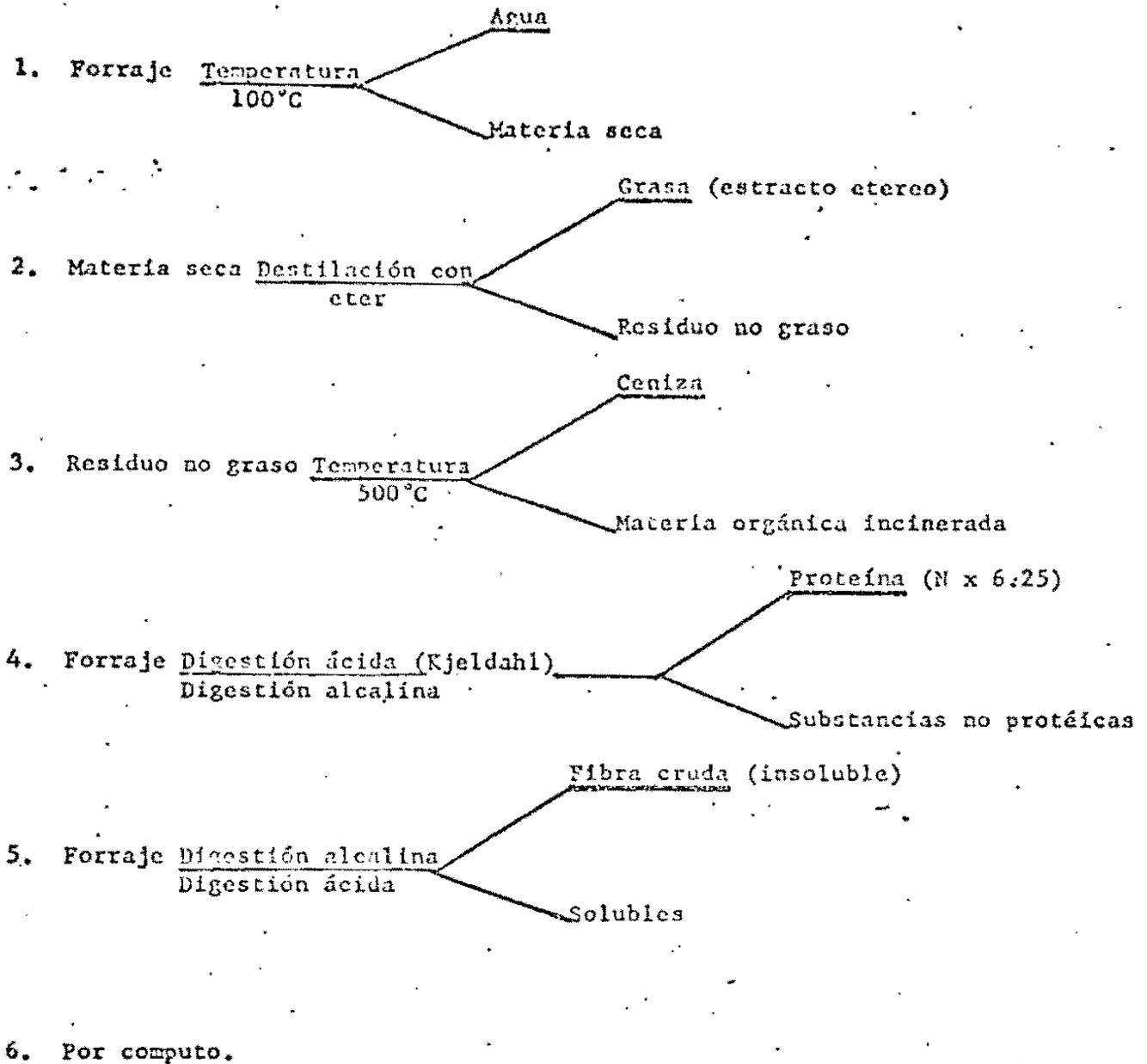
VALOR NUTRITIVO DE PASTOS

TROPICALES

COMPONENTES QUÍMICOS DE LOS FORRAJES



ESQUEMA DE ANALISIS DE WENDEE



Extracto no

$$= \text{Forraje} - (\text{agua} + \text{ceniza} + \text{proteína} + \text{fibra cruda})$$

nitrogenado

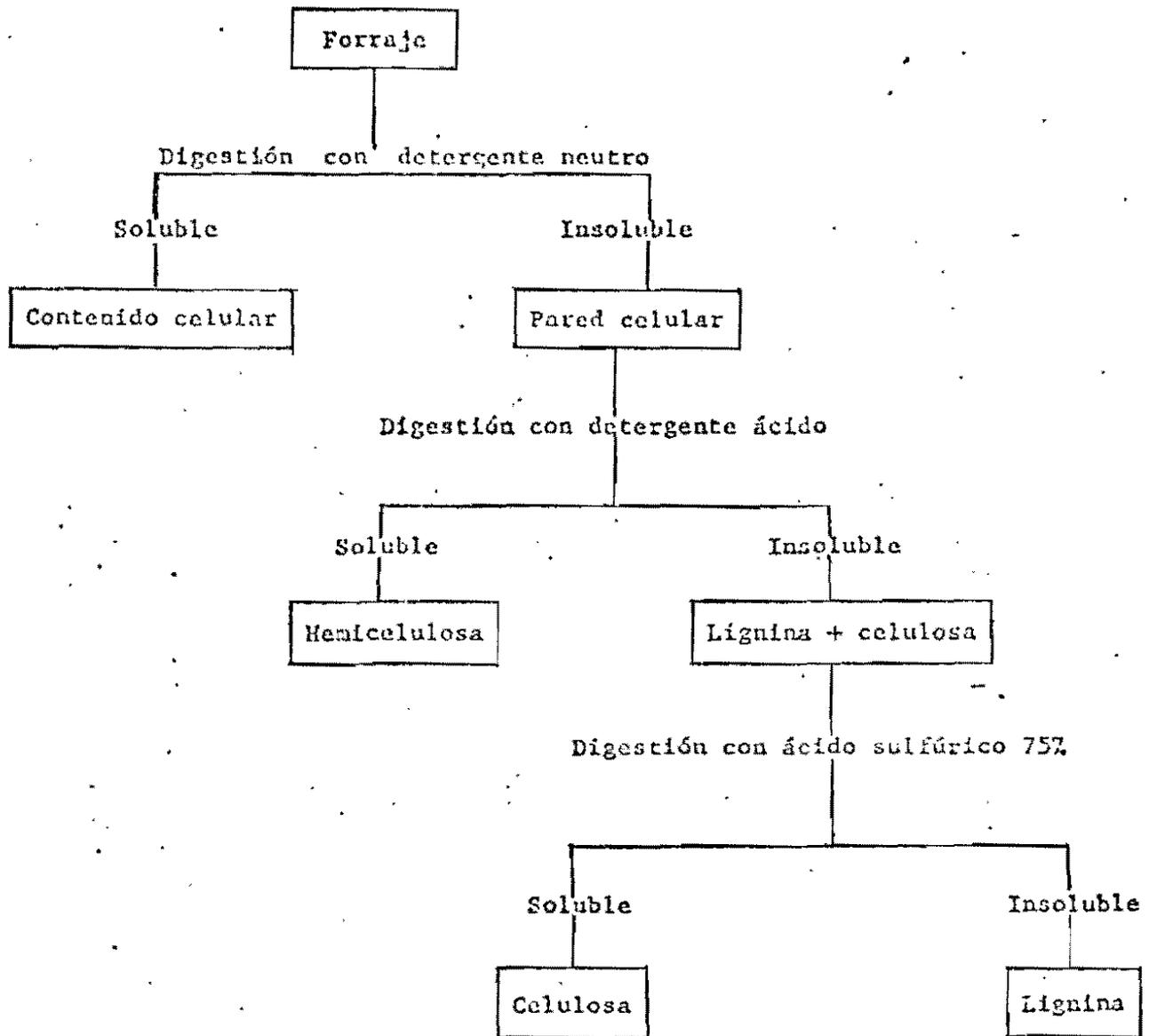
luego:

$$\text{Forraje} = \text{agua} + \text{grasa} + \text{ceniza} + \text{proteína} + \text{fibra cruda} + \text{extracto no nitrogenado.}$$

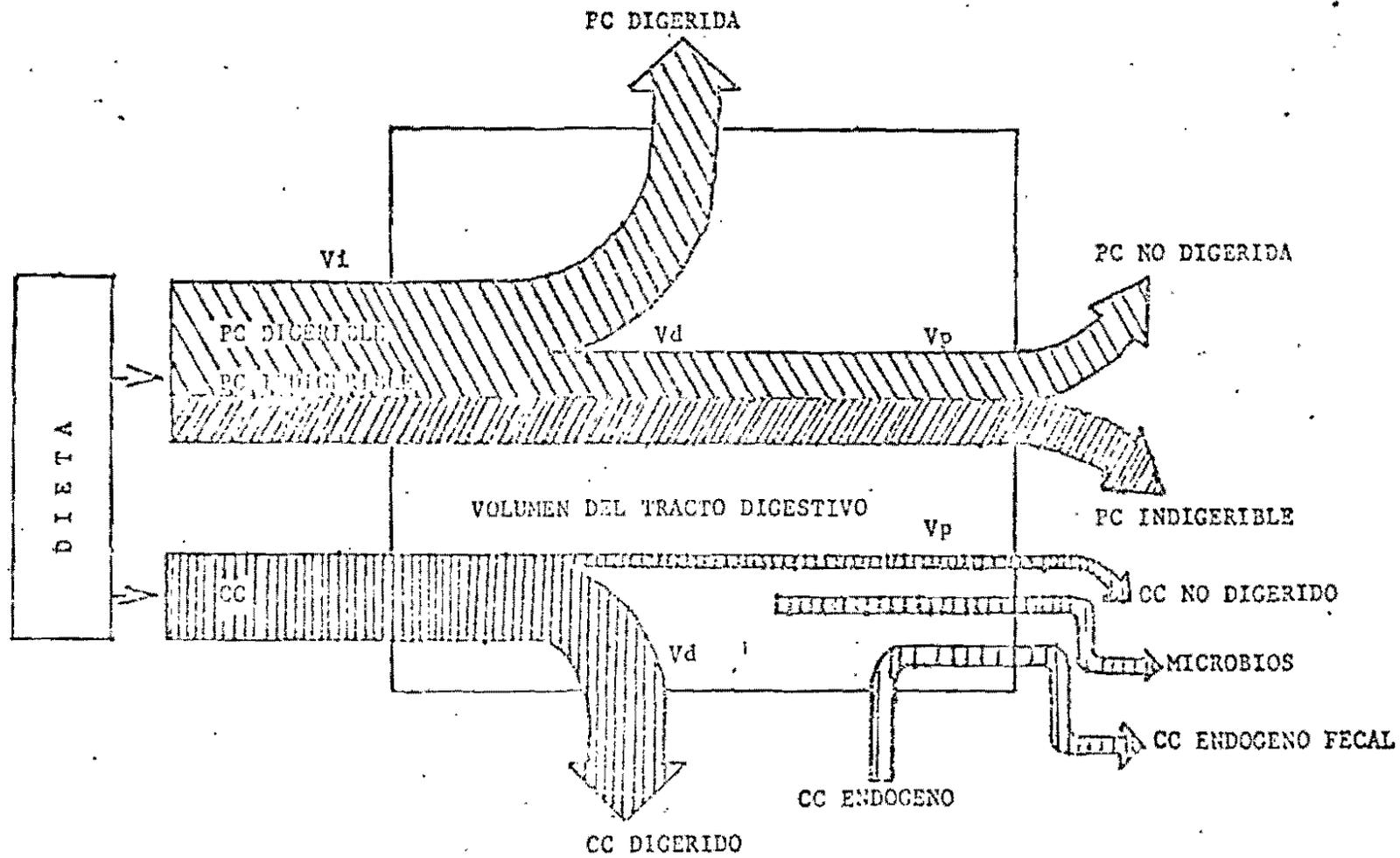
Tabla Efecto del método de fibra cruda en un alimento libre de grasa.-

Constituyente	Tratamiento con 1.25% H ₂ SO ₄	Tratamiento con 1.25% NaOH
Proteína	Extracción parcial	Extracción extensa
Azúcares y almidones	Extracción completa	-
Celulosa	Insignificante	Insignificante
Hemicelulosa	Extracción variable	Extracción extensa pero variable
Lignina	Insignificante	Extracción extensi- va pero altamente variable

ESQUEMA DE ANALISIS DE VAN SOEST



Adaptado de Crampton y Harris (1969) (Applied Animal Nutrition).



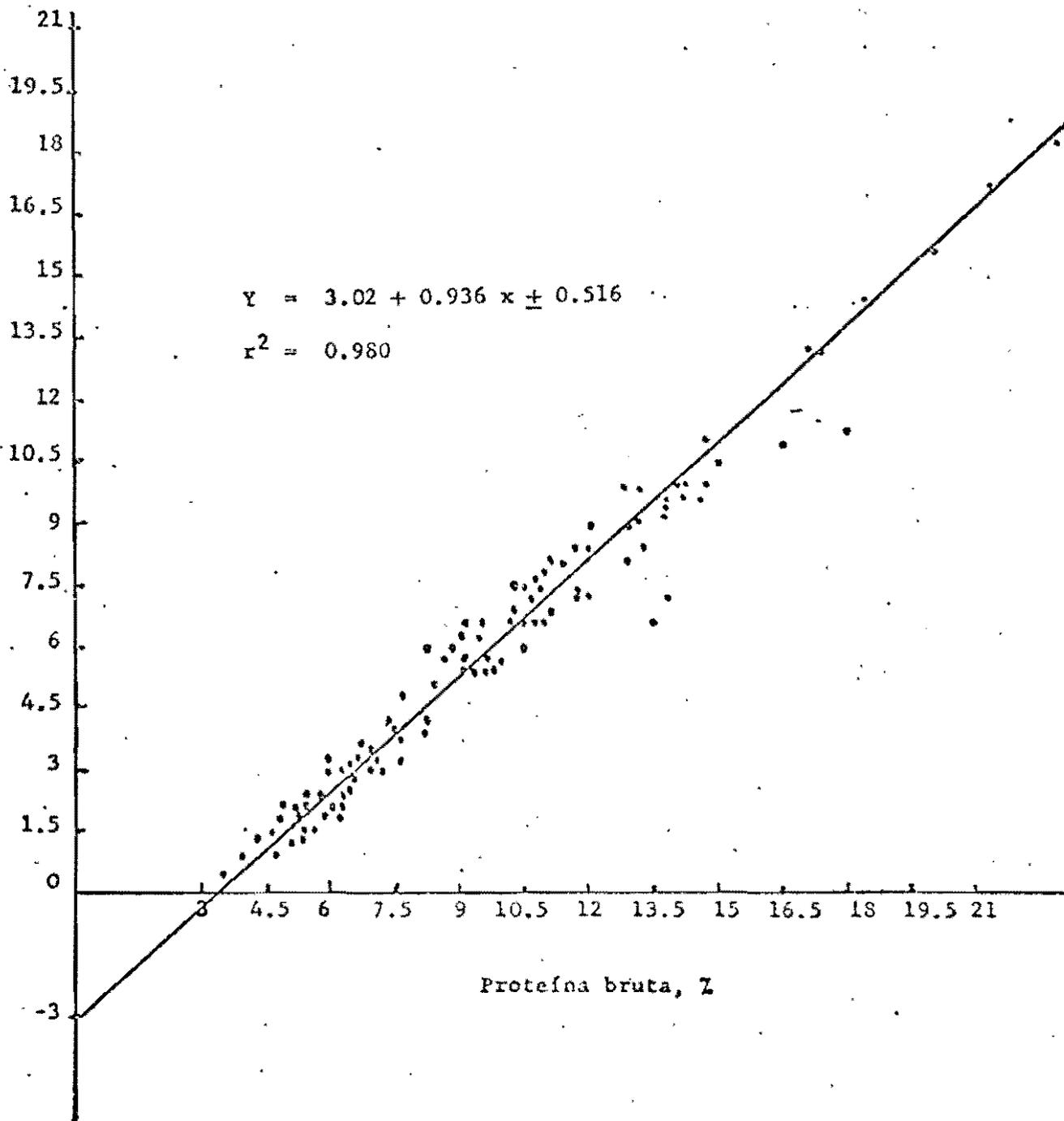
MOVIMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL FORRAJE EN EL TRACTO DIGESTIVO

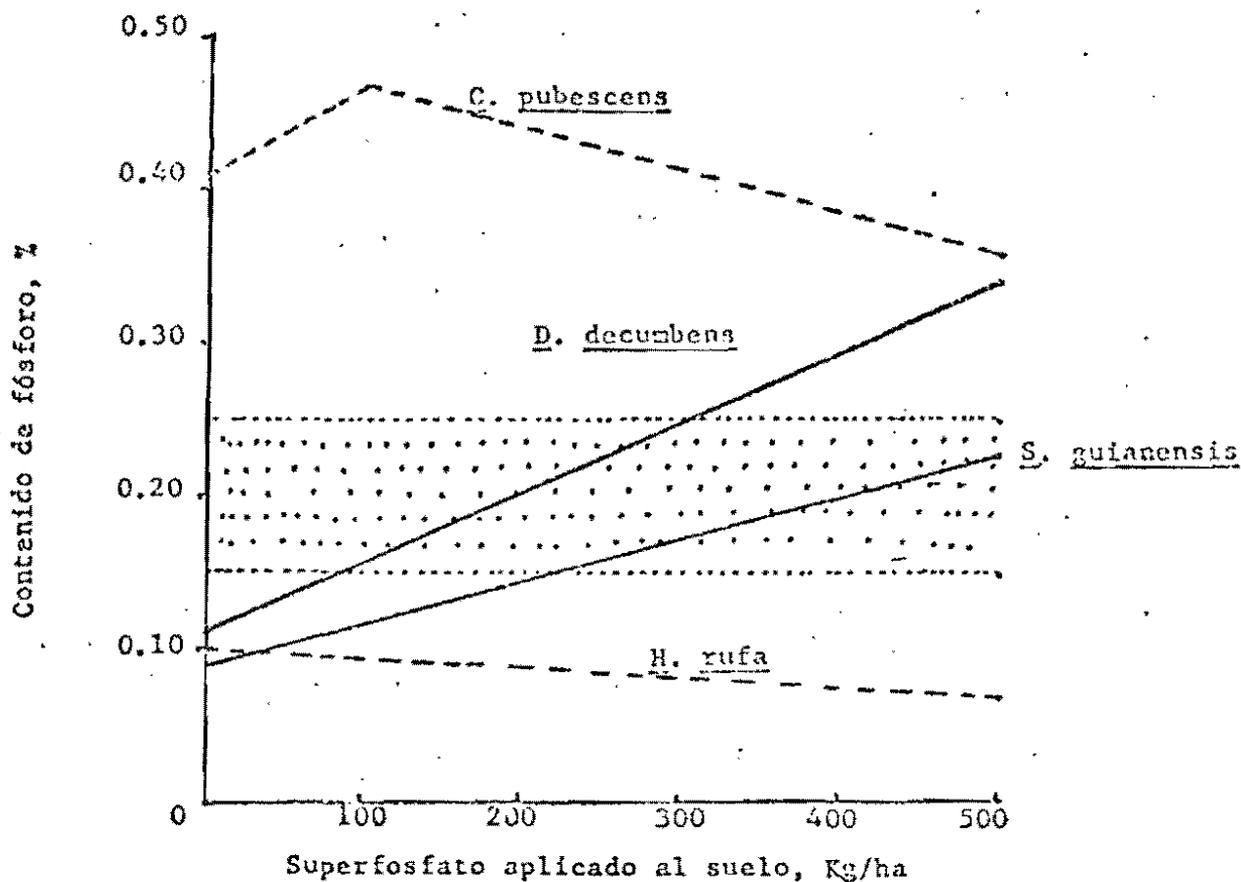
In vitro DM digestibility of plant parts of Desmodium distortum
(%)

Digestibilidad in vitro del Desmodium distortum

<u>Plant parts</u>	Porcentaje de la MS			
	Altura de la planta al corte, m			
	Height of the plant at cutting, m			
	<u>0.60</u>	<u>0.90</u>	<u>1.20</u>	<u>1.50</u>
Leaf Hoja	71.2	73.4	72.6	72.0
Petiole Pecíolo	64.6	65.1	62.8	61.5
Internodes 0-6 Entrenudos	73.6	69.8	68.9	59.4
Internodes 7-11	56.8	57.0	55.5	51.1
Basal internodes Entrenudos basales	45.8	44.4	44.5	42.6
Inflorescens Inflorescencia	-	-	69.7	60.4

Relación entre el contenido de proteína bruta y el contenido de proteína digerible en los forrajes de América Latina.





Contenido de fósforo de especies forrajeras en la selva peruana. La zona en puntos corresponde a los niveles necesarios para el crecimiento y reproducción del ganado (Adaptado de Santhirasegaram, 1976).

Efecto de la localización de la hoja sobre el contenido de N en P. maximum (adaptado de Wilson. Aust. J. Agric. Res. 27:343-354. 1976).

Días después de la expansión	Nivel de inserción (de abajo hacia arriba)				
	B	5	7	10	13
0	4.7	4.0	3.7	3.2	2.5
5	4.6	3.7	3.6	2.9	2.4
10	3.0	2.9	2.7	2.6	2.2
20	1.5	1.9	1.8	1.7	1.7

CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE CINCO GRAMINEAS
TROPICALES, SEPARADAS ENTRE HOJAS Y TALLOS.

(Adaptado de Laredo y Minson, Aust. J. Agric.
Res. 24: 875-888. 1973).

DIAS DE CRE- CIMIENTO.	HOJA	TALLO	DIFERENCIA
---------------------------	------	-------	------------

CONSUMO, g M.S./ P.⁷⁵

47	69.4	48.9	- 20.5
74	50.9	34.8	- 16.1
89	53.0	26.3	- 26.7

DIGESTIBILIDAD M.S., %

47	59.6	61.1	1.5
74	50.8	54.0	3.2
89	47.5	52.2	4.7

Tabla Efecto de fertilización con nitrógeno en el contenido de proteína y digestibilidad de forrajes^a

Nivel de fertilizante kg/ha	<u>Panicum coloratum</u>		<u>Cynodon dactylon var.Coastal</u>	
	% PC	% dig	% PC	% dig
25	5.9	56.1	6.7	53.8
100	6.6	57.1	7.6	54.8
200	9.8	55.8	10.6	53.4
300	10.8	57.4	10.8	55.1

^a

Estación Experimental de Texas

✓

DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO DE TRES FORRAJES TROPICALES
 FERTILIZADOS CON 125 y 500 Kg N/ha DESPUES DE CADA CORTE
 (Adaptado de Minson. Aust. J. Exp. Agric. An. Hus.17:153-
 157 . 1973)

<u>Especie</u>	<u>125 Kg N</u>	<u>500 Kg N</u>	<u>Diferencia</u>
<u>Digestibilidad de la M.S. %</u>			
C. gayana	58.8	62.1	3.3 ns
D. decumbens	60.2	62.2	2.0 ns
P. clandestinum	58.3	59.4	1.1 ns
<u>Consumo de M.S. . g / p.75</u>			
C. gayana	63.0	66.3	3.3 ns
D. decumbens	61.3	65.4	4.1 ns
P. clandestinum	60.7	60.5	- 0.2 ns

Tabla Efecto de secamiento en la composición y digestibilidad de Rye grass inmaduro.

COMPONENTE	CONGELADO	SECO
	%	%
Pared celular	50.5	59.9
Contenido celular	49.5	40.1
Dig M S	74.0	69.0

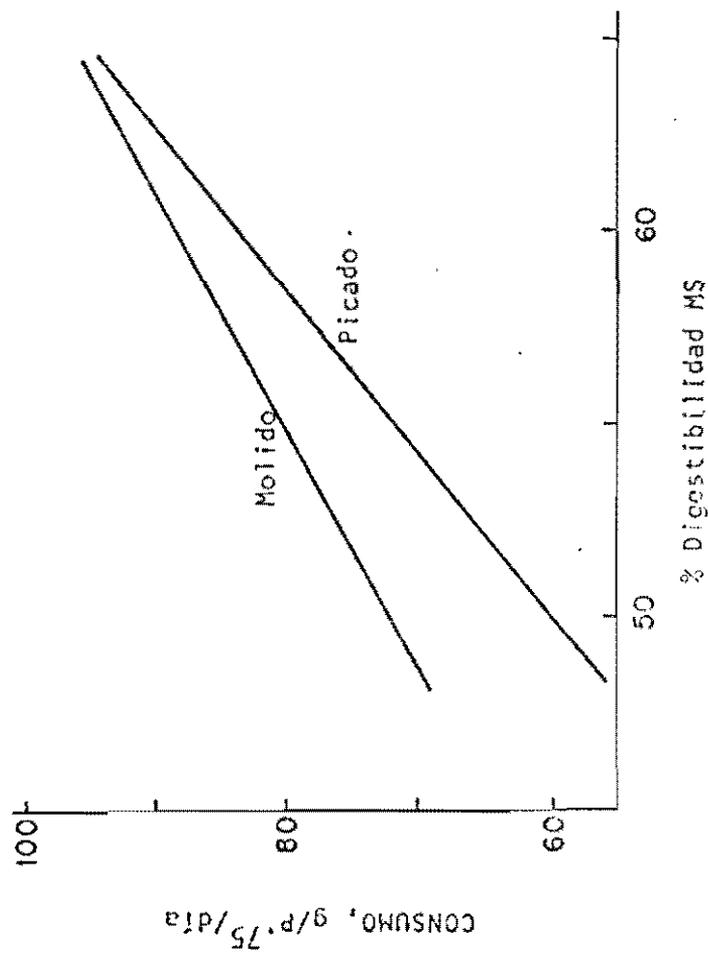
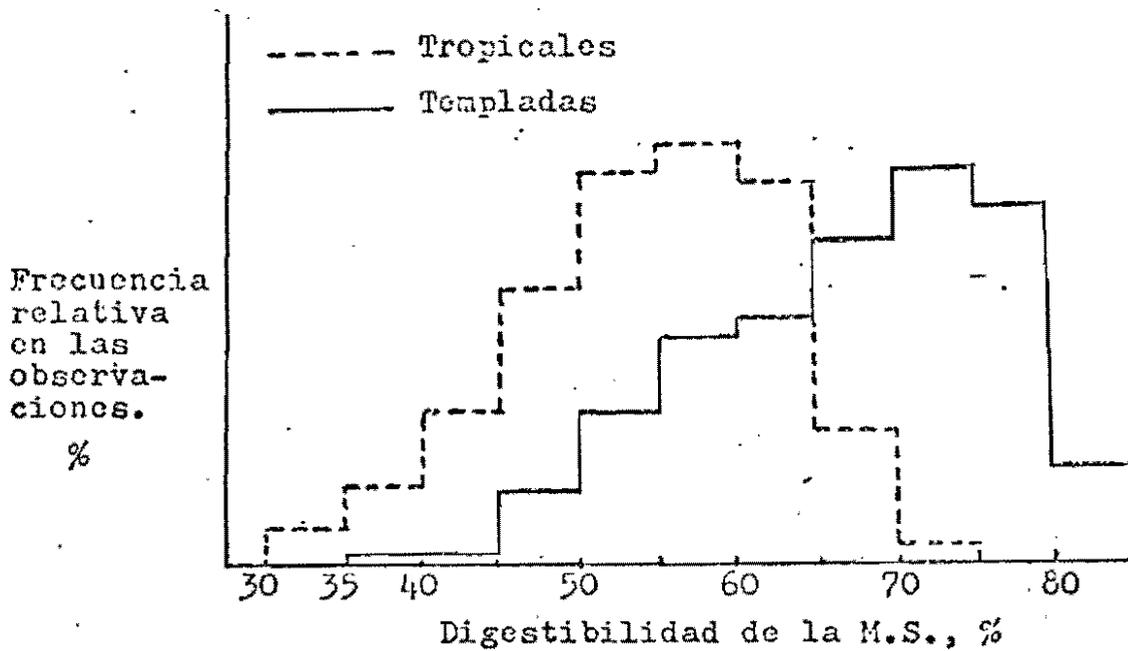


Figura: Efecto de forma física del forraje en relación consumo-digestibilidad.



Diferencias en digestibilidad entre forrajes de clima
 tropical y templado

(Tomado de Minson y McLeod, Proc. Int. Grass. Congress
 XI : 719-722, 1970)

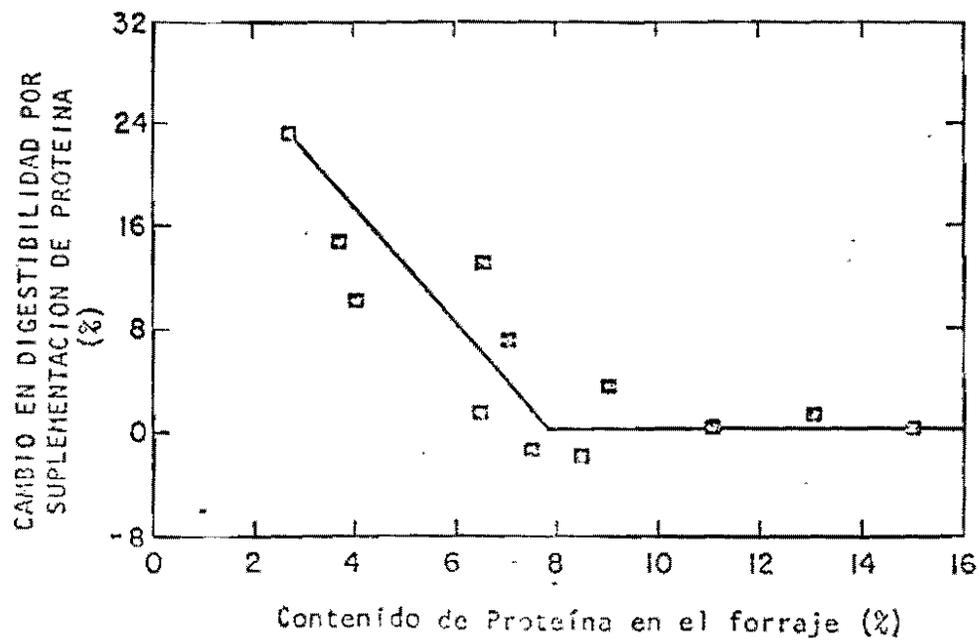
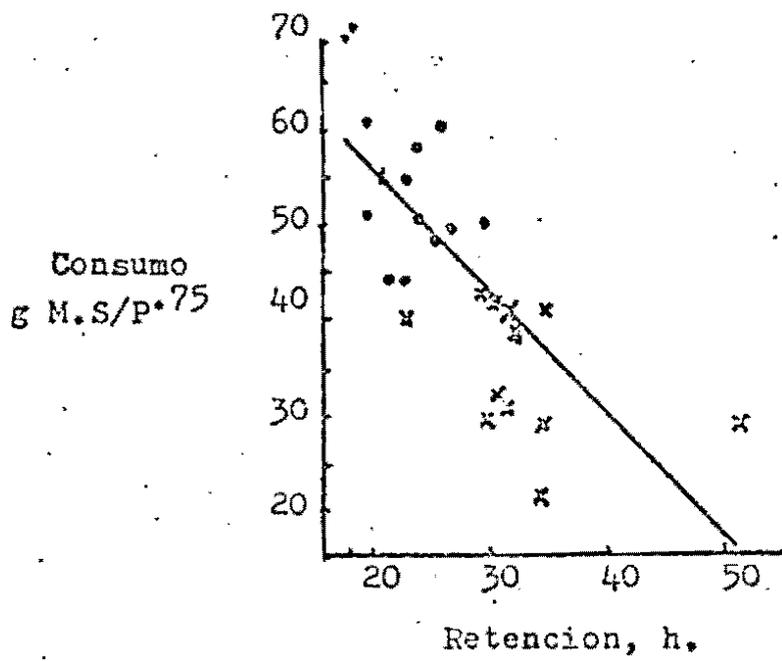
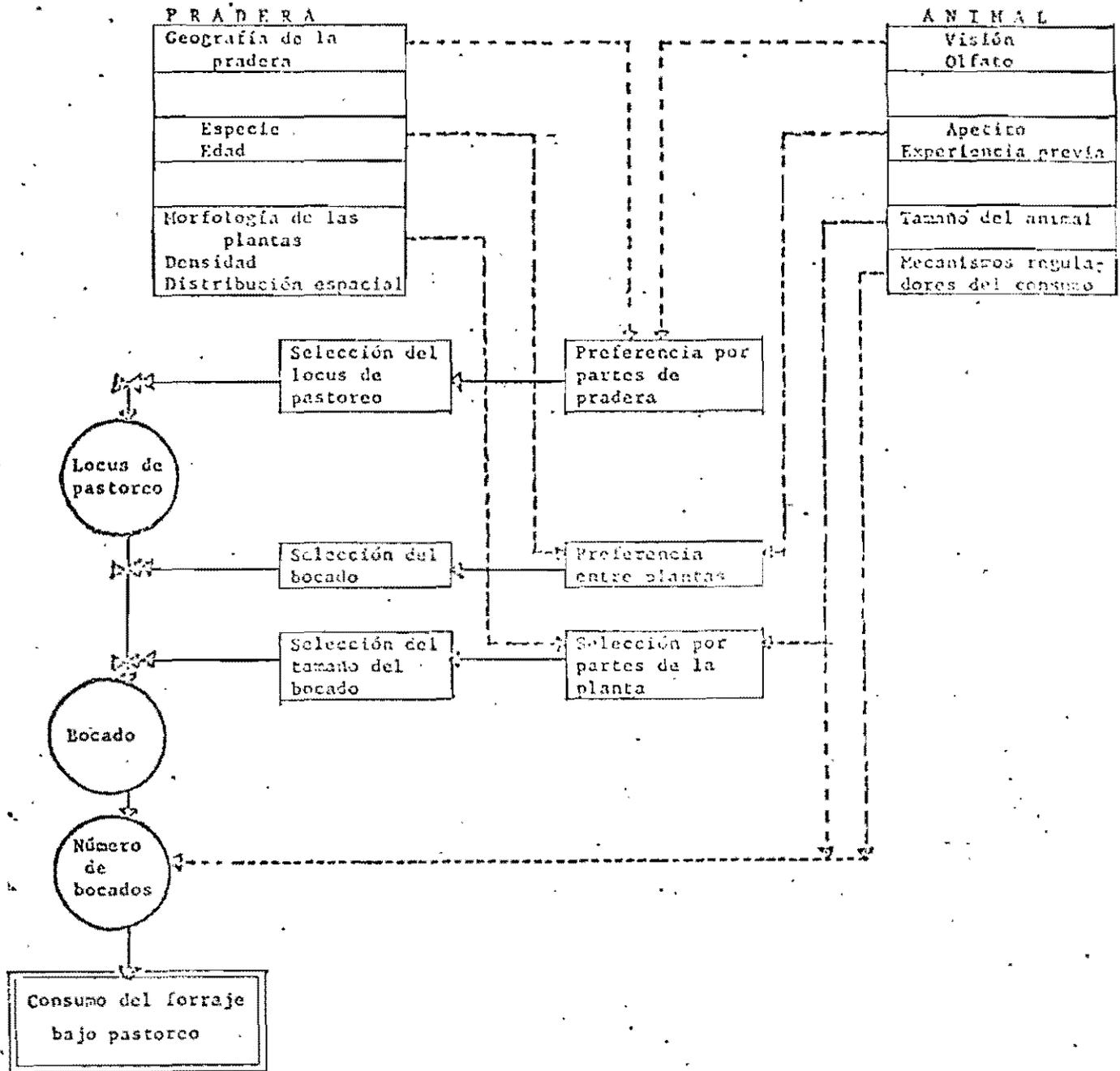


Figura: Nivel de proteína en el forraje necesario para que haya respuesta de suplementación de Nitrógeno en términos de digestibilidad.

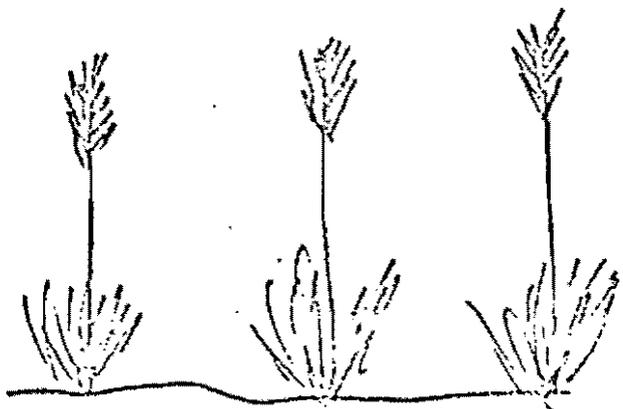
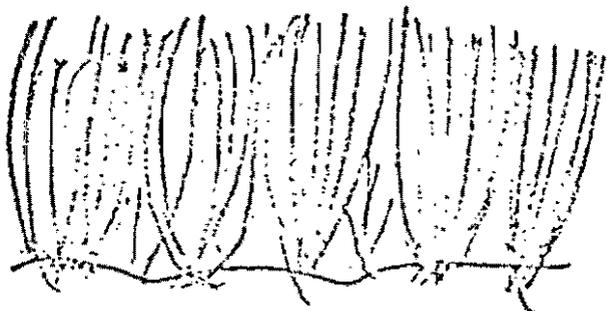
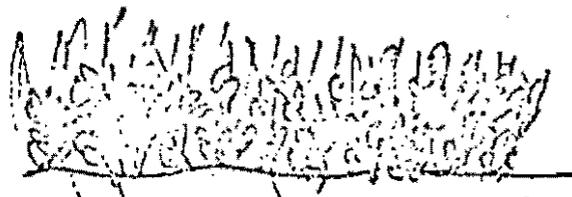


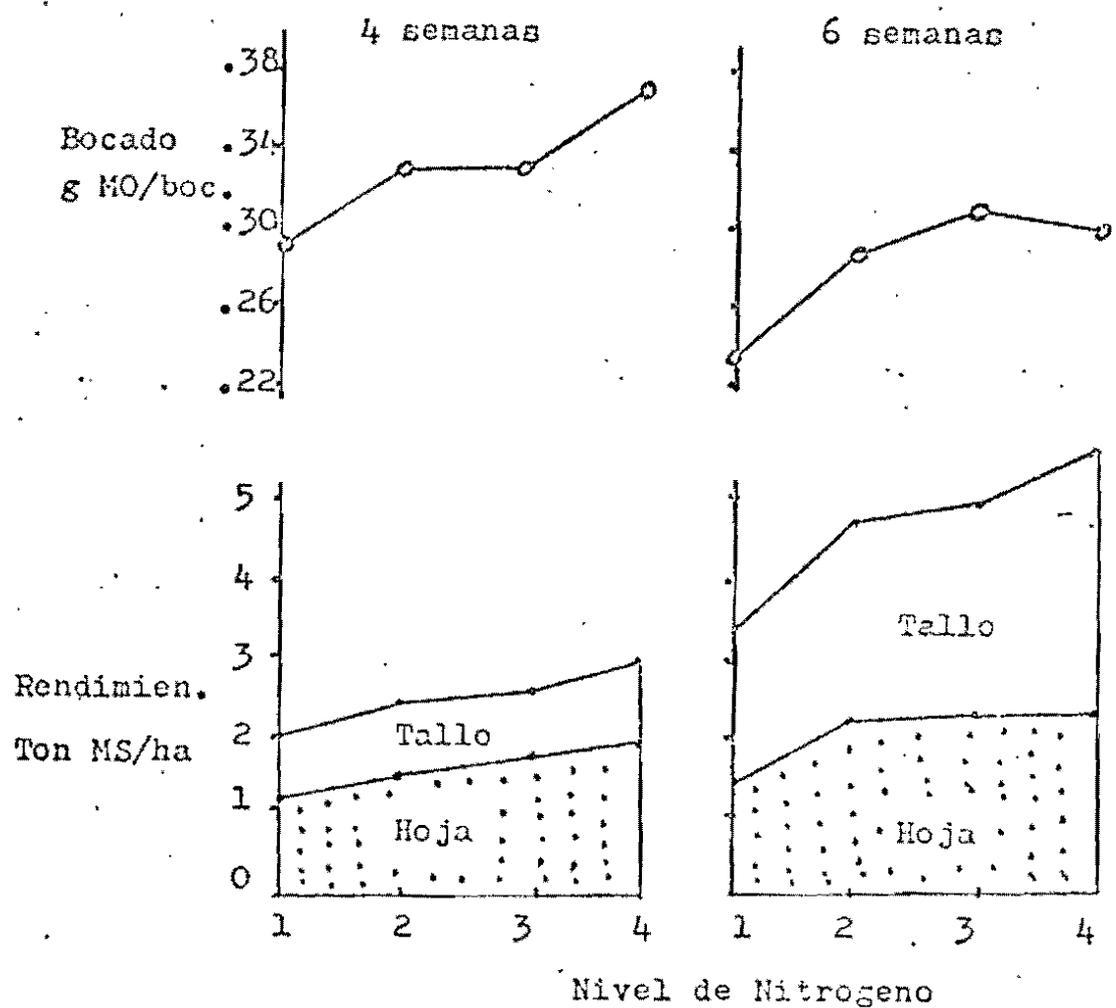
Relacion entre consumo de M.S. y tiempo de retencion de la M.S. ingerida, en el reticulo-rumen. Tomado de Laredo y Minson 1973.

RELACIONES ENTRE LA PRADERA Y EL ANIMAL QUE
REGULAN EL CONSUMO BAJO PASTOREO



DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRADERA Y CONSUMO DE
FORRAJE POR EL GANADO





Tamaño de bocado y rendimiento de hoja y tallo del pasto *Setaria anceps*, Kazungula, fertilizado con Nitrogeno. Adaptado de Stobbs . 1973.

Densidad de hojas (DH) en pastos tropicales y templados

	IAP	Altura cm	DH/cm (IAP/cm)
<i>Setaria anceps</i>	8.5	80	0.121
<i>Pennisetum typhoides</i>	9.5	120	0.079
<i>Desmodium intortum</i>	5.5	50	0.110
<i>S. anceps/D. intortum</i>	4.2	38	0.114
<i>Lolium spp.</i>	8.0	24	0.333

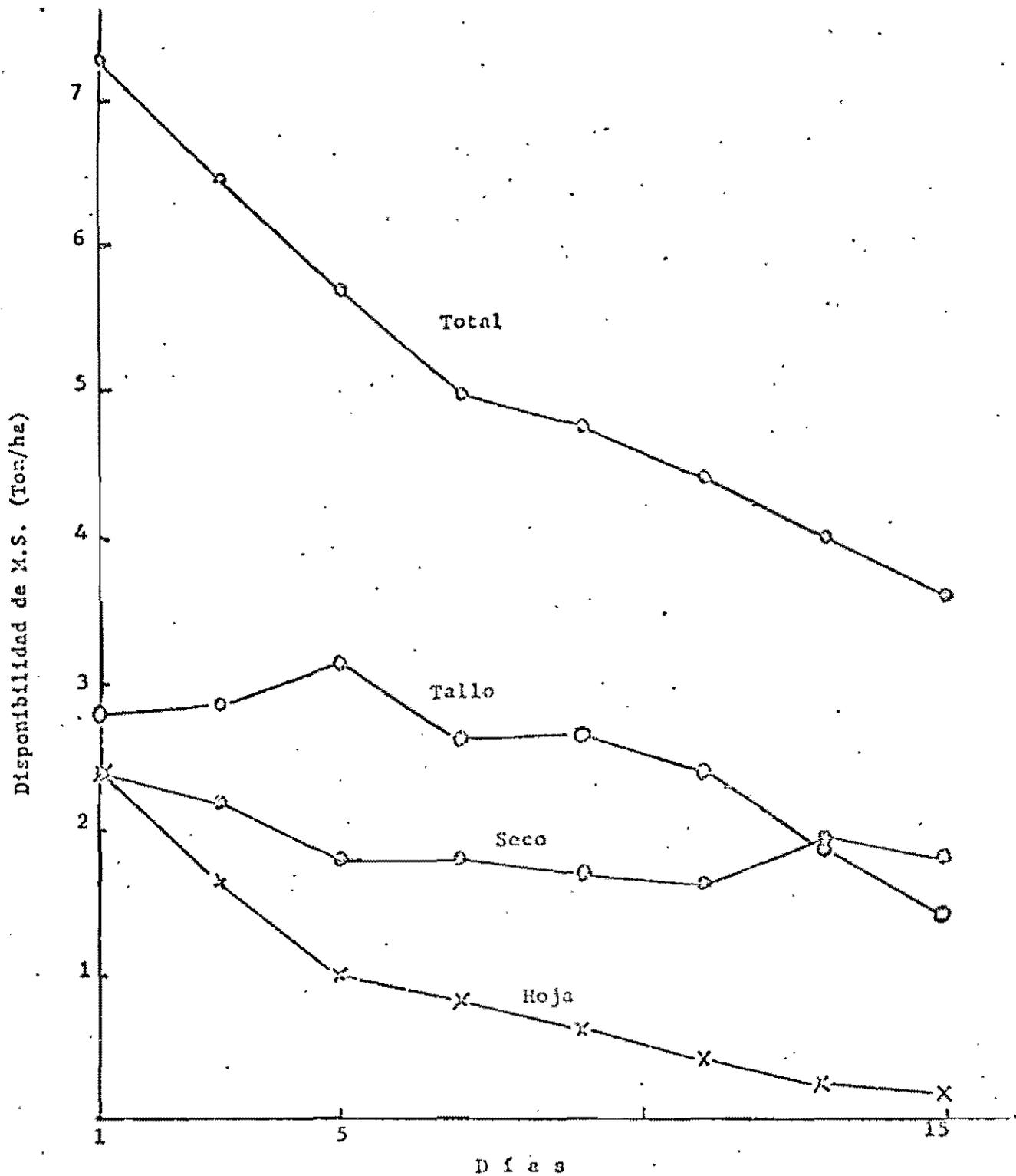
Adaptado de Stobbs 1973

✓
Tiempo de pastoreo y consumo de forrajes en pastoreo

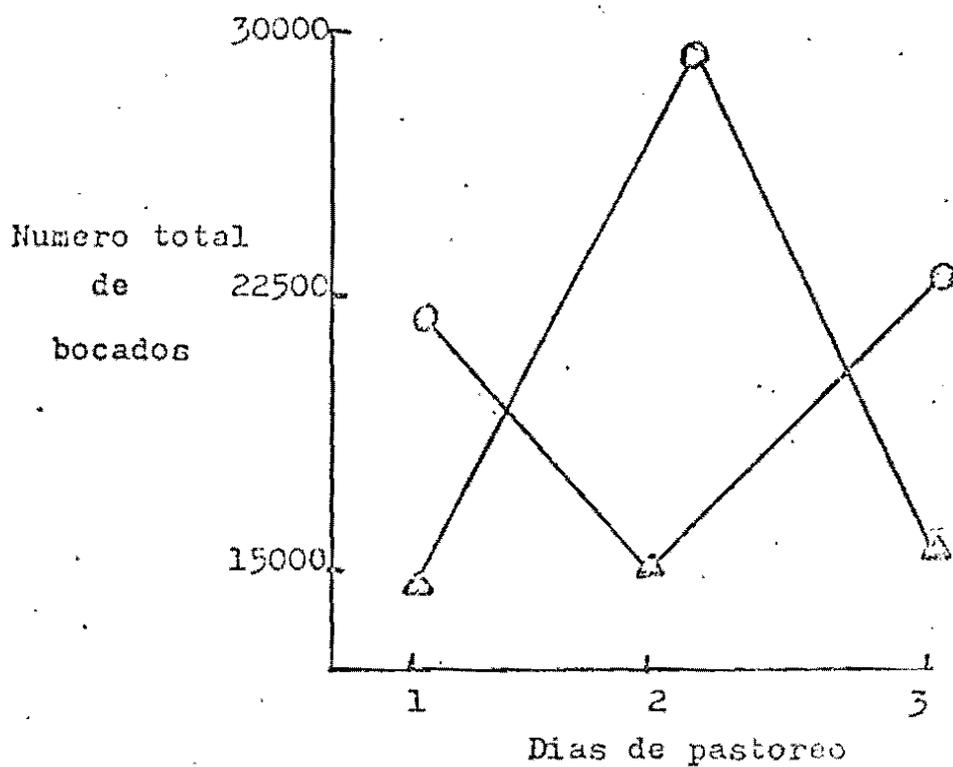
Adaptado de Stobbs 1974

Pradera	Tiempo de pas- toreo horas/día	Número de bocados* bocados/día	Tamaño de bocado g.MC/bocado
Templada, joven	7.7	28.800	0.43
Tropical, joven	9.4	44.530	0.34
Tropical, madura	11.2	61.700	0.17

* Número total de bocados (de consumo y rumia). Entre 50 y 50% de los bocados son de consumo



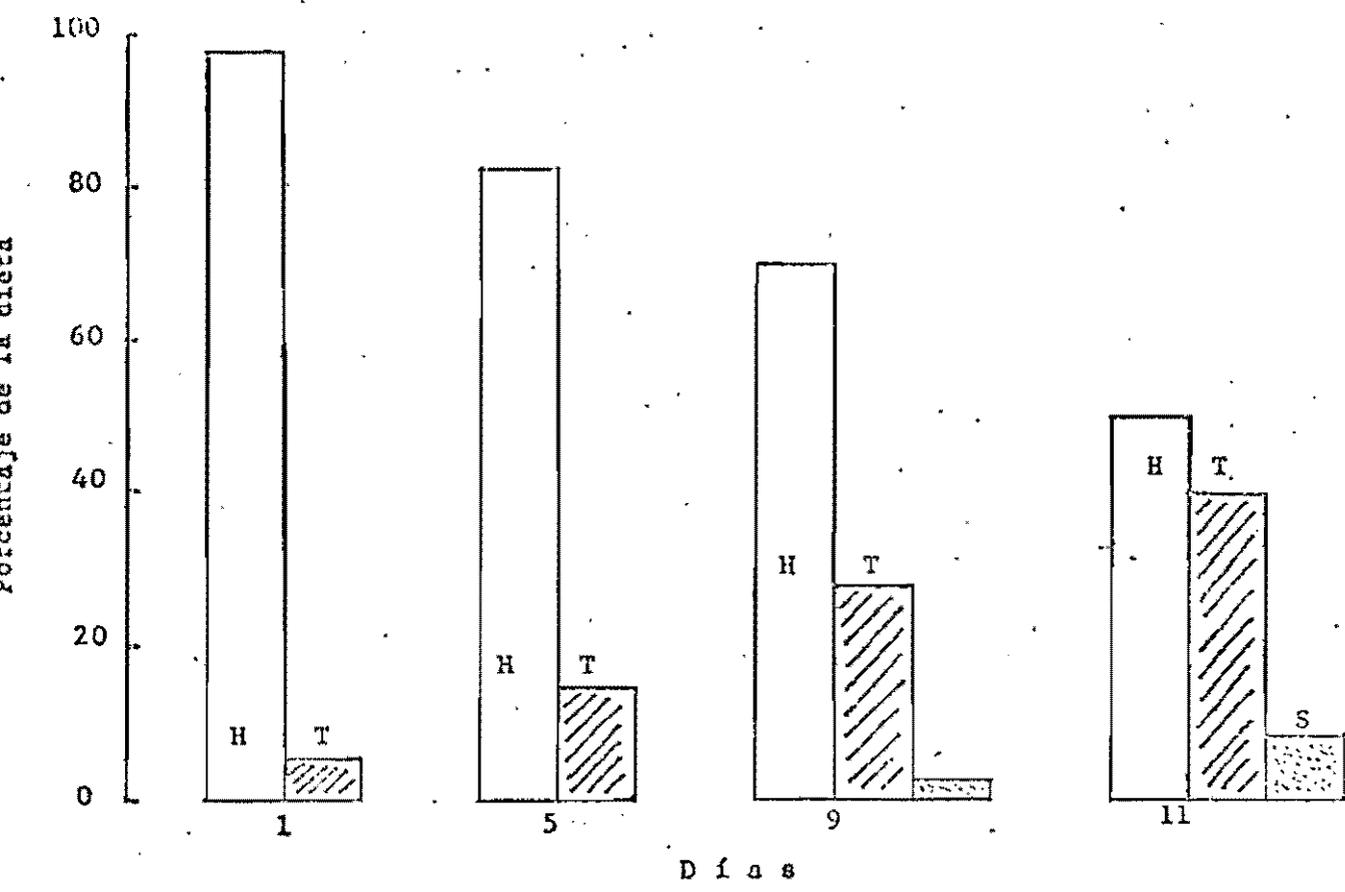
Disponibilidad de M.S. en una pradera de Setaria en varios estados de defoliación. (Adaptado de Chacón y Stobbs. 1976).



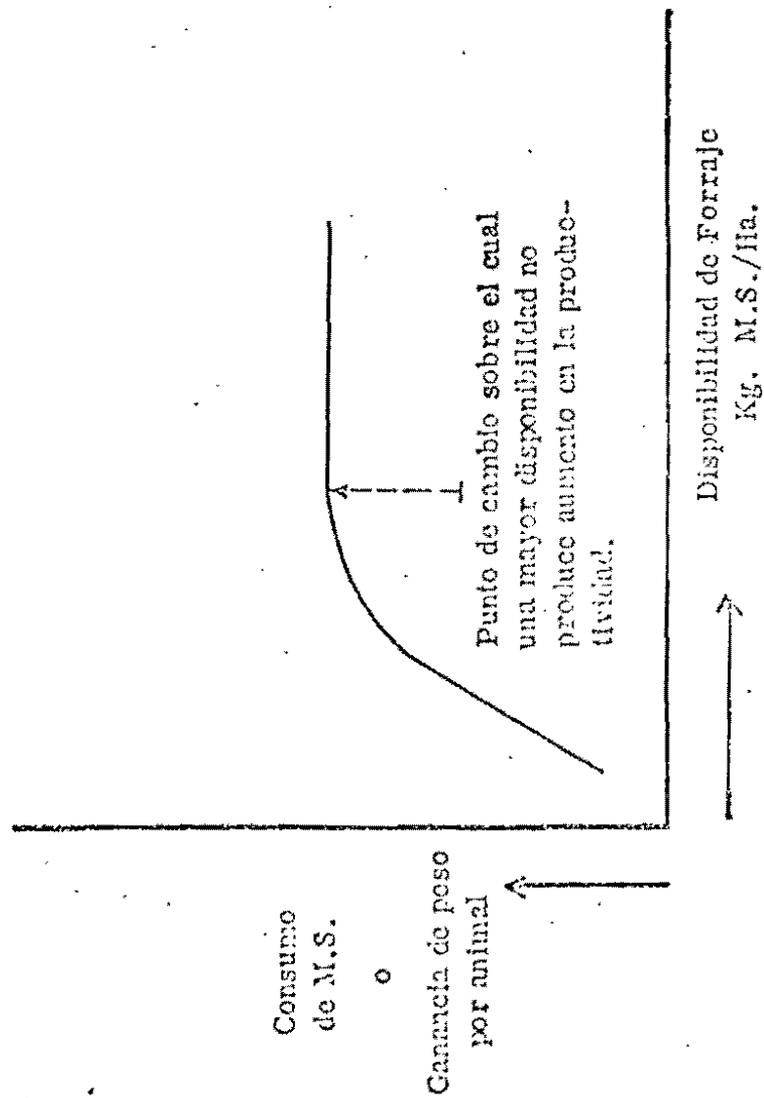
○ . ○ Setaria, madura

△ . △ Cebada, tierna

Numero total de bocados por vacas secas en 380 minutos de pastoreo. Tomado de Stobbs 1974.



Composición porcentual de la dieta de vacas en una pradera de *Setaria*, defoliada continuamente. (Adaptado de Chacón y Stobbs. 1976.)



Relación General entre Disponibilidad de Forraje y Producción por Animal.

Cuadro Caracterización química del suelo y tejido foliar de *Desmodium ovalifolium* 350 consumido y no consumido bajo pastoreo en Carimagua

Componente	Suelo		Tejido foliar ^a		
	Area de consumo	Area de no consumo	Componente	Consumido	No consumido
	\bar{X}	\bar{X}		\bar{X}	\bar{X}
pH	3.7	3.7	Taninos ^b (%)	20.2	31.3
Al (meq/100 g)	3.0	3.2	P (%)	.20	.11
P (ppm) Bray II	1.4	.7	K (%)	.89	.52
S (ppm)	16.0	11.7	Ca (%)	.91	.92
Ca (meq/100 g)	.28	.10	Mg (%)	.20	.26
Mg (meq/100 g)	.06	.04	S (%)	.17	.09
K (meq/100 g)	.09	.06	Proteína (%)	16.4	10.2
			DIVMS (%)	51.6	45.4

a/ Promedio de dos muestreos realizados 3 y 5 meses después de iniciado el pastoreo (Febrero, 1980)

b/ Catequinas equivalentes

Cuadro Efecto de época del año en la digestibilidad *in vitro* de gramíneas bajo pastoreo continuo en Carimagua

Gramínea	Parte planta	Época del año		
		Inicio ^a 1 lluvia	Final ^b 1 lluvia	Inicio ^a 1 sequía
-----% DIVMS-----				
<i>B. decumbens</i>	Hoja	71.0 ± 4.9	69.0 ± 3.1	60.9 ± 4.6
	Tallo	60.0 ± 6.4	54.0 ± 3.9	49.3 ± 3.3
<i>B. humidicola</i>	Hoja	76.5 ± 1.9	63.9 ± 2.1	54.6 ± 3.7
	Tallo	60.0 ± 2.0	56.9 ± 1.8	47.2 ± 1.2
<i>A. gayanus</i>	Hoja	57.3 ± 3.6	53.2 ± 3.9	44.2 ± 2.8
	Tallo	62.2 ± 3.4	48.8 ± 4.6	33.8 ± 3.8
<i>P. maximum</i>	Hoja	-	51.7 ± 4.3	40.4 ± .7
	Tallo	-	43.9 ± 3.3	25.2 ± 2.0

a Muestreo Mayo 1980

b Muestreo Octubre 1979

c Muestreo Enero 1980

Cuadro . Proporción de leguminosa y contenido de proteína del forraje disponible, caracterización de lo consumido por animales fistulados del esófago y cambios de peso de novillos en diferentes pasturas durante la época seca en Carimagua*.

Pastura	F o r r a j e					Cambio de peso g/an/d	
	Disponible		Consumido		%		
	Leguminosa	Proteína	Leguminosa**	DIVMS			Proteína

<i>A. gayanus</i>	—	2,4	—	49,1	4,2	- 21	
<i>A. gayanus</i> + <i>S. capitata</i> 1405	34	5,1	26	47,2	6,3	+224	
<i>A. gayanus</i> + <i>S. capitata</i> 1019 + 1315	67	6,5	31	41,7	6,6	+173	
<i>A. gayanus</i> + Kudzu	58	6,7	73	45,9	9,8	+209	
<i>A. gayanus</i> + <i>Z. latifolia</i> 728	4	2,7	1	43,2	4,6	+ 9	

* Período 12 de Diciembre a 8 de Abril (117 días de pastoreo con 1 an/ha)

** Presencia en extrusa esofágica.

Cuadro . Digestibilidad *in vitro* de partes de planta en asociaciones gramíneas y leguminosas en época seca en Carimagua^{a/}.

Pastura	Componente	Parte de planta			
		Hoja	Tallo	MM ^{b/}	I ^{c/}
-----% DIVMS-----					
<i>Andropogon gayanus</i>	Gramínea	51,7	43,4	35,1	—
<i>Andropogon gayanus</i> + <i>Stylosanthes capitata</i>	Gramínea	47,8	38,9	32,4	—
	Leguminosa	65,2	37,2	30,4	65,2
<i>Andropogon gayanus</i> + <i>Stylosanthes capitata</i>	Gramínea	54,9	41,8	33,2	—
1019 + 1315	Leguminosa	63,3	41,0	36,0	64,8
<i>Andropogon gayanus</i> + Kudzu	Gramínea	48,0	41,7	33,4	—
	Leguminosa	56,7	50,0	41,2	59,9
<i>Andropogon gayanus</i> + <i>Zornia latifolia</i>	Gramínea	53,4	51,8	39,0	—
	Leguminosa	—	48,4	43,5	—
Promedio	Gramínea	51,2	43,5	35,8	—
	Leguminosa	61,7	44,1	37,8	63,3

a/ Muestreo Febrero 1980.

b/ Materia muerta

c/ Inflorescencia.

Cuadro Disponibilidad de materia seca total en mezcla de *A. gayanus* + *D. ovalifolium* bajo dos estados de madurez (Quilichao)

Días en pastoreo	No. de obs.	Inmaduro	Maduro	Promedio
		-----kg MS/ha-----		
Inicio	36	4.558 [±] 388	5.659 [±] 98	5.109
2 días	36	3.930 [±] 258	4.164 [±] 251	4.047
Promedio		4.244	4.911	

Cuadro Presión de pastoreo ejercida en pastoreo de mezcla de *A.gyanus* + *D.ovalifolium* bajo dos estados de madurez (Quilichao)

Días en pastoreo	No.de obs.	Inmaduro ^a	Maduro ^b	\bar{x}
		-----kg MS/100 kg PV-----		
Inicio	12	27.4 [±] 3.9	16.8 [±] .7	22.1
2 días	12	36.8 [±] 4.2	19.6 [±] .8	28.2
\bar{x}		32.1	18.2	

a Area/parcela 360 m²

b Area/parcela 180 m²

Cuadro . Efecto de suplementación de nitrógeno o leguminosa en el consumo de materia seca de gramínea y nutrimentos digeribles totales.

Tratamiento	Control	Suplemento	
		MS gramínea	Nutrimentos digeribles
-----g/P ⁷⁵ /día-----			
1. <u>Sabana nativa</u> ^{a/}	45,4	—	15,0
Melaza + Urea	—	60,9	27,4
+ Algodón	—	56,3	29,5
2. <u>Melinis minutiflora</u> ^{b/}	38,4	34,1	15,6
+ <i>Stylosanthes guianensis</i>	—	—	25,6

a/ Sabana nativa época seca: 9,3 y 7,0 g/P⁷⁵/an/día de torta de algodón y melaza-urea, respectivamente

b/ *Melinis minutiflora* época seca: 20% de lo ofrecido fue *Stylosanthes guianensis*.

Cuadro . Digestibilidad *in vitro* de forraje disponible en sabana nativa + bancos de Kudzu a finales de invierno en Carimagua^{a/}.

Tratamiento	Sabana nativa		Kudzu	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
	-----% DIVMS-----			
<u>Sabana + banco de Kudzu</u>				
Carga baja	25,4	21,7	49,4	43,9
<u>Sabana + banco de Kudzu</u>				
Carga alta	24,0	24,2	45,1	41,0

^{a/} Muestreo Octubre 1979.

Cuadro Efecto de la suplementación de nitrógeno en consumo y digestibilidad de sabana nativa (adaptado de Informe Anual CIAT 1974)

Descripción	Heno Sabana Nativa + Tratamientos		
	Control	Torta de Algodón	Melaza + urea
<u>Nivel de Oferta</u>			
(g/kg ^{.75} /día)			
Heno	88.6	89.2	89.0
Suplemento	-	9.3	7.0
Minerales	1.1	1.1	1.1
<u>Nivel de Consumo</u>			
(g/kg ^{.75} /día)			
Heno	45.4	56.3	60.9
Total	46.5	66.7	69.0
Digestibilidad M.S.	32.2	44.2	39.7
(%)			

Cuadro Caracterización de *S. capitata* ofrecido y rechazado por ovinos en jaula en prueba de consumo y digestibilidad (Quilichao)^a

Detalle	Parte de Planta	-----Materia seca-----	
		Ofrecida	Rechazada
Proporción	Hoja	15.0 ± 3.9	6.3 ± 3.6
	Tallo	33.8 ± 1.5	68.5 ± 1.6
	Flor	51.2 ± 1.4	25.2 ± 1.4
Proteína	Hoja	16.2 ± .4	-
	Tallo	8.3 ± .3	-
	Flor	14.9 ± .6	-

a/ Promedio de tres ecotipos de *S. capitata* (1019, 1315 y 1405)

Cuadro Valor nutritivo de tres ecotipos de *S. capitata* en estado de floración con ovinos en jaula (Quilichao).

Leguminosa	Nivel de oferta	Proteína en ofrecido	Consumo de MS	Digestibilidad MS	Múltiplo de mantenimiento ^b
	gMS/P ^{.75} /día	%	gMS/P ^{.75} /día	%	
<i>S. capitata</i> 1019 ^a	128	10.4 ± 1.2	75.7 ± 5.5	59.4 ± 3.3	1.8
<i>S. capitata</i> 1315 ^a	117	8.9 ± 2.8	71.6 ± 5.5	56.8 ± 3.0	1.6
<i>S. capitata</i> 1405 ^a	122	9.1 ± 1.8	71.9 ± 7.2	59.2 ± 1.2	1.7

a/ Composición promedio de ofrecido: 15% hoja, 34% tallo y 51% flor

b/ Mantenimiento: 25 gMS digerible/P^{.75}/día

Cuadro Caracterización del *Andropogon gayanus* y *Stylosanthes capitata* 1019 ofrecido a ovinos en jaula en ensayo de diferentes proporciones gramínea-leguminosa (Quilichao).

Material	Componente	MS ofrecida	Parte de la planta		
			Hoja	Tallo	Flor
			%		
A. <i>gayanus</i> 621 ^a	Proporción	-	61.2	38.8	-
	Proteína	7.2	8.9	4.1	-
	Fósforo	-	.12	.07	-
	Calcio	-	.33	.21	-
	Dig. <u>IN VITRO</u>	60.8	62.7	56.1	-
S. <i>capitata</i> 1019 ^b	Proporción	-	29.4	34.6	36.0
	Proteína	13.2	17.2	9.2	16.5
	Fósforo	-	.16	.09	.18
	Calcio	-	.05	.58	.84
	Dig. <u>IN VITRO</u>	58.4	60.3	49.8	64.3

a/ Edad *Andropogon gayanus* 621: rebrote 6 semanas

b/ Edad *Stylosanthes capitata* 1019: rebrote 12 semanas

Cuadro Efecto de diferentes proporciones de gramíneas (*Andropogon gayanus* 621) y leguminosa (*Stylosanthes capitata* 1019) en el consumo y digestibilidad de materia seca con ovinos en jaula^a (Quilichao)

Proporción ^b Gramínea/ leguminosa	Consumo	Digestibilidad	Múltiplo de mantenimiento ^c
	Materia seca total	Materia seca	
	g/P ^{.75} /día	%	
100 : 0	62.5	57.7	1.4
90 : 10	60.6	59.3	1.4
80 : 20	56.1	57.6	1.3
70 : 30	62.7	55.4	1.4
Promedio	60.5	57.5	1.4

a/ Gramínea: rebrote de 7 semanas

Leguminosa: rebrote de 12 semanas

b/ Nivel de oferta promedio para cada proporción: 100 gMS/P^{.75}/día

c/ Mantenimiento: 25 gMS digerible/P^{.75}/día

Cuadro Proporción de hojas y tallo y contenido de proteína en *B. decumbens*, *B. humidicola* y *D. ovalifolium* 350 ofrecido a ovinos en jaula en prueba de consumo y digestibilidad (Quilichao).

Detalle	Parte de Planta	-----Forraje ofrecido-----		
		<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>D. ovalifolium</i> 350
		----- % -----		
Proporción	Hoja	75.5	88.3	54.6
	Tallo	24.5	11.7	45.4
Proteína	Hoja	4.7 ± .6	7.0 ± .6	12.6 ± .5
	Tallo	2.1 ± .3	2.8 ± .5	6.7 ± .5

Cuadro Consumo y digestibilidad con ovinos en jaula de *D. ovalifolium*, *B. decumbens* y mezcla de *B. decumbens* con *D. ovalifolium* (Quilichao).

Ofrecido	Nivel de oferta	Consumo de MS	Digestibilidad de MS
		-----gMS/P ⁷⁵ /día-----	%
<i>D. ovalifolium</i> 350	114	61.3 ^b ± 4.7	57.0 ^b ± 0.7
<i>B. decumbens</i>	125	59.9 ^b ± 5.8	60.2 ^c ± 2.8
<u>Mezcla</u>			
<i>B. decumbens</i>	100 (81%)	55.5 (79%)	
<i>D. ovalifolium</i> 350	23 (19%)	15.0 (21%)	
Total	123	70.5 ^c ± 1.5	61.9 ^c ± 1.5

a/ *B. decumbens* rebrote de 12 semanas

bc/ Medias en la misma columna diferentes (P<0.05)

Cuadro Consumo y digestibilidad con ovinos en jaula de *D. ovalifolium*, *B. humidicola* y mezcla de *B. humidicola* con *D. ovalifolium* (Quilichao).

Ofrecido	Nivel de oferta	Consumo de MS	Digestibilidad de MS
	-----gMS/P. ⁷⁵ /día-----		%
<i>D. ovalifolium</i> 350	159	71.6 ^b ± 5.1	56.7 ^b ± 3.2
<i>B. humidicola</i>	144	82.8 ^c ± 3.4	59.1 ^c ± 1.2
<u>Mezcla</u>			
<i>B. humidicola</i>	109 (78%)	70.1 (81%)	
<i>D. ovalifolium</i> 350	<u>31</u> (22%)	17.8 (20%)	
Total	140	87.9 ^c ± 7.2	63.9 ^c ± 2.1

a/ *B. humidicola* rebrote de 6 semanas

bc/ Medias en las misma columna diferentes (P<0.05)

EVALUACION DE LA CALIDAD DE FORRAJES EN PASTURAS

1. Definición de calidad:

Consumo x digestibilidad x E U N D (Eficiencia)

2. Ventajas de estimar calidad de pasturas

- Explicar diferencias en producción animal.
- Detectar temprano limitaciones de forraje que de otra forma habría que medir en experimentos de ganancia de peso.
- Proveer información de valor predictivo de mucho uso en simulación.

3. Problemas en estimar calidad de pasturas

- Selectividad animal
- Digestibilidad
- Producción fecal

ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA EVALUACION
DE CALIDAD DE FORRAJES EN PASTURAS

1. Selectividad
 - Consumo preferencial de hojas
 - Consumo preferencial de gramíneas en mezclas y efecto de época del año.
 - Consumo selectivo y fertilización
 - Consumo en parches.
2. Medición de forraje consumido
 - "Hand plucking" - corte manual semejando pastoreo.
 - Por corte antes y después del pastoreo
 - Animales fistulados del esófago
3. Muestras de extrusa esofágica
 - Adecuadas para determinar N, DIVMS, componentes estructurales, Ca, S, Cu y Mg.
 - Inaceptables para determinar P, Na y Cl por contaminación con saliva.

DETERMINACION DE PRODUCCION FECAL

1. Colección total

- Bolsa colocada al animal.
- Requiere adaptación previa.
- Difícil en hembras
- Pérdida de heces
- Laborioso

2. Estimación indirecta con marcadores externos

- Dosis diaria

$$H = \frac{\text{dosis marcador/día}}{(\text{ME H})}$$

- Principio: si el animal recibe diariamente una substancia totalmente indigestible (ME) que se excrete cuantitativamente en heces y si la concentración de ME (ME) en heces es Y entonces:

$$H = \frac{\text{ME}}{Y}$$

- Dosis única

$$H = V \times K_p^{-\text{día}}$$

donde $V = \frac{\text{dosis única ME}}{(\text{ME H})}$

- Principio Marcador externo en dosis es excretado en heces siguiendo una curva bi-exponencial:

curva bi-exponencial ajustada con modelo apropiado permite estimar.

TT= Tiempo tránsito

K_1 = Velocidad de mezcla alimento ingerido con digesta.

K_p = Velocidad de forraje de residuos no digeridos

Además: concentración inicial del marcador (CIME)

MARCADORES EXTERNOS

1. Cromio

- Oxido (polvo) insoluble en agua
- DTPA (líquido) soluble en agua
- Papel impregnado insoluble en agua

2. Tierras raras - insolubles en agua

Sales de: Yb, Ce, La estables o radioactivas.

3. Manejo del marcador

dosis: cromio ovinos 2-3g/día
 bovinos 7-10g/día

Tierras raras (ie. Yb)

Ovinos 0.5-1 g

Bovinos 8-10 g

Frecuencia: dosis continua bomba intra-ruminal o mínimo 2 veces/día

Duración: 7-10 días ajuste 7 o 10 días colección.

Muestreo: Heces tomadas del recto ("grab")

Análisis: Colorimétrico o absorción atómica.

DETERMINACION DE DIGESTIBILIDAD EN PASTOREO

1. **Indices fecales.** Cualquier compuesto químico en las heces que guarde una relación con digestibilidad.

Compuestos químicos estudiados:

- Lignina
- Silica
- Pigmentos (cromógenos)
- N
- FDA - FND
- Ceniza ácida insoluble en 2N HCl

Principio: Establecer con animales estabulados una relación: $D = a + bX$
donde X = concentración fecal del índice.

Luego determinar X en heces de animales pastoreando e incluir en la ecuación para estimar D.

2. **Limitaciones de Indices fecales**

- Laborioso
- Dudas sobre extrapolación al animal en pastoreo debido a selectividad.
- Consumo de suelo y por ende contaminación de heces de algunos índices (Si, CAI-N)

DETERMINACION DE DIGESTIBILIDAD EN PASTOREO
(Cont.1)

2. Marcadores internos. Cualquier componente químico del forraje que no sea digerido y se recobre cuantitativamente en las heces.

Compuestos químicos:

- Lignina
- CAI (2N HCl)
- Fibra neutral indigerible
(Residuo in vitro - 144 hr- Fermentación y después de extracción con solución neutral detergente)

Principio:

$$D = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ MI Forraje consumido } }{\% \text{ MI heces}} \right)$$

Limitaciones

- Muestra representativa de forraje consumido
- Recuperación incompleta marcador en heces (i.e. lignina)

MUESTRAS DE EXTRUSA ESOFAGICA

1. Mínimo 2 animales fistulados del esófago por unidad experimental durante 3-4 días.
 - Ajuste de fistulados en unidad experimental (3-7 días).
 - Poca diferencia entre muestras am y pm.
 - Preferible no ayunar animales antes del muestreo.
2. Recuperación de forraje ingerido en la cánula variable (50-100%).
 - Densidad del alimento (Forrajes menor recuperación).
 - Tipo de cánula
 - Tamaño de fístula
3. Contaminación con saliva aumenta 1-4% de ceniza por lo tanto mejor expresar valores en base a No.
4. Procesamiento muestra
 - Alta humedad, por tanto temperatura de secamiento no debe ser mayor de 60°C

DETERMINACION DE DIGESTIBILIDAD EN PASTOREO (Cont.2)

3. Método in vitro

- Animales fistulados semejantes en edad, tipo y experiencia previa de pastoreo a los experimentales.
- Muestra de forraje ingerido- escurrida.
- Determinar MS y MO en fracción sólida y líquida.
- Determinar DIVMO en sólidos.
- Asumiendo que la MO del líquido es de origen alimenticio se sobre-estima la digestibilidad 1-2 unidades por lo tanto:
- Corrección:

$$D = \frac{(A \times B) + (C - .063B)}{B + (C - .063B)} \times 100$$

donde:

A = DMO (in vivo)

B = Peso fracción sólida (MO)

E = Peso fracción líquida (MO)

.063 = Fracción de la MO de la fase líquida de origen salivar.

DETERMINACION DE CONSUMO

1. $D = \frac{I - H}{I} \times 100$

donde: D = digestibilidad (MS, MO, N, etc)

I = cantidad ingerida

H = cantidad excretada en heces

2. $I = H \times \frac{100}{100-D}$

Por lo tanto consumo es una función de producción fecal (H) y digestibilidad (D) o indigestibilidad (100-D).

3. Medición de consumo en pastoreo requiere estimación simultánea, no necesariamente en los mismos animales, de H y D.

Cálculo de consumo y error experimental

$$I = H \times \frac{100}{100-D}$$

-con una unidad porcentual de error en digestibilidad

<u>Dig.Real</u>	<u>% Error en consumo</u>
70	3.3
60	2.5
50	2.0

-H con error de < 5%

-Si ambos errores son independientes el error total en consumo es:

$$(3^2 + 5^2)^{1/2} = \pm 6\%$$

-Lo común es 10% de error en estimación de D y H por tanto error:

$$(10^2 + 10^2)^{1/2} = \pm 14\%$$

-Diferencias en consumo entre animales en un mismo tratamiento varían entre 7-14%.

-Si CV= 15% para consumo en pastoreo es necesario:

- 6 observaciones en cada uno de dos tratamientos.
- Para detectar (P<.05) diferencias de >30%

ENFOQUE NUEVO PARA ESTIMAR CONSUMO EN PASTOREO

1. Consumo = T + P + N

donde :

T = Tiempo de pastoreo/día

P = Peso de forraje ingerido en cada bocado

N = N° de bocados/unidad de tiempo

2. Tiempo de Pastoreo

función de:

- Facilidad de prehensión o cosecha del forraje.

- Accesibilidad del forraje

- Calidad

Rango de resultados: 7-12 h/día

Determinación:

- Observación directa

- "Vibracorder"(reloj ajustado al animal)

3. Tamaño de bocado (g)

función de:

- Forraje disponible

- Accesibilidad (distribución de forraje disponible)

- Densidad (160-410 kg ha⁻¹cm⁻¹ forrajes templados y 14-200 kg ha⁻¹cm⁻¹ forrajes tropicales).

- Densidad de hojas individuales menor en especies tropicales.

Determinación:

Fístula esofágica. Taponada en su parte distal con corcho.

Rango de resultados

0.05 - 0.80 g Mo/bocado

0.3 g o menor es limitante pues exige mas de 36.000 bocados/día

4. Número de bocados/unidad de tiempo

- Aparato cuenta bocados

- Visual

Rango de resultados experimentales

40 - 80/minuto

12 - 36 x 10³/día

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

ASPECTOS DE CALIDAD FORRAJERA DE *Brachiaria humidicola*
(RENDLE) SCHWEICKT EN LA ALTILLANURA PLANA DE LOS LLANOS
ORIENTALES DE COLOMBIA¹

Carlos Lascano
Phanor Hoyos
Jaime Velásquez

¹ Contribución del Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Apartado Aéreo
67-13, Cali, Colombia.

INTRODUCCION

En la actualidad existe consenso entre gran número de investigadores en el sentido de que los componentes básicos que definen la calidad de una especie forrajera son su digestibilidad y consumo voluntario, comúnmente expresados como consumo de materia seca u orgánica digerible o de energía digestible (CRAMPTON, 1957; HOLMES *et al* 1966). El valor de digestibilidad y consumo en definir calidad de una especie forrajera ha sido documentado en estudios en donde producción animal ha estado altamente correlacionada con consumo de nutrientes digeribles (ELLIOT *et al* 1966).

Existen varios factores relacionados con atributos del forraje y el animal que pueden influenciar tanto digestibilidad como consumo voluntario (ELLIS, 1978). Entre estos factores está el nivel de proteína en el forraje, que en el caso de estar por debajo de 6-7% puede limitar consumo y por ende producción animal (MILFORD Y MINSON, 1965; GRAHAM, 1967; MINSON Y MILFORD, 1967; SIEBERT Y KENNEDY, 1972; HUNTER *et al*, 1976).

Con los anteriores conceptos como marco de referencia se propone en este trabajo llegar a alguna definición sobre la calidad forrajera de *B. humidicola*, sobre todo para condiciones de la altillanura de los Llanos de Colombia. Con este objetivo se revisan algunos trabajos en donde se ha medido digestibilidad *in vitro* (DIVMS) y proteína de *B. humidicola* y de otras gramíneas bajo diferentes frecuencias de corte y diferentes épocas del año. Además se reportan resultados de digestibilidad y consumo de *B. humidicola* obtenidos con carneros en jaula metabólica y con bovinos en pastoreo.

MEDICIONES DE CALIDAD BAJO CORTE

El efecto de frecuencia de corte edad de rebrote en DIVMS de algunas gramíneas tropicales ha sido estudiado en época lluviosa por REID *et al*

1 (1973) en Uganda con toda la planta y por ABAUNZA (1982) en Quilichao, Co
2 lombia utilizando únicamente hoja. Un resumen de estos resultados se pre-
3 sentan en el Cuadro 1. Se observa que dentro de las frecuencias de defo-
4 liación comúnmente usadas en pastoreo rotacional (21 a 42 días) la DIVMS
5 de la hoja o planta entera de *B. humidicola* es alta y comparable con la
6 DIVMS de *B. decumbens*, *B. ruziziensis* y *B. brizantha*. Sin embargo, la tasa
7 de reducción en DIVMS de la hoja de *B. humidicola* es mayor que en las otras
8 especies, posiblemente debido a su mayor DIVMS inicial pero está dentro
9 del rango (0.1 a 0.2%/día) reportado para gramíneas tropicales por MINSON
10 (1971). Las tasas de reducción en DIVMS cuando se considera toda la planta
11 en comparación con hoja es similar en el caso de *B. humidicola* pero mayores
12 en las otras especies, posiblemente debido a los valores iniciales más al-
13 tos de DIVMS en el estudio de REID *et al* (1973).

14 Otros resultados de DIVMS de *B. humidicola* en comparación con *B.*
15 *decumbens* y *A. gayanus* en hojas tomadas al inicio, mitad y final de época
16 lluviosa en potreros bajo pastoreo en Carimagua (Cuadro 2, CIAT 1980), in-
17 dican que la DIVMS de las dos *Brachiarias* fue mayor que la DIVMS de *A.*
18 *gayanus* en las tres fechas de muestreo. Sin embargo, la hoja de *B.*
19 *humidicola* tuvo una mayor tasa de reducción de DIVMS que la hoja de *B.*
20 *decumbens* o *A. gayanus*, lo cual estuvo relacionado con su mayor DIVMS al i-
21 nicio de las lluvias.

22 El contenido de proteína cruda de *B. humidicola* y de otras especies de
23 *Brachiaria* en función de edad de rebrote ha sido evaluada por TUAREZ
24 (1977) en Pichilingue, Ecuador en suelos fértiles y sin aplicación de ni-
25 trógeno y por ABAUNZA (1982) en Quilichao, Colombia en suelos infértiles
26 (Ultisol) con aplicación de 100 kg N/año. El resumen de estos resultados
27 (Cuadro 3) indica que dentro de las frecuencias normalmente utilizadas en

Cuadro 1. Efecto de edad de rebrote al corte en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de especies de *Brachiaria* en dos localidades

Especie	Parte de planta	Edad de Rebrote (días)						Tasa de reducción (%/día)	Promedio % DIVMS
		21	42	63	84	105	112		
		-----% DIVMS-----							
<i>B. humidicola</i>	Hoja ¹	68.0	68.0	63.0	57.0	52.0	-	-.20**	61.6
	Entera ²	68.5	72.8	63.1	55.9	-	51.6	-.23*	62.4
<i>B. decumbens</i>	Hoja	64.0	65.0	62.0	60.0	51.0	-	-.15*	60.4
	Entera	72.8	71.0	61.6	54.8	-	48.9	-.28**	61.8
<i>B. ruziziensis</i>	Hoja	62.0	61.0	61.0	62.0	55.0	-	-.06 ^{NS}	60.2
	Entera	79.7	72.1	68.6	54.8	-	49.8	-.34**	65.0
<i>B. brizantha</i>	Hoja	65.0	66.0	60.0	56.0	57.0	-	-.11*	60.8
	Entera	73.5	67.7	58.1	58.6	-	-	-.26**	64.5

1 Fuente ABAUNZA (1982), Quilichao, Colombia
 2 Fuente REID *et al* (1973), Kanbayolo, Uganda
 * Significativo (P<.05)
 ** Significativo (P<.01)
 NS No significativo

Cuadro 2. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca de cuatro especies de gramíneas en pastoreo continuo durante tres épocas del año en Carimagua, 1979-80 (CIAT, 1980)

Especie	Parte de planta	Inicio ¹	Final ²	Inicio ³
		lluvias	lluvias	Seco
		-----% DIVMS-----		
<i>B. decumbens</i>	Hoja	71.0±4.9	69.0±3.1	60.9±4.6
	Tallo	60.0±6.4	54.0±3.9	49.3±3.3
<i>B. humidicola</i>	Hoja	76.5±1.9	63.9±2.1	54.6±3.7
	Tallo	60.0±2.0	56.9±1.8	47.2±1.2
<i>A. gayanus</i>	Hoja	57.3±3.6	53.2±3.9	44.2±2.8
	Tallo	62.2±3.4	48.8±4.6	33.8±3.8

- 1 Mayo, 1980
 2 Octubre, 1979
 3 Enero, 1980

Cuadro 3. Efecto de edad de rebrote al corte en el contenido de proteína cruda de 4 especies de *Brachiaria* durante época lluviosa en dos localidades.

Especies	Parte de planta	Frecuencia de Corte (días)								Tasa de reducción (%/día)	Promedio % Proteína
		21	28	35	42	56	63	84	105		
		-----% Proteína cruda-----									
<i>S. humidicola</i>	Hoja ¹	16.9	-	-	14.4	-	11.3	8.8	8.1	-.11**	11.9
	Entera ²	13.8	13.5	8.7	7.6	6.9	-	-	-	-.22*	10.1
<i>B. decumbens</i>	Hoja	19.4	-	-	15.6	-	14.4	11.3	10.0	-.11**	14.1
	Entera	14.8	12.9	11.4	10.6	9.6	-	-	-	-.14**	11.9
<i>B. ruziziensis</i>	Hoja	19.4	-	-	17.5	-	12.5	9.4	9.4	-.13**	13.6
	Entera	14.4	14.1	12.4	11.5	10.9	-	-	-	-.11**	12.7
<i>B. brizantha</i>	Hoja	18.1	-	-	16.3	-	11.9	10.6	10.6	-.10**	13.5
	Entera	16.7	14.3	13.4	11.5	9.5	-	-	-	-.20**	13.1

¹ Fuente ABAUNZA (1982), Quilichao, Colombia (Fertilización, 100 kg N/ha en 3 aplicaciones al año)

² Fuente TUAREZ (1977), Pichilingue, Ecuador (Sin fertilización nitrogenada)

* Significativo (P<.05)

** Significativo (P<.01)

1 pastoreo (21 a 42 días) el nivel de proteína en la hoja o planta entera de
2 *B. humidicola* es alto y comparable con el contenido de proteína de las otras
3 especies de *Brachiaria*. Así mismo, no se observa una diferencia marcada en-
4 tre *B. humidicola* y las otras gramíneas en la tasa de reducción de proteína
5 con edad de rebrote. En otro estudio bajo las condiciones de la altillanura
6 de Colombia, la aplicación de 25 y 50 kg N/ha durante la época lluviosa dio
7 como resultado niveles adecuados de proteína en el tejido de *B. humidicola*
8 (SALINAS y GUALDRON, 1982).

9 En general de la evidencia revisada se puede inferir que la DIVMS de
10 *B. humidicola* durante las fases iniciales de rebrote es alta, relativo a
11 gramíneas tropicales. Sin embargo, la hoja de *B. humidicola* pierde calidad
12 en términos de DIVMS más rápido que la hoja de otras especies de *Brachiaria*
13 evaluadas. Bajo condiciones en que el nitrógeno en el suelo no es limitan-
14 te, el nivel de proteína de *B. humidicola* durante la época lluviosa es alto
15 y su tasa de reducción con edad es similar al de las otras especies de
16 *Brachiaria*.

17 MEDICIONES DE DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO

18 En la sub-estación CIAT, Quilichao se evaluó la digestibilidad y con-
19 sumo de un rebrote de 4 semanas de *B. humidicola* y *B. dictyoneura* con carne-
20 ros en jaulas metabólicas. Resultados de este trabajo (Cuadro 4) indican
21 que con ambas especies con un contenido de proteína de 8% el nivel de ofer-
22 ta de materia seca no tuvo efecto en digestibilidad pero sí en consumo de
23 materia seca. En el nivel más alto de oferta, el consumo de materia seca
24 digerible en ambas especies fue un 40% mayor de lo requerido para manteni-
25 miento de carneros. La mayor variación en consumo en relación a digestibi-
26 lidad con nivel de oferta de *B. humidicola* o *B. dictyoneura* es consistente
27 con lo encontrado con otras gramíneas (ZEMMELINK, 1980) y denota un efecto

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

Cuadro 4. Digestibilidad y consumo de *B. humidicola* y *B. dictyoneura* ofrecida a carneros en jaula metabólica

Especie	Nivel de oferta	Digestibilidad MS	Consumo
	g MS/kg ^{.75} /día	%	g MS/kg ^{.75} /día
<i>B. humidicola</i> ^a	44	64.1 ± 4.1	41.6 ± 5.3
	63	61.1 ± 1.9	58.1 ± 2.2
	83	64.0 ± 1.1	64.0 ± 7.0
	Promedio	63.1	54.6
<i>B. dictyoneura</i> ^a	44	61.0 ± 2.6	42.3 ± 1.3
	63	58.6 ± 4.0	60.5 ± 4.9
	83	63.1 ± 5.9	67.0 ± 3.2
	Promedio	60.9	56.6

^a Material de 4 semanas de rebrote suministrado en forma verde.

1 de selectividad indicando la importancia de consumo como medida de cali -
2 dad de un forraje.

3 Merece especial comentario, los valores relativamente altos de diges-
4 tibilidad y consumo de *B. humidicola* obtenidos con carneros en jaulas bajo
5 condiciones en que la proteína no aparece como limitante. Coinciden los
6 resultados de digestibilidad *in vivo* con los digestibilidad *in vitro* obte-
7 nidos en Carimagua en época lluviosa (Cuadro 2, CIAT, 1980), pero no con
8 las bajas ganancias de peso obtenidos con esta gramínea en Carimagua bajo
9 pastoreo continuo con cargas fijas (TERGAS *et al.*, 1982). Esta baja produc-
10 ción animal con *B. humidicola* podría estar asociada con un bajo consumo de
11 materia seca. Esta idea se investigó en un ensayo de pastoreo en *B.*
12 *humidicola* establecido en Carimagua en 1978 sin la aplicación de nitróge-
13 no y manejado con 3 cargas animales en pastoreo continuo. Las mediciones
14 de consumo se realizaron en 1981 durante la segunda mitad de la época llu-
15 viosa (septiembre), utilizando 3 animales fistulados del rumen por carga
16 para estimar producción de heces con papel óxido de cromo dosificado 2
17 veces por día vía ruminal (CORBETT *et al.*, 1960). Además se utilizaron ani-
18 males 2 fistulados del esófago potrero durante 7 días para obtener mues-
19 tras de forraje ingerido (HEADY y TORREL, 1959). La digestibilidad se esti-
20 mó con fibra neutral indigerible como marcador interno en el bolo esofági-
21 co y heces (JACOBS, 1975). Los resultados (Cuadro 5), indican que el mayor
22 consumo fue en la carga media (3.4 an/ha), lo cual es consistente con la
23 mayor ganancia de peso observada en este tratamiento en época lluviosa
24 (TERGAS *et al.*, 1982).

25 En general de los resultados presentados en el Cuadro 5 llama la aten-
26 ción los bajos consumos de *B. humidicola*, independientemente de la carga
27 utilizada y lo cual nuevamente es consistente con las bajas ganancias de

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Cuadro 5. Efecto de 3 cargas de pastoreo en la producción de heces, digestibilidad *in vivo* y consumo de *B. humídicola* en época lluviosa en la altillanura de Colombia (Carimagua)

Carga animal an/ha	Producción ^a heces g MS/100 kg PV/día	Digestibilidad ^b MS %	Consumo ^c kg MS/100 kg PV/día
4.4	555 ± 39	52.4 ± 1.3	1.17 ± .11
3.4	592 ± 70	60.4 ± 2.0	1.50 ± .22
2.4	565 ± 36	55.0 ± 2.6	1.26 ± .12
PROMEDIO	571	55.9	1.31

a Estimado con papel oxido de cromo dosificado 2 veces/día
 b Estimado con fibra neutral indigerible como marcador interno
 c Consumo = Producción heces/día ÷ 100-digestibilidad

1 peso obtenidas con esta gramínea en Carimagua. Un análisis de estos resul-
2 tados indica que el consumo varió entre 1.5 y 1.2% del peso vivo con di-
3 gestibilidades en el orden de 52 y 60%. En otros estudios de consumo bajo
4 pastoreo, LASCANO (1979) encontró que en *Cynodon dactylon* cv Coastal el
5 consumo varió entre 2.1 y 3.1% del peso vivo con digestibilidades corres-
6 pondiente de 56 y 61%. Al contrastar estos resultados se puede inferir
7 que el bajo consumo de *B. humidicola* bajo las condiciones de Carimagua no
8 se deben a una baja digestibilidad del forraje consumido sino más bien a
9 otros factores relacionados con el forraje en oferta. Uno de estos facto-
10 res es sin lugar a dudas, el bajo contenido de proteína encontrado en la
11 hoja disponible (3.6%) y forraje consumido (3.7%), lo cual se refleja en
12 bajo contenido de proteína en heces (6.6%) en los tres potreros.

13 Para evaluar el efecto de nivel de proteína en el consumo de *B.*
14 *humidicola* se comparan los datos obtenidos en Carimagua con datos de con-
15 sumo obtenidos en la subestación, CIAT, Quilichao bajo condiciones en don-
16 de la proteína en el *B. humidicola* no aparece como limitante (Cuadro 6).
17 Resulta evidente que al incrementarse el contenido de proteína en el forra-
18 je consumido se aumenta significativamente el consumo de *B. humidicola*,
19 pero no hay mayor efecto en digestibilidad de la materia seca. El consumo
20 y digestibilidad de *B. humidicola* en condiciones donde la proteína en el
21 forraje no aparece como limitante (Quilichao) coincide con lo encontrado
22 por LASCANO (1979) en *Cynodon dactylon* cv Coastal bajo pastoreo.

23 La evidencia sobre calidad forrajera de *B. humidicola* bajo las condi-
24 ciones de la altillanura de Colombia, claramente indican que el factor li-
25 mitante de esta gramínea es su bajo consumo voluntario debido principalmen-
26 te a una deficiencia de nitrógeno. Obviamente una alternativa para corre-
27 gir esta deficiencia es la fertilización nitrogenada, pero que tal vez

27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Cuadro 6. Valores comparativos de calidad de *B. humidicola* en dos localidades con suelos ácidos durante época lluviosa.

Localidad	Proteína en la dieta	Digestibilidad MS	Consumo kg/MS/100 kg PV/día
CIAT-Quilichao ^a	6.9 ± .7	55.5 ± 1.5	2.08 ± .18
CNIA-Carimagua ^b	3.7 ± .4	56.4 ± 3.9	1.31 ± .20
Diferencia (%)	46.4	1.6	36.1

a Sub-estación CIAT, Quilichao, Cauca, Colombia. Medición realizada en pequeña parcela con forraje de 8 semanas de rebrote.

b Estación CNIA-Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. Promedio de los valores obtenidos en 3 pasturas bajo pastoreo continuo y 3 cargas animales.

1 resulte muy costosa. Por otro lado, se puede pensar en la asociación de
2 *B. humidicola* con una leguminosa y es esta la estrategia en la que se ha
3 venido trabajando en Carimagua, utilizando *Desmodium ovalifolium*. El efec
4 to positivo en la calidad forrajera de *B. humidicola* al incluir la legumi-
5 nosa en asociación se puede inferir de los resultados presentados en el
6 Cuadro 7. Se comparan en este cuadro resultados de consumo en época de
7 lluvia obtenidos en el ensayo de *B. humidicola* con tres cargas con datos
8 de consumo en *B. humidicola + D. ovalifolium* bajo pastoreo alterno con 3.5
9 an/ha. La mayor diferencia entre pasturas se refleja en un contenido mu-
10 cho más alto de proteína en la dieta ingerida en la asociación, princi -
11 palmente debido a consumo de *D. ovalifolium* (33% de la dieta). Este mayor
12 nivel de proteína se encuentra asociado con un considerable aumento en
13 consumo voluntario y menor grado un aumento en digestibilidad, lo cual
14 está de acuerdo a lo reportado por MINSON y MILFORD (1967). Estos resulta
15 dos son consistentes con las mayores ganancias de peso obtenidas en la
16 asociación *B. humidicola + D. ovalifolium* (400 g/an/día) en comparación
17 con los resultados obtenidos en *B. humidicola* deficiente en nitrógeno
18 (100 g/an/día).

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

Cuadro 7. Valores comparativos de calidad entre *B. humidicola* solo y asociado con *D. ovalifolium* durante la época lluviosa en la altillanura de Colombia

Pastura	Proteína en la dieta %	Producción heces g MS/100 kg PV/día	Digestibilidad MS %	Consumo kg MS/100 kg PV/día
<i>B. humidicola</i> ^a	3.7 ± .4	573 ± 47.4	56.4 ± 3.9	1.33 ± .20
<i>B. humidicola</i> ^b + <i>D. ovalifolium</i>	9.5 ± 1.5	874 ± 132.2	62.4 ± 2.4	2.32 ± .25
Diferencia (%)	+ 61.0	+ 34.4	+ 9.6	+ 42.7

a Mediciones realizadas con 9 animales en el mes de agosto, 1981 en tres potreros con 2.4, 3.4 y 4.4 an/ha
 b Mediciones realizadas con 8 animales en el mes de julio, 1981 en dos potreros con 3.5 an/ha

CONCLUSIONES

1
2 Se ha podido definir que bajo condiciones de la altillanura de Colom-
3 bia, representada por Carimagua uno de los factores que limitan la calidad
4 forrajera de *B.humidicola* sin fertilización nitrogenada es una deficiencia
5 marcada de proteína en la materia seca. Esta deficiencia de nitrógeno cau-
6 sa una significativa reducción en consumo y no así de digestibilidad, lo
7 cual se refleja en bajas ganancias de peso. En caso de no existir una de-
8 ficiencia de proteína la digestibilidad y consumo de *B.humidicola*, está
9 dentro de los niveles encontrados con otras gramíneas tropicales.

10 Una alternativa para mejorar la calidad forrajera de *B.humidicola*,
11 particularmente en términos de aumentar el nivel de proteína en la dieta
12 y consumo, parece ser el de asociarlo con una leguminosa compatible como
13 *D.ovalifolium*.

14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

BIBLIOGRAFIA

- 1
- 2 Abaunza, A. Growth and quality of nine tropical grasses and twelve tropical
3 legumes under dry and rainy season conditions. Las Cruces, N.M. New
4 Mexico State University. 1982. 150 p. (Master's Thesis).
- 5 Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. Programa de
6 Pastos Tropicales, Informe Anual 1980. p. 88
- 7 Corbett, J.L.; J.F.D. Greenahlg; I. Mc Donald and C. Florence. Excretion
8 of chromium sesquioxide administered as a component of paper to sheep.
9 Brit. J. Nutr. 14:289-299, 1960.
- 10 Crampton, G.W. Interrelations between digestible nutrient and energy
11 content, voluntary dry matter intake and the overall feeding value of
12 forages. J. Anim. Sci. 16: 546-552, 1957.
- 13 Elliot, R.C.; K. Fokkema and C.H. French. Herbage consumption studies by
14 beef cattle. Part II. Intake studies on Afrikander and Mashona cows
15 on Veld grazing- 1959/60. Rhodesia J. Agr. 58:124-130, 1961.
- 16 Ellis, W.C. Determinants of grazed forage intake and digestibility. J.
17 Dairy Sci. 61:1828-1840, 1978.
- 18 Graham, N. MaC. The net energy value of three sub-tropical forages. Aust.
19 J. of Agric. Res. 18:137-147, 1967.
- 20 Heady, H.F. and D.T. Torrel. Forage preference exhibited by sheep with
21 oesophageal fistulas. J. Range Management 12:28-34, 1959.
- 22 Holmes, J.H.G.; M.C. Frankling and L.T. Lambourne. 1966. The effects of
23 season, supplementation and pelleting on intake and utilization of
24 some sub-tropical pastures. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 6: 354-363,
25 1966.
- 26 Hunter, R.A.; B.D. Siebert and M.J. Breen. The botanical and chemical
27 composition of the diet selected by steers grazing Townsville stylo-

- 1 grass pastures during a period of liveweight gain. Proc. of the Aust.
2 Soc. of Anim. Prod. 11: 457-460, 1976.
- 3 Jacobs, B. Indigestible fiber components as possible internal markers.
4 College Station, T. Texas A & M University, 1975. 150 p. (Master's
5 Thesis).
- 6 Lascano, C. Determinants of grazed forage voluntary intake of cattle.
7 College Station, T. Texas A & M University. 1979. 200 p. (Ph. D.
8 Dissertation).
- 9 Minson, D.J. The nutritive value of tropical pastures, J. Aust. Inst.
10 Agric. Sci. 37: 255-63, 1971.
- 11 Minson, D.J. and R. Milford. The voluntary intake and digestibility of
12 diets containing different proportions of legume and mature Pangola
13 grass (*Digitaria decumbens*). Aust. J. of Exp. Agric. and Anim. Husb.
14 7: 546-550, 1967.
- 15 Milford, R. and D.J. Minson. Intake of tropical pasture species. Proceed-
16 ings of the Ninth International Grassland Congress, Sao Paulo, Bra-
17 sil. p 815-822, 1965.
- 18 Reid, R.L. and A.J. Post. Studies on the nutritional quality of grasses
19 and legumes in Uganda. I. Application of *in vitro* digestibility
20 techniques to species and stages of growth effects. Trop. Agric.
21 (Trinidad) 50: 1-14, 1973.
- 22 Salinas, J. y R. Gualdrón. Adaptación y requerimientos de fertilización
23 de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickdt en la altillanura plana
24 de los Llanos Orientales de Colombia, Brasil, VI Simposio sobre Ce-
25 rrado. 1982.
- 26 Siebert, B.D. and P.M. Kennedy. The utilization of spear grass
27 (*Heteropogon contortus*) 1. Factors limiting intake and utilization

1 by cattle and sheep. Aust. J. Agric. Res. 23: 35-44, 1972.

2 Tergas, L.E.; O. Paladines y I. Kleinheisterkamp. Productividad Animal y
3 Manejo de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en la altillanura
4 plana de los Llanos Orientales de Colombia. Brasil, VI Simposio sobre
5 o Cerrado.1982.

6 Tuarez, J.A. 1977. Evaluación de rendimiento y valor nutritivo de gramí -
7 neas y leguminosas forrajeras, pertenecientes a la colección de la
8 Estación Experimental Pichilingue. Manabí, Portoviejo, Ecuador. Fa-
9 cultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, 1977.
10 50 p. (Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias).

11 Zemelink, G. Effect of selective consumption on voluntary intake and
12 digestibility of tropical forages. Agric. Res. Rep. 896 Centre for
13 Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 1980.

14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

Serie SE-8-82

Junio 4, 1982

MEDICION DE CONSUMO BAJO PASTOREO

Carlos Lascano

Introducción

La cantidad y calidad nutritiva de un forraje son factores que interactúan y que influyen significativamente en la producción animal bajo condiciones de pastoreo. Si la cantidad de forraje disponible no es limitante y no se presentan problemas de cosecha del forraje por parte del animal, entonces las ganancias de peso estarán en gran parte determinados por el consumo voluntario de materia seca digerible, sinónimo de calidad nutritiva (Elliot et al 1961).

Si se acepta que la calidad de un forraje en gran parte determina nivel de producción animal y que los componentes básicos de calidad son digestibilidad y consumo, entonces es necesario tener algún estimado de estos parámetros en el proceso de evaluación de especies forrajeras.

El obtener medidas indirectas de calidad de un forraje ha sido un gran reto para nutricionistas. Mucho se ha avanzado en la estimación de digestibilidad por métodos rápidos. Uno de estos métodos es el de digestibilidad *in vitro*, que de acuerdo a gran número de trabajos predice digestibilidad *in vivo* con alto grado de precisión (Clark y Mott, 1960; Tilley y Terry, 1963). Por otro

lado variaciones en consumo de una serie de forrajes tropicales no han sido explicados satisfactoriamente por diferencias en composición química (Van Soest, 1965), tasa de digestión *in vitro* (Minson, 1971), solubilidad de la materia seca en pepsina (Minson y Haydock, 1971) o digestibilidad de la materia seca (Milford y Minson, 1965). Otros trabajos han mostrado una relación positiva pero cuantitativamente variable entre digestibilidad del forraje y consumo voluntario (Blaxter *et al* 1961; Conrad *et al* 1964). Estas inconsistencias han sido interpretadas por Ellis (1978) como una indicación de que la relación digestibilidad consumo varían con atributos del forraje y del animal. Tanto Ellis (1978) como Minson (1982) indican que el consumo de forrajes tropicales está regulado por: a) volumen del retículo-rumen, b) espacio ocupado en ese volumen por partículas del forraje en proceso de degradación y c) por tasa de reducción y remoción de esas partículas del tracto digestivo. Además Minson (1982) y Weston (1982) indican que el consumo puede estar influenciado por deficiencias de minerales en el forraje y por condición fisiológica del animal, respectivamente. A todo lo anterior hay que agregar el efecto que tiene en consumo de un forraje la estructura del pastizal y lo cual ha sido ampliamente discutido por Hodgson (1982).

En base a los múltiples factores que afectan consumo bajo pastoreo no es de extrañarse que su predicción por simples métodos de laboratorio sea inconsistente. Ante esta realidad muchos investigadores han optado por medir el consumo de forrajes con animales estabulados, utilizando principalmente carneros (Minson, 1971; Zemmeling, 1980). Desafortunadamente, la extrapolación de estos resultados al bovino en pastoreo no es del todo posible, principalmente debido a diferencias en oportunidad de selección en condiciones de confinamiento vs pastoreo y a diferencias en hábitos de selección entre carneros y bovinos (Hodgson, 1982). Un buen ejemplo de diferencias entre especies animales es el alto consumo de *D. ovalifolium* 350 por carneros en jaula y su bajo consumo por bovinos en pastoreo (CIAT, 1980). No quiere decir todo lo anterior que la evaluación de forrajes

con carneros en jaula no tenga cabida en la investigación con forrajes, pues sería desconocer toda la evidencia que se ha podido obtener con esta técnica en relación a algunos factores que afectan consumo en rumiantes (Minson, 1982).

Dada la importancia de consumo como medida de calidad de un forraje para bovinos y las dificultades asociadas con su predicción por métodos de laboratorio o con carneros estabulados, se plantea la necesidad de realizar mediciones de consumo directamente con animales en pastoreo. Estas mediciones servirían para cuantificar variaciones en calidad de plantas forrajeras en pasturas de suficiente magnitud que se reflejen en respuestas en producción animal.

Se pretende en este trabajo revisar y discutir: 1) Técnicas indirectas utilizadas para la medición de consumo bajo pastoreo, 2) variabilidad animal en consumo, 3) algunos resultados de consumo bajo pastoreo en el Programa de Pastos Tropicales del CIAT, 4) medición de consumo dentro del contexto de evaluación de germoplasma en pasturas en el Programa de Pastos Tropicales del CLA.

Técnicas indirectas para medir consumo en pastoreo

Existen varios trabajos en la literatura en donde se han revisado métodos para medir consumo bajo pastoreo utilizando técnicas indirectas y entre ellas se recomienda las de Theurer (1970) y Córdova *et al* (1978).

El método usual para estimar consumo de forraje bajo pastoreo ha consistido en medir producción de heces y digestibilidad del forraje (Reid, 1952), aplicando la fórmula:

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Producción heces/día}}{100 - \text{digestibilidad}} \text{ /día}$$

La producción de heces ha sido estimada en la mayoría de estudios de consumo mediante la administración 2 veces/día de un marcador externo como el óxido de cromo (Cr_2O_3) en cápsulas (Raymond y Minson, 1955) o con papel óxido de cromo que minimiza la variación diurna de excreción del marcador (Corbett *et al* 1950). Con este método es necesario dosificar el cromo durante un mínimo de 14 días, que incluye 7 días de ajuste y

7 días de colección de heces. La relación entre dosis diaria de cromo y concentración del marcador en heces (Cr dosificado por día : concentración de Cr en heces) da un estimado de producción fecal diaria.

Otra alternativa para estimar producción de heces por métodos indirectos es la de utilizar un marcador de partículas (Iterbio de la serie de Lantanidos) dosificado una sola vez. La excreción del marcador en las heces se ajusta a un modelo bi-exponencial con dependencia de tiempo (Matis, 1972) y que de acuerdo a Ellis *et al* (1979) permite estimar: a) concentración inicial del marcador en el tracto (CI) y b) tasa de pasaje de residuos no digeridos (kp). La relación entre dosis del marcador (d) y concentración inicial del marcador (CI) ($d : CI$) da un estimado de cantidad de residuos no digeridos en el tracto (V), lo cual multiplicado por Kp ($V \times Kp$) representa excreción de heces por unidad de tiempo. La comparación de este método con el de dosis continua de marcador ha dado resultados comparables. (De Laney *et al* 1981).

Para estimar digestibilidad que es el otro componente de la fórmula para estimar consumo, existen varios métodos en la literatura. Entre ellos se destaca el método de proporciones utilizando marcadores internos, tales como cromógeno (Kennedy *et al* 1959) y lignina (Wallace y Van Dyne, 1970). Problemas de recuperación en las heces de estos marcadores han limitado su uso. Otros marcadores internos como la fibra neutral indigerible han dado mejores resultados en cuanto a su recuperación en las heces (Jacobs, 1975). Otro procedimiento para estimar digestibilidad es el del uso de índices fecales sobre todo N (Van Dyne y Meyer, 1964; Langlands, 1969). Con este método se estima en una prueba de consumo en estabulación relaciones entre digestibilidad y concentración del índice fecal para establecer regresiones. Posteriormente, se mide la concentración del índice en heces de animales en pastoreo y se calcula con la regresión respectiva la digestibilidad. Las fuentes de error en la técnica de índices fecales han sido discutidas por Arnold y Dudzinski (1963) y en general su aplicación parece limitada a casos donde existen diferencias muy grandes en

digestibilidad. Por último, un método bastante utilizado para medir digestibilidad en pruebas de pastoreo es el de utilizar muestras de forraje seleccionado por fistulados del esófago y someterlo a una prueba de digestibilidad *in vitro* incluyendo en cada corrida un forraje de digestibilidad *in vivo* conocido.^A

En el Programa de Pastos del CIAT para estimar consumo bajo pastoreo se viene utilizando papel óxido de cromo e Iterbio para estimar producción fecal y fibra neutral indigerible (FNI) en heces y forraje seleccionado para estimar digestibilidad ($1 - \frac{\% \text{ FNI forraje seleccionado}}{\% \text{ FNI heces}}$)

$$\% \text{ FNI heces}$$

Variabilidad animal en consumo

Uno de los factores que afectan la precisión en las mediciones de consumo es la alta variabilidad entre animales (Van Dyne y Meyer, 1964). Como consecuencia de esta variabilidad en consumo es necesario utilizar un relativo alto número de animales para detectar diferencias significativas entre tratamientos.

En su revisión de literatura Córdova *et al* (1978) indica que los coeficientes de variación asociados con consumo en carneros varían entre 10 y 16%. Por otro lado, se dice que la variabilidad en consumo de bovinos es 3 o 4 veces menor que con carneros (Van Dyne y Meyer, 1964).

Dado que el consumo en pastoreo puede estimarse de la proporción de peso de heces/indigestibilidad, variaciones en consumo pueden resultar de diferencias en composición de dieta y tasa de excreción de heces. En períodos cortos la composición de la dieta es bastante uniforme y se ha calculado que para estimar digestibilidad dentro del 10% de la media y una probabilidad de 95% se requieren entre 1 y 3 animales dependiendo de la disponibilidad de forraje. Por otro lado, para estimar producción de heces con la misma precisión se requieren entre 2 y 9 animales, también dependiendo de la disponibilidad del forraje. (Van Dyne y Meyer, 1964).

Resultados de medición de consumo en el PPT-CIAT

En trabajos colaborativos con la Sección de Productividad y Manejo de Praderas, la Sección de Calidad de Pasturas y Nutrición ha venido realizando mediciones de consumo en diferentes pasturas en Quilichao y Carimagua. El objetivo inicial de estos trabajos ha sido 1) estandarizar una metodología y 2) tratar de explicar algunos resultados de ganancia de peso obtenidos en pasturas en Carimagua.

Con el fin de ilustrar el tipo de información que se puede generar mediante la medición de consumo en pastoreo se citan resultados obtenidos con *B. humidicola* y los cuales han sido reportados por Lascano y Tergas (1982). Consistentemente en Carimagua se venía observando una muy baja producción en *B. humidicola*, incluso inferiores a las obtenidas en sabana quemada con cargas bajas (Tergas *et al* 1982). Resultados de disponibilidad de forraje y digestibilidad *in vitro* no parecían explicar el bajo comportamiento animal en *B. humidicola* y se especuló que podría estar relacionado con bajo consumo. Esta idea se investigó en la época de lluvias (septiembre 1981) en un ensayo de *B. humidicola* con 3 cargas en pastoreo continuo establecido en 1978 sin nitrógeno pero con Calfos y Sulpomag. Los resultados de este trabajo indicaron un mayor consumo en la carga media (3.4 an/ha), lo cual es consistente con las mayores ganancias de peso en esta carga en la época de lluvias (Tergas *et al* 1982). Independientemente del efecto de carga, sin embargo, llamó la atención el bajo consumo de *B. humidicola*, lo cual no estuvo asociado con una baja digestibilidad del forraje sino con una marcada deficiencia de proteína en el tejido. Esta deficiencia de proteínas en el forraje obviamente está relacionada con deficiencia de nitrógeno en el suelo. Resultados obtenidos en Quilichao en donde el *B. humidicola* no ha sido deficiente en proteína indican consumos similares a los obtenidos con otras gramíneas tropicales. Así mismo, cuando se incluye *D. ovalifolium* 350 en mezcla con *B. humidicola* el consumo prácticamente se duplica, lo cual está asociado con un incremento de proteína en la dieta por consumo de leguminosa (Lascano

y Tergas, 1982).

Con la medición de consumo bajo pastoreo se ha podido definir que en las condiciones de Carimagua uno de los factores que limitan la calidad de *S. humidicola* sin aplicación de nitrógeno es una deficiencia marcada de proteína, lo cual a su vez afecta negativamente el consumo y por ende ganancia de peso de los animales.

Evaluación de calidad de germoplasma en pasturas en el PPT-CIAT

En la parte introductoria de este trabajo se habló de la importancia del consumo como medida de calidad de un forraje y de las dificultades actuales de predecir consumo en base a medidas de laboratorio o de extrapolar datos de consumo obtenidos con carneros en jaula al animal en pastoreo. Se indicó por lo tanto, la necesidad de realizar mediciones de consumo bajo pastoreo. Sin embargo, para que estas mediciones sean de utilidad deberán explicar ganancias de peso dentro del contexto de factores de manejo (especie, fertilización, sistema de pastoreo, carga animal y época del año) y el efecto de estas en atributos del forraje en oferta (cantidad y calidad) y del forraje consumido (valor nutritivo y cantidad).

En base a lo anterior y utilizando un enfoque multidisciplinario se propone que se incluya medidas de consumo como parte de la evaluación de germoplasma ensamblado en pasturas. La información que se pueda derivar con estas mediciones, servirá para entender un poco mejor la interacción suelo x planta x animal y muy importante permitirá la construcción de modelos matemáticos para predecir producción animal en función de factores de manejo.

BIBLIOGRAFIA

- Arnold, G.W. and M.L. Dudzinski. 1963. The use of fecal nitrogen as an index for estimating the consumption of herbage by grazing animals. *J. Agr. Sci.* 61:33.
- Blaxter, K.L.; F.W. Wainman and R.S. Wilson. 1961. The regulation of food intake by sheep. *Anim. Prod.* 3:51.
- Clark, K.W. and G.O. Mott. 1960. The dry matter digestion *in vitro* of forage crops. *Canadian J. Plant Sci.* 40:123.
- Conrad, H.R.; A.D. Pratt and J.W. Hibbs. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Changes in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *J. Dairy Sci.* 47:54
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1980. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual. p.86
- Córdova, F.J.; Joe D. Wallace and Rex D. Piepper. 1978. Forage intake by grazing livestock: A review *J. of Range Management* 31:430.
- Corbett, J.L.; J.F.D. Greenhalgh, I. Mc Donald and E. Florence. 1960. Excretion of chromium sesquioxide administered as a component of paper to sheep. *Br. J. Nutr.* 14:289.
- De Laney, D.S.; K.R. Pond, C.E. Lascano and W.C. Ellis. 1981. Comparison of fecal output as estimated by two marker methods. In: *Beef Cattle Research in Texas*. The Texas Agricultural Experiment Station. PR 3768 p.34
- Elliot, R.C.; K. Fokkema and C.H. French. 1961. Herbage consumption studies by beef cattle. Part II. Intake studies on Afrikander and Mashona cows on Veld grazing- 1959/1960. *Rhodesia J. Agric.* 58:124.
- Ellis, W.C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *J. Dairy Sci.* 61:1828
- Ellis, W.C.; J.H. Matis and C.E. Lascano. 1979. Quantitating ruminal turnover. *Rum. Nutr. Conf. Fed. Proc.* 38:2702
- Hodgson, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. IN: *Nutritional limits to animal production from pastures*. Editor J.B. Haker. Farnham Royal U.K., Commonwealth Agricultural Bureaux. pp. 153

- Jacobs, B. 1975. Indigestible fiber components as possible internal markers. Master's Thesis, Texas A & M University, College Station Tx.
- Kennedy, W.K.; A.N. Carter and R.J. Lancaster. 1959. Comparison of fecal pigments and fecal nitrogen as digestibility indicators in grazing cattle studies. New Zealand. J. Agri. Res. 2:627.
- Lascano, Carlos E. y Luis E. Tergas. 1982. El potencial de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia II. Calidad del forraje. (Publicación CIAT en revisión).
- Matis, J.N. 1972. 332 Note: Gamma time-dependency in Blaxter's compartmental model. Biometrics 28:597.
- Minson, D.J. 1982. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. IN: Nutritional limits to animal production from pastures. Editor J.B.Haker. Farnham Royal, U.K., Commonwealth Agricultural Bureaux. pp. 167.
- Minson, D.J. and K.P. Haydock. 1971. The value of pepsin dry matter solubility for estimating the voluntary intake and digestibility of six Panicum varieties. Aust. J. of Exp. Agric. and Anim. Husb. 11:181.
- Minson, D.J. 1971. The nutritive value of tropical pastures. J. Aust. Inst. Agr.Sci. 37:225.
- Milford, R. and D.J. Minson. 1965. Intake of tropical pasture species. Proc. 9th Int.Grassland Congress. p. 815.
- Raymond, W.F. and D.J. Minson. 1955. The use of chromic oxide for estimating the faecal production of grazing animals. J. Brit. Grass. Soc. 10:282.
- Reid, J.T. 1952. Indicator methods, their potentialities and limitations. Proc. 6th Int.Grassl. Cong. P. 1334.
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18:104.
- Theurer, C.B. 1970. Chemical indicator techniques for determining range forage consumption IN: Range and Wildlife habitat V.S: D.A. Misc. Publ. 1147: 220 p.

- Tergas, Luis E., C. Lascano y J.G. Salinas. 1982. El potencial de *Brachyaria humidicola* (Rendle) Schweickt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. III. Productividad animal y manejo. (Publicación CIAT, en revisión).
- Van Soest, P.J. 1965. Symposium on factors influencing voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24:834.
- Van Dyne, G.M. and J.H. Meyer. 1964. Forage intake by cattle and sheep on dry annual range. *J. Anim. Sci.* 23:1108
- Weston, R.H. 1982. Animal factors affecting feed intake IN: Nutritional limits to animal production from pastures. Editor J.B. Haker. Farnham Royal, U.K., Commonwealth Agricultural Bureaux. pp. 183.
- Wallace, Joe D. and G.M. Van Dyne. 1970. Precision of indirect methods for estimating digestibility of forage consumed by grazing cattle. *J. Range Management* 23:424.
- Zemmelink, G. 1980. Effect of selective consumption on voluntary intake and digestibility of tropical forages. *Agric. Res. Rep.* 896. Centre for Agricultural publishing and documentation Wageningen.

XII. PRODUCTIVIDAD Y MANEJO DE PRADERAS.

- Efecto de los factores de manejo del pastoreo sobre la utilización de pasturas tropicales.
Luis. E. Tergas.
- Productividad Animal Potencial y Manejo de Praderas en un ultisol de Colombia.
Luis E.Tergas, A.Ramírez,
G.A.Urrea, S. Guzmán y
C. Castilla.
- Productividad Animal y Manejo de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweickt, en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia.
Luis E. Tergas, O.Paladines e
I.Kleinheisterkamp
- Pasto y Producción Animal en la Amazonia.
José M. Toledo, E.Adilson Serrão
- Selección de Cultivares de Pastos a partir de un gran número de entradas sometidas a Pastoreo.
B. Grof.
- Sistemas de Producción Ganadera en el Trópico de América.
Oswaldo Paladines

Efecto de los factores de manejo del pastoreo sobre
la utilización de pasturas tropicales

L.E. Tergas*

Resumen

En el presente trabajo se discuten algunos conceptos básicos relacionados con los factores del manejo del pastoreo que influyen en la utilización de pasturas tropicales. El objetivo principal es el de discutir los efectos de carga animal y sistema de pastoreo y la interacción de estos factores de manejo en relación a evaluación del germoplasma en pastoreo.

Se infiere que estas interacciones son importantes en determinar no solamente la productividad animal sino también el manejo apropiado para asegurar la resistencia de las especies, principalmente leguminosas asociadas con gramíneas.

Se sugiere que en las evaluaciones del germoplasma nuevo en pequeñas parcelas se caracterize la productividad de materia seca y la persistencia de las leguminosas en condiciones que tomen en consideración los factores del manejo y sus interacciones. Esta forma de caracterización sería muy útil para poder diseñar pruebas de pastoreo más simples y así poder evaluar el potencial de productividad animal del nuevo germoplasma en las condiciones de manejo apropiado de acuerdo con la especie y las condiciones del ecosistema.

* Científico Principal, Programa de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

Introducción

Las especies de pastos tropicales, especialmente las gramíneas tienen una gran capacidad de aprovechar la energía radiante, el anhídrido carbónico del aire, el agua y los nutrimentos del suelo para producción de grandes cantidades de materia seca que podrían utilizarse para producción bovina como parte de alimento de alto valor biológico al hombre. No obstante, Whyte (1962) señaló que en términos de producción animal este potencial era mayormente un mito y que por largo tiempo la mayor contribución en términos de productos pecuarios procedería de zonas templadas.

A pesar de que se han logrado progresos en la investigación en pastos tropicales, especialmente en el uso de leguminosas (Hutton, 1970) y que resultados experimentales demuestran un gran potencial para aumentar la productividad animal en el trópico (Cuadro 1; Stobbs, 1974), la producción de carne de estas regiones sigue siendo baja, considerando que cuenta con la mayor proporción de la población ganadera en el mundo (Jasiorowski, 1973). La principal razón es que aún cuando los factores ambientales como falta de humedad y temperatura no son limitantes y la fertilidad de suelo sea adecuada y se produzcan grandes cantidades de materia seca de valor nutritivo adecuado, la utilización del forraje por el animal no llega siquiera al 50% y varía con especies gramíneas (Cuadro 2; Vicente-Chandler et al, 1960), o con asociaciones de gramíneas y leguminosas (Okorie et al, 1965; Olubajo y Oyenuga, 1971).

El objetivo de este trabajo es discutir algunos conceptos básicos que están relacionados con la utilización de praderas tropicales desde el punto de vista del manejo del pastoreo. El énfasis está en asociaciones

de gramíneas y leguminosas considerando la importancia que tienen estas últimas para mejorar la productividad animal en América tropical.

Utilización

La utilización de pasto es la eficiencia con que la producción de materia seca de la pradera es usada para producción animal (Noy-Meir, 1978). Dentro de este contexto se reconoce la necesidad de evaluar el verdadero valor de una pastura en relación a su transferencia a producción animal como una medida indirecta de la utilización del forraje.

El consumo de forraje o utilización y la producción animal están relacionados con la cantidad de pasto presente. Si los demás factores que están relacionados con consumo de forrajes en pastoreo (Figura 1, Johnson, 1970) permanecieran más o menos constantes, la producción animal por unidad de área debería estar directamente relacionada con disponibilidad del pasto. Esta relación se podría describir de acuerdo a una curva asintótica (Figura 2; Paladines, 1972), en la cual el consumo de materia seca aumentaría en relación a la disponibilidad del pasto hasta un punto de cambio sobre el cual una mayor disponibilidad no produce aumento en la productividad. Sin embargo, existe una fuerte interacción entre la pradera y el animal en pastoreo, de modo que esta relación no es del todo simple (Stobbs, 1975). Además los factores de manejo de la pradera tienen una gran influencia en determinar su utilización (Mannetje, 1972).

Factores de Manejo de Praderas

El principal objetivo del manejo de la pradera es asegurar una productividad animal a largo plazo, manteniendo la estabilidad de la pradera, principalmente de leguminosas que se considera el componente más valioso e inestable del sistema. Entre los factores de manejo de praderas que tienen mayor influencia en utilización se consideran: carga animal, sistema de pastoreo, la duración del período de descanso y de ocupación en la rotación y prácticas de conservación de forraje.

Carga Animal

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

Varios investigadores han establecido relaciones entre carga animal y productividad de las praderas representadas por diferentes tipos de curvas que parecen diferir de acuerdo al tipo de pradera y ecosistema donde han sido evaluadas.

Mott (1960) propuso una relación en la cual la ganancia por animal es máxima con carga baja y se mantiene así a medida que la carga aumenta gradualmente, hasta un punto en que comienza a disminuir rápidamente con aumentos sucesivos de carga (Figura 3). El autor ha sugerido que la relación debe ser descrita más bien en términos de presión de pastoreo o sea la cantidad en materia seca del forraje presente por animal en pastoreo, en vez de la carga animal. Esta

relación es interpretada por Paladines (1972) en función de la cantidad de forraje disponible y el consumo por animal, lo cual debería ser equivalente a ganancias en peso, siempre y cuando los factores de calidad del forraje no estén mayormente influenciados por la carga animal (Figura 2).

Otros investigadores como Riewe (1961) y Cowlshaw (1969) establecieron una relación más bien de tipo linear entre ganancias por animal y carga animal sobre un rango amplio de cargas y tipos de praderas. Jones y Sandland (1974) propusieron un modelo (Figura 4) en el cual esta relación permanece linear sobre un rango de cargas establecidas en experimentos de pastoreo. Este tipo de relación se cumple especialmente cuando se aplica a praderas compuestas por asociaciones de gramíneas y leguminosas donde éste último componente es el que más influye en la productividad animal y es afectado severamente con un incremento en carga animal. El autor del presente trabajo encontró en una revisión de datos publicados de diferentes regiones tropicales que la relación linear propuesta por Jones y Sandland (1974) se cumple en la inmensa mayoría de estudios de efectos de carga animal en la productividad animal de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas (Cuadro 3; Tergas, 1982).

Aunque hay discrepancias en cuanto a la forma de la curva que describe la relación entre carga animal y productividad animal, existe un consenso entre los investigadores de que a medida que la carga animal se reduce, las ganancias por animal aumentará en forma asintótica hasta un nivel que está relacionado con el metabolismo del animal. Sin embargo, Stobbs (1969) señaló que en praderas de Hyparrhenia rufa en Uganda, la productividad animal disminuyó en relación a las cargas bajas debido al bajo valor nutritivo debido al excesivo crecimiento y madurez del forraje.

Edye et al (1978) encontraron que no hubo un efecto significativo de la carga en base a la productividad animal anual, debido a un efecto antagonístico de estaciones lluviosa y seca. (Figura 5). Durante la estación lluviosa la productividad animal aumentó con un aumento en materia verde seca total y con un incremento en carga animal, pero durante la estación seca se observó una disminución linear en las ganancias por animal en relación al total de materia verde seca y carga animal. Los autores concluyen que es posible que en el trópico húmedo el excesivo crecimiento del pasto ocasione una reducción en calidad del forraje y su utilización por parte del animal lo cual resulta en productividad animal baja cuando se usan cargas bajas.

En Carimagua, con especies gramíneas Brachiaria decumbens, B. humidicola y Andropogon gayanus se ha observado una acumulación excesiva del pasto cuando las cargas son bajas sobre todo al comienzo de la estación lluviosa que resulta en menor utilización del pasto en términos de productividad animal. Al mismo tiempo la proporción de material muerto del pasto va en aumento a medida que la estación lluviosa avanza y puede representar más del 50% del pasto ofrecido, especialmente con cargas bajas, lo cual tiene una gran influencia en la productividad animal durante esta época crítica del año (Figuras 6, 7 y 8). En Nueva Zelanda, Campbell (1966) mostró un incremento en forraje muerto cuando se disminuían las cargas. Stuth et al (1981) señalan que se dispone de muy poca información de la influencia de la defoliación sobre las tasas de senectud de los pastos de zonas templadas y la necesidad de investigar la relación que existe entre disponibilidad de pastos y tasas de senectud estacionales. En vista de que las especies de pastos tropicales maduran más rápido y la duración de la estación seca es generalmente más prolongada y caliente en las regiones tropicales, las tasas de senectud

podrían tener una gran influencia en reducir las tasas de utilización del pasto y estarían relacionadas con el manejo del pastoreo especialmente la carga animal.

La carga animal tiene un efecto muy marcado sobre la persistencia de las leguminosas en asociaciones con gramíneas tropicales (Figura 9 ; Jones 1974; Figura 10, Walker, 1975). Este efecto varía de acuerdo con las características de las especies (Roberts, 1979) de modo que las leguminosas rastreras son más tolerantes a cargas altas que las leguminosas volubles y arbustivas. Bisset y Marlowe (1974) encontraron una relación entre la carga animal, las ganancias por animal y el número de coronas de plantas de Siratro por hectárea que fue diferente en dos sitios de evaluación en Queensland durante el quinto año de evaluación con 3 cargas (Figura 11). Cuando el número aproximado de coronas de plantas de siratro en un sitio se mantuvo alrededor de 100,000/ha la productividad animal no varió significativamente en relación a un aumento en la carga animal y fue mayor que en los primeros años de pastoreo. Sin embargo, en otro sitio, al disminuir el número de coronas de 39,000 a 12,000/ha, por efecto de un aumento en la carga animal, la productividad animal disminuyó significativamente. La explicación de estas diferencias fue atribuida a una mejor adaptación y establecimiento de la leguminosa en un sitio que resultó en un desarrollo más vigoroso de estolones y coronas secundarias que en el otro.

Hasta el momento en Carimagua no se tiene información acerca de la relación entre carga, productividad animal y persistencia con asociaciones de gramíneas y leguminosas. En ciertas condiciones donde la producción de forraje de gramíneas ha disminuido por selectividad animal en asociaciones con leguminosas menos palatables, tales como Pueraria phaseoloides y Desmodium ovalifolium, la productividad animal se ha visto

afectada en forma diferente sobre todo durante la estación lluviosa. Estas relaciones están siendo estudiadas en el presente con D. ovalifolium debido a su gran diferencia en palatabilidad relativa a las gramíneas que mejor se adaptan al ecosistema en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia, y se considera hacer lo mismo con S. capitata asociado con A. gayanus en vista de la competencia que establece la gramínea por nutrientes en el suelo, lo cual afecta la persistencia de la leguminosa.

Sistemas de Pastoreo

La mayoría de los trabajos de investigación en utilización de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas se han realizado en condiciones de pastoreo continuo y se considera que las ventajas del pastoreo rotacional se presentan únicamente con cargas altas. Grof y Harding (1970) encontraron una mayor productividad animal en un sistema de pastoreo alterno con dos potreros con cargas altas en P. maximum asociado con C. pubescens en el trópico húmedo Australia, mientras que Stobbs (1969) no encontró diferencias significativas entre pastoreo continuo y pastoreo rotacional con 3 y 6 potreros, respectivamente, con cargas altas en una asociación de P. maximum y Siratro en una región con un período seco muy definido. Riewe (1976) señaló que en los estudios en que se comparan sistemas de pastoreo continuo y rotacional en asociaciones de gramíneas y leguminosas templadas, usando diferentes cargas, invariablemente se presenta una interacción, de tal modo que cargas bajas favorece el pastoreo continuo mientras que cargas altas favorecen pastoreo rotacional (Figura 12).

Si bien es cierto que no ha habido trabajos que muestren ventajas del sistema de pastoreo rotacional sobre el pastoreo continuo en praderas

asociadas de gramíneas y leguminosas, se considera que es posible que a largo plazo sea necesario algún sistema de pastoreo intermitente para favorecer la persistencia de las especies leguminosas (Stobbs, 1969). Jones (1979) encontró que una disminución en los rendimientos de Siratro como consecuencia de un aumento en carga animal fue menos marcado en una frecuencia de pastoreo de nueve comparado con 3 semanas al mismo tiempo que la invasión de malezas fue menor, pero esto fue asociado principalmente con cargas altas. Es evidente la necesidad de realizar trabajos de investigación a largo plazo sobre todo con especies leguminosas agresivas cuya palatabilidad relativa a las gramíneas acompañantes pudiera estar afectada por la distribución de las lluvias sobre todo en ecosistemas de trópico húmedo.

Evans (1982) considera que el beneficio del pastoreo rotacional podría estar más relacionado con una técnica para controlar la composición botánica en vez de una forma de aumentar el valor nutritivo del forraje y la productividad animal. Sin embargo, en condiciones ambientales donde se presente una gran variación estacional en el consumo de leguminosas (CIAT, 1981) o con especies de baja palatabilidad relativa a las gramíneas acompañantes en la asociación, la productividad animal podría estar limitada por la dominancia de las leguminosas en la asociación. Este fue aparentemente el caso de D. ovalifolium en Carimagua en asociación con gramíneas de buena palatabilidad relativa como Brachiaria decumbens y Andropogon gayanus en las cuales la productividad animal disminuyó significativamente cuando la leguminosa se volvió dominante en pastoreo continuo (CIAT, 1979).

Períodos de Descanso

La duración del período de descanso está directamente relacionado con el sistema de pastoreo rotacional. Existe una interacción entre la defoliación del pasto para los animales, el área foliar después del pastoreo y el período de descanso de la pradera entre pastoreo que determina la producción del pasto (Campbell, 1967). De acuerdo con esto, la velocidad de rebrote de la pradera depende índice del área foliar (IAF) del pasto después del pastoreo y se define como la superficie de las hojas activas presentes por unidad de superficie del suelo. Paladines (1972) explica que de acuerdo con este concepto la mejor utilización de la pradera se produciría cuando la defoliación se realice en condiciones en que el IAF haya pasado apenas el punto óptimo y no exceda el punto mínimo que afecte la síntesis de carbohidratos del pasto residual. Sin embargo, ese punto óptimo no es fácil de determinar desde el punto de vista práctico y estaría relacionado con las características de las especies en cuanto a acumulación de reservas de carbohidratos en las raíces, formas y puntos de crecimientos activos, balance entre la capacidad fotosintética y transpiración etc las cuales son muy relevantes al tipo de manejo apropiado para una mejor persistencia. La aplicación de este concepto al manejo de praderas significaría períodos cortos de pastoreo y largos de descanso, pero en condiciones tropicales tendría que ser modificado de acuerdo con las características de las especies, y el régimen y distribución de lluvias ya que normalmente períodos largos de descanso producen una disminución en la calidad del forraje que podría afectar la productividad animal.

Conservación del forraje

Las prácticas de conservación del forraje forman parte integral del manejo de praderas en regiones templadas para aumentar la utilización del pasto pero debido a la baja calidad del forraje conservado (Miller et al 1963) y por lo poco práctico y económico de estas prácticas (Catchpoole y Henzell, 1971), su uso es muy limitado en el trópico (Tergas, 1979).

Selección del Germoplasma

Se considera en general que el germoplasma seleccionado para ser utilizado como componente de praderas, además de ser caracterizado por su adaptación al ecosistema y los factores limitantes de producción de pasto, debería evaluarse en relación a su capacidad de tolerar defoliaciones frecuentes con diferentes intensidades de pastoreo. Sin embargo, Blazer et al (1974) señalan más bien que el método y la intensidad del pastoreo debería estar basado en las características morfológicas y fisiológicas de las especies o en asociaciones o monocultivos. Así por ejemplo estos autores indican que el método y la intensidad del pastoreo es menos importante con especies anuales que perennes y que las especies perennes de crecimiento erecto que son fácilmente defoliadas, requerirían algún tipo de pastoreo intermitente para asegurar su persistencia y productividad animal. Riewe (1976) explica que la diferencias en respuestas a la intensidad y método de pastoreo pudieran ser explicadas en términos de diferencias fisiológicas a la defoliación. En especies de hábito erecto, palatables y de fácil defoliación en pastoreo el rebrote crece a expensas de los carbohidratos

de reserva de las raíces, mientras que en especies postradas, estoloníferas, que no son defoliadas completamente por el pastoreo, el rebrote no depende tanto de las reservas de carbohidratos en los estolones y raíces. Ambos casos se refieren a especies de regiones templadas y quizás estos conceptos no tendrían la misma interpretación en regiones tropicales con tasas de crecimiento más altas y continuas a través del año; sin embargo deberían ser consideradas y estudiadas en las evaluaciones de germoplasma como características que pudieran estar relacionadas con la persistencias de las especies. El potencial de mejorar la persistencia de las leguminosas a través del manejo del pastoreo dependerá en gran parte del conocimiento que se tenga de como ese manejo afecta aspectos tan importantes de la persistencia como son: sobrevivencia de plantas, producción de semillas en pastoreo, regeneración y sobrevivencia de plántulas nuevas (Jones y Mott, 1980).

En vista de que las condiciones socio-económicas de los sistemas de producción ganadera en el trópico americano casi que requieren especies de pasto tolerantes a condiciones de stress en pastoreo continuo y de manejo simple o poco manejo, la selección del germoplasma debería estar basado en estas características. No obstante, otras especies de gran valor forrajero podrían considerarse para un uso alternativo en condiciones específicas donde manejos más intensivos podrían tener aplicación.

BIBLIOGRAFIA

- Bisset, W. J. and G.W.C. Marlowe. 1974. Productivity and dynamics of two Siratro based pastures in the Burnett Coastal Foothills of South East Queensland. *Trop. Grassld.* 8:17-24
- Blaser, R.E.; E. Jahn; and R. C. Hammes, Jr. 1974. Evaluation of forage and animal research. In (R.W. Van Keuren et al, eds) *Systems analysis in forage crop production and utilization*. Special publication No. 6, Wisconsin, Madison, Crop Science Soc. of Ame. p.-16.
- Campbell, A.G. 1966. The dynamics of grazed mesophytic pastures. *Proc. 10th International Grassland Congress, Helsinki*, pp. 458-463.
- _____ 1966. Grazed pasture parameters. I. Pasture dry matter production and grazing management experiment with dairy cows. *J. Agric. Sci.* 67: 199-209.
- Catchpoole, V.R. and E. F. Henzell. 1971. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage abstracts* 41: 213-221.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1980. *Informe Anual del Programa de Pastos Tropicales 1979*, Cali, Colombia. 186p.
- _____ 1982. *Informe Anual del Programa de Pastos Tropicales 1981*, Cali, Colombia (En prensa)
- Cowlshaw, S. J. 1969. The carrying capacity of pastures. *Journal of the British Grassland Soc.* 24:207-214.
- Edye, L.A.; W.T. Williams; and W. H. Winter. 1978. Seasonal relations between animal gain, pasture production and stocking rate on two tropical grass-legume pastures. *Aust. J. Agric. Res.* 29:103-113.
- Evans, T.R. 1982. Overcoming nutritional limitations through pasture management In (J.B. Hacker, ed) *Nutritional limits to animal production from pastures*. Commonwealth Agricultural Bureaux, U. K. pp. 343-361.
- Grof, B.; and W.A.T. Harding. 1970. Dry matter yields and animal production of guinea grass (Panicum maximum) on the humid tropical coast of north Queensland. *Tropical Grasslands* 4: 85-95.
- Hutton, E. M. 1970. Tropical Pastures. In (N.C. Brady, ed) *Advances in Agronomy*. 22: 1-73.

- Instituto Colombiano Agropecuario-Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1981. Informe de Investigación, Centro Nacional de Investigación Agropecuaria, Carimagua. 1980-81 (En Prensa).
- Jasiorowski, H.A. 1973. Twenty years with no progress. *World Animal Review* 5: 1-5
- Johnson, W. L. 1970. Métodos de estudiar el consumo voluntario de pastos de corte. I Reunión de especialistas e investigadores forrajeros del Perú. Curso de Metodología de Investigación en forrajes. Vol. II, La Molina, Perú. Ministerio de Agricultura, Univ. Nacional Agraria. pp. 157-178.
- Jones, R.M. 1979. Effect of stocking rate and grazing frequency on a Siratro (Macroptilium atropurpureum)/ Setaria anceps cv. Nandi pasture. *Aust. J. Exp. Anim. Husb.* 19: 318:324.
- Jones, R.M. and J.J. Mott. 1980. Population dynamics in grazed pastures. *Trop. Grassland* 14: 218-224.
- Jones, R.J. 1974. The relation of animal and pasture production to stocking rate on legume based and nitrogen fertilized subtropical pastures. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 10: 340-342.
- Jones, R.J. and R.L. Sandland. 1974. The relation between animal gain and stocking rate. Derivation of the relation from the results of grazing trials. *J. of Agric. Sci.* 83: 335-342.
- Mannetje, L. 't. 1972. The effects of some management practices on pasture production. *Tropical Grasslands* 6: 260-263.
- Mannetje, L. 't; and D.F. Nicholls. 1974. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Division of Tropical Agronomy. 1973-1974 Annual Report. Brisbane, Australia. p. 24-25.
- Miller, T.B.; A. Blair Rains; and R. J. Thorpe. 1963. The nutritive value and agronomic aspects of some fodders in Northern Nigeria. II. Silages *J. Brit. Grassld. Soc.* 18: 223-299.
- Mott, G. 1970. Grazing pressure and the measurement of pasture production. *Proc. VIII International Grassland Congress, Reading, England.* pp. 606-611.
- Noy-Meir, I. 1978. Recent advances in research: Pasture Utilization. IV Conferencia Mundial de Producción Animal. Buenos Aires, Argentina. Vol. I p. 375-389.
- Olubajo, F.O. and V. A. Oyenuga. 1971. The measurement of yield,

voluntary intake and animal production of tropical pasture mixtures. *J. Agric. Sci.* 77: 1-4

Okorie, I.I., D.H. Hill and R. J. McIlroy. 1965. The productivity and nutritive value of tropical grass/legume pastures rotationally grazed by N'Dama cattle at Ibadan, Nigeria. *J. Agric. Sci.* 64: 235-245.

Paladines, O. 1972. Métodos para los estudios sobre utilización de la pradera. II Reunión de especialistas e investigadores forrajeros del Perú. Seminario de Utilización de Animales en la Evaluación de la Pradera. Tomo II. Arequipa, Perú. IICA Zona Andina, Ministerio Agricultura, Univ. Nacional Agraria, La Molina, Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte USAID-Perú. pp. 37-102.

Partridge, I. J. 1979. Improvement of nadi blue grass (Dichanthium caricosum) pastures on hill land in Fiji with superphosphate and siratro: effects of stocking rate on beef production and botanical composition. *Tropical Grasslands* 13: 157-164.

Riewe, M.E. 1961. Use of the relationship of stocking rate to gain of cattle in an experimental design for grazing trials. *Agronomy J.* 53: 309-313.

_____. 1976. Principles of grazing management. In (E.C. Holt, et.al. eds)

Grasses and legumes in Texas. Development, Production and Utilization. Research Monograph 6. The Texas Agricultural Experiment Station, College Station, Texas, USA.

Roberts, C.R. 1979. Algunas causas comunes del fracaso de praderas de leguminosas y gramíneas tropicales en fincas comerciales y posibles soluciones. En (L.E. Tergas y P.A. Sánchez, eds). Producción de Pastos en Suelos Acidos de los Trópicos. p. 427-445.

Shaw, N. H. 1978. Superphosphate and stocking rate effects on a native pasture oversown with Stylosanthes humilis in central coastal Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 18: 800-807.

Stobbs, T. H. 1969. The effect of grazing management upon pasture productivity in Uganda. III - Rotational and continuous grazing. *Trop. Agriculture (Trin)* 46: 293-301.

_____. 1974. Beef production from sown and planted pastures in the

- tropics. In (A.J. Smith, ed) Beef cattle production in developing countries. Procee. Univ. of Edinburgh Centre for Tropical Veterinary Medicine. p. 164-183.
- _____ 1975. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. Trop. Grassld 9: 141-150.
- Stuth, J.W.; D.R. Kirby and R.E. Chmielewski. 1981. Effect of herbage allowance on the efficiency of defoliation by grazing animal. Grass and Forage Science 36: 9-51.
- Tergas, L.E. 1979. Conservación de forrajes: limitaciones y usos en suelos ácidos e infértiles del trópico. Curso intensivo de adiestramiento sobre investigación en pastos tropicales. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (Mimeografiado) 19 pp.
- _____ 1982. Contribución de las leguminosas forrajeras a la producción animal en praderas tropicales. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Seminarios Internos.
- Tergas, L.E.; O. Paladines y I. Kleinhesterkamp. 1982. Productividad animal y manejo de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweickt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. VI Simposio sobre o Cerrado, Brasilia 4-8 octubre. (En Prensa).
- Toledo, J. M. y V.A. Morales. 1979. Establecimiento y manejo de praderas mejoradas en la Amazonía Peruana. In (L.E. Tergas y P. A. Sánchez, eds) Producción de Pastos en Suelos Acidos de los Trópicos, Cali, Colombia 1978. Memoria Seminario, Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 191-209.
- Vicente-Chandler, J. 1974. Manejo intensivo de pastos y forrajes en Puerto Rico. In (E. Bordemisza y A. Alvarado, ed) Manejo de suelos en la América tropical. Seminario sobre manejo de suelos y el proceso de desarrollo en América tropical. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 418-444.
- Vilela, H.; L.A. Tonelli; W.C. dos Reis; J. R. Possato; D. Vilela; e A.B. Garcia. 1978. Relatorio Programa Especial de Pastagens-Núcleo Regional de Minas Gerais EMBRATER/EMATER-MG. pp. 26.
- Walker, B. 1975. Stocking rates. Effects on pasture quantity and

quality. Refresher course management of improved tropical pastures. Aust. Inst. of Agric. Sci. Univ. of Queensland, p.104-116.

Whyte, R. O. 1962. The myth of tropical grasslands. Trop. Agriculture, Trin. 39: 1-11.

CUADRO 1. PRODUCCION DE CARNE POTENCIAL ESTIMADAS EN
 PRADERAS TROPICALES NATURALES Y CULTIVADAS
 (STOBBS, 1974)

Praderas	Húmedo/Seco	Húmedo
	5 - 6 meses seco	sin sequía
	-----kg/ha/año-----	
Naturales:		
Buen manejo	10 - 80	60- 100
Con leguminosas	120 -170	250- 450
Cultivadas:		
Gramíneas/leguminosas	200 -300	300- 600
Fertilizadas con N	300 -500	800-1.500

Cuadro 2. Utilización de pastos de tres gramíneas tropicales con fertilización y manejo intensivo, promedios de regiones húmedas y con uso de riego en Puerto Rico. Adaptado de Vicente-Chandler, *et al* (1967).

Especie	Materia seca ofrecida	Eficiencia utilización	Ganancia de Peso		Eficiencia conversión MS/kg P.V.
	kg/ha/año	%	Animal	Ha	
Napier	42,224	35.4	203	1233	34.2
Guinea	35,124	45.7	200	1308	26.8
Pangola	31,761	43.5	198	1139	27.9
Promedio	36,369	41.5	200	1226	29.6

Cuadro 3. Regresiones lineales calculadas para la relación entre carga animal y ganancia de peso (kg/an) en asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales en diferentes r gimes de lluvias

Lluvias (mm)	Regresión	Coeficiente Regresión	Referencias
720	$y=198.5-52.9x$	-0.98	Mannetje y Nicholls, 1974
905	$y=141.7-35.6x$	-0.79	Shaw, 1978
1.070	$y=241.1-56.7x$	-0.99	Jones, 1974
1.090	$y=208.8-18.2x$	-0.95	Vilela et al, 1978
1.700	$y=201.6-24.7x$	-0.96	Toledo y Morales, 1979
2.650	$y=220.0-31.8x$	-0.99	Partridge, 1979

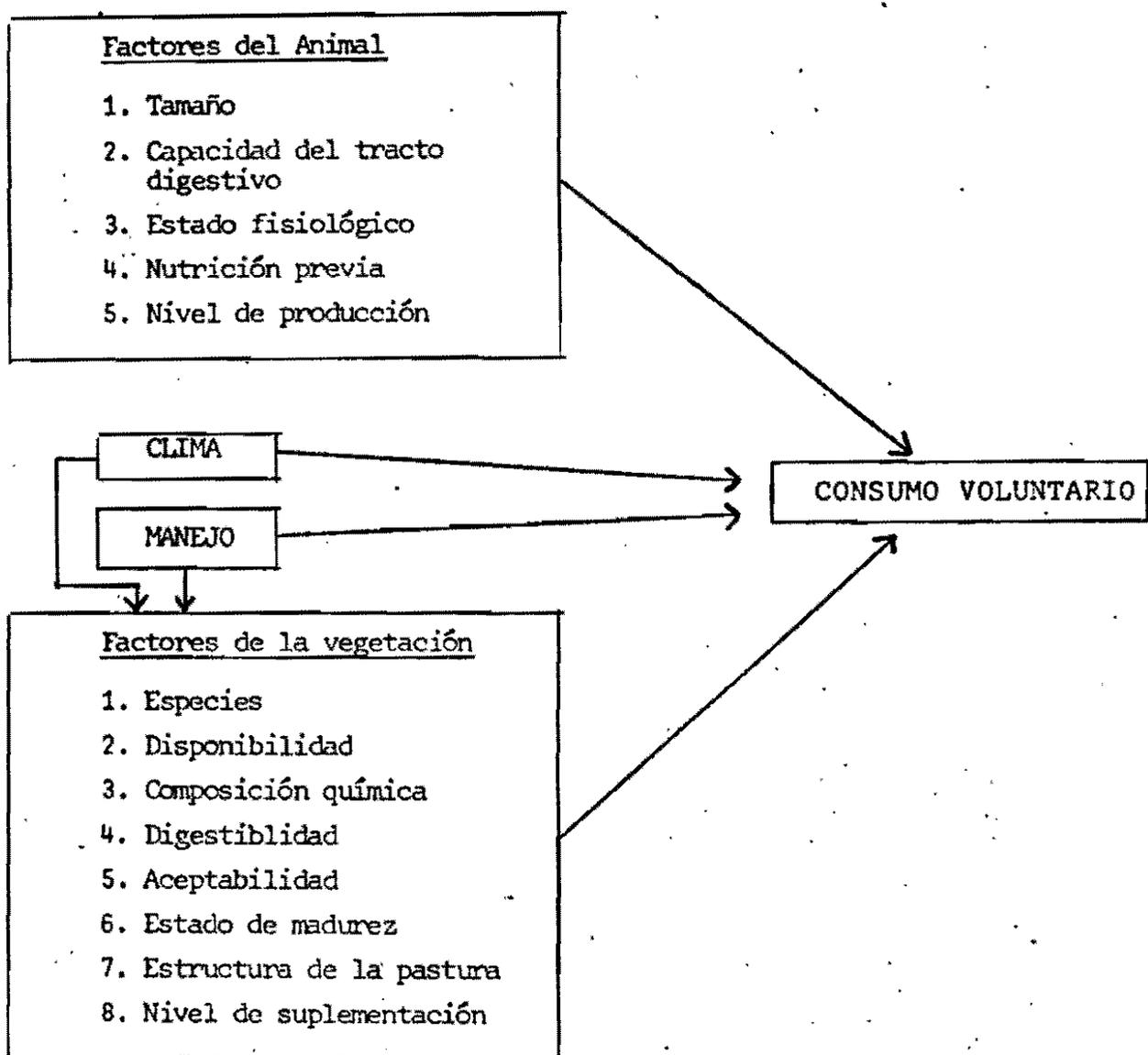


Figura 1. Factores relacionados con consumo de forrajes en pastoreo. Johnson, 1970.

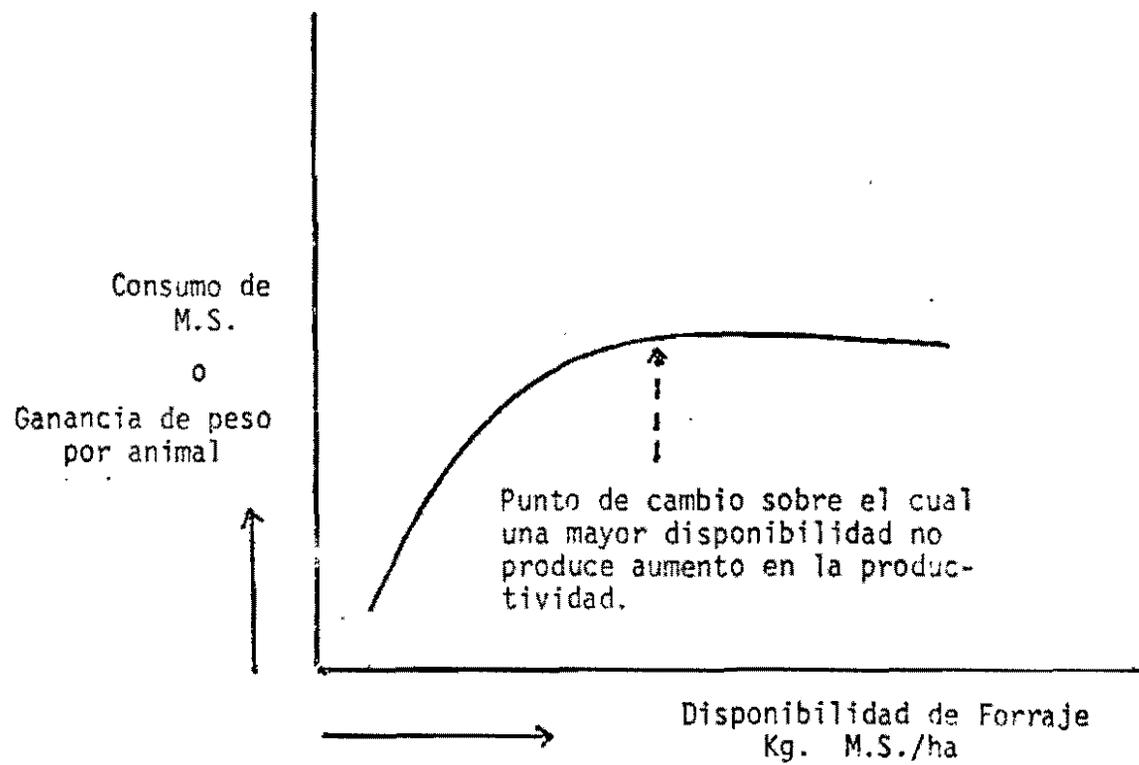


Figura 2. Relación general entre disponibilidad de forraje y producción animal. (Paladines, 1972)

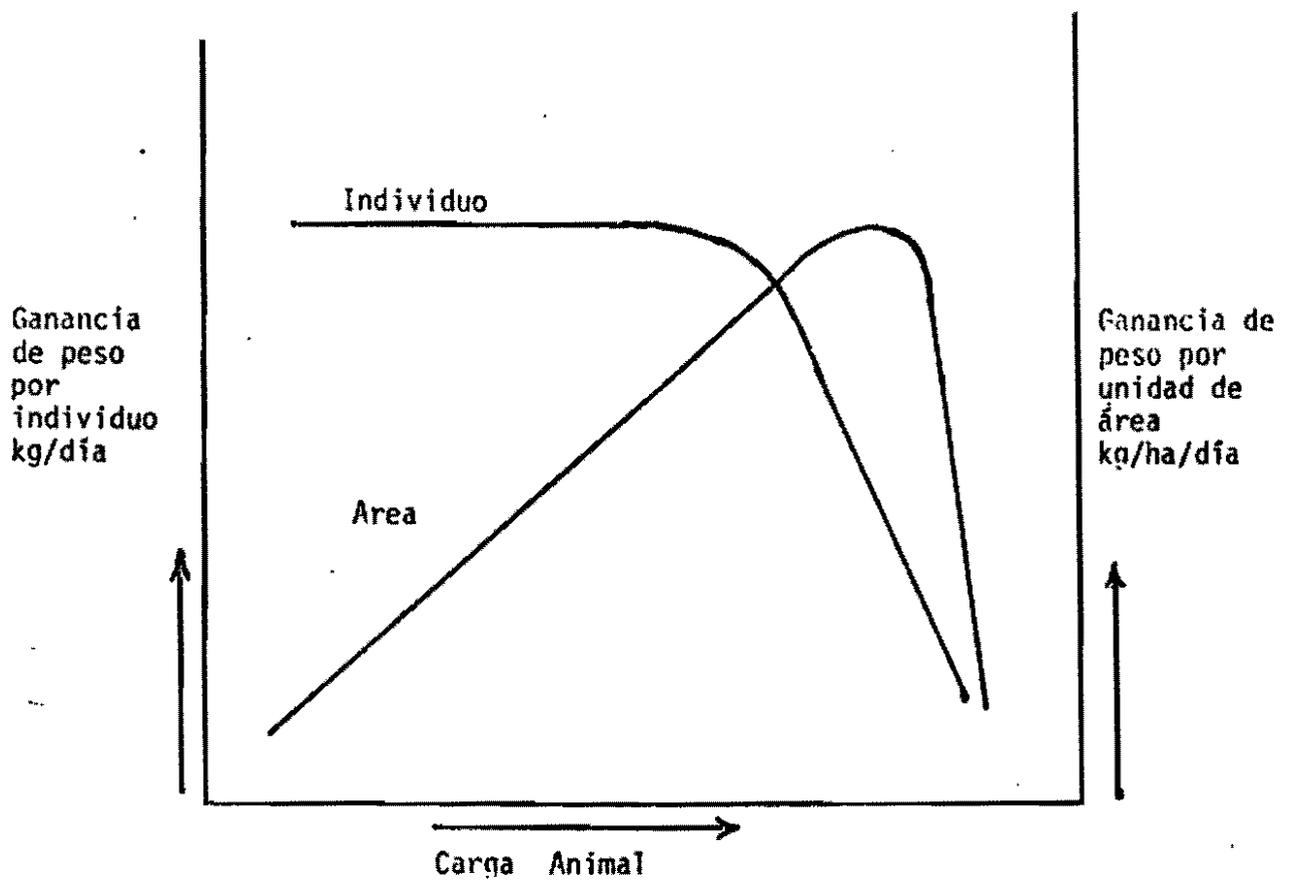


Figura 3. Relaciones generales entre carga animal y ganancia de peso por individuo y por unidad de área. Adaptado de Mott (1960).

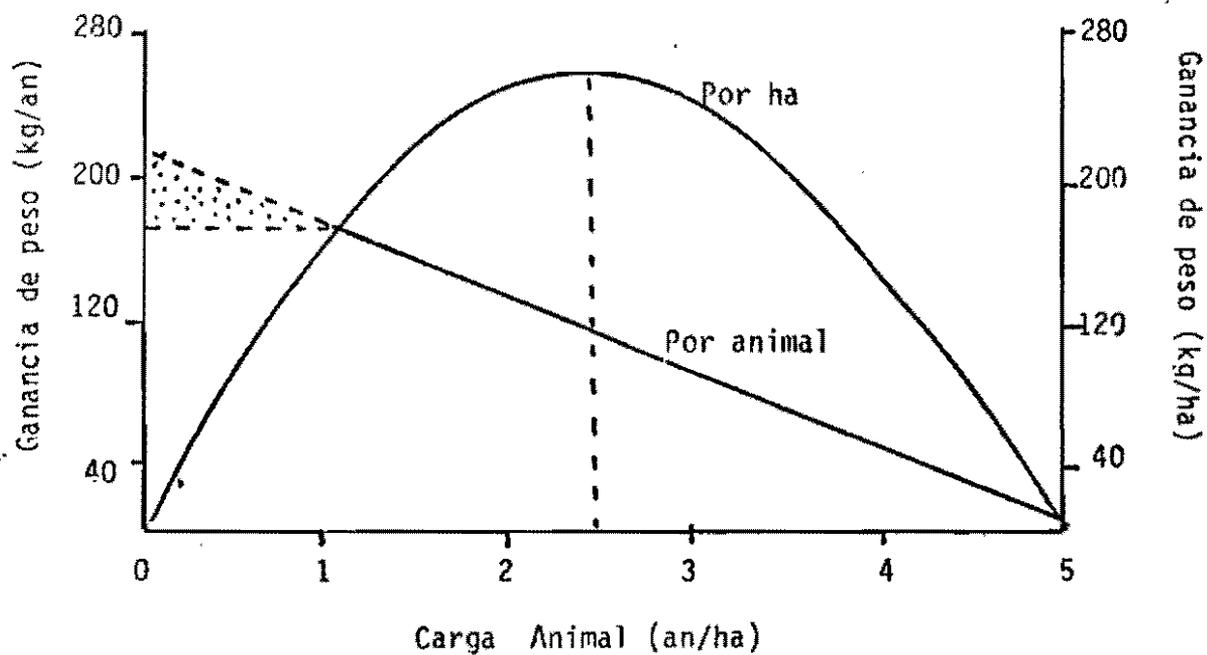


Figura 4. Relación entre carga animal y ganancias de peso por animal y por hectárea (Jones y Sandland, 1974)

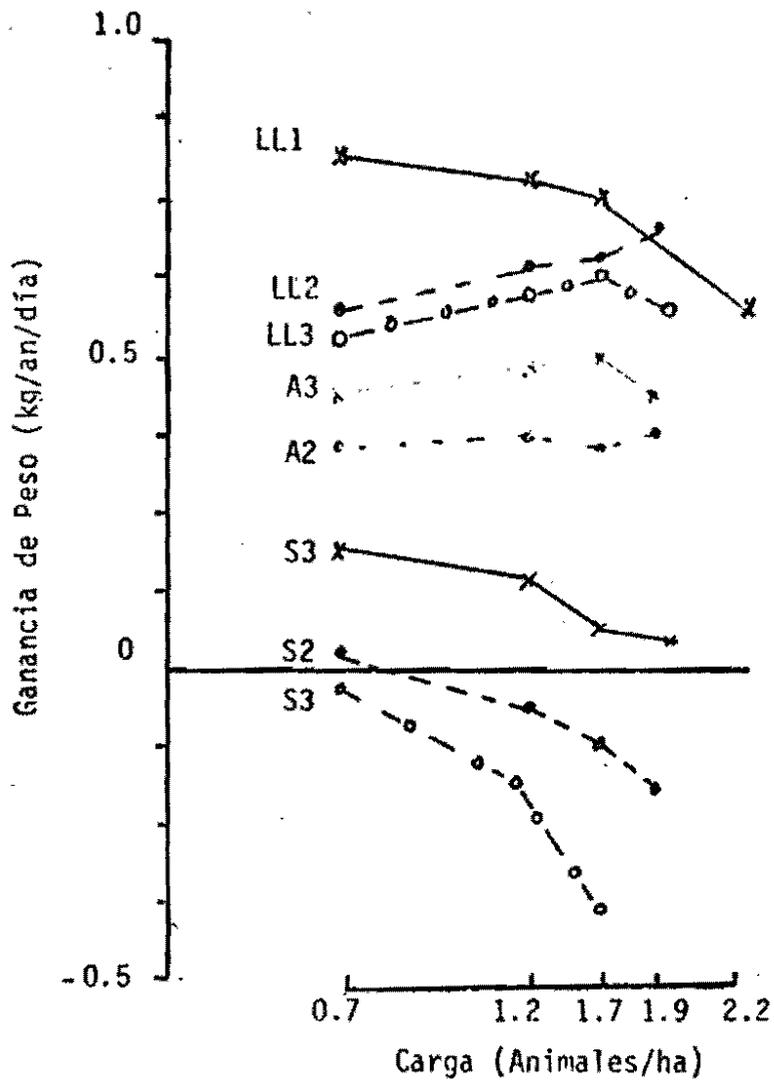


Figura 5. Relación entre la carga animal y cambios de peso por animal para 3 estaciones lluviosas (LL), 3 secas (S) y 2 períodos anuales (A) (Edey, et al. 1978)

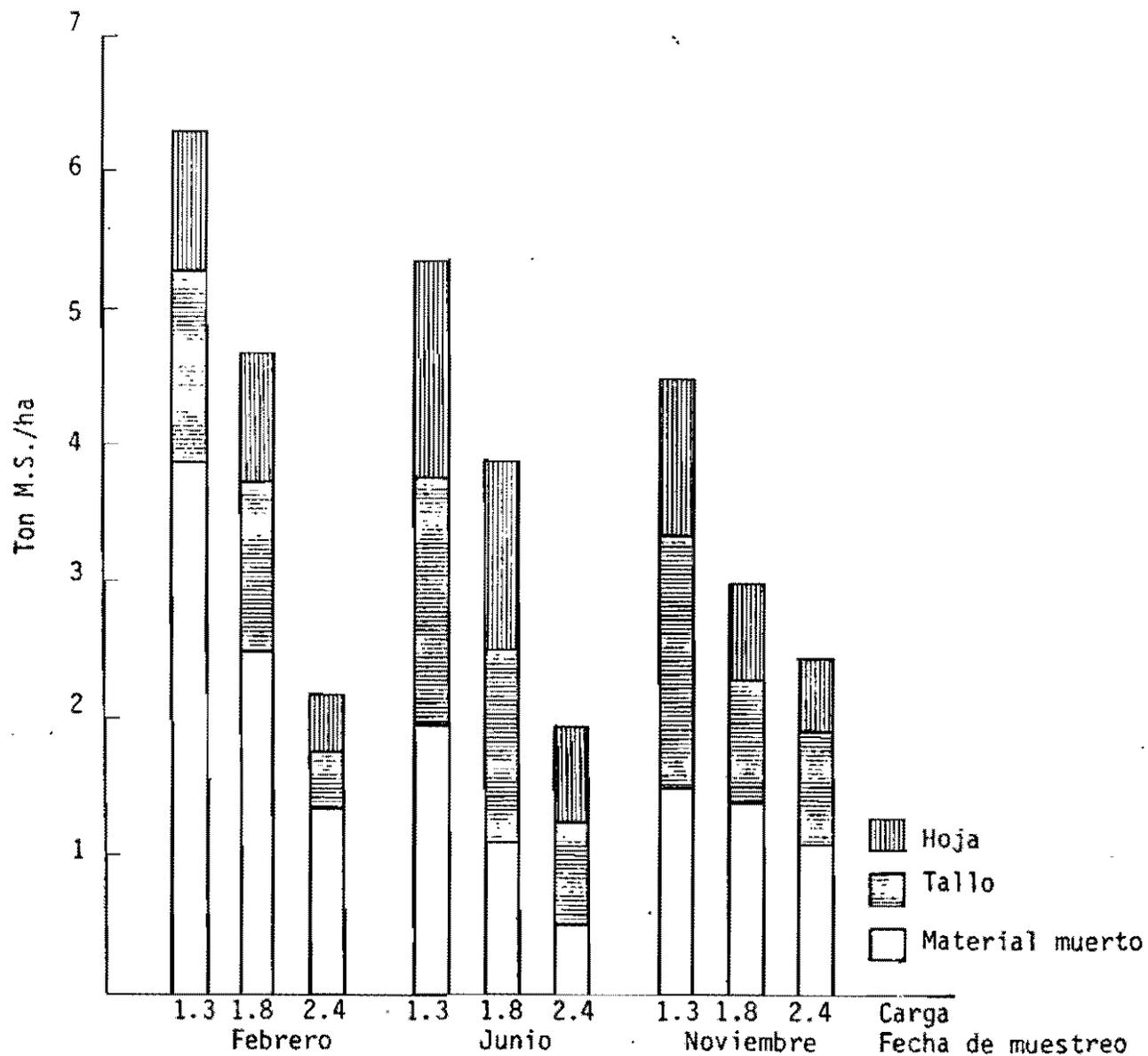


Figura 6. Disponibilidad de forraje y composición de partes de la planta de *Brachiaria decumbens* bajo pastoreo continuo con 3 cargas diferentes y fijas todo el año en Carimagua. Sexto año de pastoreo. ICA-CIAT, 1982.

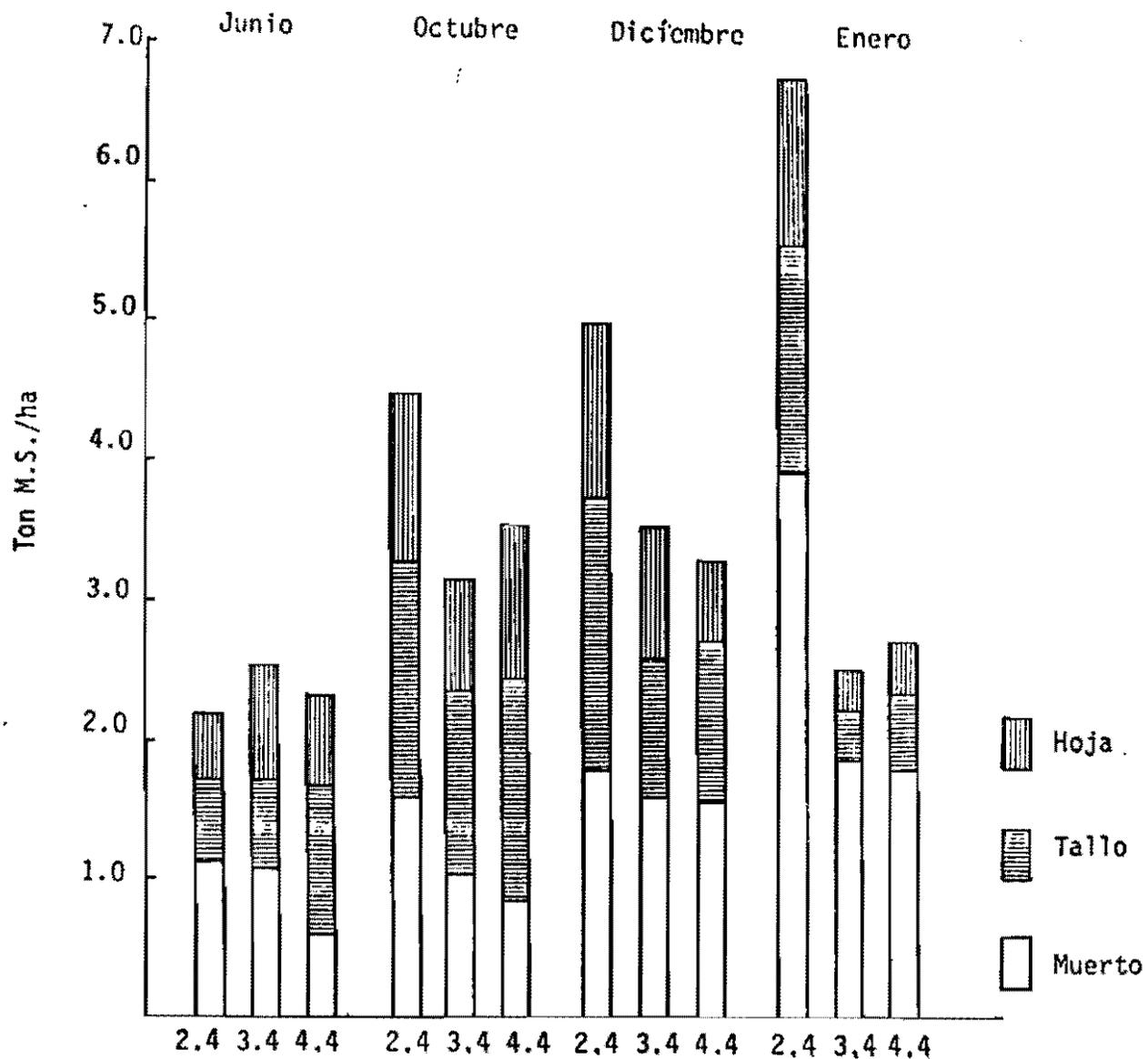


Figura 7. Disponibilidad de forraje y composición de partes de la planta de *Brachiaria humidicola* en pastoreo continuo con 3 cargas fijas en estaciones lluviosa y seca en Carimagua. Primer año de pastoreo, 1981. Tergas et al, 1982

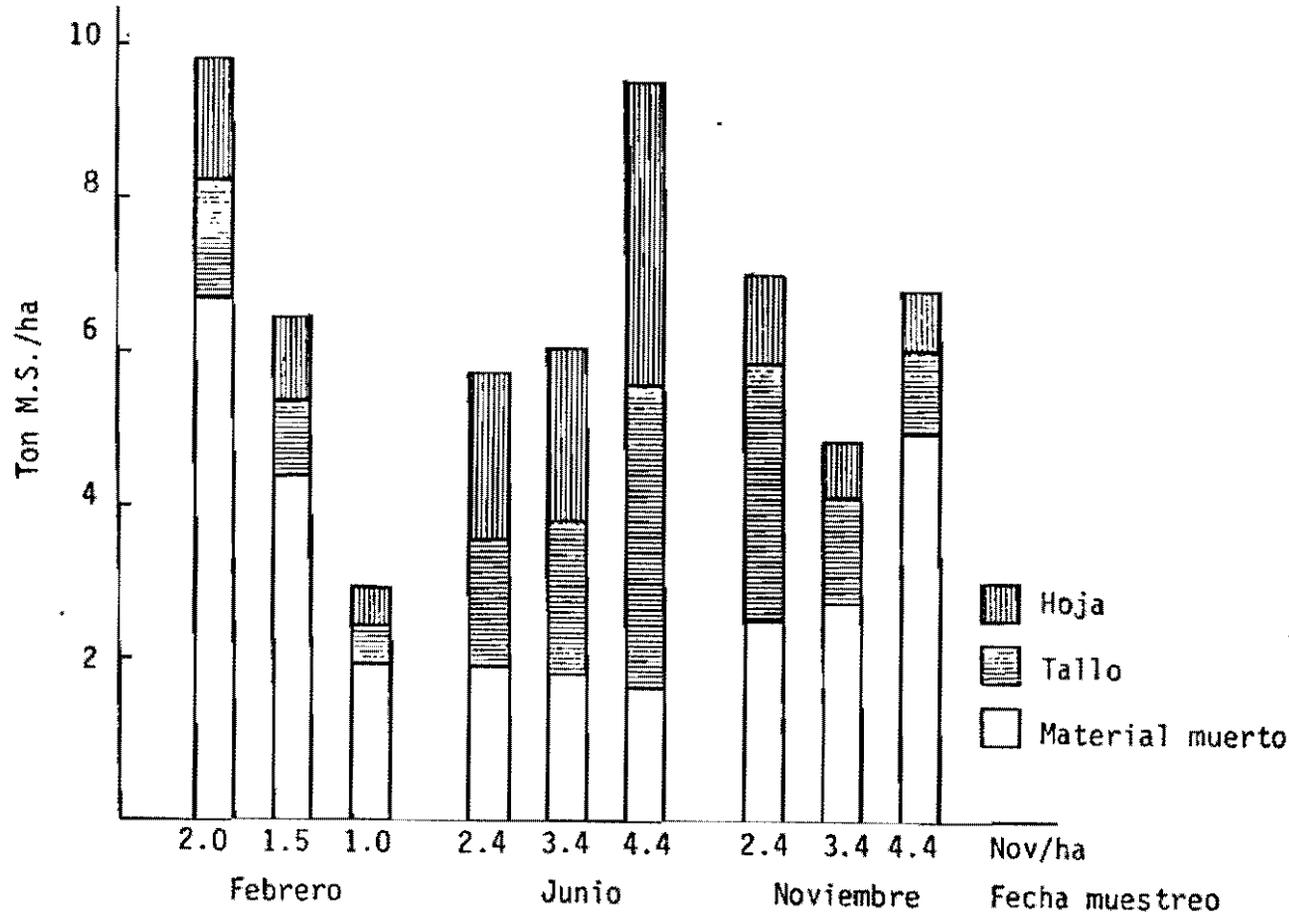


Figura 8 Disponibilidad de forraje y composición de partes de la planta de *Andropogon gayanus* bajo pastoreo continuo con 3 cargas diferentes en verano y en invierno en Carimagua, 1980. Tercer año de pastoreo. ICA-CIAT, 1982

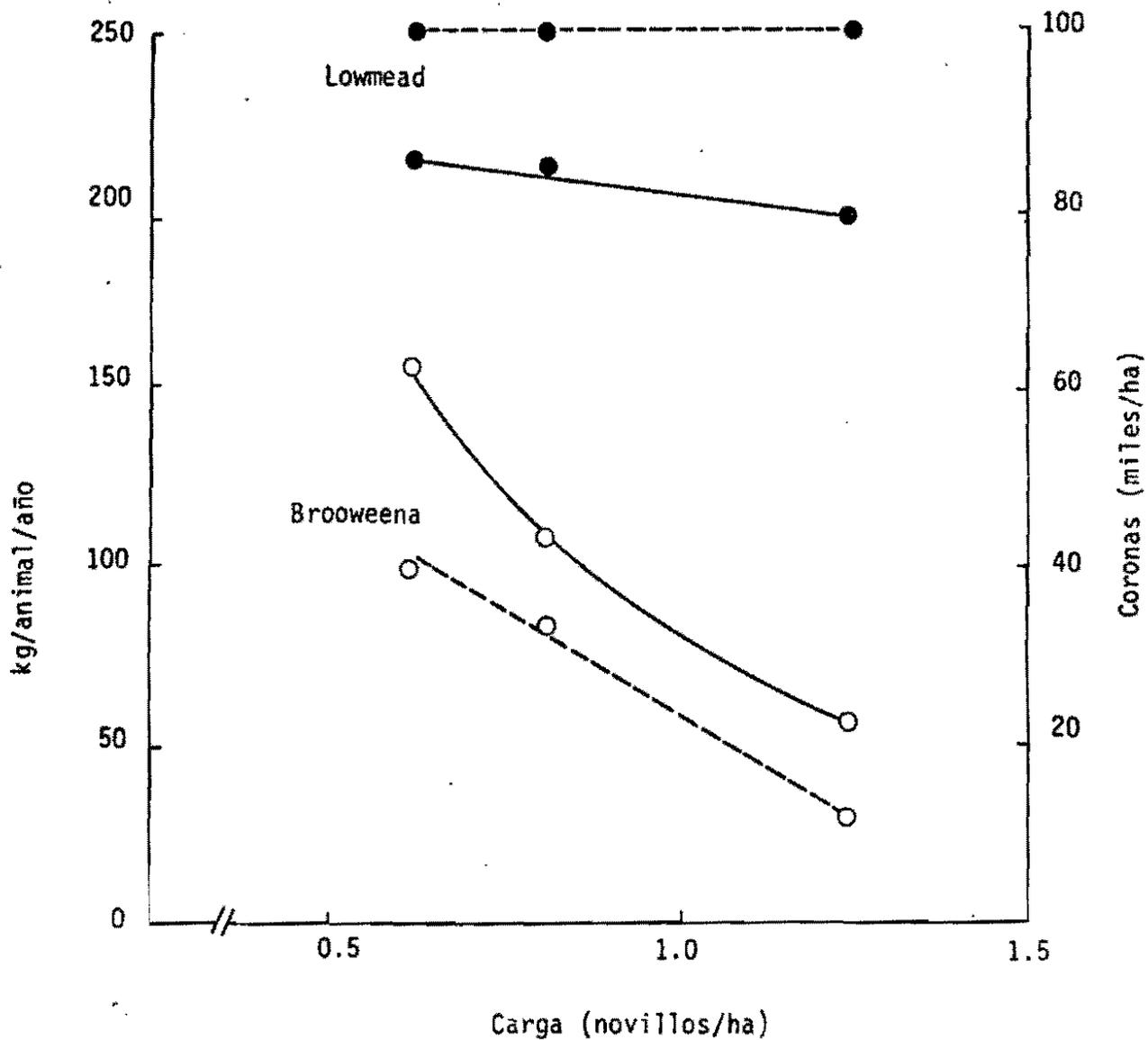


Figura 11. Relación entre la carga animal, ganancias de peso por animal (—) y número de coronas de Siratro (---) en dos localidades en Queensland, Australia, durante el quinto año de pastoreo, 1970. Adaptado de Bisset y Marlowe, 1974.

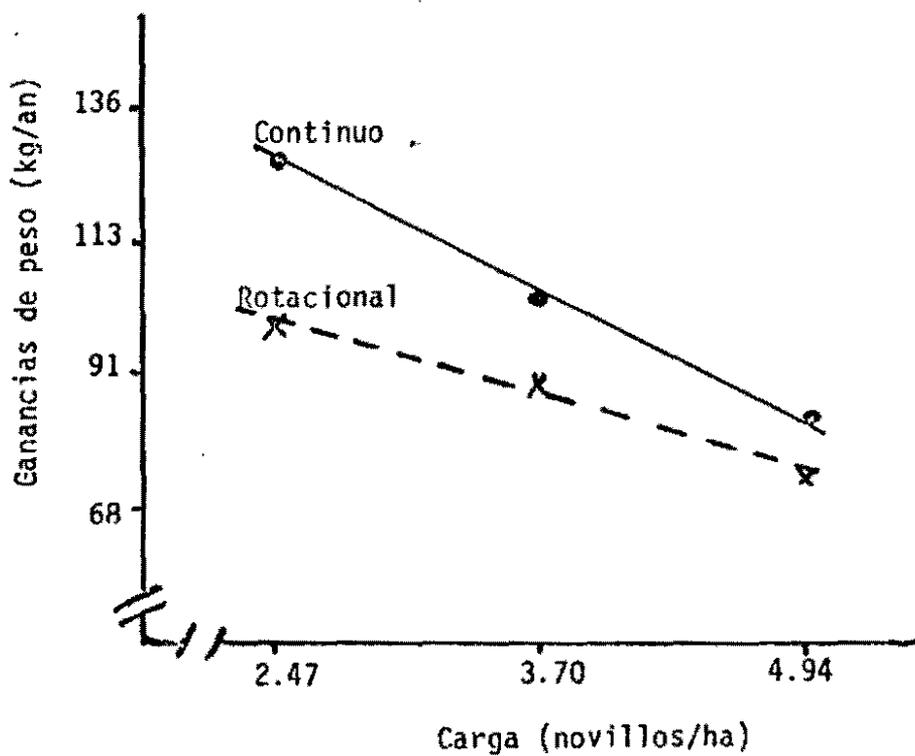


Figura 12. Efectos de la carga animal sobre la ganancia de peso anual por novillo en pasto Dallis-Trebol Blanco en pastoreo continuo y rotacional (5 y 25 días). (Riewe, 1976)

1 PRODUCTIVIDAD ANIMAL POTENCIAL Y MANEJO DE PRADERAS

2 EN UN ULTISOL DE COLOMBIA

3 L.E. Tergas, A. Ramírez, G.A.Urrea, S. Guzmán y C. Castilla

4 CIAT, Programa de Pastos Tropicales, A.Aéreo 67-13 Cali, Colombia

5 Un estudio realizado por la Corporación del Valle del Cau
6 ca (Revelo, 1971) indica que existen alrededor de 30.000 ha de
7 suelos ácidos hacia el sur del Departamento cuyo potencial a-
8 grícola es muy bajo debido a su baja fertilidad natural; estos
9 suelos fueron clasificados como Ultisoles (Paleumult ortóxico)
10 según reportan Sánchez e Isbell (1979). La región correspon-
11 diente a bosque seco tropical con una temperatura media supe-
12 rior a 24°C y una precipitación promedio anual entre 1000 y
13 2000 mm (Espinal, 1968), presenta dos estaciones lluviosas, u-
14 na de marzo-abril y mayo y otra en septiembre-octubre a diciem
15 bre, con períodos relativamente secos el resto del año.

16 Las praderas naturales compuestas de pasto bahía o grama,
17 *Paspalum notatum*, son de muy baja productividad animal sobre
18 todo durante las estaciones secas, alcanzando ganancias de pe-
19 so de apenas 180 g/an/día con una carga de 3.13 novillas/ha en
20 pastoreo continuo, lo cual aumentó a 330 g/an/día con pastoreo
21 rotacional debido a la presencia de leguminosas nativas del
22 género *Desmodium* (Escobar y colaboradores, 1971). En la misma
23 región pero en condiciones de suelos inundables en praderas
24 establecidas con pasto pará. *Brachiaria mutica*, la productivi-
25 dad animal de novillos cebú-cruzados alcanzó 497 g/an/día con
26 cargas de 2.9 an/ha con pastoreo continuo (Michielín y colabo-
27 radores, 1971) y 350 g/an/día con cargas de 3.55 an/ha en

1 pastoreo rotacional (Ramírez y colaboradores, 1971). La princi
2 pal limitación parece ser la falta de especies de pastos pro-
3 ductivas adaptadas a las condiciones de baja fertilidad de los
4 suelos y la baja calidad de las especies gramíneas durante las
5 estaciones secas.

6 El Programa de Pastos Tropicales del CIAT ha considerado
7 oportuno estudiar la adaptación de especies de gramíneas y le-
8 guminosas a suelos ácidos de baja fertilidad natural en esta
9 región para caracterizar germoplasma promisorio para suelos
10 similares, Oxisoles y Ultisoles, en otros ecosistemas en Améri-
11 ca Tropical. Diferentes trabajos realizados en el área señalan
12 la adaptación de diferentes especies de pastos (CIAT, 1979), la
13 productividad de materia seca de gramíneas y leguminosas adapta-
14 das (Urrea y Tergas, 1979) (Tergas y Urrea, 1980), el comporta-
15 miento de asociaciones de leguminosas con *Andropogon gayanus*
16 (Grof, 1981), y la compatibilidad y la persistencia de la aso-
17 ciación de *A. gayanus* con *Centrosema* sp. CIAT 438 en condicio-
18 nes de pastoreo intermitente (CIAT, 1981). Estos trabajos tam-
19 bién han contribuido a desarrollar metodologías de investiga-
20 ción en pastos tropicales apropiadas para regiones similares
21 en América Tropical y para el adiestramiento de personal técni-
22 co de numerosas instituciones del área.

23 Los objetivos de este trabajo, además de los propósitos
24 metodológicos y de adiestramiento, fueron determinar el poten-
25 cial de producción animal y el manejo apropiado de especies de
26 pastos tropicales adaptados a suelos ácidos de baja fertilidad
27 natural.

1 Materiales y Métodos

2 Este trabajo se realizó en la Estación Experimental CIAT-
3 Quilichao, latitud 30°06'N y longitud 76°31'W, y la Hacienda
4 El Limonar, 40 km al sur de Cali a una altitud de 990 m en un
5 suelo Ultisol (Palehumult ortóxico) pH 4.1-4.6 (agua), 3.7-4.0
6 me Al/100 g suelo, y 2-4 ppm P soluble (Bray II), Cuadro 1. El
7 promedio de lluvia anual es de 1.845 mm y comprende dos esta-
8 ciones lluviosas bien definidas de marzo a mayo y de septiem-
9 bre a diciembre, Cuadro 2.

10 La productividad animal de praderas de *Brachiaría*
11 *humidicola*, *Andropogon gayanus* en cultivo puro y asociado con
12 *Centrosema* sp. CIAT 438 y una mezcla de leguminosas dominadas
13 por Kudzú, *Pueraria phaseoloides*, incluyendo *Centrosema* sp.
14 CIAT 438 y varios ecotipos de *S. capitata* que fueron estableci-
15 das en 1978 y 1979 con una fertilización de 300 kg/ha de Escor-
16 rias Thomas (Calfos, 14% P₂O₅) en suelos bien drenados y de
17 *Hemarthria altissima* CIAT 663 establecida en forma similar en
18 un área inundable, fueron comparadas con praderas de Estrella,
19 *Cynodon nlemfuensis*, y de Braquiaria, *Brachiaría decumbens*,
20 establecidas en la Hacienda El Limonar el año anterior con i-
21 gual fertilización.

22 Se utilizaron novillos criollos-Cebú de 1-2 años con pe-
23 sos promedios de 150-200 kg en pastoreo continuo con ajustes
24 de carga estacional de época de lluvias y secas de acuerdo con
25 la cantidad de pasto ofrecido y el comportamiento de los ani-
26 males en pastoreo. Todos los animales recibieron suplementa-
27 ción de sales mineralizadas con fósforo, y fueron pesados en

1 ayunas a intervalos de 30-50 días. La cantidad de pasto ofre-
2 cido y la composición botánica de las praderas fueron determi-
3 nadas en forma estacional y se usaron para hacer los ajustes
4 de cargas correspondientes.

5 Resultados y Discusión

6 Las ganancias de peso vivo obtenidas durante el primer
7 año de evaluación se muestran en el Cuadro 3. En general, el
8 comportamiento de las gramíneas adaptadas *A.gyanus*, *B.*
9 *decumbens* y *B.humidicola* fue bastante similar en cuanto a ga-
10 nancias de peso por animal, y las diferencias entre ganancias
11 de peso diario estuvieron relacionadas más que todo a las car-
12 gas empleadas, lo cual tuvo, desde luego, un efecto marcado
13 en la productividad por área; en contraste, con *C.nlemfuensis*
14 la productividad por animal y por hectárea fue relativamente
15 baja, debido a que su carga óptima de 1.25 an/ha fue muy baja
16 comparada con las otras gramíneas. La productividad animal de
17 *H.altissima* fue excelente cuando se uso con cargas altas en
18 pastoreo continuo durante la estación lluviosa y parte de la
19 estación seca; sin embargo, el pastoreo debió suspenderse du-
20 rante la segunda estación seca, debido a que este pasto no se
21 adapta muy bien a condiciones de sequía y dejó de crecer re-
22 quiriendo un período de descanso para su recuperación.

23 Durante el segundo año las ganancias de peso en las gra-
24 míneas (Cuadro 4) fueron mayores que en el primero, debido a
25 que hubo una mejor distribución de las lluvias y no se presen-
26 tó una estación seca tan marcada como el año anterior, demos-
27 trando la importancia que tienen las lluvias en determinar la

1 productividad del animal en gramíneas aún en aquellas que se
2 adaptan a suelos ácidos de baja fertilidad natural. (Figura 1)

3 El efecto de las leguminosas en mejorar la productividad
4 animal también se muestra en los Cuadros 3 y 4 con cargas pro-
5 medio relativamente altas de alrededor de 3 an/ha las ganan-
6 cias de peso por animal fueron mayores que en el caso de las
7 gramíneas debido principalmente al efecto de las leguminosas
8 en mejorar la calidad del pasto durante la estación seca, tal
9 como se muestra en el Cuadro 5. Durante el segundo año con una
10 mejor distribución de lluvias los efectos no fueron tan marca-
11 dos como en el primero.

12 La carga animal fue el factor de manejo más importante en
13 determinar la productividad animal de las especies de pastos
14 estudiadas. En el caso de *A. gayanus* se encontró una relación
15 entre carga animal y productividad por animal y por hectárea
16 similar a la propuesta por Mott, 1960, y se determinó una carga
17 óptima de alrededor de 3.3 an/ha, Fig. 2. Sin embargo, el efecto
18 de las cargas estuvo relacionado con las características de las
19 especies en estudio; así en el caso de *B. humidicola* al aumentar
20 la carga inicialmente de 2.0 a 2.8 an/ha hubo un aumento en las
21 ganancias de peso por animal en contraste con *A. gayanus* (Fig. 3)
22 debido posiblemente a que al manejar este pasto con cargas ba-
23 jas, madura muy rápido y esto posiblemente afecta su consumo,
24 tal como se ha encontrado en Carimagua en los Llanos Orientales
25 de Colombia, (CIAT, 1980) con esta especie y con *Hyparrhenia*
26 *rupea* en Uganda (Stobbs, 1970).

27 El efecto de las cargas se explica mucho mejor cuando se

1 evalúa en términos de presión de pastoreo. En este trabajo se
2 encontró una relación entre la presión de pastoreo medida en
3 términos de kg de materia seca del pasto verde ofrecido por
4 kg de peso vivo en pastoreo según se muestra en la Fig. 4. En
5 las gramíneas solas las ganancias de peso por animal aumenta-
6 ron inicialmente a medida que se aumentó el pasto ofrecido con
7 una tendencia a disminuir cuando la cantidad de pasto ofreci-
8 do era excesiva en relación a la demanda por parte de los ani-
9 males debido principalmente a que este estado la calidad de la
10 gramínea sola podría disminuir por efectos de madurez. En cam-
11 bio en el caso de la asociación de *A. gayanus* con leguminosas
12 la relación fue casi lineal posiblemente por el efecto de la
13 leguminosa en mantener la calidad del forraje aún a altos
14 niveles de oferta de pasto. Otros investigadores han encontra-
15 do en el trópico relaciones similares con pastos mejorados
16 adaptados, Winter, Edye y Williams (1977, Marnette y Ebersohn,
17 (1980).

18 Conclusiones

19 Los resultados de ganancias de peso obtenidos en la re-
20 gión durante los dos años en que se realizaron estos trabajos
21 demuestran el potencial de producción animal de praderas com-
22 puestas por especies adaptadas a suelos Ultisoles y especial-
23 mente el efecto de las leguminosas forrajeras en mejorar la
24 calidad del pasto durante las estaciones secas. Estos resulta-
25 dos también indican que el factor de manejo más importante
que determina la productividad está relacionado con la carga
animal, la cual parece ser específica para cada especie; sin

1 embargo, los resultados no pueden ser muy concluyentes sobre
2 todo en cuanto a las asociaciones con leguminosas se refiere
3 ya que se ha encontrado que en algunos casos existen interac-
4 ciones entre las cargas y los sistemas de pastoreo empleados
5 que podrían afectar la persistencia de las especies deseables,
6 Blazer, John y Hammes (1974) y Riewe (1976). Así en el Limonar
7 en la asociación de *A.gayanus* con *Centrosema* sp. se ha obser-
8 vado una disminución en la composición botánica de la pradera
9 al segundo año que podría estar relacionada no solamente con
10 la carga animal sino también con el sistema de pastoreo con-
11 tinuo empleado.

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Cuadro 1. Resultados de análisis de suelos en un Ultisol en CIAT-Quilichao y El Limonar, 1979.-

Localización	pH	M.O %	Bray II ppm	Cationes Intercambiables				Sat. Al %
				Al	Ca	Mg	K	
CIAT-Quilichao	4.1	7.1	3.4	4.0	0.77	0.26	0.24	75
El Limonar	4.6	7.1	1.6	3.7	1.45	0.51	0.12	64

Cuadro 2. Características climatológicas de la Estación Experimental de CIAT - Quilichao: latitud 3°06':N; longitud 76°31':W; 990 m.s.n.m.

PARAMETRO	M E S E S												X Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Ppt.(mm)	113	156	161	187	188	95	61	73	145	234	219	159	1.791
T.media(°C)	24	24	24	24	24	24	23	24	24	24	28	29	24
R.S.(Lang.) x 100/día	158	156	169	175	138	130	144	156	144	141	134	151	149
H.relat.(%)	79	79	79	78	80	79	73	73	73	76	78	76	77
Hr.sol(N°)	205	165	161	171	155	147	195	167	159	164	165	192	171

Cuadro 3. Ganancias de peso vivo en especies de pastos mejorados adaptados a un Ultisol en CIAT-Quilichao y El Limonar, 1979-1980.

Localización y especies	Duración Días	Carga animal ¹ an/ha	Ganancia por animal		Producción Promedio kg/ha/día
			Diaria g/an/día	Total kg/an	
CIAT-Quilichao					
<i>A. gayanus</i> 621	308	4.0/3.0	450	139	1.85
<i>H. altissima</i>	306	6.0/0.0	414	126	2.42
El Limonar					
<i>C. nlemguensis</i>	212	1.25	557	118	0.69
<i>B. decumbens</i>	212	2.40	595	126	1.42
<i>B. humidicola</i>	417	2.0/2.8	516	215	1.44
<i>A. gayanus</i> + Kudzu Centro	417	2.5/3.25	652	272	2.12

¹ Variables de invierno/verano y fijas en pasto continuo

Cuadro 4. Ganancias de peso vivo en especies de pastos mejorados adaptados a un Ultisol en CIAT-Quilichao y El Limonar, 1980-1981

Localización y especies	Duración Días	Carga animal ¹ an/ha	Ganancia por animal		Producción Promedio kg/ha/día
			Diaria g/an/día	Total kg/an	
CIAT-Quilichao					
<i>A. gayanus</i> 621	148	4.0/3.0	674	97	2.39
<i>A. gayanus</i> + Mezcla leguminosa	148	4.0	775	115	3.10
<i>H. altissima</i>	148	6.0	731	104	4.23
El Limonar					
<i>A. gayanus</i> + Kudzu ²	245	3.3	596	146	1.97
<i>A. gayanus</i> + Centro	245	3.3	629	153	2.07

¹ Variables de invierno/verano y fijas en pastoreo continuo

² Pradera quemada accidentalmente

Cuadro 5. Características del pasto ofrecido con diferentes praderas en un Ultisol, El Limonar, 1980-1981.-

Tratamiento	Epoca ¹	Pasto Ofrecido						
		Materia Seca	Comp. Botánica			Comp. Química		
		kg/ha	%G.	%L.	%M.	%P.c	%P.	%Ca
<i>A. gayanus</i>	Mayo/80	1571	68	-	32	-	-	-
	Junio/81	2780	65	-	35	4.9	0.07	0.45
<i>A. gayanus</i> + Centro	Mayo/80	1340	60	30	10	-	-	-
	Junio/81	3278	50	20	30	6.6	0.11	0.39

¹ Seca y lluviosa, respectivamente

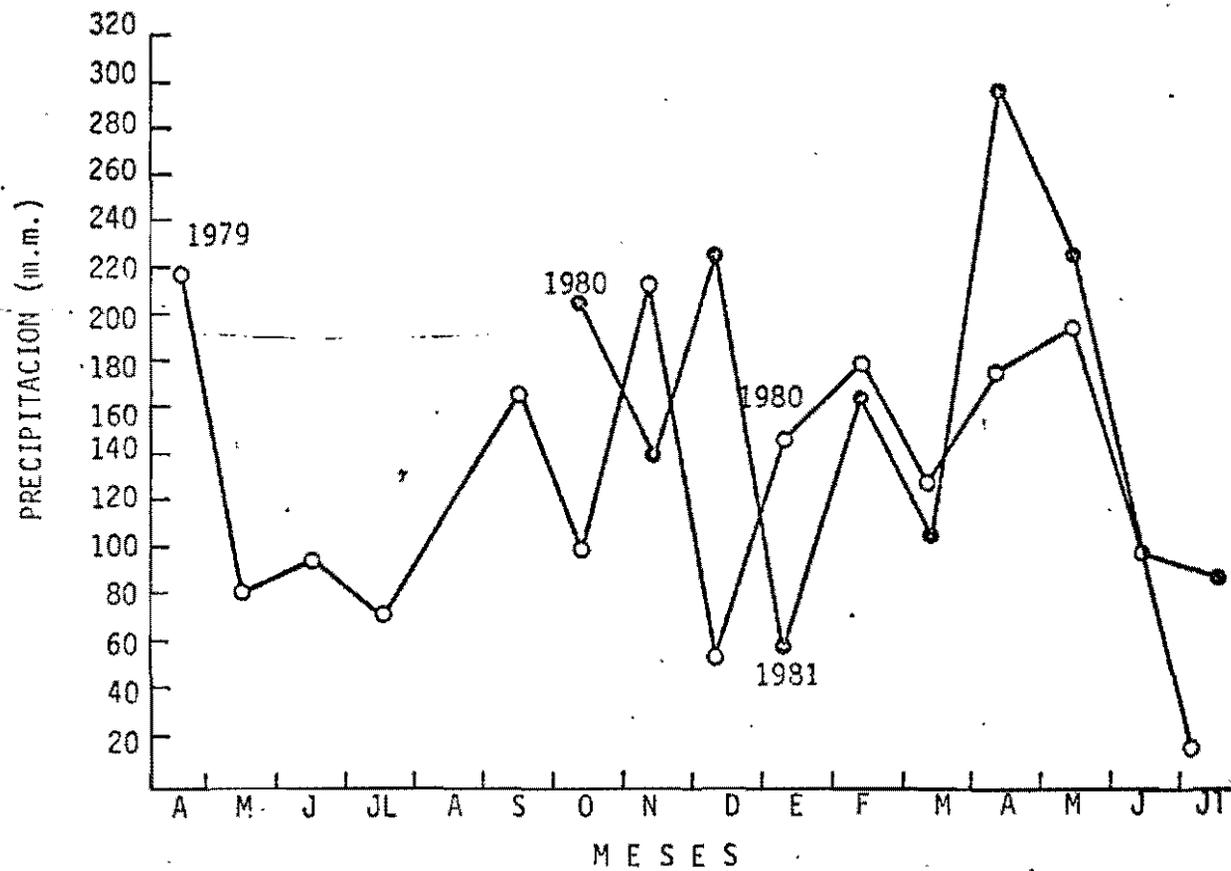


Figura 1. Precipitación mensual durante el periodo experimental-Hacienda El Limonar.

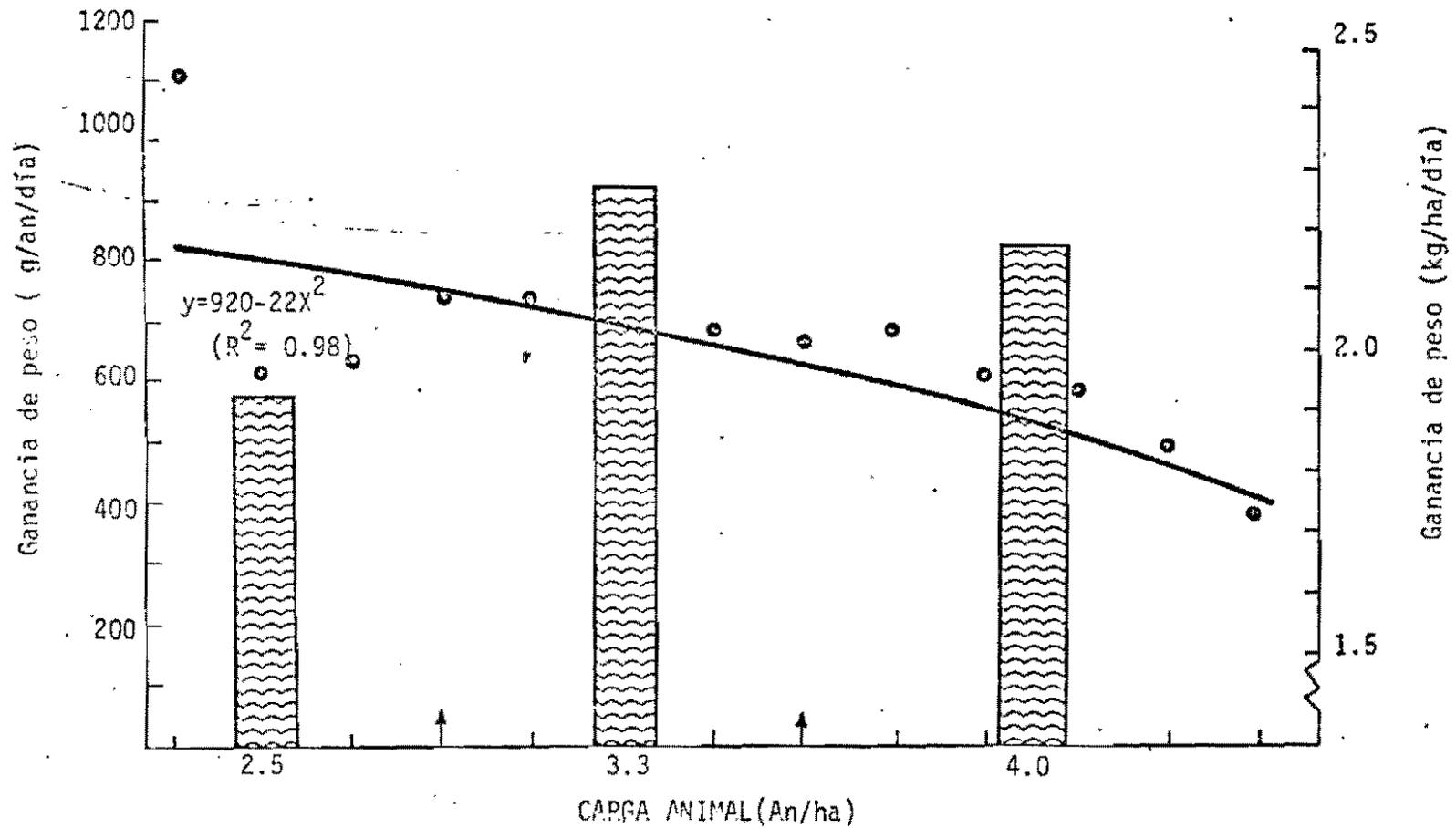


Figura 2. Relación entre carga animal y ganancia de peso diario por animal y por hectárea de *A. gayanus*. CIAT-Quilichao 1979-1981.

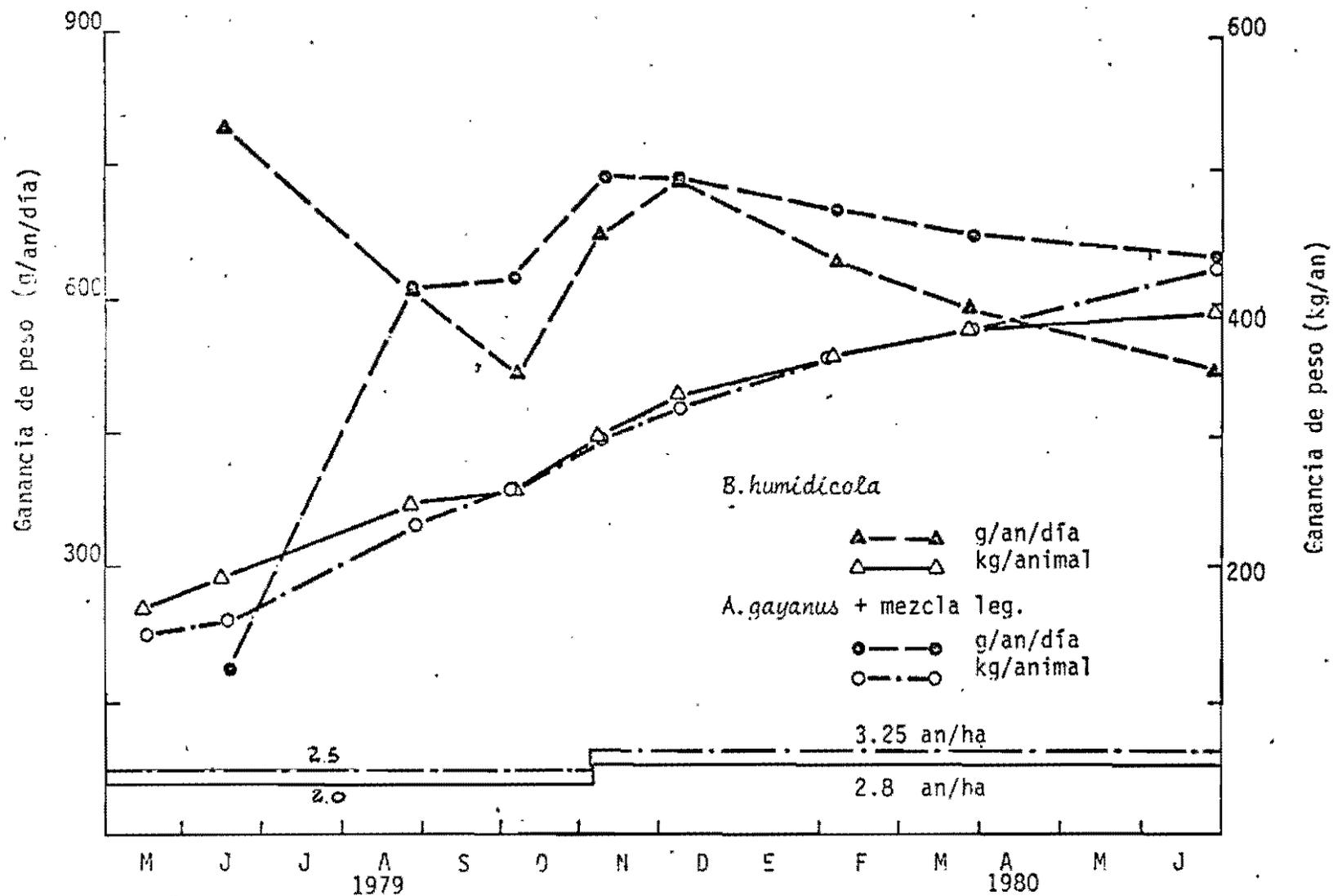


Figura 3. Efectos de la carga animal en las ganancias de peso diario y por animal en *B. humidicola* y *A. gayanus* en Hacienda El Limonar, Santander de Quilichao, 1979-1980.

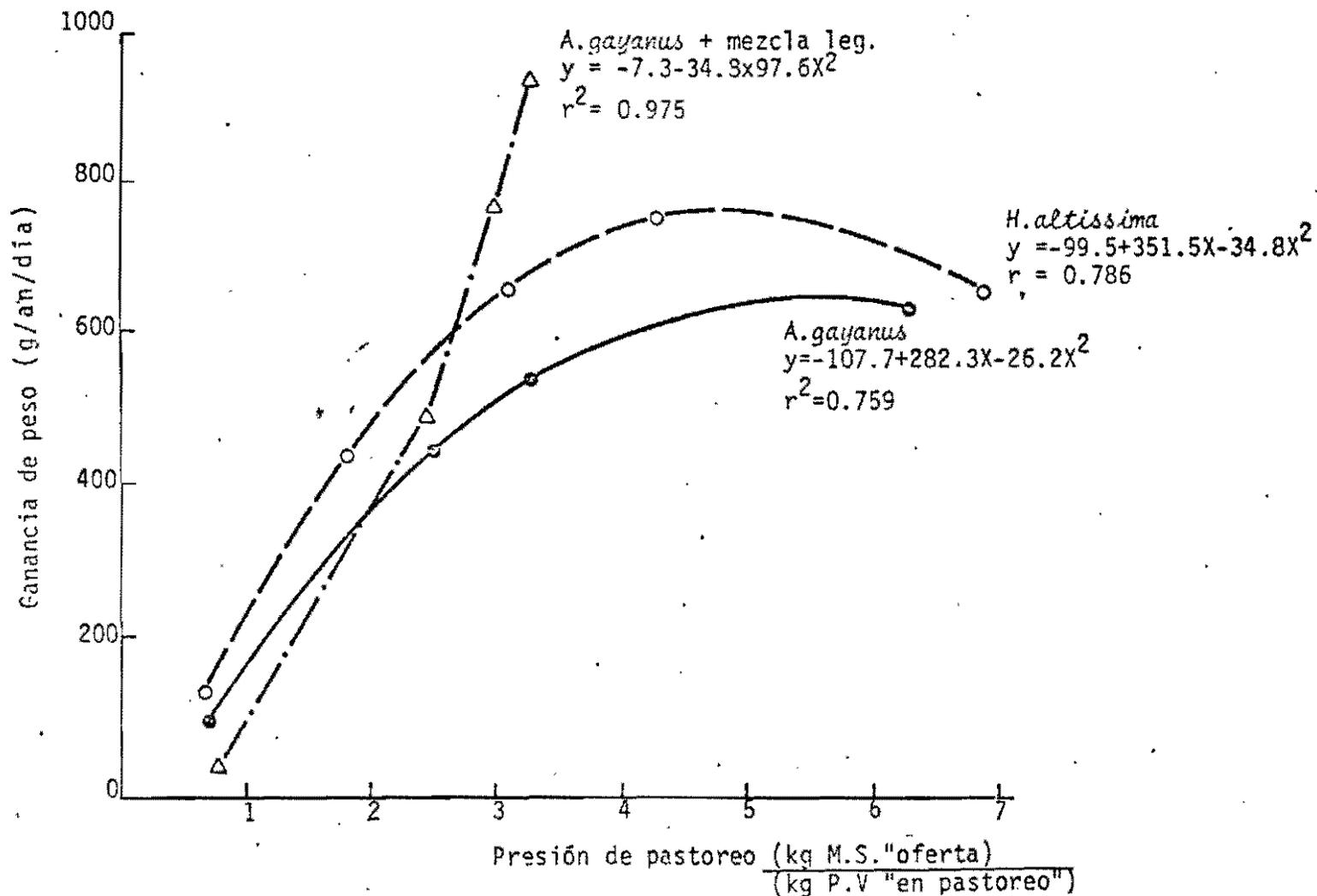


Figura 4. Relación entre la presión de pastoreo y las ganancias de peso diario en pastos mejorados, CIAT-Quilichao, 1980.

REFERENCIAS

- Blazer, R.E., E. Jahn, and R.C. Hammes, Jr. 1974. Evaluation of forage and animal research. In R.W. Vankeuren et al (eds) Systems analysis in forage crops production and utilization. Crop Sci. Soc. of Ame. pp. 1-26.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1979. Programa de Ganado de Carne. Informe Anual 1978. 188 p.
- _____ 1980. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1979. 186 p.
- _____ 1981. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1980. En prensa.
- Escobar, G., A. Ramírez, A. Michielín de Pieri, y J. Gómez. 1971. Comportamiento de novillas Cebú en pastoreo continuo y rotacional en pasto trenza. En (J.E. Quiroz y A. Ramírez, eds.) Producción de carne con forrajes en el Valle del Cauca. Instituto Colombiano Agropecuario, Programas Nacionales de Ganado de Carne y Pastos y Forrajes, CNIA, Palmira, Boletín Técnico No.15. p. 76-81.
- Espinal, L.S. 1968. Visión Ecológica del Departamento del Valle del Cauca. Universidad del Valle, Departamento de Biología.
- Grof, B. 1981. The performance of *Andropogon gayanus* - legume associations in Colombia. J. Agric. Sci. Camb., 96:233-237.
- Mannetje, L.'t and J.P. Ebersohn, 1980. Relations between sward characteristics and animal production. Tropical Grasslands, 14:273-279.
- Michielín de Pieri, A.; A. Ramírez, G. Escobar, y J. Gómez. 1971. Ceba de novillos "Cebú-cruzados" en pasto pará bajo condiciones de pastoreo continuo. En (J.E. Quiroz y A. Ramírez, eds.) Producción de carne con forrajes en el Valle del Cauca. Instituto Colombiano Agropecuario, Programas Nacionales de Ganado de Carne y Pastos y Forrajes, CNIA, Palmira, Boletín Técnico No.15. p. 60-67.

- 1 Mott, G.O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture pro-
2 duction. Proceedings VIII International Grassland Congress, Reading,
3 England. p. 606-611.
- 4 Ramírez, A., G. Escobar, A. Michielín de Pieri y J. Gómez. 1971. Ceba de
5 novillos "cebú cruzados" en potreros de pasto pará. En (J.E. Quiroz
6 y A. Ramírez, eds) Producción de carne con forrajes en el Valle del
7 Cauca. Instituto Colombiano Agropecuario, Programas Nacionales de
8 Ganado de Carne y Pastos y Forrajes, CNIA, Palmira, Boletín Técnico
9 No. 15. p. 52-59.
- 10 Revelo, C.F. 1971. Estudio de fertilidad y acidez en los suelos del sector
11 Cali-Jamundí. Corporación Autónoma Regional del Cauca. Informe CVC
12 71-22. 106 p.
- 13 Riewe, M.E. 1976. Principles of grazing management. In (E.C. Holt et al
14 (eds). Grasses and legumes in Texas- Development production and
15 utilization. Research Monograph 6, Texas Agric. Exp. Sta. p. 170-206.
- 16 Stobbs, T.H. 1970. The use of liveweight-gain trials for pasture evalu-
17 ation in the tropics. 6 A fixed stocking rate design. J. Br. Grassl
18 Soc. 25:73-77.
- 19 Tergas, L.E. y G. Urrea. 1980. Efecto de tres niveles de fertilidad sobre
20 la producción de pastos tropicales en un Ultisol de Colombia. VII
21 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Heredia, Costa Ri-
22 ca. En Prensa.
- 23 Urrea, G.A. y L.E. Tergas. 1979. Resúmenes de resultados de primeros ensa-
24 yos regionales de pastos tropicales. Cali, Colombia, Reunión de Tra-
25 bajo Red de Ensayos Regionales de Adaptación de Especies Forrajeras
26 Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 90 p.
- 27

1 Winter, W.H., L.A. Edye and W.T. Williams. 1977. Effects of fertilizer and
2 stocking rate on pasture and beef production from sown pastures in
3 Northern Cape York Penninsula. 2. Beef production and its relation to
4 blood, fecal and pasture measurements. Aust. J. Exp, Agric. Anim.
5 Husb. 17:187-196.

6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

PRODUCTIVIDAD ANIMAL Y MANEJO DE *Brachiaria humidicola*
(RENDE) SCHWEICKT EN LA ALTILLANURA PLANA DE LOS LLANOS
ORIENTALES DE COLOMBIA

Luis E. Tergas
Osvaldo Paladines
Ingo Kleinheisterkamp

1 Contribución del Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Apartado Aéreo
67-13, Cali, Colombia

INTRODUCCION

Las evaluaciones agronómicas son importantes para seleccionar el germoplasma de plantas forrajeras que se adapten a las condiciones ecológicas del área donde son introducidas, así como para caracterizar la producción de materia seca en condiciones de defoliaciones frecuentes. Al mismo tiempo, las evaluaciones de calidad del forraje pueden ser muy útiles para identificar materiales con limitaciones de valor nutritivo, o para seleccionar aquellos que sobresalgan de acuerdo con este tipo de caracterización. Sin embargo, la evaluación final de germoplasma debería ser a través de pruebas de ganancias de peso para medir la utilización del pasto por el animal y para determinar el manejo apropiado para lograr su persistencia en condiciones de pastoreo que resulten en praderas productivas y estables.

A pesar de que *Brachiaria humidicola* es una especie de gramínea promissoria que ha entusiasmado a muchos investigadores y productores sobre todo en las regiones de suelos ácidos e infértiles, tanto en las sabanas como en regiones de bosque, existe muy poca información acerca de su productividad animal. El objetivo de este trabajo es mostrar las limitaciones de *B. humidicola* en cultivo puro en cuanto a ganancias de peso animal en condiciones de sabanas bien drenadas en la altillanura de los Llanos Orientales de Colombia (Salinas y Gualdron, 1982).

EVALUACIONES DE GANANCIAS DE PESO

En un experimento que se estableció en Carimagua, Llanos Orientales de Colombia en 1978 con *Panicum maximum*, *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens*, y *Brachiaria humidicola* con una fertilización similar de 50 kg P_2O_5 , 50 kg K_2O , 18 kg MgO y 22 kg S, por hectárea, respectivamente, excepto en *P. maximum* en el cual se aplicaron 100 kg P_2O_5 , se evaluó durante 2 años el comportamiento de novillos mestizos criollo-Cebú de un peso

1 promedio de 150 kg en pastoreo continuo con cargas variables de 1 y 2 no-
2 villos por hectárea para las estaciones seca y lluviosa, respectivamente.
3 Los promedios de ganancias de peso diario (Cuadro 1) muestran que el com-
4 portamiento animal en *B. humidicola* fue inferior al de las demás graminéas,
5 sobre todo durante la estación lluviosa. La cantidad de materia seca de
6 hoja y tallo disponible en *B. humidicola* durante la estación lluviosa de
7 1979 (Cuadro 2) fue más alto que el de las otras graminéas, lo cual no
8 explica el comportamiento tan pobre de los novillos en pastoreo durante la
9 mejor época de crecimiento del pasto; así mismo, la baja producción animal
10 en esta graminéa es inconsistente con los valores de digestibilidad encon-
11 trados en comparación con las otras especies. En vista de que en praderas
12 recién formadas en Carimagua no se anticipa una deficiencia de proteína
13 cruda que pudiera limitar el consumo de materia seca durante la estación
14 lluviosa se consideró que el hecho de que *B. humidicola* cuando se pastorea
15 con cargas bajas tiende a madurar muy rápidamente afectando posiblemente
16 el consumo, pudiera explicar los resultados presentados en el Cuadro 1. En
17 la región de Mata al norte de Pernambuco, Brasil¹ se obtuvieron resultados
18 similares durante tres años y las ganancias de peso diario en *B. humidicola*
19 fueron de apenas 266 g/an/día comparado con 332, 377 y 341 g/an/día para
20 *P. maximum*, *P. purpureum* y *B. decumbens*, respectivamente.

21 En otro experimento que se estableció en Carimagua en 1978 con *B.*
22 *humidicola* con una fertilización de 50 kg de P_2O_5 , 22 kg de K_2O , 18 kg
23 MgO y 22 kg de S, por hectárea, respectivamente, se evaluó durante dos
24 años el efecto de tres cargas variables durante las estaciones seca y llu-
25 viosa, sobre la productividad animal de novillos mestizos criollo-Cebú de

26 1

27 Comunicación personal, FERNANDEZ, A.P.M. et al 1982. IPA, Pernambuco.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

Cuadro 1. Ganancias promedios de peso diario de novillos en pastoreo continuo en diferentes gramíneas en Carimagua. Promedio de 2 años (1979-1980)

Gramínea	Carga ¹ an/ha	Estación seca	Estación lluviosa	Total Anual
		108 días	259 días	367 días
		-----g/an/día-----		
<i>P. maximum</i>	1.0/2.0	-168b ²	435ab	261b
<i>A. gayanus</i>	1.0/2.0	66a	509a	359a
<i>B. decumbens</i>	1.0/2.0	48a	543a	394a
<i>B. humidicola</i>	1.0/2.0	-156b	251c	130c
Promedio	1.0/2.0	-52	434	286

1 Estación seca/lluviosa, respectivamente

2 Los promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 0.05.

Cuadro 2. Promedio de materia seca y digestibilidad *in vitro* de pasto ofrecido de diferentes gramíneas en pastoreo continuo durante la estación lluviosa en Carimagua, 1979.

Gramínea	Hoja Verde		Tallo	
	Materia seca kg/ha	Digestibilidad %	Materia seca kg/ha	Digestibilidad %
<i>P. maximum</i>	370	48.3 ± 1.3	333	38.7 ± 1.3
<i>A. gayanus</i>	558	48.9 ± 2.3	1.763	49.4 ± 0.8
<i>B. decumbens</i>	522	74.5 ± 1.0	736	58.4 ± 2.0
<i>B. humidicola</i>	1.094	61.3 ± 0.8	2.169	44.9 ± 0.0
Promedio	636	58.2	1.250	47.9

1 un peso promedio de 160 kg en pastoreo continuo. Los resultados en el
2 Cuadro 3 indican que la productividad promedio por animal fue muy baja
3 en todas las cargas comparada con resultados obtenidos con otras gramí-
4 neas adaptadas como *B. decumbens* y *A. gayanus*, e incluso fue inferior a la
5 productividad de las sabanas quemadas con cargas bajas (PALADINES y LEAL,
6 1982; TERGAS *et al* 1982a). Los efectos de cargas observados en términos
7 de productividad animal (Cuadro 4) se podrían explicar en base a la dis-
8 ponibilidad de forraje y composición de partes de la planta durante las
9 estaciones seca y lluviosa (Figura 1). Se observa que la cantidad de fo-
10 rraje verde formado por hojas y tallos fue siempre mayor en la carga ba-
11 ja donde se obtuvieron mayores ganancias de peso. También es importante
12 resaltar que una mayor proporción de forraje verde (hojas y tallos) con
13 relación a material muerto en las cargas baja y alta podrían explicar las
14 mayores ganancias de peso diario en estos tratamientos durante la estación
15 seca en comparación con la carga media. Igualmente en la estación lluvio-
16 sa la mayor proporción de forraje verde en relación a material muerto se
17 presenta en la carga baja, seguido por la media y finalmente la alta, lo
18 cual es consistente con las ganancias de peso observadas. De todas mane-
19 ras, aún no se explican las ganancias de peso tan pobres si tomamos en
20 consideración las cantidades de pasto ofrecido.

21 En vista de que los resultados hasta 1980 eran por alguna razón un
22 poco contradictorios y que aparentemente existía un efecto del estado de
23 las praderas con relación a la presencia de material muerto, se decidió
24 dejar descansar las praderas durante la estación seca de 1981, cortar todo
25 el material acumulado con una segadora a 10 cms de altura y establecer de
26 nuevo cargas de 2.4, 3.4 y 4.4 novillos por hectárea, respectivamente, en
27 pastoreo continuo en forma escalonada cada 15 días comenzando con la

Cuadro 3. Ganancias de peso de novillos pastoreando *E. humidicola* con cargas variables durante las estaciones seca y lluviosa en Carimagua. Promedio ponderado dos años. (CIAT, 1980).

Carga ¹ an/ha	Estación seca	Estación lluviosa	Total Anual	
	108 días g/an/día	258 días g/an/día	366 días kg/an	kg/ha
1.6/2.1	53	281	90	147
2.2/3.0	- 83	218	62	156
2.9/3.9	104	180	65	198
Promedio	25	226	72	167

1

Estación seca/lluviosa, respectivamente

1 un peso promedio de 160 kg en pastoreo continuo. Los resultados en el
2 Cuadro 3 indican que la productividad promedio por animal fue muy baja
3 en todas las cargas comparada con resultados obtenidos con otras gramí-
4 neas adaptadas como *B. decumbens* y *A. gayanus*, e incluso fue inferior a la
5 productividad de las sabanas quemadas con cargas bajas (PALADINES y LEAL,
6 1982; TERGAS *et al* 1982a). Los efectos de cargas observados en términos
7 de productividad animal (Cuadro 4) se podrían explicar en base a la dis-
8 ponibilidad de forraje y composición de partes de la planta durante las
9 estaciones seca y lluviosa (Figura 1). Se observa que la cantidad de fo-
10 rraje verde formado por hojas y tallos fue siempre mayor en la carga ba-
11 ja donde se obtuvieron mayores ganancias de peso. También es importante
12 resaltar que una mayor proporción de forraje verde (hojas y tallos) con
13 relación a material muerto en las cargas baja y alta podrían explicar las
14 mayores ganancias de peso diario en estos tratamientos durante la estación
15 seca en comparación con la carga media. Igualmente en la estación lluvio-
16 sa la mayor proporción de forraje verde en relación a material muerto se
17 presenta en la carga baja, seguido por la media y finalmente la alta, lo
18 cual es consistente con las ganancias de peso observadas. De todas mane-
19 ras, aún no se explican las ganancias de peso tan pobres si tomamos en
20 consideración las cantidades de pasto ofrecido.

21 En vista de que los resultados hasta 1980 eran por alguna razón un
22 poco contradictorios y que aparentemente existía un efecto del estado de
23 las praderas con relación a la presencia de material muerto, se decidió
24 dejar descansar las praderas durante la estación seca de 1981, cortar todo
25 el material acumulado con una segadora a 10 cms de altura y establecer de
26 nuevo cargas de 2.4, 3.4 y 4.4 novillos por hectárea, respectivamente, en
27 pastoreo continuo en forma escalonada cada 15 días comenzando con la

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

Cuadro 3. Ganancias de peso de novillos pastoreando *E. humidicola* con cargas variables durante las estaciones seca y lluviosa en Carimagua. Promedio ponderado dos años. (CIAT, 1980).

Carga ¹ an/ha	Estación seca	Estación lluviosa	Total Anual	
	108 días g/an/día	258 días g/an/día	366 días kg/an	kg/ha
1.6/2.1	53	281	90	147
2.2/3.0	- 83	218	62	156
2.9/3.9	104	180	65	198
Promedio	25	226	72	167

1

Estación seca/lluviosa, respectivamente

Cuadro 4. Ganancias de peso vivo de novillos en *B. humidicola* en pastoreo continuo con fertilización de mantenimiento¹ en la estación lluviosa con diferentes cargas en Carimagua. (1981-1992)

Carga animal an/ha	Estación lluviosa ² 202 días		Estación seca 117 días		Total Anual 319 días	
	g/an/día	kg/an	g/an/día	kg/an	kg/an	kg/ha
2.4	194	39	-16	-2	37	89
3.4	215	43	-62	-7	36	122
4.4	138	28	-60	-7	21	92
Promedio	182	36	-46	-5	31	101

¹ 22 kg de K₂O, 18 kg de MgO y 22 kg de S, por ha, respectivamente.

² Después de segar y descansar por 15 días.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

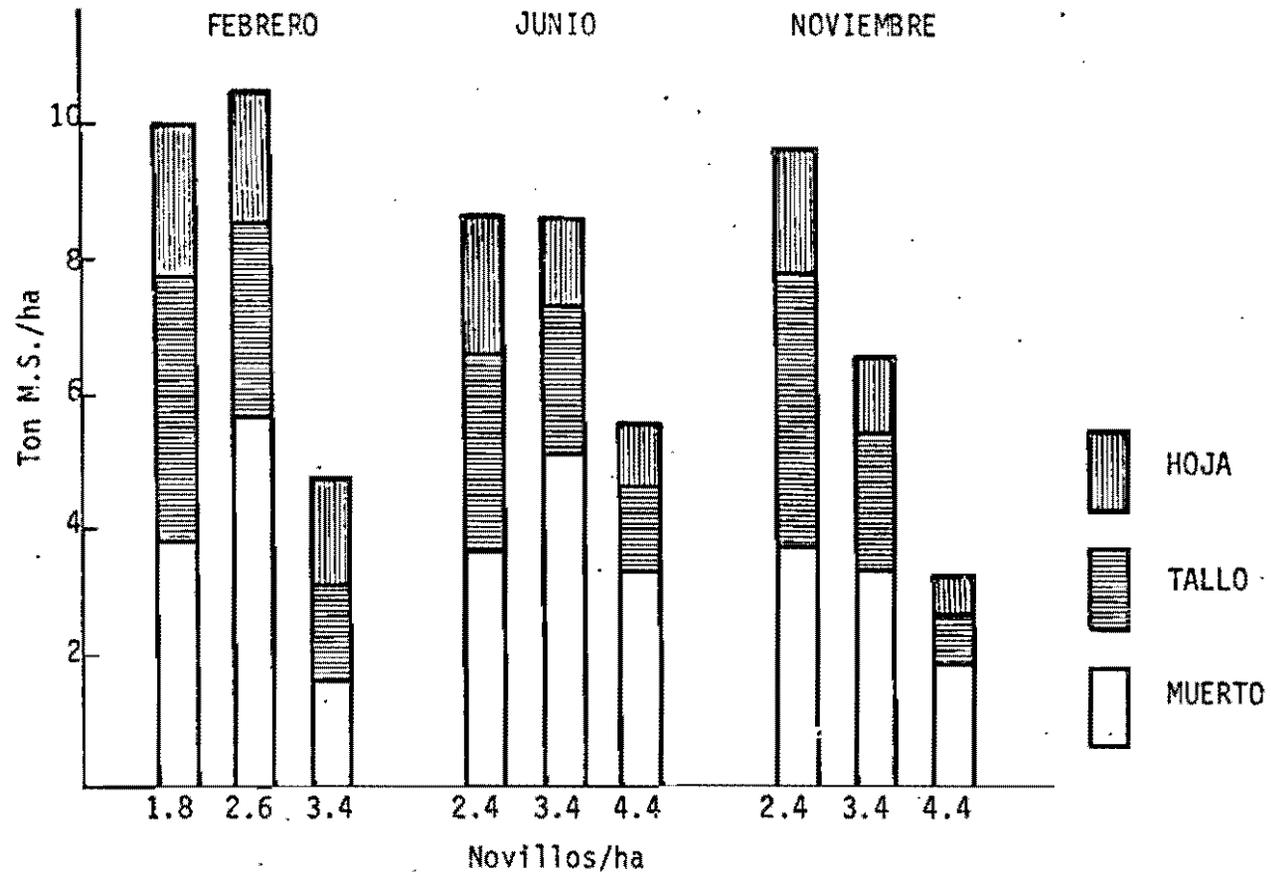


Figura 1. Disponibilidad de forraje y composición de partes de la planta de *Brachiaria humidicola* en pastoreo continuo con 3 cargas variables en estaciones seca y lluviosa en Carimagua. Segundo año de pastoreo, 1980.

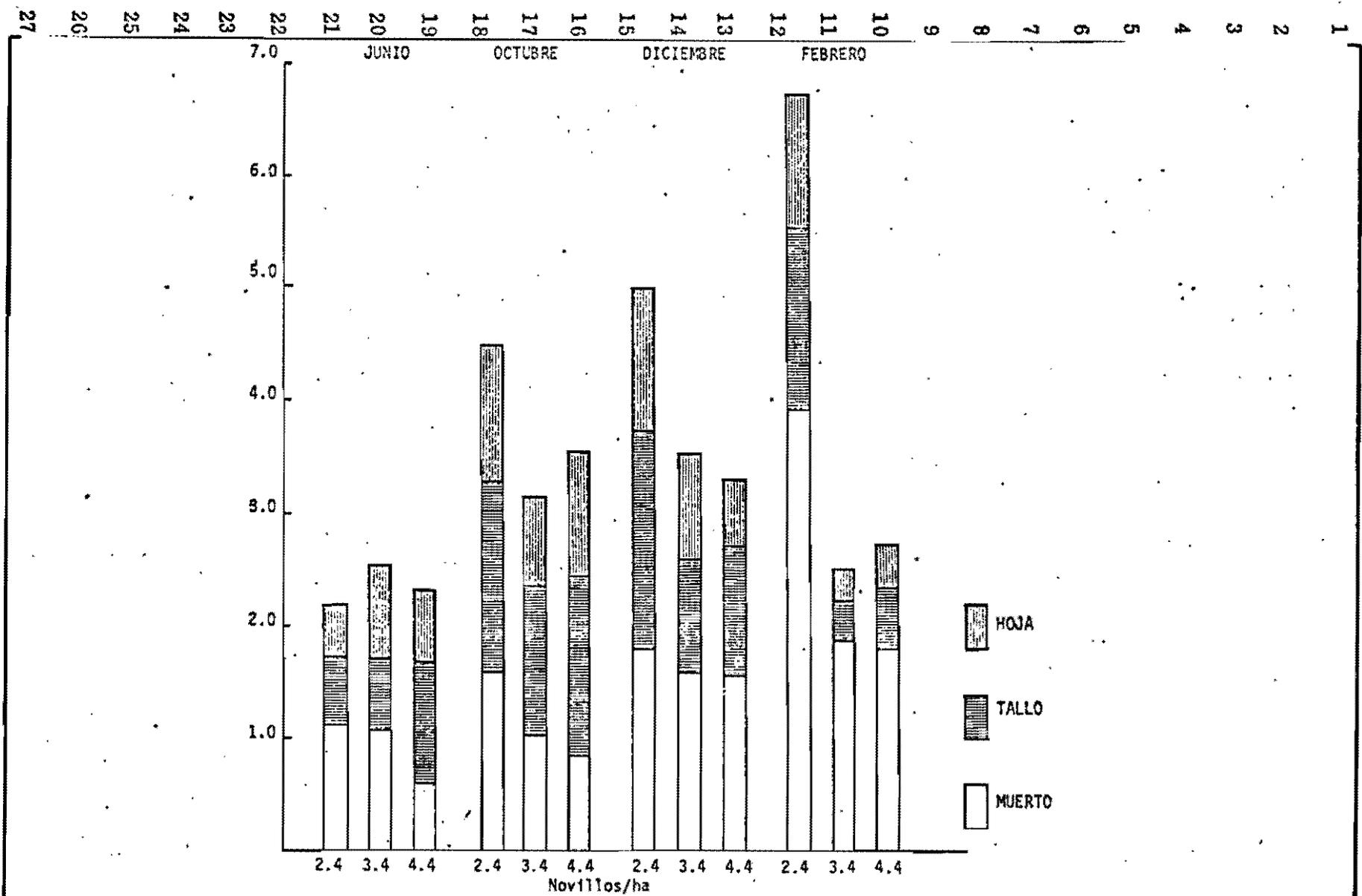


Figura 2. Disponibilidad de forraje y composición de partes de la planta de *Brachiaria humidicola* en pastoreo continuo con 3 cargas fijas en estaciones lluviosa y seca en Carimagua. Primer año de pastoreo, 1981.

1 carga baja, 15 días después del inicio de las lluvias. Después de la pri-
2 mera parte de la estación lluviosa se realizó una fertilización de mante-
3 nimiento con 22 kg de K_2O , 18 kg de MgO y 22 kg de S, por hectárea, res-
4 pectivamente. Los resultados de las ganancias de peso del primer año se
5 presentan en el Cuadro 4. De nuevo es notable la baja productividad ani-
6 mal en todas las cargas y que a pesar del manejo con cargas altas después
7 de segar el material viejo acumulado, la proporción de material muerto
8 siguió en aumento a medida que avanzaba la época del año, siendo mucho
9 más notable en la carga baja, (Figura 2). Inmediatamente después de la
10 fertilización de mantenimiento durante la estación lluviosa se notó un
11 incremento en la cantidad de forraje verde ofrecido (hojas y tallos) que
12 tuvo un efecto notable en ganancias de peso diario promedio por animal,
13 pero hacia el final de la estación dicho efecto había desaparecido, resul-
14 tando en pérdidas de peso notables durante la estación seca. Los bajos va-
15 lores de consumo reportados por LASCANO *et al* 1982, podrían explicar
16 los bajos niveles de productividad animal durante la estación lluviosa.

17 Hasta ahora es muy escasa la información que se tiene sobre el com-
18 portamiento animal en pastoreo con *B. humidicola* en otros ecosistemas y es-
19 tos resultados, aunque un poco contradictorios, son casi siempre de baja
20 productividad similares a los de Carimagua. Resultados preliminares del
21 primer año de investigación en el trópico húmedo de la Isla de Marajo,
22 Brasil, (SALIMOS *et al*, 1980) alcanzaron una productividad promedio de 328
23 g/an/día con cargas fijas de 1 a 2.0 novillos por hectárea en pastoreo
24 continuo, mientras que en Quilichao, Colombia, con un regimen de lluvias
25 bimodal, TERGAS *et al*, 1982b reportaron ganancias de peso diario promedios
26 de 516 g/an/día con carga de 2.45 an/ha durante el primer año de pastoreo,
27 lo cual fue similar a lo obtenido con otras gramíneas como *B. decumbens* y

1 *C.nlemfuensis* y superior a *A.gyanus*. En otro trabajo realizado en el
2 trópico húmedo en Fiji (ROBERTS, 1970) las ganancias por animal fueron
3 del orden de 450 g/an/día con cargas de 6.2-7.4 an/ha durante el primer
4 año, lo cual se redujo a apenas 150 g/an/día durante el segundo, a pesar
5 de una fertilización con 250 kg N/ha en dos aplicaciones en el año y pas-
6 toreo rotacional de 4 y 24 días de ocupación y descanso, respectivamente.

7 CONCLUSIONES

8 Los resultados de pruebas de pastoreo en la altillanura plana de los
9 Llanos Orientales de Colombia muestran que la productividad animal de *B.*
10 *humidicola* es muy baja y está asociada con bajos niveles de proteína cru-
11 da en el forraje que reducen significativamente el consumo (LASCANO
12 *et al* 1982). Sin embargo, se recomienda realizar otras pruebas de pasto
13 reo para determinar el potencial de producción animal en ecosistemas con
14 suelos más fértiles donde una mayor cantidad de materia orgánica pueda
15 suplir los requerimientos de nitrógeno de la planta para alcanzar niveles
16 adecuados de proteína cruda que no afecten el consumo de forraje.

17 La forma apropiada de manejo de praderas de *B.humidicola* parece ser
18 el pastoreo continuo con ajustes de cargas estacionales de acuerdo con
19 las tasas de crecimiento del pasto. De las experiencias en Carimagua se
20 podría recomendar una carga de 3 a 4 an/ha durante la estación lluviosa
21 y de 2-3 an/ha durante la estación seca. De este modo se lograría mantener
22 una mayor oferta de forraje verde compuesto principalmente por hojas no
23 maduras, lo cual es muy importante para favorecer el consumo de forraje
24 de gramíneas tropicales con baja densidad y baja relación hoja:tallo
25 (MANNETJE y EBERSOHN, 1980).

26 Una alternativa que se está considerando en la altillanura plana para
27 mejorar la productividad animal en *B.humidicola* es formar praderas

1 asociadas con leguminosas. Hasta el presente la única leguminosa que
2 parece ser compatible con la forma tan agresiva de crecimiento de esta
3 gramínea es *Desmodium ovalifolium* Wall (CIAT, 1982) y los resultados pre
4 liminares son bastante halagadores.

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

1 BIBLIOGRAFIA

2 Centro Internacional de Agricultura Tropical. Programa de Pastos Tropica-
3 les, Informe 1980. Cali, Colombia. 138 p. 1981.

4 Centro Internacional de Agricultura Tropical. Programa de Pastos Tropica-
5 les, Informe 1981. Cali, Colombia. (En Prensa) 1982.

6 Lascano, C.; P. Hoyos y J. Velásquez. Aspectos de calidad de *Brachiaria*
7 *humidicola* (Rendle) Schweickt en la altillanura plana de los Llanos
8 Orientales de Colombia. Brasilia, Brasil, VI Simposio sobre o Cerra-
9 dos (En Prensa) 1982.

10 Mannetje, L. t' and J.P. Ebersohn. Relations between sward characteristics
11 and animal production. Tropical Grasslands 14 (3): 273-279.

12 Paladines, O. y J.A. Leal. Manejo e produtividade das pastagens nas plani-
13 cias orientais da Colombia. En (L.E. Tergas, P.A. Sánchez e E.A.S.
14 Serrado, eds.) Producao de Pastagens em Solos Acidos dos Tropicós,
15 Brasilia, D.F. Brasil, Editerria Editorial, CIAT- Centro Internacional
16 de Agricultura Tropical, EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa
17 Agropecuaria. p. 337-353. 1982.

18 Roberts, O.T. A review of pasture species in Fiji. I. Grasses. Tropical
19 grasslands 4 (2): 129-137. 1970.

20 Salimos, E.P.; J.B. Laurenço, Jr.; L.O.N. de Moura Carvalho, C.N. Barbosa
21 do Nascimento; N.A. da Costa, e S. Dutra. Engorde de bovinos en pasta-
22 gen cultivada de Quicúio da Amazonia (*Brachiaria humidicola*) na Ilha
23 de Marajo. Belem-PA, Brasil, Empresa Brasileira de Pesquisa Agrope-
24 cuaria. Centro de Pesquisa Agropecuaria do Tropico Umido. Pesquisa em
25 Andamento No. 20 3p. 1980.

26 Salinas, J.G. y R. Gualdrón. Adaptación y requerimientos de fertilización
27 de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en la altillanura plana

1 de los Llanos Orientales de Colombia. Brasilia, Brasil, VI Simposio
2 sobre o Cerrados (En Prensa) 1982.

3 Tergas, L.E.; O. Paladines; e I. Kleinheisterkamp. Resultados de levante
4 de novillos en varios sistemas de praderas en la altillanura plana
5 de los Llanos Orientales de Colombia. En (L.Vaccaro, ed.) Sistemas
6 de producción con bovinos en el trópico. Instituto de Producción
7 Animal, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela (En
8 Prensa). 1982a.

9 Tergas, L.E.; A. Ramírez, G.A. Urrea, S. Guzmán y C.Castilla. Productivi-
10 dad animal potencial y manejo de praderas en un Ultisol de Colombia
11 Producción Animal Tropical. 7(1): 1- 8. 1982b.

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

PASTOS Y PRODUCCION ANIMAL EN LA AMAZONIA

José M. Toledo

E. Adilson Serrão

INTRODUCCION

Sobre la Amazonía se escribe y discute enardecidamente, habiendo dos posiciones extremas: una que propone una ocupación y utilización masiva de la región, con métodos de producción tradicionales en condiciones de otros ecosistemas, sin el adecuado conocimiento de las limitantes y problemática a enfrentar; la otra, que llega a extremos irreales de proponer que la Amazonía debe conservarse como un "museo viviente" y afirmar que las poblaciones que ella es capaz de soportar, no deberán ser de ninguna manera superiores a las nativas que hoy soporta.

Por otro lado, el conocimiento de los ecosistemas amazónicos y sus alternativas de producción forestal, agrícola y pecuario, es sólo superficial. Este conocimiento es producto del esfuerzo aislado de instituciones oficiales y privadas (nacionales e internacionales) que, casi ocultamente, vienen realizando investigación en forma no integrada, muchas veces mal enfocada y sin recursos técnicos y/o económicos adecuados.

Con el escaso conocimiento que hoy se tiene sobre la Amazonía, no hay duda de que la decisión más sabia será la de conservar y no disturbar el ecosistema. La pregunta siguiente es: ¿Cuánto tiempo más podremos impedir la invasión humana de esta región? La realidad es que ya es tarde; la Amazonía viene siendo invadida por el hombre, debido a presiones socio-económicas y demográficas en países como Colombia, Ecuador y Perú, y en Brasil, debido a su fuerte política de integración territorial.

1 Debido a la confusión creada por conservacionistas y expansionistas,
2 ambos actuando seguramente de buena fé, pero sólo con una visión parcial
3 y fuertemente sesgada de la problemática amazónica, la financiación de la
4 investigación en esta región hasta la fecha ha sido discreta. La reali-
5 dad es que los organismos de financiación internacional han preferido ce-
6 rrar los ojos ante la confusión, perdiéndose muchos años en el avance se-
7 rrio del conocimiento de este retador territorio.

8 En este documento se presentan algunos de los resultados obtenidos
9 *in situ* sobre producción de pastos y ganado en la Amazonia.

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

CARACTERIZACION DE LA REGION AMAZONICA

Localización y area

La región amazónica definida como el área de tierras bajas (<1500 msnm) que es parte de la cuenca total del Río Amazonas, ocupa un tercio (6 millones km²) de Suramérica (18 millones km²). Su límite Norte lo constituyen el territorio de Guainía en Colombia, las sierras de Parima y Pacaraima en el límite entre Brasil y Venezuela y las sierras de Acaraí y Tumucumaque en los límites entre Brasil y Guyana, Surinam y Guyana Francesa. Su límite Sur en las sierras de Paresis, Roncador y Verdinho en los estados de Mato Grosso y Goiás, en Brasil. El límite Oeste está en la cordillera de los Andes en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Al Este, donde desemboca el Océano Atlántico, sus límites lo constituyen la sierra Geral de Goiás y las sierras Negra Gurupí y Do Desordem en el estado de Maranhão en Brasil.

El Río Amazonas corre de Oeste a Este entre los paralelos 4°30'S en Nauta, Perú y el ecuador en la desembocadura entre Amapá y Pará, en Brasil. La cuenca del Amazonas tiene su punto más septentrional aproximadamente a 5°N y el más austral aproximadamente a 17°S. El punto más occidental en el meridiano 78°W y el más oriental en el meridiano 46°W.

Clima y vegetación

Esta vasta región del territorio presenta diferentes condiciones de ambiente dentro de los climas típicos del trópico. Las temperaturas medias anuales varían de 22°C y 27°C. La precipitación varía de 1000 a >4000 mm, ocurriendo las pluviosidades mayores en los contrafuertes andinos de la Amazonia y en su región noroccidental. Las precipitaciones menores ocurren en lugares hacia el Sur en las zonas de transición con el Cerrado

1 brasileiro y hacia el Norte en el territorio de Roraima.

2 Cochrane (1980) determinó que existe una alta correlación entre la
3 evapotranspiración potencial total durante la época de lluvia (WSPE) y la
4 vegetación predominante en los trópicos. Igualmente, que la temperatura
5 media durante la época lluviosa (WSMT) y la longitud de la sequía eran
6 parámetros significativos para subdividir la Amazonia en diferentes eco-
7 sistemas (Fig. 1).

8 Así, las áreas con WSPE superiores a 1300 mm; período lluvioso > 9
9 meses y una WSMT superior a 23,5°C, se clasificaron como Bosque Tropical
10 lluvioso. Las áreas con WSPE entre 1061 y 1300 mm, con 8-9 meses de esta
11 ción lluviosa y una WSMT superior a 23,5°C, se denominaron Bosque Tropi-
12 cal semisiempreverde estacional. Las áreas con WSPE entre 900 y 1060 mm,
13 con 6-8 meses de período lluvioso y WSMT superior a 23,5°C como Sabanas
14 Tropicales hipertérmicas. Las áreas con WSPE entre 900 y 1060 mm, con 6
15 a 8 meses de período lluvioso y con WSMT inferior a 23,5°C, clasificaron
16 como Sabanas Tropicales térmicas.

17 Además de estos cuatro ecosistemas, debería diferenciarse el predomi-
18 nante en los contrafuertes andinos con precipitaciones anuales superiores
19 a 3000 mm, temperaturas entre 22 y 23°C y 12 meses de período lluvioso
20 con fuerte nubosidad y alta humedad relativa.

21 Suelos

22 La mayor proporción de los suelos de la Amazonia son de un origen
23 geológico muy antiguo. Sus orígenes se remontan al período precámbrico
24 (600 millones de años) en los escudos de Guyana y de Brasil, respectiva-
25 mente, al Norte y Sur de la Amazonia. Estos escudos o altiplanicies son
26 los suelos más antiguos del continente Suramericano y por millones de
27 años han sufrido del intemperismo y la erosión física y química, produ-

1 ciéndose suelos de baja fertilidad.

2 Con la elevación de la cordillera Andina, en el paleozóico (60 millo
3 nes de años), se formó un gran lago de agua dulce que ocupó las tierras
4 bajas al Noroeste de la Amazonia brasilera y prácticamente toda la Amazo-
5 nia de Colombia, Ecuador y Perú. Este lago de agua dulce perduró la mayor
6 parte del terciario (hasta hace 10-15 millones de años), cuando ocurrió
7 la ruptura de la unión entre los dos escudos guyanes y brasilero, en la
8 hoy desembocadura del río.

9 En los milenios siguientes, el sistema de drenaje tomó gradualmente
10 su forma actual. Los grandes ríos que así se formaron terminaron de com-
11 pletar el panorama geológico de la Amazonia al depositar en forma locali-
12 zada sedimentos más recientes. Estos sedimentos variaron en calidad y
13 cantidad, según el origen y recorrido de los ríos. Es así que los ríos
14 de origen andino arrastraron materiales geológicamente más nuevos que los
15 que se originan en áreas de los antiguos escudos guyanés y brasilero, que
16 arrastraron y depositaron materiales previamente meteorizados.

17 Hoy, los ríos de origen andino ("Blancos")*, siguen arrastrando y de-
18 positando suelo anual y periódicamente en las áreas inundables de sus má-
19 genes (Várzeas)**, formando suelos de alto nivel de fertilidad. Contra-
20 riamente, los ríos de origen amazónico ("Negros")* de aguas cristalinas,
21 oscuras, rojizas y ácidas, prácticamente no depositan material, siendo,
22 en consecuencia, los suelos de sus riberas de baja fertilidad.

23
24 * En Brasil se denominan ríos "Blancos" a los que cargan sedimentos y
25 que tienen una apariencia turbia, barrosa o lechosa. Ríos "Negros" a
26 los que no cargan sedimentos, con apariencia cristalina y oscura

27 ** Denominación brasilera de las zonas inundables parte del año, en la
ribera de los ríos.

1 Estos procesos geológicos han generado una gama muy grande de clases
2 y condiciones de suelo. Cochrane (1980) obtuvo una aproximación de las
3 cantidades y proporciones de los diferentes órdenes, clases y subclases
4 predominantes en la Amazonía. El Cuadro 1 muestra, en forma simplificada,
5 que los Oxisoles y Ultisoles con más de 320 millones de hectáreas ocupan
6 más del 65% del área total de la Amazonía, siendo menor la cantidad y por-
7 centaje de los otros suelos.

8 El panorama de los suelos de la Amazonía se complica más aún por la
9 diferente capacidad retentiva de humedad y calidad de drenaje de los sue-
10 los. Cochrane (1980) determinó que un 41,2% de los suelos amazónicos
11 tienen una capacidad retentiva de humedad baja, que un 56,8 posee una
12 capacidad retentiva de humedad media y que sólo un 2% tiene una alta ca-
13 pacidad retentiva de humedad. En cuando a drenaje, Cochrane (1980) encon-
14 tró que el drenaje era bueno sobre un 73,3% de la Amazonía, siendo defi-
15 ciente y malo en 26,8% del área (Cuadro 2).

16 Sobre la composición química (Cuadro 3), también Cochrane (1980) de-
17 terminó que la mayoría de suelos amazónicos son muy ácidos, con niveles
18 altos de saturación de aluminio, baja saturación de cationes cambiabiles,
19 con niveles bajos a medios de materia orgánica y fósforo.

20 Una gran mayoría de las áreas de la Amazonía presentan una fertili-
21 dad natural muy baja. Sin embargo, existen suelos de muy alta fertilidad
22 como los Inceptisoles de Várzeas y los Alfisoles, entre los cuales figu-
23 ran las "Terras Roxas" de conocida alta fertilidad.

24 Es importante entender que la gran extensión de variadas condicio-
25 nes de clima, topografía y suelo de la Amazonía presenta condiciones
26 tanto para la explotación forestal, como para la agrícola intensiva, agrí-
27 cola de plantaciones y ganadera sobre pasturas. Las áreas más aparentes

1 para cada una de estas explotaciones, deberían ser determinadas con ante-
2 rioridad a los programas de ocupación y colonización, con el fin de reser-
3 var las áreas de mayor fragilidad ecológica.

4 RECICLAJE DE NUTRIMENTOS

5
6 La exhuberante vegetación que crece en la Amazonía, parece contrade-
7 cir lo expuesto en el acápite anterior, donde se refiere a la predominan-
8 te baja fertilidad de los suelos.

9 Esta abundante vegetación sólo es posible debido al muy activo reci-
10 claje de nutrimentos que ocurre en este ecosistema. Para un ecosistema
11 similar en Ghana, Africa, Nye (1961) determinó que el reciclaje de nutri-
12 mentos en un Bosque Tropical lluvioso era de 268 kg de N, 15 kg de P,
13 303 kg de K, 332 kg de Ca y 75 kg de Mg por ha/año, lo que constituye un
14 programa de fertilización natural muy alta lo cual explica el crecimiento
15 vigoroso del bosque.

16 En la Figura 2 se muestran esquemáticamente los tres depósitos de
17 nutrimentos en el ecosistema de Bosque. El depósito suelo con baja propor-
18 ción de los nutrimentos totales presentes en el ecosistema. Los depósitos
19 de la biomasa y el detritus (hojarasca y residuos del bosque), con un con-
20 tenido mayor de nutrimentos en el ecosistema.

21 En este esquema también se indican los procesos más importantes del
22 reciclaje de nutrimentos. La lluvia al caer sobre la vegetación arrastran-
23 do polvo y N atmosférico, contribuye a enriquecer el ecosistema, y a su
24 vez, produce el lavado de hojas y tallos, transportando nutrimentos hacia
25 el suelo. Parte de estos nutrimentos y los presentes en el suelo, son
26 perdidos por drenaje, ya sea por escorrentía o por lixiviación, dependien-
27 do de las condiciones físicas del suelo.

1 Simultáneamente, la hojarasca y en general el detritus del bosque
2 cae y se acumulan sobre el suelo. Este material que sufre el proceso de
3 mineralización, es decir, degradación de la MO a compuestos más simples
4 asimilables por las plantas, contribuyendo a enriquecer la fertilidad de
5 la capa superficial del suelo. Las plantas del bosque, que justamente
6 tienen un desarrollo radicular muy superficial, utilizan estos nutrientes
7 para su crecimiento, redondeando el ciclo.

8 Paralelamente el proceso de fijación simbiótica de N por acción de
9 *Rhizobium* en simbiosis con raíces de plantas del bosque ocurre mientras
10 parte del N puede ser perdido por desnitrificación.

11 Cuando este sistema de reciclaje es interrumpido por la tala y quema
12 del bosque, gran parte de los elementos no volátiles del ecosistema son
13 colocados de una vez sobre la superficie del suelo, lo cual afecta fuerte-
14 mente las condiciones químicas de la capa superficial del suelo, produ-
15 ciéndose una disminución del porcentaje de saturación de Al, un incremen-
16 to del pH y la suma de bases cambiables, lo que fue demostrado por Seubert
17 *et al.* (1977) en un Ultisol de Yurimaguas, Perú y Da Silva (1978) en un
18 Oxisol al Sur de Bahía en Brasil.

19 Esta fertilidad inicial aumentada después de la quema, decrece rápi-
20 damente por lavado y lixiviación de nutrientes, especialmente si el bos-
21 que es remplazado por sistemas altamente extractivos y de escasa cobertu-
22 ra o cobertura sólo temporal.

23 Sin embargo, el remplazo del bosque por sistemas de producción con
24 menores niveles de extracción de nutrientes y con mayor y efectiva cober-
25 tura, son los que garantizan un reciclaje que podría sustituir al del
26 bosque nativo, manteniéndose la fertilidad del suelo y produciendo alimen-
27

1 tos o materiales industriales para beneficio del hombre. Podemos decir
2 que las plantaciones y las pasturas cuando están bien manejadas, son alter
3 nativas que pueden cumplir con este cometido.

4 La Figura 3, comparándola con la Figura 2, muestra lo que ocurre en
5 cuanto a reciclaje en una pastura bien manejada.

6 Se cuenta en este sistema de producción con los tres depósitos de
7 nutrimentos, la biomasa (plantas y animales), el detritus (hojarasca y re
8 siduos de pastura y animales) y el suelo. La lluvia arrastrando polvo y
9 N atmosférico, cae lavando animales y plantas, incorporando nutrimentos al
10 suelo, parte de los cuales son perdidos por drenaje (escorrentía y lixiv
11 iación). Simultáneamente, las plantas toman nutrimentos del suelo, que son
12 transferidos al animal mediante el pastoreo. Parte de estos nutrimentos
13 van a manos del hombre como carne o leche y el resto vuelve al suelo me
14 diante las heces y orina que se distribuyen desuniformemente en el suelo.
15 El animal al pisotear la pastura produce ruptura de partes aéreas de las
16 gramíneas y leguminosas. Junto con la muerte de raíces producida como
17 reacción de la planta a la defoliación producida por el pastoreo, la MO
18 es mineralizada y nuevamente tomada por la planta.

19 En las pasturas también ocurre la fijación de N atmosférico cuando
20 una leguminosa es asociada con gramíneas y además, sucede la desnitrifi
21 cación lo mismo que en el bosque.

22 En adición a estos procesos naturales de reciclaje de nutrimentos,
23 el hombre debe pagar o devolver al sistema los elementos que tomó con un
24 alto valor agregado por nutrimentos baratos aplicados directamente al sue
25 lo y al animal. Además, el hombre deberá ejecutar las prácticas de manejo
26 que garanticen el reciclaje efectivo y la estabilidad productiva del
27 sistema.

MODELO PROPUESTO

Toledo *et al.* (1977), Serrão (1978) y Alvim (1978), concuerdan básicamente en el modelo que muestra la dinámica de la fertilidad del suelo al cambiarse el Bosque Tropical amazónico por pastura. Sin embargo, "discrepan", aunque en forma teórica, sobre la magnitud de los cambios de fertilidad del suelo y la velocidad con que éstos ocurren después de la quema.

Se replantea el modelo propuesto compatibilizando los criterios de tres autores. Este modelo parte de una fertilidad estable del suelo, debido al reciclaje bajo el ecosistema de Bosque. Fertilidad del suelo más bien baja, debido a que gran parte de los nutrimentos del ecosistema se encuentra en la biomasa y la capa de detritus sobre el suelo.

Esta estabilidad de fertilidad es interrumpida por la apertura y quema del bosque, que pone a manera de fertilizantes y enmiendas, la mayoría de los nutrimentos del ecosistema sobre el suelo, lo cual, tal como dijéramos en el párrafo sobre "Reciclaje", levanta la fertilidad a niveles inclusive aparentes para la producción agrícola intensiva (Fig. 4).

Esta alta fertilidad inicial, normalmente es aprovechada por el colono para obtener una o dos cosechas cortas que ayudan a pagar el costo de la apertura del área y proporcionan la cobertura rápida que protege el suelo de erosión. La siembra del pasto deberá hacerse con los cultivos de manera que cuando ocurra la cosecha de éstos, la pastura haya cubierto suficientemente el terreno.

Si la pastura tiene un establecimiento defectuoso y un manejo posterior malo, lo más probable es que la fertilidad del suelo se pierda rápidamente, tal como lo muestra el modelo (pastura tradicional), llegando

1 inclusive de niveles inferiores a el nivel original de fertilidad del bos-
2 que. Contrariamente, si la pastura tiene un buen establecimiento con las
3 especies de gramíneas y leguminosas adaptadas y con un mantenimiento (pre-
4 sión de pastoreo e insumos) adecuado, la fertilidad del suelo decrece más
5 lentamente, estabilizándose a un nivel muy probablemente superior al de
6 la fertilidad natural del suelo bajo bosque.

7 Durante los primeros años después de la apertura del bosque, los
8 niveles de manejo a aplicarse se encuentran limitados por la imposibilidad
9 de mecanización, debido a la presencia de residuos del bosque (troncos y
10 tocones) no quemados. Aunque es posible la apertura y limpieza inicial
11 del área con bulldózer, ésta sería contraproducente en cuanto a compacta-
12 ción inicial y movimiento del suelo superficial conteniendo la mayor par-
13 te de nutrimentos (Seubert *et al.*, 1977 y Da Silva, 1978).

14 Sin embargo, después de seis a 10 años, dependiendo del bosque origi-
15 nal, los "troncos" y "tocones" en su mayoría se han descompuesto e incor-
16 porado en el suelo, ya sea por acción microbial o por quemas estratégicas
17 de la pastura. Una vez que el terreno sea libre de obstáculos para la
18 mecanización, sería posible elevar el nivel de manejo intensificándose
19 el sistema y elevando la productividad por área.

20 METODOS DE APERTURA DEL BOSQUE

21

22 La operación de apertura resulta crítica para el futuro de cualquier
23 sistema de producción que remplace el bosque.

24 El método de apertura tradicional es el de hacha y machete, última-
25 mente mejorado con el uso de motosierras. Además de este método, Toledo
26 *et al.* (1979) reportan dos sistemas mecanizados probados y evaluados en
27 Perú.

1 El Cuadro 4 compara las necesidades de mano de obra y velocidad, y
2 costos de operación de los diferentes métodos de apertura de bosque (ha-
3 cha y machete, buldózer y triturador de árboles).

4 El Cuadro 5 compara los rangos de presión sobre el suelo, producidos
5 por diferentes agentes de compactación, incluyendo el hombre y las máqui-
6 nas usadas en los tres métodos evaluados.

7 Apertura manual

8 El método de apertura con hacha y machete es el que mayor mano de
9 obra requiere, siendo el costo de operación dependiente en gran medida
10 del nivel de salarios y la disponibilidad de personal en la región y
11 país en cuestión (Cuadro 4).

12 Este es un método relativamente lento aparente para aperturas en ex-
13 tensiones limitadas en área. Es también el método que introduce mínimos
14 niveles de disturbio sobre el suelo, como se ve en el Cuadro 5, el hombre
15 es quien produce la menor compactación sobre el suelo.

16 Por otro lado, es un método que deja los "tocones" (raíces de árbo-
17 les cortados en el suelo), muchos de los cuales rebrotan con el bosque
18 secundario si la quema no es efectiva, como muchas veces ocurre.

19 Sin embargo, este es el método más usado en la actualidad, pues da
20 ocupación a la gente nativa cuando la hay y puede ser muy efectivo depen-
21 diendo del bosque, la oportunidad en la tala y quema y la destreza de
22 los hombres para reducir el espesor del material derribado y quemar
23 efectivamente.

24 Apertura con buldózer

25 Este sistema de apertura del bosque (Cuadro 4) requiere reducida can-
26 tidad de mano de obra, pero con niveles de especialización mayor (tractoris-
27 tas, mecánicos, ayudantes, etc.). Este sistema utiliza tractores de oru-

1 ga grandes de más de 270 HP, con hojas KG (corte y empuje) como buldózer.
2 El método consiste en cortar los troncos a ras del suelo y empujarlos
3 apiñándolos en hileras donde luego son quemados, reapiñados y nuevamente
4 quemarlos hasta dejar el terreno libre de residuos del bosque, en condicio
5 nes de mecanización inmediata.

6 Los tractores de 385 HP con hoja KG son capaces de abrir una ha en
7 aproximadamente 10 horas de trabajo. Este es un método relativamente
8 lento y requiere de trabajo en equipo de varias máquinas, cuando se trata
9 de extensiones medianas o grandes.

10 Es el método más costoso (Cuadro 4) y es el que en mayor grado distur
11 ba el suelo, pues distribuye desuniformemente los nutrimentos en la bioma
12 sa y detritus quemados; mueve el suelo superficial, conteniendo en los
13 suelos amazónicos pobres (Oxisoles y Ultisoles) la mayoría de los nutrimen
14 tos, y produce fuerte compactación a pesar de los niveles relativamente
15 bajos de presión sobre el suelo, mostrados en el Cuadro 5. Esta compac
16 tación es originada por el repase de los tractores sobre el suelo al cor
17 tar y apilar los troncos. La Figura 5 muestra para un Ultisol en Yurima
18 gas, Perú y para un Oxisol en Bahía, Brasil, el efecto de la compacta
19 ción con buldózer después de la apertura y apile de residuos del bosque.
20 El efecto del buldózer es claro reduciendo las tasas de infiltración en
21 ambos suelos, sin embargo, el Oxisol (Haplorthox) parece menos sujeto a
22 compactación que el Ultisol (Paleudult).

23 Este es un método definitivamente perjudicial para el caso de la ma
24 yoría de suelos amazónicos. Sin embargo, en condiciones donde el suelo
25 es profundo y de alta fertilidad como sería el caso de algunos Inceptiso
26 les de Várzeas, este método de apertura permite una utilización intensiva
27 mecanizando el área inmediatamente después de la apertura.

1 Apertura con triturador de árboles

2 Este sistema de apertura del bosque requiere, lo mismo que el ante-
3 rior, personal capacitado, pero debido a su rapidez de operación, (Cua-
4 dro 4) el número de personas por hectárea es fuertemente reducido.

5
6 El costo de operación es también reducido dada su alta eficiencia
7 en la operación. Esta es una máquina que pesa 45 toneladas, tiene tres
8 rodillos con cuchillas, a manera de triciclo; funciona mediante trans-
9 misión eléctrica, con un generador Diesel en el centro de la máquina. El
10 desmonte es efectuado empujando los árboles más altos con un puntal y los
11 más pequeños con una barra horizontal a manera de "T". La máquina derri-
12 ba y monta los árboles ya caídos, caminando sobre ellos y derribando los
13 siguientes. De esta forma, su peso es distribuido sobre una superficie
14 mayor (Cuadro 5) que la de contacto de sus rodillos con el suelo, redu-
15 ciéndose el nivel de compactación total sobre el suelo.

16 Las experiencias en Pucallpa, Perú mostraron que la quema de residuos
17 del bosque derribados con triturador de árboles, era bastante más efecti-
18 va que la derribada con hacha y machete, ésto, debido a un secado más
19 uniforme del material abierto muy rápidamente (8-10 ha/día). Además, el
20 apilamiento más estrecho y uniforme de la biomasa del bosque resultante
21 del paso de esta máquina montando los árboles, permite una mejor conti-
22 nuidad del fuego.

23 Este es un método que disturba el suelo, pues levanta las superfi-
24 ciales raíces de los árboles, dejándolas expuestas sobre el suelo; produ-
25 ce moderada compactación, ya que sólo pasa una vez distribuyendo su peso
26 en una amplia superficie de material ya derribado. Pero, por su rapidez,
27 eficiencia en la quema y bajo costo de operación, debe ser tomado en cuen

1 ta para operaciones de apertura de bosque mayores, puesto que no es un
2 sistema económicamente operable en extensiones menores de 1000 ha.

3 PASTURAS Y GANADO

4 No existen cifras actualizadas sobre la población ganadera de la
5 Amazonía, pero se estima una población de bovinos de 7 millones y 500
6 mil de búfalos.

7 El inventario de la cantidad de áreas de bosque hoy en pasturas, es
8 aún más incierto; sin embargo, puede una vez más estimarse, considerando
9 un 70% de la población de bovinos y bubalinos en áreas de bosque y una
10 figura de capacidad de carga promedio de 1,0 animales/ha. El estimado re
11 sultante es de 5,3 millones de ha de pastos ganados al bosque.

12 Los reportes extraoficiales recogidos personalmente de funcionarios
13 y ganaderos de los diferentes países amazónicos, indican que de estas
14 áreas, por lo menos un millón de ha de pasturas, se encuentran hoy en pro-
15 ceso de degradación.

16 En el proceso de colonización, como se dijo anteriormente, muy acti-
17 vo en los diferentes países del área, el establecimiento de pastos y gana
18 do es el más barato y estable sistema de explotación para remplazar el
19 bosque.

20 Sin embargo, el colono no cuenta con las especies forrajeras de gra-
21 míneas y leguminosas, ni con la tecnología de manejo para establecer y
22 mantener las pasturas en niveles de productividad que las justifiquen eco-
23 lógica y económicamente.

24 Persistencia de las pasturas

25 El colono de la Amazonía sólo cuenta con una o dos especies de gramí-
26 neas para establecer sus pasturas. En los contrafuertes andinos de la
27 Amazonía siembran predominantemente *Axonopus scoparius* y *Axonopus micay*,

1 en muchos casos después de una tumba sin quema (no hay período seco); y en
2 la mayoría del resto de la Amazonía, después de una quema no siempre efec-
3 tiva, tradicionalmente se ha sembrado *Panicum maximum* e *Hyparrhenia rufa*.

4 Ambas especies de limitada adaptación al nivel de fertilidad cambian-
5 te del suelo después de la quema. Especies que, tal como lo muestran los
6 resultados de Simão Neto *et al.* (1973) en la Figura 5, tienen poca persis-
7 tencia después del establecimiento, mientras que otras especies como
8 *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria humidicola* parecen tener persistencia
9 mejor ante los cambios de fertilidad que gradualmente vienen ocurriendo
10 de acuerdo con el modelo de la Figura 4, el cual es corroborado por Serrão
11 *et al.* (1979) en las Figuras 6, 7, 8 y 9 donde se observan los cambios
12 en MO, Ca+Mg, K y P que experimenta el suelo como efecto de la quema y
13 su posterior utilización con *P. maximum*, en los diferentes suelos de la
14 Amazonía brasilera.

15 De estas Figuras (6, 7, 8 y 9) se concluye que, parte de la MO del
16 suelo es destruída por la quema, pero que la cobertura de pasturas en
17 corto tiempo incorpora suficiente MO para elevar por lo menos su conteni-
18 do, aunque no se recupere. La suma de $Ca^{++} + Mg^{++}$ es fuertemente aumenta-
19 da por la quema y luego tiende a decrecer en los primeros años para esta-
20 bilizarse en niveles que dependen de los diferentes suelos. El nivel ini-
21 cialmente bajo de K en el suelo del bosque, es fuertemente incrementado
22 por la quema y luego decrece a niveles aceptables para la producción
23 pastos. El P disponible que se encuentra normalmente en niveles muy ba-
24 jos en el suelo original, es fuertemente aumentado con la quema. La
25 ocupación posterior del área con pasturas, difícilmente puede mantener el
26 nivel alto de P disponible del primer año y éste decrece vertiginosamente
27 a niveles que se hacen tremendamente deficientes para la producción de

1 cualquier pastura, especialmente con leguminosas.

2 El P, un elemento bastante inmóvil en el suelo, no es perdido por
3 lixiviación o lavado superficial. El P es adsorbido por los óxidos de
4 Fe y Al recubriendo las arcillas y precipitado por los cationes Fe y Al
5 al formarse fosfatos de Fe o Al insolubles.

6 El fósforo

7 La importancia del fósforo como elemento limitante es corroborado
8 una vez más en el Cuadro 6, que muestra para cuatro suelos de la Amazonía,
9 los resultados de pruebas de fertilización con la técnica del elemento
10 faltante, para comparar el rendimiento del pasto (*P. maximum* en Manaus,
11 Sur de Pará y Paragominas e *H. rufo* en Pucallpa) con fertilización comple
12 ta contra el rendimiento obtenido cuando se dejó de aplicar por separado
13 elemento por elemento. En este Cuadro se observa que, en todos los casos,
14 el rendimiento fue más bajo cuando faltó P, no diferenciándose mayormente
15 del tratamiento sin ningún fertilizante y no pasando de un 45% del rendi-
16 miento, cuando se aplicó una fertilización completa.

17 El P es, sin lugar a dudas, el elemento nutritivo de plantas y anima-
18 les que en mayor grado viene limitando la producción ganadera de la re-
19 gión.

20 Este problema puede ser corregido mediante la aplicación de abonos
21 químicos fosforados como superfosfato simple (SFS) o triple (SFT), o con
22 la aplicación de rocas fosfóricas en forma más eficiente, debido a su
23 baja solubilidad.

24 Otro procedimiento es el de encalar para aumentar el pH, desplazar
25 los iones Fe^{++} y Al^{++} de las partículas de arcilla y precipitarlos de la
26 solución suelo en forma de hidróxidos insolubles, eliminando o disminuyen-
27 do los procesos de fijación de P.

1 La Figura 10 muestra el efecto de diferentes niveles de encalado
2 equivalentes al nivel de saturación de Al de un Ultisol en Pucallpa, Perú.
3 Se observa que el nivel de cal corrigió gradualmente y en forma lineal
4 el pH, aunque su efecto fue bastante más alto a todo nivel de
5 encalado a los cuatro meses de la incorporación en los 15 cm superficia-
6 les, que a los seis meses después. Esto indica el poco efecto residual
7 del encalado en cuanto a corregir el pH.

8 De otro lado, el efecto del encalado sobre el porcentaje de satura-
9 ción de Al es mayor a niveles más bajos de encalado, siendo su efecto más
10 estable con el tiempo después de la incorporación.

11 Pasturas adaptadas

12 El uso de especies gramíneas y leguminosas adaptadas a suelos ácidos
13 con niveles de saturación de Al altos y con capacidad de aprovechar el P
14 insoluble, es la otra solución. La Figura 11 muestra el nulo efecto del
15 encalado a medios y bajos niveles de fertilización y su muy limitado
16 efecto sobre una especie adaptada como *B. decumbens*, inclusive sin ferti-
17 lización.

18 La selección de especies y ecotipos de gramíneas y leguminosas forra-
19 jeras adaptadas a la gama de condiciones de la Amazonia (climas, suelos,
20 plagas y enfermedades) debe dar excelentes resultados que permitan incre-
21 mentar la productividad y garantizar la estabilidad de las pasturas.

22 En los últimos 40 años, en varias localidades (estaciones experimen-
23 tales y granjas estatales), se ha introducido en la región un buen número
24 de gramíneas y leguminosas, pero su presencia no ha sido significativa,
25 ya que estas introducciones nunca pasaron de ser meras colecciones o jardí-
26 nes, donde las accesiones jamás fueron adecuada y sistemáticamente evalua-
27 das. El Cuadro 7 presenta una lista de los géneros con el número de

1 especies y cultivares introducidos en la región.

2 En las ganaderías de la Amazonía son comunes las pasturas con espe-
3 cies no adaptadas, con problemas de inestabilidad ocasionados por los cam-
4 bios de fertilidad del suelo y por plagas y enfermedades. Lógicamente,
5 el comportamiento animal estará limitado por las pasturas en problema.

6 Productividad animal

7 Sin embargo, solucionando los problemas de manejo en cuanto al P
8 necesario para el crecimiento estable de gramíneas y especialmente de
9 leguminosas que a su vez incorporan en el sistema N por simbiosis, las
10 producciones animales pueden incrementarse fuertemente. Toledo *et al.*
11 (1979) reportaron promedios de seis años de un experimento que compara la
12 pastura "tradicional" de *H. rufa* solo contra una pastura mejorada que
13 incluye *H. rufa* + *Stylosanthes guianensis* + 100 kg de SFS de Ca aplicado
14 anualmente.

15 El Cuadro 8 muestra que la inclusión de la leguminosa y la fertili-
16 zación con P, S y Ca provenientes del SFS, produjeron una mejora de 44%
17 en la capacidad de carga del potrero, duplicaron el rendimiento en ganan-
18 cía de peso por animal y triplicaron la producción de carne por ha.

19 De la Torre *et al.* (1977) informa que una pastura de *B. decumbens*
20 con la aplicación de 280 kg de N, 40 kg de P_2O_5 y 50 kg de K_2O por hectá-
21 rea, por año, manejada intensivamente en rotación con intervalos de 23
22 días, dió una capacidad de carga de 3,45 vacas/ha y una producción por
23 vaca de 8,75 litros de leche diarios, provenientes sólo del pasto y 30,5
24 litros diarios de leche por ha (Cuadro 9).

25 Estos resultados nos dan una idea del potencial de la Amazonía para
26 la producción animal sobre pasturas. Resalta aquí las mayores capacida-
27 des de carga que son capaces de soportar las pasturas establecidas en el

1 ecosistema de Bosque, en comparación con la capacidad de carga de las
2 pasturas nativas de sabanas o Cerrados.

3 Búfalos.

4 Una alternativa interesante para la producción animal con el fin de
5 aprovechar el recurso en las extensas áreas de suelos inundables, es el
6 búfalo doméstico de agua, cuya mayor población actual en Suramérica está
7 en la Amazonía del Brasil.

8 Nascimento *et al.* (1979) reporta índices productivos para búfalo,
9 superiores a los de bovinos (Cuadro 10).

10 El búfalo de agua produce carne, leche y trabajo sobre pasturas de
11 baja calidad y de difícil acceso para animales Cebú.

12 El Cuadro 11 presenta coeficientes de digestibilidad de la materia
13 seca (MS) y la fibra cruda (FC) de heno de *Melinis minutiflora* sobremadu-
14 ro. En esta prueba se extrajo fluido ruminal de búfalo, Cebú y Europeo,
15 procediéndose al normal proceso de digestibilidad *in vitro*. Los resulta-
16 dos muestran que los coeficientes de digestibilidad de la MS y de la FC
17 son en general bajos, debido a la pobre calidad del heno en digestión.
18 Sin embargo, el fluido ruminal del búfalo dió una digestibilidad de la MS
19 ligeramente superior a la obtenida con inoculante de las otras dos espe-
20 cies animales. Esta diferencia en coeficiente de digestibilidad fue aún
21 mayor en el caso de la FC. Esto sugiere una flora ruminal celulítica
22 bastante más efectiva en el rumen de búfalo, lo que explicaría una mejor
23 utilización de los forrajes toscos de la región y una productividad mayor
24 que el Cebú y el Europeo, bajo las condiciones de Amazonía.

25 Las ventajas del búfalo sobre el bovino, son presentadas en los
26 Cuadros 12 y 13. El Cuadro 12 compara en las dos especies, los pesos
27 corporales al nacimiento y a los 24 meses, obtenidos con animales de

1 diferentes razas, pastoreando praderas nativas en Belém, Brasil. Bajo
2 las condiciones de la evaluación, el peso de búfalos al nacimiento fue
3 consistentemente mayor que el de los bovinos; igualmente, el peso de los
4 búfalos a los 24 meses fue superior al de los bovinos.

5 El Cuadro 13 muestra para novillos de búfalo y Cebú, bajo pastoreo
6 en rotación en *Echinochloa pyramidalis*, datos sobre comportamiento animal
7 y del pasto. Inicialmente, los novillos de búfalo de la misma edad (24
8 meses) pesaron más que los de Cebú y las ganancias de peso/animal/día
9 fueron también superiores en el caso de los búfalos. No obstante,
10 la capacidad de carga de los potreros fue mayor en el caso de los Cebú,
11 lo cual compensó la ganancia de peso/ha.

12 La producción de leche del búfalo es reportada por Nascimento (1979)
13 como superior a la de bovinos (Cuadro 14). La leche producida por vacas
14 de ambas especies difiere también con composición, tal como lo muestra
15 el Cuadro 15. El más alto contenido de sólidos de la leche de búfalo la
16 hace más rica y más productiva para la elaboración de quesos.

17 Sin duda, el búfalo es un animal promisorio y deberá cumplir un rol
18 importante en la ganadería amazónica futura.

19 NECESIDADES DE INVESTIGACION

20
21 Dadas las condiciones del ecosistema, la Amazonía exige niveles de
22 manejo que deberán ser de intensidad media a alta. No se puede pensar
23 en un manejo muy extensivo, pues económica y ecológicamente el cambio del
24 bosque natural por pastos es muy costoso. No se justificará abrir el
25 bosque, utilizar la fertilidad inicial alta después de la quema, y una
26 vez que ésta sea limitante, simplemente disminuir la presión de pastoreo
27 en las áreas degradadas y abrir nuevas áreas de bosque.

1 La prioridad en la investigación debe ponerse sobre componentes tec
2 nológicos que solucionen el problema de inestabilidad de la producción
3 de pasturas después de la apertura y quema del bosque original.

4 Se sugiere como de investigación prioritaria:

- 5 a) Selección de especies adaptadas a las diferentes condiciones de
6 ecosistemas (clima, suelo, enfermedades y plagas, y bajo P en
7 el suelo) de la Amazonía.
- 8 b) Determinación de métodos más eficientes para aplicar P (fuentes,
9 frecuencias, efectos residuales, etc.).
- 10 c) Estudios de Microbiología de suelos en relación a microorganismos
11 que propicien la absorción del P por las plantas forrajeras
12 (*Mycorriza*, etc.).
- 13 d) Estudios de deficiencia de otros elementos y su corrección para
14 las variadas condiciones de suelos de la Amazonía.
- 15 e) Manejo de especies gramíneas y leguminosas en mezclas, bajo pas-
16 toreo, en condiciones inundables y no inundables.
- 17 f) Sistemas silvopastoriles (pasturas + forestales, pasturas + plan-
18 taciones, etc.).
- 19 g) Selección por capacidad de uso, de las áreas de la Amazonía
20 aparentes para el establecimiento de pastos y ganadería.
- 21 h) Estudios *in situ* sobre reciclaje de nutrimentos en diferentes
22 tipos de bosque y pasturas bajo diferente manejo.
- 23
24
25
26
27

PASTOS Y PRODUCCION ANIMAL EN LA AMAZONIA

LITERATURA CONSULTADA

- 1
- 2
- 3 Alvim, P. de T. 1973. Los trópicos bajos de América Latina: recursos y
- 4 ambiente para el desarrollo agrícola. In Simposio sobre el Potencial
- 5 de los Trópicos bajos de América Latina, Cali, Colombia. p.43-61.
- 6 Alvim, P. de T. 1976. Floresta amazônica: equilibrio entre utilização
- 7 e conservação. Ciência e Cultura 30(1):9-16.
- 8 Alvim, P. de T. 1978. A expansão da fronteira agrícola no Brasil. Primer
- 9 Seminario Nacional de Política Agrícola, Brasília. 32 p.
- 10 Ara, M. y J.M.Toledo. 1979. Fertilización de pasturas en Pucallpa. CIAT
- 11 Boletín Informativo de Pastos Tropicales no.1. p.6-8.
- 12 Bandy, D.E. y Benítez, J.R. 1977. Proyecto Internacional de Suelos Tropi
- 13 cales-Yurimaguas, Perú. Ministerio de Alimentación y North Carolina
- 14 State University. 32 p.
- 15 Buol, S.W., F.D. Hole and R.J. McCracken. 1973. Soil genesis and classi-
- 16 fication Iowa State University Press, Ames. 360 p.
- 17 Bradley R.S., L.A. Oliveira, J.A. Podestá Filho e T.V. St. John. 1978.
- 18 Fixação de Nitrogeno associada com raizes em solos diferentes na
- 19 Floresta de Amazonia central. INPA, Manaus. 16 p.
- 20 Brunig, E. Tropical Ecosystems state and targets of research into the
- 21 ecology of humid tropical ecosystems.
- 22 Cochrane, T.T. 1980. Comunicación personal.
- 23 Da Silva, L.F. 1978. Influencia de manejo de um ecossistema nas proprie-
- 24 dades edaficas dos oxissolos de Tabuleiró CEPLAC-SUDENE. 25 p.
- 25 Dantas, M. e I.A. Rodríguez. 1980. Plantas invasoras de pastagens culti-
- 26 vadas na Amazonia. EMBRAPA-CPATU Boletim de Pesquisa no. 1. 23 p.
- 27

- 1 De la Torre, M., D. Pezo y M. Echevarría. 1977. Producción de leche en
2 base a pastoreo en la Amazonía peruana. In Resúmenes VI Reunión
3 ALPA, La Habana, Cuba. p. 42.
- 4 Ducke, A. 1949. As leguminosas da Amazonia brasileira. Boletim Técnico
5 de Instituto Agronômico de Norte. 19:53-94.
- 6 Ducke, A., G.A. Black e R.L. Frões. 1950. Notas sobre a Flora Neotropical.
7 III. Boletim Técnico de Instituto Agronômico de Norte no.19. .97 p.
- 8 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Centro de Pesquisa Agropecuária
9 do Trópico Umido. 1979. Relatório técnico anual do Centro Nacional
10 do Trópico Umido. 1977, Belém, Pará, Brasil. 178 p.
- 11 Falesi, I.C. 1976. Ecosistema de Pastagem cultivada na Amazonia brasilei-
12 ra. EMBRAPA-CPATU. Boletim Técnico no.1, Belém, Pará, Brasil. 193 p.
- 13 Falesi, I.C., T.X. Bastos e V.H.F. Moraes. 1972. Zoneamento agrícola da
14 Amazonia (1a. aproximação) Boletim Técnico de IEPAN no.54. 153 p.
- 15 Ferreira, R. 1971. Flora invasora de Pucallpa y Tingo María. Universidad
16 Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- 17 Gonçalves, C.A., J.C.Madeiros, W.J. Curi e M.J. Jorge. 1979. Produção
18 de gramíneas e leguminosas forrageiras no territorio federal de Rondô-
19 nia. EMBRAPA-UEPAT. Comunicado Técnico no. 3, Porto Velho, Rondônia,
20 Brasil. 37 p.
- 21 Lee, D.H.K. 1968. El clima y el desarrollo económico en los trópicos.
22 Manual Utelia no.363, México. 246 p.
- 23 Lourenço Junior, J.B. 1979. Relatório anual do projeto sistema de produ-
24 ção animal EMBRAPA-CPATU, Belém, Brasil. 76 p.
- 25 Meggers, B. 1976. Amazonia un paraíso ilusorio. Siglo veintiuno, México.
26 248 p.
- 27

- 1 Morales, V. y K. Santhirasegaram. 1977. Producción animal en base a
2 pasturas en el trópico de Pucallpa, Perú. In Resúmenes de la VI
3 Reunión ALPA, La Habana, Cuba.
- 4 Nascimento, C.N. 1979. Water Buffalo production and research in Brazil.
5 EMBRAPA-CPATU, Belém, Pará, Brazil. 11 p.
- 6 Nascimento, C.N. y J.M. Guimaraes. 1970. Fatores afetando o peso ao
7 nacer de bufalos pretos. Boletim IPEAN Vol. 1 no.2. Belém, Brasil.
8 57 p.
- 9 Nascimento, C.N., J.M. Guimaraes y A.G. Goudin. 1970. Fatores de produ-
10 tividade leiteira em bufalas pretas. Boletim IPEAN Vol. 1 no. 1.
11 Belem, Brasil. 36 p.
- 12 Nascimento, C.N. y L.O. Moura Carvalho. 1973. Estudo comparativo de produ-
13 ção leiteira de bufalas Mediterraneus em uma e duas ordenhas diarias.
14 Boletim Técnico IPEAN no. 56. p.9-14.
- 15 Nascimento, C.N. y E.D. Moreira. 1974. Estudo comparativo sobre habitos
16 de novilhas bubalinas e zebuinas em pastagem. Boletim Técnico do
17 IPEAN. p. 43-53.
- 18 Nascimento, C.N. y L.O. Moura Carvalho. 1978. Características reproducti-
19 vas de bufalas leiteiras de vaca Mediterraneo. EMBRAPA. Comunicado
20 Técnico no. 8. 5 p.
- 21 Nascimento, C.N. L.O. Moura Carvalho e J.B. Lourenço. 1979. Importancia
22 do bufalo para a pecuaria brasileira. EMBRAPA-CPATU, Belém, Brasil.
23 31 p.
- 24 North Carolina State University, Soils Science Department. 1974. Agro-
25 nomic-Economic research on tropical soils. Annual Report. Raleigh,
26 North Carolina, U.S.A. 230 p.
- 27

- 1 North Carolina State University, Soils Science Department. 1975. Agro-
2 nomic-Economic research on tropical soils. Annual Report.. Raleigh,
3 North Carolina, U.S.A. 312 p.
- 4 North Carolina State University, Soils Science Department. 1976-77.
5 Agronomic-Economic research on tropical soils. Annual Report. 267 p.
- 6 Nye, P.H. and D.J. Greenland. 1960. The soil under shifting cultivation.
7 Commonwealth Agricultural Bureaux, England. 156 p.
- 8 Nye, P.H. 1961. Organic and nutrient cycles under a moist tropical
9 forest. *Plant and Soil*. 13:333-346.
- 10 Oliveira, M.A.S. e W.J. Curi. 1979. Dinamica de população e controle
11 biológico da Cigarrinha em pastagens de (*Brachiaria decumbens*) em
12 Rondonia. Comunicado Técnico no. 7 EMBRAPA-UEPAE, Porto Velho,
13 Brasil. 13 p.
- 14 Pinedo, L. y K. Santhirasegaram. 1973. Respuesta de algunas especies de
15 pastos tropicales a la aplicación de P y Ca. In Resúmenes de IV
16 Reunión de ALPA, México. p. 155.
- 17 Reyes, C.A. 1974. Estudio preliminar de compatibilidad de 3 gramíneas
18 y 3 leguminosas en la zona de Pucallpa. Tesis Universidad Nacional
19 de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. 60 p.
- 20 Rolim, F.A., H.W. Koster, E.J.A. Khan e H.M. Saito. 1979. Alguns
21 resultados de pesquisas agrostológicas na região de Paragominas,
22 Pará e Nordeste de Mato Grosso. SUDAM-IRI. 56 p.
- 23 Saco Vertiz, C. y G. Bravo. 1967. Operación Tocache. Lima, Perú. 129 p.
- 24 Salinas, J.G. and P.A. Sánchez. 1975. Soil-Plant relationship affecting
25 varietal and species differences in tolerance to low available soil
26 phosphorus. *Ciencia e Cultura*. Vol. 28(2):156-168.
- 27

- 1 Sánchez, P.A. 1973. Un resumen de las investigaciones edafológicas en
2 la América Latina Tropical. North Carolina State University.
3 Technical Bulletin 219, Raleigh, U.S.A. 215 p.
- 4 Sánchez, P.A. 1973. Characteristics and management of soils in the
5 tropics. In Soils Science Department Course at NCSU, Raleigh, U.S.A.
- 6 Santhirasegaram, K. 1974. Manejo de praderas de leguminosas y gramíneas
7 en un ecosistema de selva lluviosa tropical en Perú. In Manejo de
8 Suelos en la América Tropical, N.C.S.U., U.S.A. p. 445-466.
- 9 Santhirasegaram, K., V. Morales, L. Pinedo and J. Díez. 1972. Pasture
10 development in the Pucallpa Region (Interim Report), IVITA, Perú.
11 132 p.
- 12 Santhirasegaram, K., V. Morales and C. Reyes. Second Interim Report on
13 Pasture development in the Pucallpa Region. IVITA, Perú. 213 p.
- 14 Serrão, E.A. 1977. Adaptação de gramíneas forrageiras do gênero
15 *Brachiaria* na Amazonia. In Encontro sobre forrageiras do gênero
16 *Brachiaria*. p. 21-54.
- 17 Serrão, E.A., H.A. Batista e J.A. Boulhosa. 1970. *Canarana erecta* lisa
18 *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc. et Chase. Serie: Estudos sobre
19 Forrageiras Na Amazônia. Boletim IPEAN Vol. 1 no.1, Belém, Brasil.
20 35 p.
- 21 Serrão, E.A. e M. Simão Neto. 1971. Informações sobre duas especies de
22 gramíneas forrageiras de genero *Brachiaria* na Amazonia: *B. decumbens*
23 e *B. ruziziensis*. Serie: Estudos sobre Forrageiras na Amazonia.
24 Boletim IPEAN Vol 2 no.1. Belém, Brasil. 31 p.
- 25 Serrão, E.A., E.S. Cruz, M. Simão Neto, G.F. Sousa, J.B. Bastos e M.C.F.
26 Guimaraes. 1971. Resposta de tres gramíneas forrageiras (*Brachiaria*
27 *decumbens*, *Brachiaria ruziziensis* e *Pennisetum purpuraceum*) a elementos

- 1 fertilizantes em latosolo amarelo textura media. Serie: fertilidade
2 do solo. Boletim IPEAN Vol. 1 no. 2, Belém, Brasil. 38 p.
- 3 Serrão, E.A.S. and M. Simão Neto. 1975. The adaptation of tropical
4 forages in the Amazon region. In Tropical Forages in Livestock
5 production systems ASA-CSSA-SSSA Special publication no.24. p. 31-52.
- 6 Serrão, E.A. e I.C.Falesi. 1977. Pastagens do Trópico Úmido Brasileiro
7 EMBRAPA-CPATU, Belém, Brasil. 76 p.
- 8 Seubert, C.E., P.A. Sánchez and C. Valverde. 1977. Effect of land
9 clearing methods on soil properties of an Ultisol and crop perform-
10 ance in the Amazon jungle of Perú. Separata Journal Series Paper
11 no.500Z:307-321, Raleigh, North Carolina Agricultural Experiment
12 Station and Min. de Alimentación, Perú.
- 13 Simão Neto, M., E.A. Serrão, C.A. Gonçalves e D.M. Pimentel. 1973.
14 Comportamento de gramíneas forrageiras na região de Belém. IPEAN
15 Comunicado Técnico no.44. 19 p.
- 16 Simão Neto, M. e E.A. Serrão. 1974. Capim Quicuío de Amazonia (*Brachia-*
17 *ria* sp.). Boletim Técnico IPEAN no.58, Belém, Brasil. p. 1-17.
- 18 Toledo, J.M. y M. Ara. 1977. Manejo de suelos para pasturas en la selva
19 amazónica. Trabajo preparado para la Reunión de Taller FAO-SIDA,
20 sobre Ordenación y Conservación de Suelos en América Latina, Lima,
21 Perú. 46 p.
- 22 Toledo, J.M. 1979. Resultados experimentales sobre pasturas en la Ama-
23 zonia peruana. Seminario sobre los Recursos Naturales Renovables y
24 el Desarrollo Regional Amazónico, IICA, Bogotá. p. 170-179.
- 25 Toledo, J.M. 1979. Establishment and management of improved pastures in
26 the peruvian amazon. In Pasture Production in Acid Soils of the
27 Tropics. p. 177-194.
- Viera, L.S., H.V.Oliveira e T.X. Bastos, 1971. Os solos de Estado de
Pará. Cadernos Paraenses no.8 IDESP, Belém, Brasil. 175 p.

ECOSISTEMAS MAYORES DE LA CUENCA AMAZONICA
MAJOR ECOSYSTEMS OF THE AMAZON BASIN

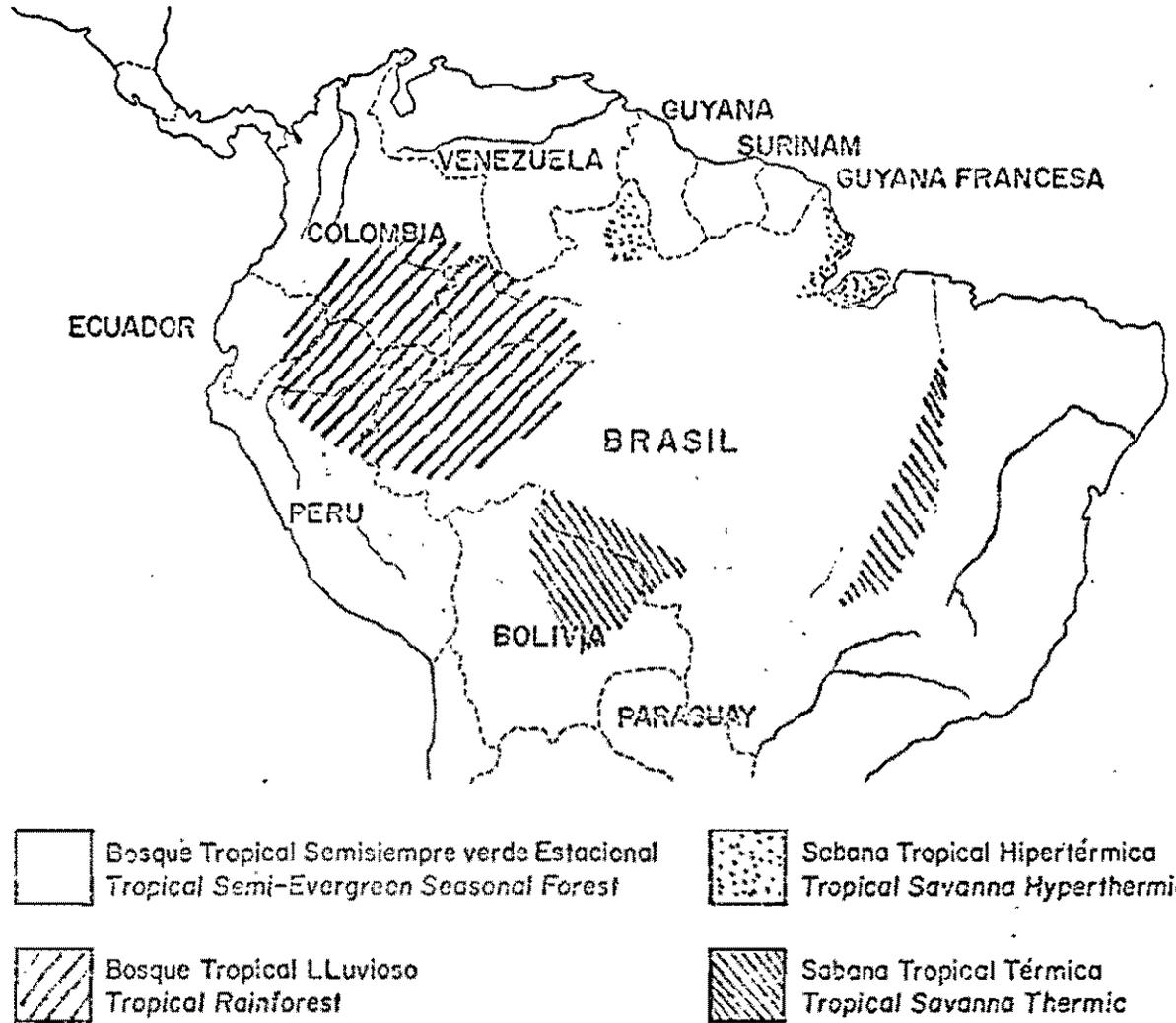


FIGURA 1.

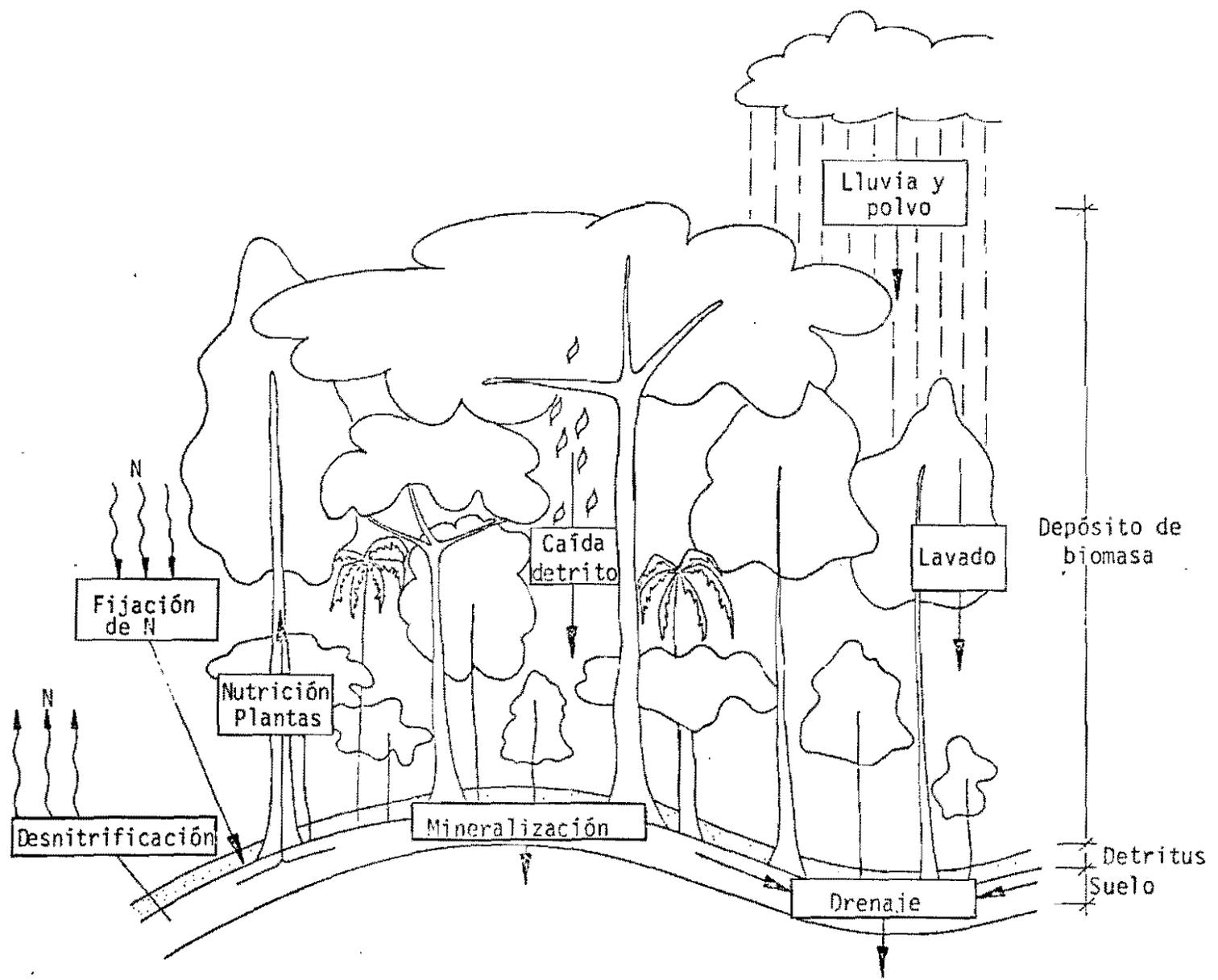


Figura 2. El ciclo de nutrimentos en el ecosistema de bosque tropical.

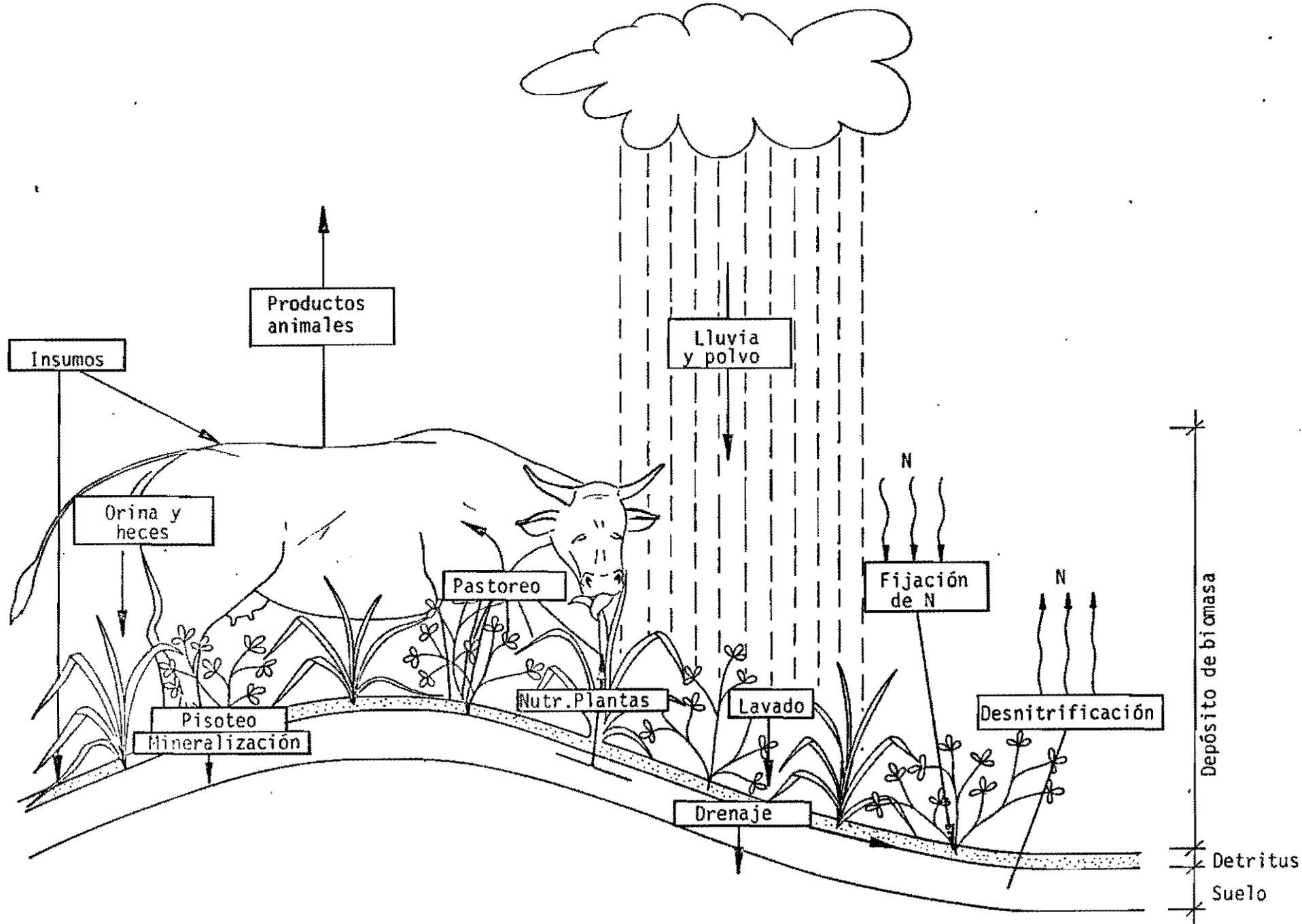


Figura 3. El ciclo de nutrimentos en una pradera de gramínea - leguminosa.

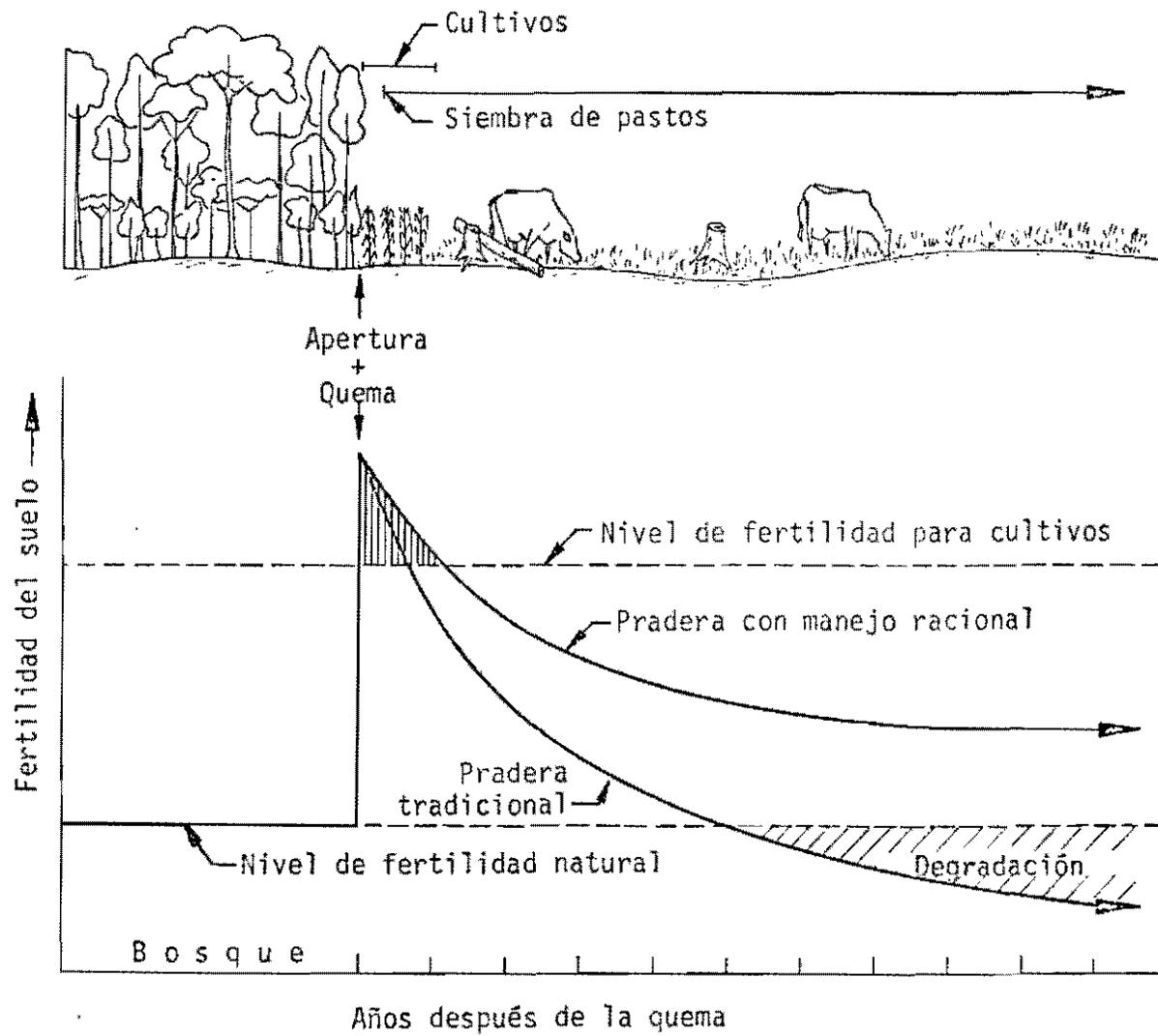


Figura 4. Modelo que muestra los cambios de fertilidad del suelo al cambiar de la vegetación de Bosque a la de pradera (Fuente: Toledo, 1977; Serrão, 1978 y Alvim, 1978).

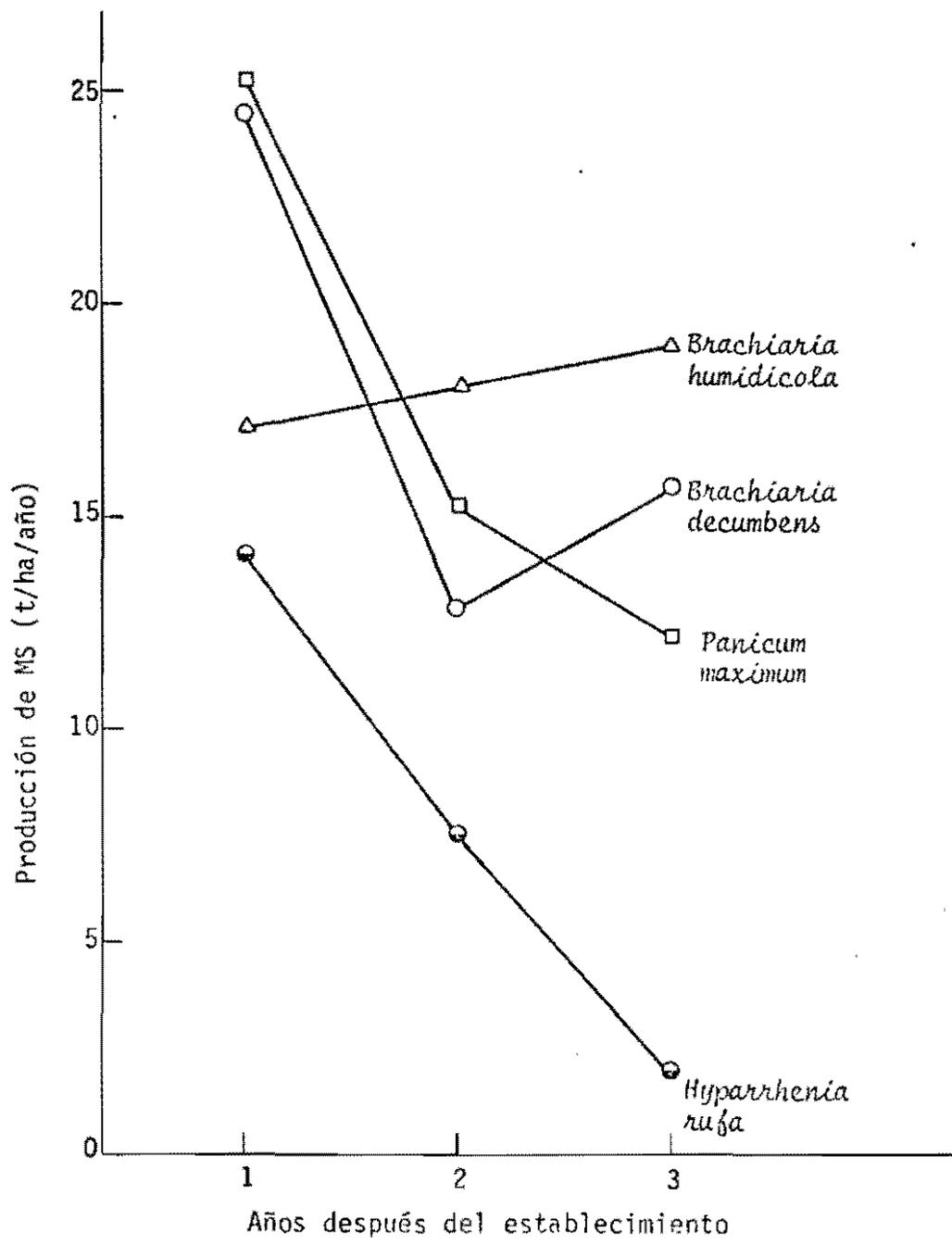


Figura 5. Productividad de algunas gramíneas durante los tres primeros años de establecimiento en un Oxisol de Belém, Brasil (Fuente: M. Simão Neto et al., 1973).

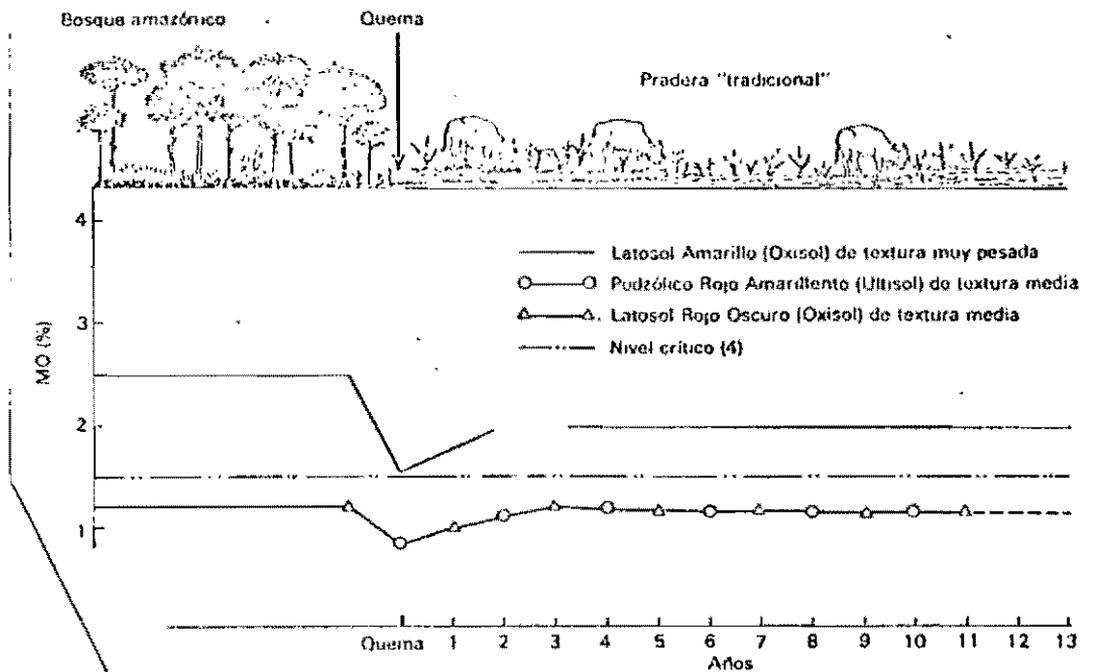


Figura 6. Alteraciones en los valores de MO en suelos bajo bosque y bajo praderas de *P. maximum* de diferentes edades.

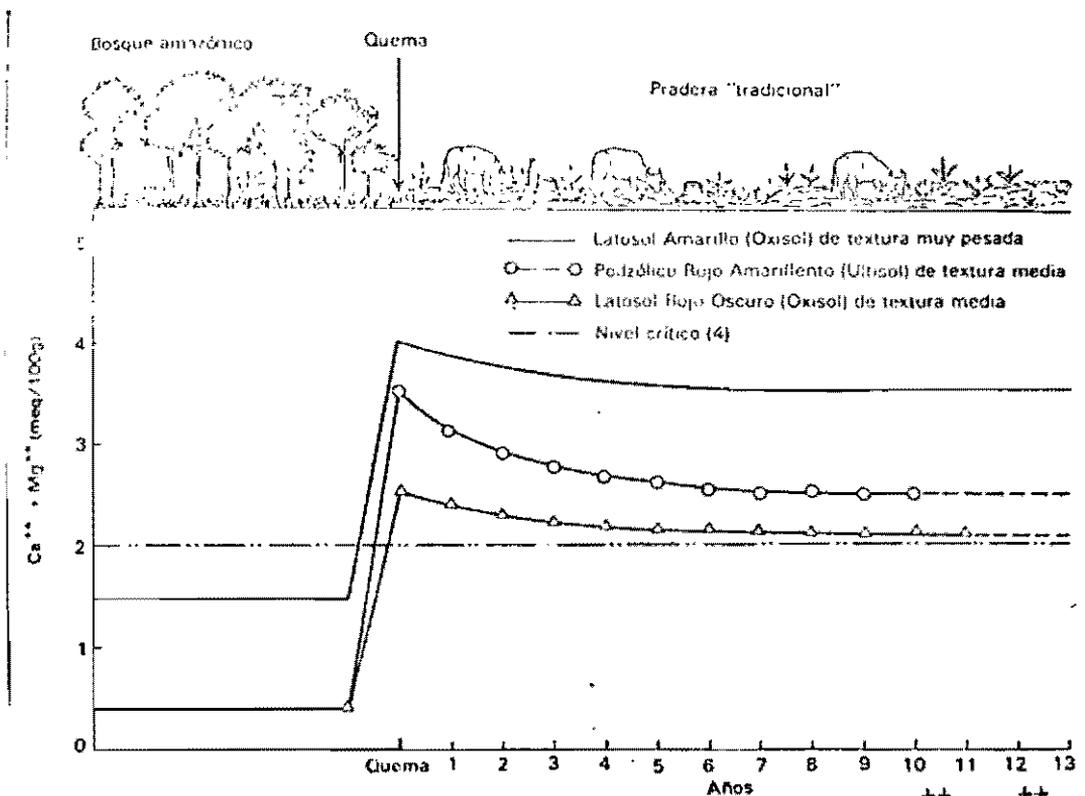


Figura 7. Alteraciones de los contenidos de Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ en suelos bajo bosque y praderas de *P. maximum* de diferentes edades.

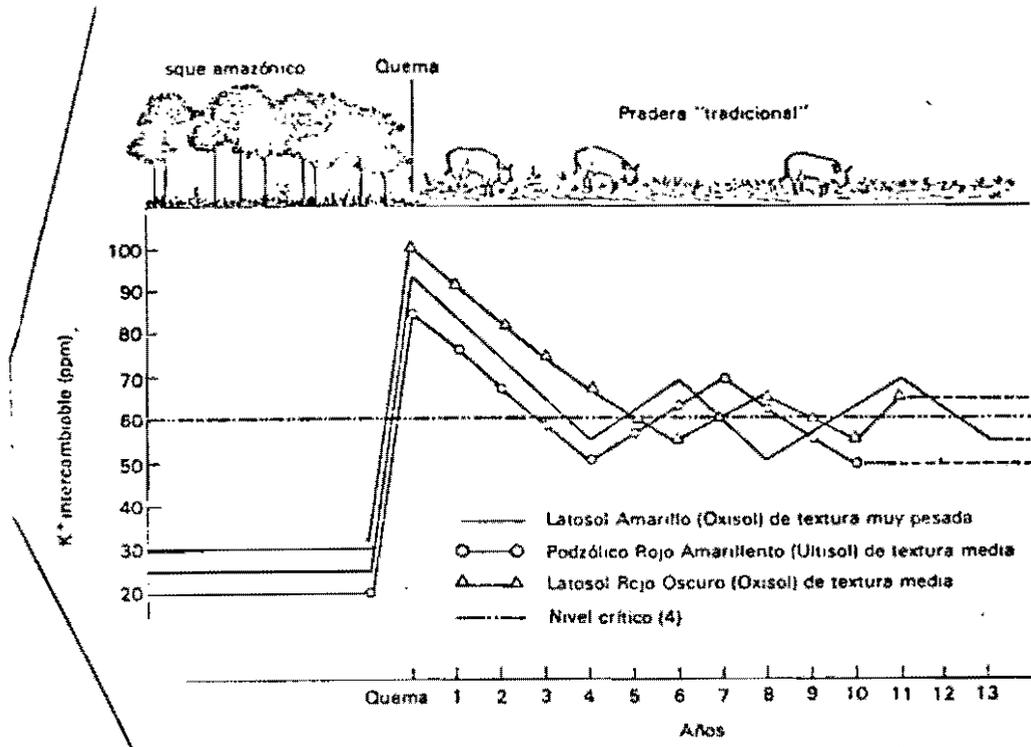


Figura 8. Alteraciones en los contenidos de K^+ intercambiable en suelos bajo bosque y bajo praderas de *P. maximum* de diferentes edades.

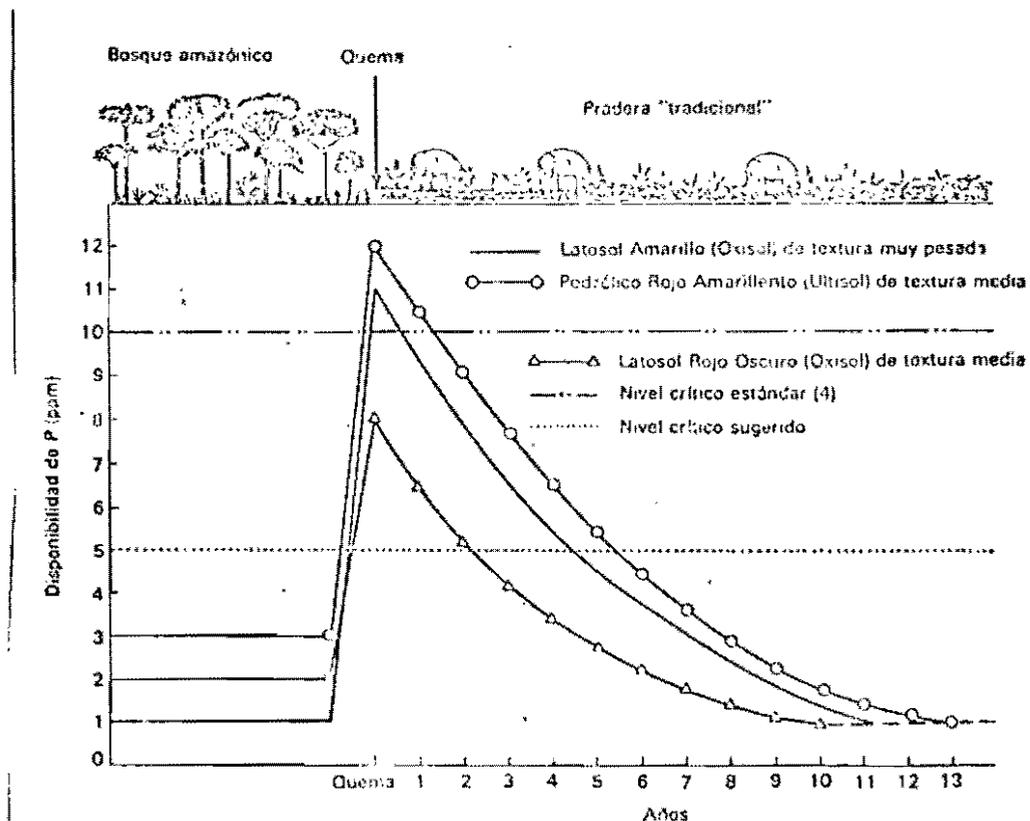


Figura 9. Alteraciones en los contenidos de P disponible en suelos de bosque y bajo praderas de *P. maximum* de diferentes edades.

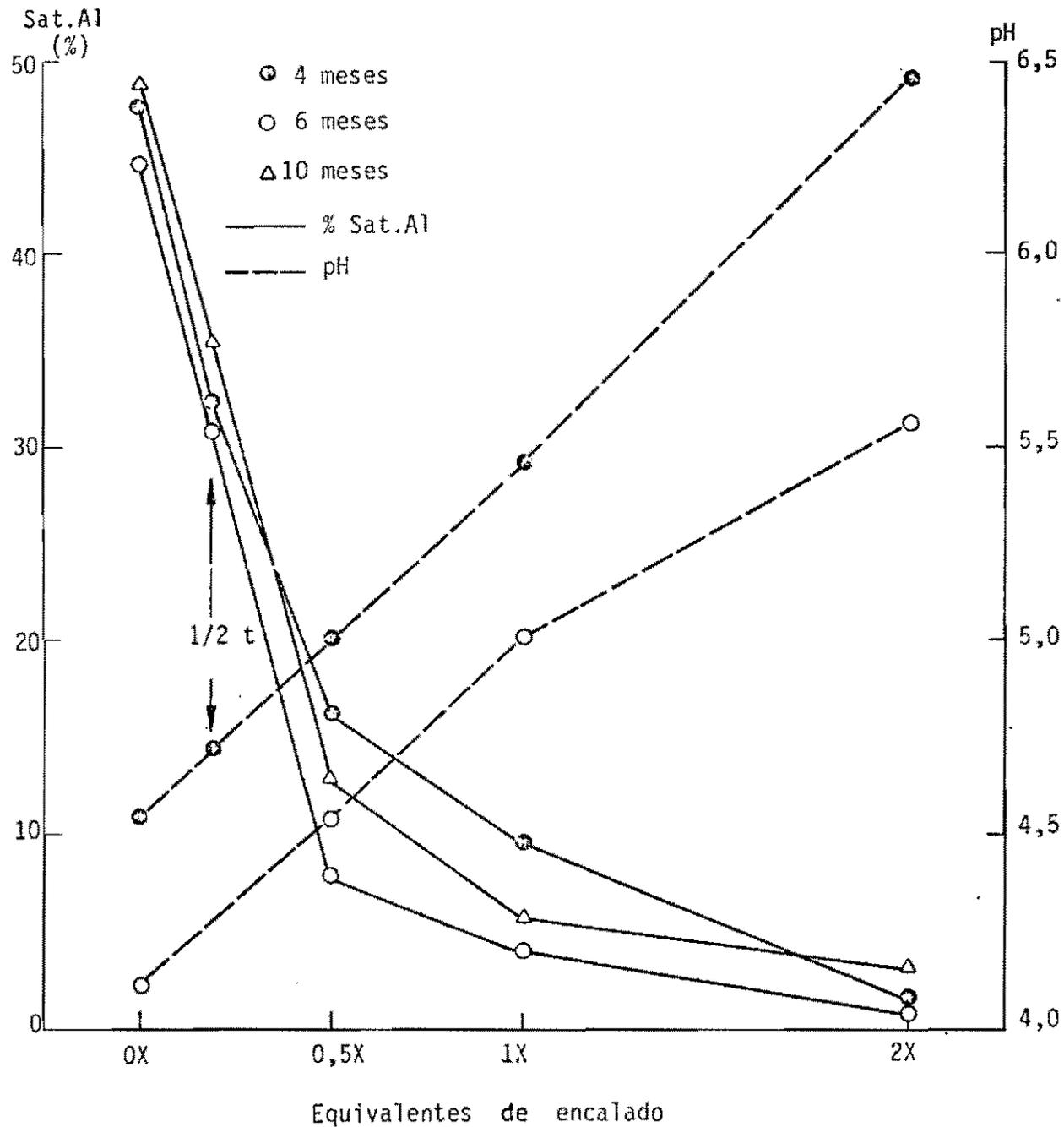


Figura 10. Efecto del encalado sobre el porcentaje de saturación de Al y el pH, 4, 6 y 10 meses después de la incorporación de cal en los 15 cm superficiales en un Ultisol de Pucallpa, Perú (Fuente: Ara, M. *et al.*, 1979).

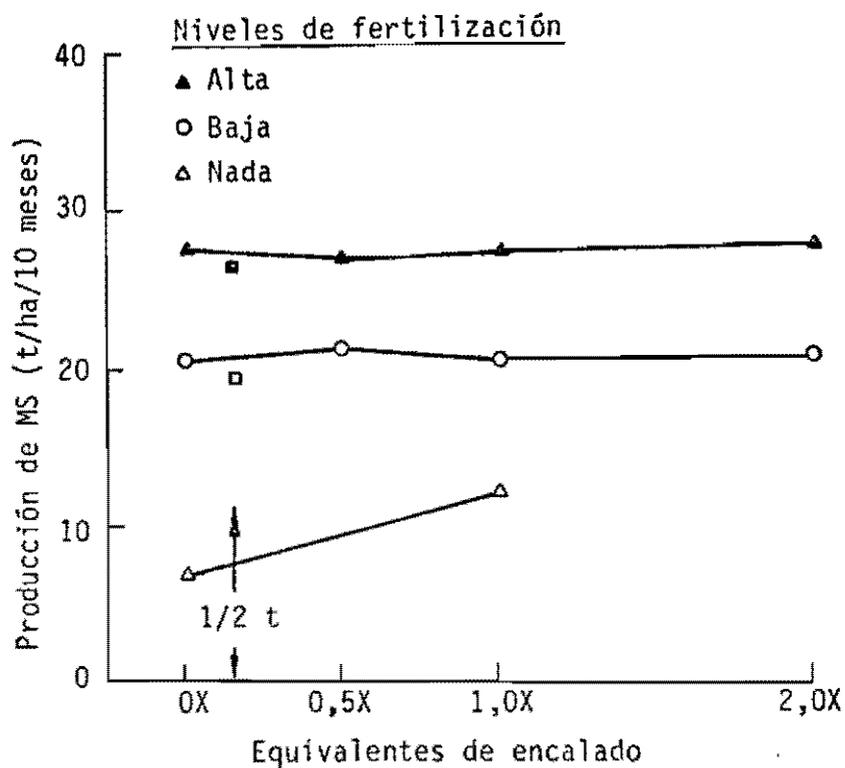


Figura 11. Efecto del encalado sobre la producción de *Brachiaria decumbens* en Pucallpa, Perú (Fuente: Toledo, 1979).

Cuadro 1. Area total y proporción de los diferentes órdenes del suelo de la Amazonía

Orden	Area (millones ha)	Proporción (%)
Oxisol	205,3	42,5
Ultisol	119,1	24,6
Entisol	44,8	9,3
Alfisol	14,2	2,9
Inceptisol	10,6	2,2
Spodosol	10,5	2,2
Otros	79,8	16,3
TOTAL	484,3	100,0

Fuente: T.T.Cochrane (1980)

Cuadro 2. Calidad de drenaje y capacidad de retención de humedad de los suelos de la Amazonía (Áreas y proporciones).
(Fuente: T.T. Cochrane, 1980)

	Área (millones de ha)	Proporción (%)
DRENAJE		
Bueno	354,4	73,3
Suficiente	14,8	3,1
Malo	114,4	23,7
CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD		
Alta	9,3	2,0
Media	274,6	56,8
Baja	199,0	41,2

Cuadro 3. Frecuencia con que ocurren diferentes niveles de algunas características químicas, a dos profundidades de los suelos amazónicos.

Característica química	Profundidad del suelo*	
	0-20 cm	21-50 cm
	-----%-----	
pH:		
Acido (>5,3)	18,9	17,5
Muy ácido (<5,3)	81,1	82,4
% Saturación de Al:		
Muy alto (>70)	59,0	61,6
alto (40-70)	16,2	8,2
medio (10-40)	7,9	8,2
bajo (<10)	16,9	19,9
Capacidad de cationes cambiabiles (meq/100g):		
media (>4,0)	20,9	10,9
baja (0,4-4,0)	33,0	16,8
Muy baja (<0,4)	46,0	72,9
% Materia orgánica:		
alta (>4,5)	17,0	0,1
media (1,5-4,5)	9,1	83,8
baja (<1,5)	74,0	16,1
Fósforo (ppm):		
alto (>7,0)	9,9	3,0
medio (3,0-7,0)	32,9	11,3
bajo (<3,0)	57,3	85,7

* Proporción del área total 484,3 millones de hectáreas (Fuente: Cochrane, T.T., 1980).

Cuadro 4. Eficiencia y costos comparativos de diferentes métodos de apertura de bosque en la Amazonia peruana (Fuente: Saco Vertiz *et al.*, 1977 y Valdivieso, 1973).

Método	Eficiencia		US\$/ha
	hombres/ha	horas/ha	
Hacha y machete (Tocache)	50,00	8,00	96,00*
Buldózer (Tocache)	3,00	9,92	204,00*
Triturador de árboles G-40 (Pucallpa)	0,25	0,84	55,00**

* Costos en 1966

** Costo en 1971.

Cuadro 5. Rango de presión sobre el suelo producida por varios agentes de compactación.

Agente compactante	Peso	Rango de presión sobre el suelo
	t	(kg/cm ²)
Bulldózer (180 HP)	18,30	0,67-0,51
Bulldózer (270 HP)	28,10	0,95-0,68
Bulldózer (385 HP)	38,80	0,95-0,76
Triturador de árboles G-40 (475 HP)	45,00	1,03-<1
Triturador de árboles G-60 (475 HP)	65,00	1,37-<1
Equino	0,40	4,00-1,00
Vacuno	0,35	3,50-0,88
Humano	0,07	0,47-0,23

Fuente: Toledo, J. *et al.*, 1979.

Cuadro 6. Proporción de la producción con abono completo, alcanzada por gramíneas sin la aplicación de uno o todos los elementos, en 4 suelos de la Amazonía.

Tratamiento	Manaus- Itacoatiara* Oxisol (8)**	Sur de Pará* Oxisol (12)**	Paragominas* Oxisol (13)**	Pucallpa* Ultisol (3)**
Completo	100,0	100,0	100,0	100,0
-N	120,0	90,1	101,3	26,0
-P	36,0	37,0	45,3	29,0
-K	84,0	61,7	74,7	85,0
-S	106,0	74,1	86,7	58,0
-Ca	84,0	84,0	90,7	84,0
-FTE	104,0	74,1	85,3	-
no fert.	41,3	33,3	33,3	21,0

* Localidad

** Orden de suelo y años después de la apertura del bosque

Fuente: A. Serrão *et al* (1979) y Toledo *et al* (1979)

Cuadro 7. Gramíneas y leguminosas forrajeras mejoradas, introducidas en la Amazonia.

Géneros	Gramíneas		Leguminosas	
	especie	cultivares	Géneros	especies y cultivares
<i>Andropogon</i>	2		<i>Cajanus</i>	1
<i>Axonopus</i>	10		<i>Centrosema</i>	22
<i>Brachiaria</i>	10		<i>Calopogonium</i>	1
<i>Chloris</i>	2		<i>Canavalia</i>	4
<i>Cynodon</i>	9		<i>Cassia</i>	1
<i>Digitaria</i>	6		<i>Clitoria</i>	1
<i>Echinochloa</i>	2		<i>Desmodium</i>	7
<i>Eragrostis</i>	2		<i>Dolichos</i>	1
<i>Eriochloa</i>	4		<i>Galactia</i>	9
<i>Hemarthria</i>	1		<i>Glycine</i>	5
<i>Hyparrhenia</i>	1		<i>Leucaena</i>	10
<i>Melinis</i>	2		<i>Lotononis</i>	1
<i>Panicum</i>	22		<i>Macroptilium</i>	2
<i>Paspalum</i>	11		<i>Macrotiloma</i>	2
<i>Pennisetum</i>	35		<i>Periandra</i>	1
<i>Saccharum</i>	10		<i>Phaseolus</i>	1
<i>Setaria</i>	14		<i>Pueraria</i>	2
<i>Sorghum</i>	7		<i>Rhynchosia</i>	1
<i>Tripsacum</i>	1		<i>Stylosanthes</i>	25
			<i>Stizolobium</i>	1
			<i>Teramnus</i>	2
			<i>Zornia</i>	1
Totales	151			101

Cuadro 8. Comportamiento animal y producción de carne por ha en praderas tradicionales y mejoradas en Pucallpa, Perú. Promedio de 6 años (Fuente: Toledo y Morales, 1979).

Tratamientos		Ganancia de peso	
Tipo de pradera	carga	por animal	por hectárea
	cabeza/ha	g/día	kg/año
<i>Hyparrhenia rufa</i> (Tradicional)	1,2	160	70
	1,5	169	92
	1,8 (100%)*	227 (100%)	149 (100%)*
	1,9	215	149
	2,1	169	129
	2,3	203	170
	2,6	160	151
<i>Hyparrhenia rufa</i> + <i>S. guianensis</i> + 100 kg/ha/año de SFS (Mejorada o "Pionera")	2,1	403	308
	2,4	401	351
	2,6 (144%)*	495 (218%)*	469 (314%)*
	2,7	340	335
	3,0	345	377
	3,1	439	496
	3,6	350	459
4,1	286	428	

* Porcentaje comparativo entre los tratamientos que resultaron con mejores ganancias de peso por animal y por ha.

Cuadro 9. Producción de leche y manejo de vacas lactantes. Cebú x Holstein pastoreando *B. decumbens* fertilizado en Pucallpa, Perú. Promedio de dos años (Fuente: De la Torre *et al.*, 1977).

Parámetro	\bar{x} / season		\bar{x} Año
	Lluviosa	Seca	
	8 meses*	4 meses*	
Pastoreo:			
\bar{x} Intervalo (días)	22,75	22,20	22,57
\bar{x} Capacidad de carga (vacas/ha)	3,80	2,75	3,45
Producción de leche:			
\bar{x} Por vaca (kg/vaca/día)	9,00	8,20	8,75
\bar{x} Por ha (kg/ha/día)	34,40	22,75	30,52

* Largo de la estación.

Cuadro 10. Índices productivos predominantes en la Amazonia, para bubalinos y bovinos (Fuente: Nascimento *et al.*, 1979).

Parámetros	Bubalinos	Bovinos
Natalidad (%)	60-70	40-50
Mortalidad (%)		
Primer año	5-6	10-11
Primero y segundo año	3-4	6-7
Adultos	1-2	2-3
Descarte (%)	6	9
Edad al beneficio (años)	2-3	3,5-5,0
Peso al beneficio (kg)	300-400	300-350
Producción de leche (kg/lactancia)	1000-1400	800-1200

Cuadro 11. Coeficientes de digestibilidad "in vitro" de heno sobremaduro de *Melinis minutiflora* usándose inóculos de búfalo Cebú y bovino europeo. (Fuente: Nascimento *et al.*, 1979)

Especie (Raza)	Coeficientes de digestibilidad	
	M.S.	F.C.
Búfalo (Jafarabadi)	34,0	31,6
Cebú (Gir)	31,1	24,7
Europeo (Holstein)	30,6	23,2

Cuadro 12. Promedios de peso al nacimiento y a los 24 meses de bubalinos y bovinos en pastos nativos en Belém, Brasil. (Fuente: Nascimento *et al.*, 1979)

Especie (raza o tipo)	Peso al nacimiento		Peso a los 24 meses	
	(n)	(kg)	(n)	(kg)
Búfalos:				
(Mediterráneo)	71	36,8	19	369,0
(Carabao)	32	36,8	10	322,7
(Jafarabadi)	26	36,2	8	303,3
Bovinos:				
(Canchin)	13	30,9	16	281,8
(Nelore)	28	24,5	22	264,7

Cuadro 13. Ganancia de peso y manejo de novillos bovinos y bubalinos en *Echinochloa pyramidalis* bajo rotación. Belem, Brasil
(Fuente: Nascimento *et al.*, 1979)

Parámetro	Cebú Nelore	Búfalo Mediterraneo
Edad inicial (años)	2	2
Peso inicial (kg/animal)	187,3	300,7
Peso final (kg/animal)	305,8	483,8
Ganancia de peso(g/an/día)	353,0	545,0
Capacidad carga(an/ha/año)	3,4	1,9
Ganancia peso/ha(kg/ha/año)	404,0	382,1

Cuadro 14. Producción de leche corregida de hembras bubalinas y bovinas en 2 ordeños en Belém, Brasil.
(Fuente: Nascimento *et al*, 1979)

Especie:(raza)	No.de Ob- servación	\bar{x} Prod.leche (kg/lact)
Gúfalos:		
(Murrah x Mediterráneo)	45	2.640,2
(Mediterráneo)	15	2.328,4
Bovinos:		
(Jersey x Sindi)	9	1.990,9
(Sindi)	17	1.635,5

Cuadro 15. Comparación de la composición de la leche de búfalos y vacas Cebú.
(Fuente: Nascimento *et al.*, 1979)

Elementos	Leche de:	
	Búfalo	Cebú
	-----%-----	
Agua	82,0	86,6
Sólidos	18,0	13,4
Grasa	7,6	5,0
Proteína	4,4	3,2
Lactosa	4,8	4,6

SELECCION DE CULTIVARES DE PASTOS A PARTIR DE UN GRAN NUMERO
DE ENTRADAS SOMETIDAS A PASTOREO

B. Grof*

Resumen

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

Se discuten las estrategias para la evaluación de especies de pastos empleados por el CIAT en su estación principal de investigación en sabana en los Llanos Orientales de Colombia y las técnicas apropiadas para probar un gran número de accesiones en pastoreo.

Durante el período de 1977-1982, se seleccionaron cerca de 41 accesiones de 14 especies de leguminosas y 7 especies de gramíneas utilizando las técnicas descritas. Se presentan los resultados de las pruebas preliminares de pastoreo en relación con Centrosema spp., Desmodium ovalifolium y Stylosanthes capitata.

Palabras claves: forrajes tropicales, Centrosema, Desmodium, Stylosanthes, pruebas de pastoreo.

* Científico Principal, Programa de Pastos Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombia, S.A.

Introducción

Las especies forrajeras cultivadas deben desempeñar un papel cada vez más importante en la producción de ganado vacuno en las regiones tropicales del mundo, con el objeto de poder reducir los efectos de las deficiencias de los pastos nativos, aumentar la fertilidad del suelo, y lograr una mejor nutrición animal de manera relativamente económica. El Programa de Pastos Tropicales del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) centra su atención en el mejoramiento de los recursos de la tierra pastoreable en las regiones de sabana (Llanos y Campos Cerrados) de América tropical. Uno de los principales factores limitantes de la producción de ganado en estas regiones de sabana es el poco valor nutritivo de las praderas nativas.

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

La investigación sobre pastos en el CIAT ha estado dirigida en la última década a identificar las especies y cultivares de leguminosas más apropiadas y más resistentes en condiciones de pastoreo, y a determinar la mejor forma de establecerlas y mantenerlas cuando se siembran en asociación con las gramíneas que compiten con ellas.

La investigación llevada a cabo hasta ahora ha sido vaga en el sentido que abarca numerosos géneros y especies, especialmente en las primeras etapas de evaluación de germoplasma. En nuestro caso, la mayoría de las especies que eventualmente alcanzan una etapa avanzada de evaluación en experimentos de productividad en pastoreo son introducciones recientes y entradas domesticadas de especies casi totalmente desconocidas, sobre las que no se tiene información en cuanto a su comportamiento como pastos cultivados.

Para tener éxito en la introducción y evaluación de especies forrajeras, se debe disponer, para fines de investigación, de una colección numerosa de especies forrajeras con una amplia base genética. Una vez que se ha llenado este primer requisito, el investigador se encuentra ante un dilema colosal: cómo reducir este gran volumen de material a unas cuantas especies manejables que estén bien adaptadas al medio ambiente y que tengan, al mismo tiempo, ciertas características específicas que ameriten su producción.

Este trabajo presenta las estrategias de evaluación de especies forrajeras que emplean en Carimagua, la principal estación de investigación en sabana del CIAT. Dicha estación se encuentra localizada en la latitud $4^{\circ}34' N$, longitud $71^{\circ}20' (C)$, a 160 m.s.n.m. En los Llanos Orientales las sabanas bien drenadas isohipertérmicas y la temperatura media de la estación húmeda es de $23,5^{\circ}C$. La precipitación anual promedio de los últimos 9 años es de 2083 mm y está distribuida de abril a noviembre. El suelo es un Oxisol ácido (pH 4,1), con un bajo contenido de bases, y deficiente en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos microe-

elementos. Además, los suelos presentan una marcada toxicidad de aluminio que alcanza 86,5%.

Evaluación Preliminar

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

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

Evaluación Adicional en Pequeñas Parcelas

Después de la caracterización y selección inicial por su grado de resistencia a plagas y enfermedades, hay varios pasos adicionales de la técnica de evaluación, que generalmente se efectúan antes de probar las especies en experimentos de productividad en pastoreo.

Los experimentos de corte en pequeñas parcelas son útiles para fines comparativos en las accesiones establecidas y las nuevas accesiones. Las

pruebas de frecuencia de corte se pueden emplear para simular los efectos del pastoreo frecuente o continuo. En el caso de las asociaciones de gramíneas y leguminosas, los índices de crecimiento relativo de las especies componentes serán un buen indicio de su compatibilidad bajo varias tasas de defoliación. Por ejemplo, encontrar una leguminosa con la que se pueda sembrar la vigorosa gramínea estolonífera Brachiaria humidicola es un problema bastante difícil pero de una importancia económica considerable.

Arachis pintoii (Krap. et Greg.), una especie silvestre de maní proveniente del estado de Bahía, Brasil, introducida por el CSIRO, de Australia, resultó promisoría para sembrarla con esta gramínea bajo diversas frecuencias de corte (CIAT, Informe Anual, 1981). Las cantidades apreciables de la leguminosa que se mantienen en asociación con B. humidicola, aparentemente se deben a la alta tasa inicial de crecimiento de la leguminosa después de la defoliación (Cuadro 1). Sin embargo, una observación de este tipo, debe ser aún confirmada en condiciones reales de pastoreo.

Medición de la Respuesta al Pastoreo

Después de haber sido sometida a los experimentos en parcelas pequeñas, la especie de pasto se introduce en un terreno más grande para su evaluación en pastoreo.

Presencia del animal en pastoreo

La evaluación de accesiones o mezclas de pastos es un problema particularmente complejo. La mayor parte de la información comparativa sobre producción que se encuentra disponible está dada en términos de rendimiento de materia seca. Jones et al. (1980) encontraron una buena correlación

entre el rendimiento de materia seca de las líneas de Macroptilium sometidas a corte y su rendimiento de materia seca cuando se emplearon animales como agente defoliador. No obstante, dichos investigadores concluyeron, con base en sus experimentos sobre producción animal vs. el rendimiento de materia seca, que la información allegada en parcelas cortadas para simular el pastoreo debe ser extrapolada con gran precaución a las condiciones reales de pastoreo. Los resultados de otros experimentos respaldan estas conclusiones.

Mucho ha sido escrito sobre la presencia del animal en pastoreo como factor importante para la evaluación de accesiones y especies forrajeras. Es una creencia común que algunas especies se comportarían mejor si se las pastoreara en lugar de cortarlas, pero son muy contados los experimentos en los que se ha probado esta hipótesis. Además también existe información que prueba lo contrario; por ejemplo, en nuestros ensayos, el Andropogon gayanus cortado a intervalos de 6 semanas produjo un rendimiento igual o superior que el de la especie estolonífera de Brachiaria (Grof, 1982). Por otra parte, las cantidades de forraje en oferta de B. humidicola y B. decumbens sometidos a pastoreo fueron significativamente mejores que la de A. gayanus (Grof, 1982, presentado para publicación).

Evaluación de varias especies o ecotipos bajo pastoreo común

La ejecución de experimentos de producción animal es una forma complicada y costosa de medir la productividad relativa de accesiones y especies seleccionadas.

En las etapas iniciales de evaluación de especies de pastos, a menudo es deseable probar una amplia gama de especies o un rango de ecotipos de la misma especie, pero es poco práctico pensar en medir producción animal con todas ellas. En razón de las limitaciones que tienen datos de rendimiento de materia seca obtenida bajo un sistema de corte, es conveniente que sólo se comparen algunas cuantas especies cuidadosamente seleccionadas empleando producción animal como patrón de productividad.

El pastoreo de varias entradas

El efecto del animal en los pastos se puede determinar utilizando un gran número de bovinos en una pradera compuesta de varias parcelas repetidas de diferentes especies. El objetivo es pastorear intensamente todas las parcelas por un período corto a fin de defoliarlas y reducir los efectos de diferencia de palatabilidad.

Esta técnica se empleó en la evaluación del primer grupo de ecotipos de Stylosanthes capitata, Stylosanthes macrocephala y Desmodium ovalifolium resistentes a la antracnosis. Cada una de estas leguminosas, un total de 32 accesiones, se estableció en parcelas repetidas, y cada parcela se sobresembró con B. decumbens y A. gayanus formando un diseño de "ajedrez" con subdivisiones de una hectárea. Durante la estación seca se pastorearon 30 cabezas de ganado en el área total del ensayo de 12 hectáreas, y el número de cabezas se aumentó a 60 durante la estación húmeda. Los intervalos de descanso entre pastoreos fueron de 4 semanas en promedio durante la estación húmeda y de 6 semanas en la seca. El número

de cabezas de ganado y el período de pastoreo se calcularían de tal forma que la mayoría del forraje disponible pudiera ser consumido en dos días. Las cantidades de forraje disponible, o materia seca en oferta, se registraron al comienzo de cada período de pastoreo.

Pastoreo en franjas

Actualmente se está empleando una técnica de pastoreo en franjas en un ensayo compuesto por tres especies de gramíneas y seis de leguminosas. La preferencia inevitable en el pastoreo se ha minimizado mediante el uso de cercas eléctricas. Las 18 combinaciones se establecieron en parcelas duplicadas y el área total de 1 ha se dividió en 4 con líneas eléctricas transportables. El movimiento de los animales dentro de las subdivisiones se controla diariamente. La carga es de 2 unidades animales por ha, y el ensayo se pastorea durante 8 días y se deja descansar durante 32 días, durante los ocho meses de la estación húmeda. El período de descanso es de 40 días en la estación seca. El diseño experimental se puede observar en la Figura 1. Este método permite comparar un gran número de entradas en un área pequeña.

Evaluación bajo pastoreo de líneas avanzadas

Se seleccionaron varias especies de Centrosema y ecotipos de S. capitata y D. ovalifolium para su evaluación preliminar bajo pastoreo en la estación de investigación de Carimagua a fines de los años 70. Se empleó un diseño estándar que consistía de parcelas de 200 a 300 m² por tratamiento, y se distribuyeron 10 o más accesiones en 4 bloques completos al azar. Esta área de 1,25 ha se pastoreó en rotación como parte de un conjunto de 3 parcelas del mismo tamaño y diseño similar. El

ciclo de rotación fue una semana de pastoreo y dos de descanso. Se mantuvo una carga de 2 a 2,5 unidades animales (UA = 420 kg/ha) durante los 8 meses de la estación húmeda con un cambio a 1,6 UA/ha durante la estación seca.

Estudios de Casos por Especies de Pastos

Centrosema spp.

El precursor de las pruebas de pastoreo fue un experimento de corte en el que se compararon 30 accesiones de 8 especies de Centrosema bajo un régimen de corte estacional. Los rendimientos en promedio de materia seca de las especies indicaron que C. macrocarpum, C. brasilianum, C. acutifolium y C. pubescens contienen accesiones potencialmente valiosas como cultivares forrajeros para el ecosistema de los Llanos Orientales (Cuadro 2). La especie anual C. pascurum produjo cantidades apreciables de materia seca al comienzo de la estación húmeda pero completó su ciclo de vida antes del final de las lluvias. C. virginianum evidentemente no se adapta a los suelos de sabana ácidos y altamente saturados de aluminio, y las accesiones de C. Schiedeanum probadas se vieron gravemente afectadas por enfermedades foliares. Estas especies no deseables se eliminaron y no fueron sometidas a evaluación posterior.

En la prueba de seguimiento del pastoreo, se compararon 16 accesiones de especies promisorias de Centrosema en asociación con A. gayanus. Todas las especies de este ensayo fueron bien aceptadas por los animales en pastoreo y no se observó preferencia por ninguna de ellas en ninguna de las etapas. Los parámetros utilizados en el proceso de evaluación

y selección fueron el forraje disponible o materia seca en oferta, y la composición de la pradera sembrada. Los índices de carga fueron 2,5 animales/ha durante los 8 meses de la estación húmeda, y 1,6 animales/ha en la estación seca.

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

S. capitata

En asociación con A. gayanus se evaluaron 10 ecotipos de S. capitata representantes de tipos de floración temprana y media. Las características estudiadas incluyeron la materia seca en oferta y la composición botánica de la pradera. Todos los demás detalles fueron iguales a los del experimento con Centrosema.

En este experimento se registraron cambios dinámicos en el contenido

de gramíneas y leguminosas y la población de plantas de los ecotipos de floración media disminuyó rápidamente en el segundo año después del establecimiento. La información sobre el forraje disponible y la composición de la pradera indicó que 4 ecotipos de floración temprana y de hábito de autopropagación por semilla persistieron y dieron un mejor rendimiento en pastoreo que las líneas de S. capitata de floración media (Cuadro 3).

Desmodium ovalifolium

Esta leguminosa forrajera mostró su habilidad para competir con gramíneas estoloníferas vigorosas como B. humidicola. Se incluyeron 9 accesiones de D. ovalifolium en la prueba estándar de pastoreo con los tratamientos distribuidos en 4 bloques completos al azar. La materia seca en oferta, registrada en 15 fechas de muestreo, mostró diferencias significativas de rendimiento. Se obtuvo información adicional sobre la capacidad de producción de semilla de las 9 accesiones. Nuevamente, se observó una variabilidad ecotípica significativa en la producción de semillas y en la regeneración de plántulas con el sistema de pastoreo consistente en una semana de pastoreo por dos semanas de descanso.

Literatura Citada

- Centro Internacional de Agricultura Tropical. ? . Annual Report, Tropical Pastures Program. Cali, Colombia. pp. 2-6. (Mimeo).
- Grof, B. 1982. Performance of Desmodium ovalifolium Wall. in legume-grass associations. Trop. Agric. (Trinidad) 59(1):33-37.
- Grof, B. 1982. Yield attributes of grazed pastures of Brachiaria humidicola, B. decumbens, and Andropogon gayanus in association with Desmodium ovalifolium in an isohyperthermic savanna environment of South America. Trop. Agric. (Trinidad). Submitted for publication.
- Jones, R.M.; Jones, R.J. y Hutton, E.M. 1980. A method for advanced stage evaluation of pasture species: A case study with bred lines of Macroptilium atropurpureum. Australian J. Exp. Agric. Anim. Husb. 20:703-709.

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

Frecuencia de corte (semanas)	Gramíneas (kg/ha)	Leguminosas (kg/ha)	Total gramíneas + Leguminosas (kg/ha)
2	1.702,8	316,4 (15,59)*	2.029,2
4	2.366,8	678,0 (22,27)	3.044,8
6	2.697,2	602,0 (18,25)	3.299,2
8	3.248,8	707,2 (17,88)	3.956,0

*Las cifras en paréntesis son los porcentajes de leguminosa en la materia seca.

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

Especies	Número de accesiones	Promedio de todas las accesiones (kg MS/ha) (\bar{X} nueve cosechas)*
<u>C. macrocarpum</u>	5	3.814,78 A
<u>C. brasilianum</u>	4	2.773,47 B
<u>C. acutifolium</u>	2	2.757,38 BC
<u>C. pubescens</u>	8	2.391,62 C
<u>C. pascuorum</u>	5	1.089,81 D
<u>C. virginianum</u>	2	1.084,68 D
<u>C. schiedeanum</u>	1	1.084,68 D
<u>C. sp.</u>	3	1.084,68 D

*Los valores precedidos por una letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$) según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

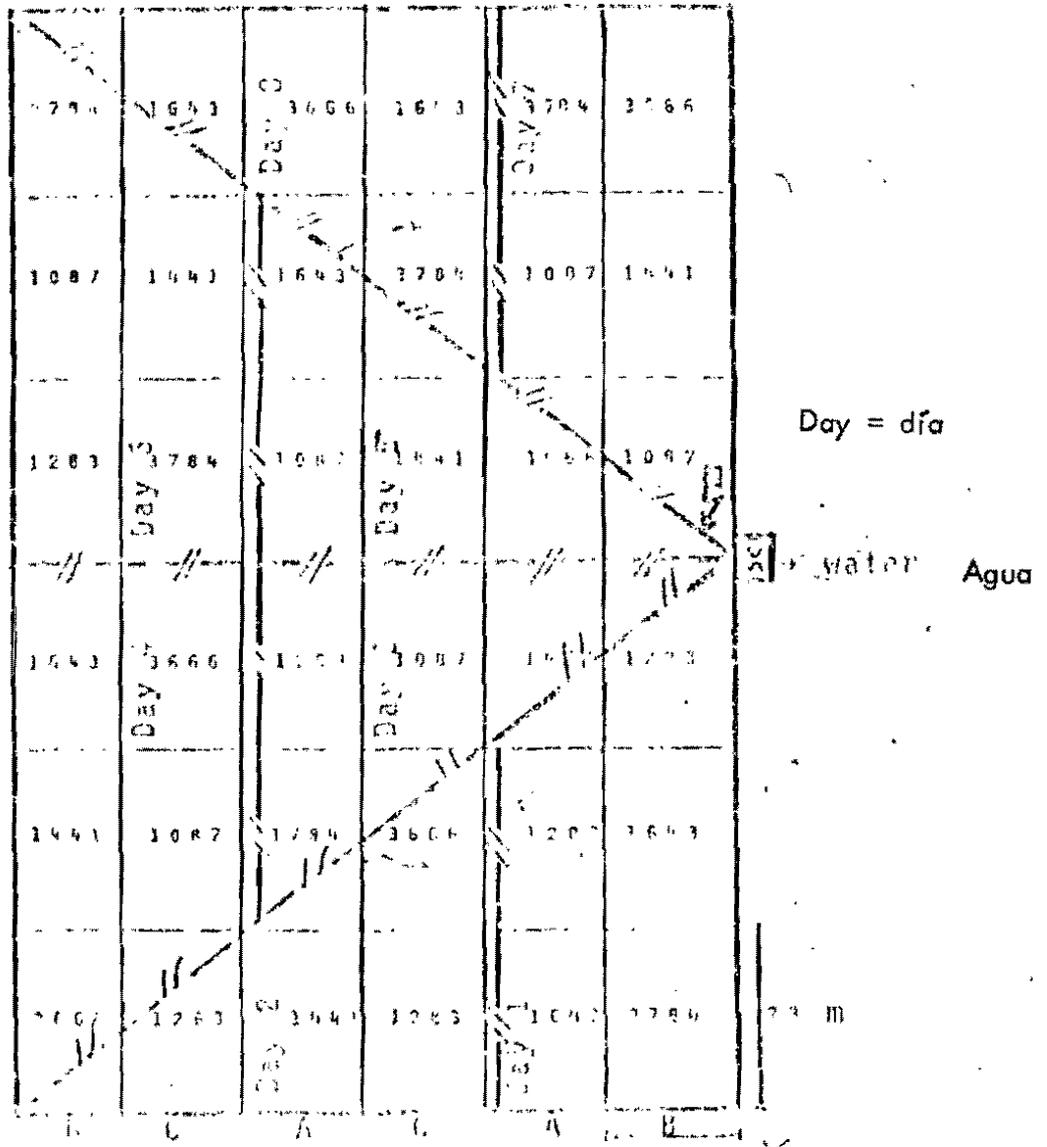
Cuadro 3. Número promedio de plantas por m² de seis accesiones de Stylosanthes capitata cultivadas en asociación con Andropogon gayanus en una pradera pastoreada de tres años de edad en Carimagua, Llanos Orientales.

No. de accesión del CIAT	No. de plantas / m ² *
1728 - Floración temprana	26,00 A
1693 - Floración temprana	22,85 A
1019 - Floración temprana	21,58 A
1943 - Floración temprana	15,20 B
1318 - Floración media	2,88 C
1315 - Floración media	2,50 C

* Los valores precedidos por una letra diferente son significativamente diferentes ($P < 0,05$) según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

Figure 1.

Experimental layout of a grazing test plot of three grasses by six legumes.
The area (1 ha) is subdivided with electric fence lines.



A = Pradera nativa

grass:

- A = Nativ pasture
- B = Melinis minutiflora
- C = Melinis argemone

Legumes: Leguminosas:

- 1643 S. macrocephala
- 1087 S. lefoatya
- 1641 S. capitata
- 1283 S. cutanensis
- 3666 P. ovalifolium
- 3784 P. ovalifolium

Figure 1. Diseño experimental de un ensayo de pastoreo con tres gramíneas y seis leguminosas. La parcela o área experimental (1 ha) se subdividió con cercas eléctricas.

XIII. BIOMETRIA

- Nociones Básicas del Diseño y Análisis de Experimentos.

M.C.Amezquita de Quiñones

- Metodos para los Estudios sobre utilización de las Praderas.

O.Paladines

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL "CIAT"

NOCIONES BASICAS DEL DISEÑO
Y ANALISIS DE EXPERIMENTOS

Maria Cristina Amezcua de Quiñones
Unidad de Biometría
CIAT

- 1 -

INTRODUCCION

=====

El propósito de este ciclo de tres conferencias es explicar en una forma fácil y clara:

- a) Cuál es el papel de " Biometría " en CIAT
- b) Cuál es el proceso a seguir cuando se desea efectuar un experimento
- c) Cuál es el uso de la Estadística y la Probabilidad en la experimentación
- d) Cuáles son los diseños estadísticos más utilizados en experimentación agrícola y pecuaria
- e) Cómo analizar algunos diseños balanceados básicos

Aunque el estudio del Diseño y Análisis de Experimentos conlleva una teoría matemática muy sólida y elegante, no es nuestro deseo profundizar en ella a través de estas conferencias. Más bien, explicaremos cuáles son los diseños básicos que existen, cuándo se pueden usar y cómo se deben analizar.

PRIMERA CONFERENCIA

=====

PAPEL DE BIOMETRICA EN CIAT.-

=====

INTRODUCCION AL ANALISIS ESTADISTICO

=====

1. PAPEL DE BIOMETRIA EN CIAT

Como todos sabemos, CIAT hace experimentación en el campo Agrícola.

Mencionaremos, como ejemplos, algunos experimentos que se llevan a cabo en las distintas áreas:

CULTIVOS	Yuca:	"Efecto de distintas dosis de fertilizantes y de diferentes variedades sobre la producción de Yuca".
	Arroz	
	Fríjol:	"Efecto del virus del Mosaico Común en el rendimiento de 2 variedades: ICA-GUALI e ICA-TUI".
PASTOS Y FORRAJES	Nutrición de Plantas:	"Tolerancia al Aluminio de varios ecotipos de <u>S. capitata</u> .
	Establecimiento:	"Epoocas de siembra en <u>A. gayanus</u> ".
	Valor Nutritivo:	"Consumo de <u>D. ovalifolium</u> por animales en pastoreo.

Todos los experimentos mencionados son "Aleatorios". Vamos a definir lo que es un "Experimento Aleatorio" en contraste con un "Experimento Determinístico".

Experimento Aleatorio: Es aquel cuyo resultado está sujeto a variaciones - no controlables por el experimentador. Ej.: Experimentos biológicos.

Experimento Determinístico: Es aquel cuyo resultado no está sujeto a variaciones no controlables por el experimentador. Ej.: Experimentos físicos.

La Estadística y la Probabilidad ponen a nuestro alcance métodos que nos permiten sacar conclusiones, con cierto margen de error, sobre los resultados de experimentos aleatorios.

Tipos de Error Dos tipos de error se pueden cometer al sacar conclusiones sobre un experimento aleatorio, a saber:

Error de Tipo I: Rechazar una hipótesis cuando es cierta.

Error de Tipo II: No Rechazar una hipótesis cuando es falsa.

Definamos además α y β como sigue:

α = Probabilidad de cometer error de Tipo I.

β = Probabilidad de cometer error de Tipo II.

Debido a que los métodos estadísticos existentes nos permiten Rechazar una hipótesis planteada, pero nunca Aceptarla, el deseo del experimentador es minimizar la probabilidad de cometer error de Tipo I, es decir, trabajar con un α (probabilidad de Rechazar una hipótesis cierta) muy pequeño.

Por esta razón, al iniciar un experimento, el valor de α se fija de an temano. Este valor es lo que se conoce como el "Nivel de Significación" de una prueba estadística. Así, podemos definir:

Nivel de Significación de una Prueba Estadística = α

= Probabilidad de cometer error de Tipo I

= Probabilidad de rechazar una hipótesis cierta

Entonces: Si el nivel de significación de una prueba es $\alpha = 5\%$, tenemos una probabilidad de equivocarnos (rechazando una hipótesis cierta), de solo 5% ; es decir, nuestro margen de seguridad (de estar en lo cierto) es de 95% . En este caso, decimos que el nivel de confianza será de 95% .

Igualmente, si el nivel de significación es de 1% , el nivel de confianza será de 99% .

Los niveles de significación más usados son de $\alpha = 5\%$ y $\alpha = 1\%$. A veces se utiliza un $\alpha = 10\%$.

Biometría en CIAT es un departamento de servicio, cuya misión es hacer el Diseño y Análisis de los experimentos que realizan los distintos programas.

El Diseño de un Experimento indica la forma como se deben aplicar los tratamientos a las unidades experimentales y el número de unidades que se deben emplear.

Todo diseño está expresado en forma teórica mediante un Modelo Matemático correspondiente.

Análisis de los Datos. Cada diseño tiene una forma específica de ser analizado. El análisis de los datos nos permite sacar conclusiones válidas sobre ciertas hipótesis planteadas por el experimentador dado un cierto nivel de significación.

2. PROCESO A SEGUIR CUANDO SE DESEA EFECTUAR UN EXPERIMENTO

Es el mismo que sigue el Método Científico

1. Observación del Fenómeno

Ej. Un novillo Zebú promedio alcanza un peso de 450 Kg. a edad más tardía en los Llanos Orientales que en el Valle del Cauca.

2. Planteamiento del Problema

La producción de carne en los Llanos Orientales es susceptible de mejora. Cómo resolver este problema? Cómo lograr mejor producción de carne en los Llanos?

3. Determinación de las hipótesis

Muchas son las hipótesis que el experimentador se puede plantear. Siguiendo nuestro ejemplo, estas pueden ser:

H_1 : El tipo de pasto influye en el aumento de peso

H_2 : Una suplementación alimenticia contribuye al aumento de peso

H_3 : Hay diferencia en el aumento de peso de acuerdo al tipo de suplementación

H_4 : La sal mineralizada produce mayor aumento de peso que la sal no mineralizada

H_5 : Las condiciones de manejo afectan el aumento de peso del animal.

4. Diseño del Experimento

El tipo de diseño que se debe utilizar depende de las hipótesis que se deseen probar simultáneamente.

Si por ejemplo, se desea probar solamente la hipótesis H_1 , es decir el efecto de un solo factor: del factor "Tipo de Pasto" sobre el aumento de peso del animal, el diseño utilizado será un "Diseño Completamente al Azar", (siempre y cuando exista homogeneidad entre los novillos).

Si se desean probar más de dos hipótesis simultáneamente se utilizarán "Diseños Factoriales".

5. Realización del Experimento

El experimento debe realizarse siguiendo exactamente el diseño planeado.

6. Análisis de los Resultados

Cada diseño se analiza en una forma específica. La técnica usada para datos continuos, es el Análisis de Varianza (ANOVA). Para analizar datos discretos (no continuos), existen otras técnicas; una de ellas es la prueba CHI-CUADRADO para tablas de contingencia.

Nos concentraremos en la técnica de análisis para datos continuos, es decir en el ANOVA. La forma de realizar los cálculos para el ANOVA depende de si el diseño es "balanceado" o es "no-balanceado".

Un Diseño es Balanceado cuando cada tratamiento se aplica a igual número de unidades experimentales. Es decir, cuando el número de observaciones es igual para cada tratamiento.

Un Diseño es No Balanceado cuando por lo menos un tratamiento se aplica a menos, o a más, unidades experimentales que los demás. Es decir, cuando el número de observaciones no es igual para cada tratamiento.

Las técnicas para realizar el ANOVA para experimentos balanceados siguen patrones convencionales y se explicarán más adelante.

El ANOVA para diseños no-balanceados es más complicado.

Hasta el presente, existen 4 métodos desarrollados por Henderson, uno de los cuales fue adaptado al computador por Walter R. Harvey en 1960 y es el que utilizamos en Biometría para analizar diseños no balanceados. Desafortunadamente, este método tiene varias restricciones en su aplicación. Por ejemplo:

- a) No permite medir interacciones de más de 2 factores
- b) No es útil para analizar experimentos de bloques incompletos (parcelas divididas, etc.)

Sin embargo, dada la cantidad de diseños no balanceados que se presentan, sobre todo en experimentos pecuarios, el Método "Harvey" es una herramienta muy útil.

3. Diseños Básicos Utilizados en Experimentación Agrícola y Pecuaria

Vamos a hablar de cada tipo de diseño mediante ejemplos. Tomaremos un experimento de campo y uno con animales en casi todos los casos. Deseamos dejar en claro cuándo se deben utilizar los diferentes diseños y cuáles son las diferencias básicas entre ellos.

El vocabulario técnico usado se irá explicando a través de los ejemplos.

1.) Diseño Completamente al Azar (de 1 clasificación)

Ej. No. 1: Se desea comparar el rendimiento de 3 variedades de frijol: variedad 1, variedad 2 y variedad 3. El terreno disponible para la siembra es perfectamente homogéneo.

Entonces, si deseamos que el diseño sea balanceado, debemos dividir el terreno en 3, 6, 9, 12, 15etc. parcelas, de tal manera que cada variedad se siembre en igual número de parcelas. En este caso, las parcelas son las "Unidades

experimentales" del diseño y las variedades son los "tratamientos". Estamos probando un solo "factor": el factor "variedad" a 3 "niveles": Variedad 1, Variedad 2 y Variedad 3.

Si nos preguntamos: Cuál es el mínimo número de unidades experimentales que necesitamos para ensayar - los 3 tratamientos? La respuesta será 3.

Entonces, si dividimos el terreno en 3 parcelas o - "unidades experimentales" y aplicamos cada tratamiento una sola vez, tendremos 1 "Replicación" del Experimento. Si lo dividimos en 6 parcelas y aplicamos cada tratamiento a 2 parcelas, tendremos 2 Replicaciones. Si lo dividimos en 18 parcelas y aplicamos cada tratamiento a 6 parcelas, tendremos 6 replicaciones del Experimento.

Entre más replicaciones hagamos del experimento nuestras conclusiones serán mas exactas.

Supongamos que deseamos hacer 3 Replicaciones. Entonces el terreno deberá estar dividido en 9 unidades experimentales y las variedades (tratamientos) deben aplicarse a las unidades al azar. Una forma posible se ve en el gráfico.

TERRENO

V ₁	V ₁	V ₂
V ₃	V ₂	V ₂
V ₃	V ₃	V ₁

V₁ = variedad 1

V₂ = variedad 2

V₃ = variedad 3

Resumamos:

Un diseño completamente al azar se aplica cuando se desea ver el efecto de un solo Factor, con cualquier número de niveles (en este ejemplo el factor es Variedad con 3 niveles) y el terreno es perfectamente homogéneo. Es decir, cuando no hay diferencia entre las unidades experimentales.

En este diseño los tratamientos deben asignarse a las unidades experimentales al azar.

Ej. No. 2: Se desea probar el efecto de 3 dietas alimenticias sobre el aumento de peso de cerdos. Se dispone de un grupo homogéneo de cerdos, (igual peso, igual edad, iguales condiciones de manejo, etc.) En este caso:

La "Unidad Experimental" es un cerdo; los tratamientos son las dietas.

Cuál es el número mínimo de cerdos para una Replicación? 3. Entonces, el número de replicaciones depende del número de cerdos disponibles. Supongamos que tenemos 15 cerdos. Entonces podemos efectuar 5 replicaciones.

El tipo de diseño que se debe utilizar en este caso es un - Diseño Completamente al Azar porque:

i) Se desea ver el efecto de un solo factor: "Dieta" a 3 niveles.

ii) Las unidades experimentales no presentan diferencias - entre si. (Los 15 cerdos escogidos son homogéneos).

Se aconseja separar los 15 cerdos en 3 grupos seleccionados al azar y darle a cada grupo una de las tres dietas.

NOTA: Un Diseño Completamente al Azar no balanceado se analiza en la misma forma

convencional que el diseño balanceado. Este es el único caso en el que el desbalance no presenta complicaciones en el análisis.

2.) DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR.(de doble clasificación)

Ej. No. 3: Se desea comparar el rendimiento de 3 variedades de frijol: Variedad 1, Variedad 2 y Variedad 3, como en el ejemplo No. 1. Pero el terreno disponible para la siembra no es homogéneo, presenta una zona fértil y una zona estéril.

Un diseño completamente al azar no es aplicable debido a la no homogeneidad del terreno.

Qué se debe hacer entonces? Dividimos el terreno en "Bloques", en este caso un Bloque Fértil y un Bloque Estéril y, para obtener un diseño balanceado, aplicamos todos los tratamientos a cada bloque al azar. Cuál es el número mínimo de unidades experimentales (parcelas, en este caso) necesarias en cada bloque? La respuesta es 3. Es decir, el mínimo número de unidades experimentales en que se debe dividir el terreno, para una replicación, es 6; 3 en cada bloque.

Para 2 replicaciones, necesitaremos 6 unidades por bloque y 12 en total.

Para 7 replicaciones, por ejemplo, necesitaríamos 21 unidades por bloque, es decir 42 unidades experimentales en total.

El cuadro siguiente ilustra la aplicación de las 3 variedades a los bloques, con 1 y 2 Replicaciones.

FERTIL		ESTERIL	
V ₃	V ₂	V ₃	V ₁
V ₃	V ₁	V ₂	V ₃
V ₁	V ₂	V ₁	V ₂

Con 2 Replicaciones

FERTIL	ESTERIL
V ₁	V ₂
V ₃	V ₁
V ₂	V ₃

Con 1 Replicación

Resumamos:

Un diseño de Bloques al Azar se aplica:

Cuando se desea ver el efecto de un solo factor con cualquier número de niveles (En el ejemplo No. 3. "Variedad" con 3 niveles), pero el terreno no es homogéneo; es decir las unidades experimentales se pueden agrupar en "Bloques".

En un Diseño de Bloques al Azar, los tratamientos se deben aplicar a las unidades de cada bloque al azar.

Ej. No. 4: Se desea probar el efecto de 3 dietas alimenticias sobre el aumento de peso de cerdos que provienen de 2 madres distintas.

Se dispone de 9 cerditos por camada.

En este ejemplo el diseño adecuado sería un Diseño de Bloques al Azar con 2 Bloques, 3 tratamientos y 3 Replicaciones, así:

Un Bloque es una camada.

Un "tratamiento" son las dietas.

La "unidad experimental" es un cerdo

Cada dieta debe aplicarse a 3 cerditos en cada camada, es decir el experimento consta de 3 Replicaciones.

Nótese que el número total de unidades experimentales (cerdos) utilizado en este diseño es 18.

3.) DISEÑO CUADRADO LATINO (Triple Clasificación)

Ej. No. 5: Se desea comparar el rendimiento de 3 variedades de frijol en 3 tiempos de siembra: Enero, Abril y Julio. El terreno disponible para la siembra presenta 3 zonas bastantes diferenciadas que llamaremos "Fértil", "Semi Fértil" y "Esteril". Además del factor "Variedad", se desea ver el efecto del factor "Tiempo de Siembra".

Entonces se nos presenta un experimento con 3 clasificaciones: "Variedad" con 3 niveles ;

"Tiempo de Siembra" con 3 niveles ;

y "Bloque" con 3 niveles .

Una forma de aplicar los tratamientos a las unidades experimentales es la siguiente, (para 1 Replicación):

	FERTIL	SEMI-FERTIL	ESTERIL
Siembra en Enero	V_1	V_2	V_3
Siembra en Abril	V_3	V_1	V_2
Siembra en Julio	V_2	V_3	V_1

Observaciones: En un Diseño Cuadrado Latino,

- i) Debe haber 3 clasificaciones
- ii) El número de niveles debe ser igual por cada clasificación
- iii) Cada fila (tiempo de siembra) y cada columna (bloques) debe contener todos los tratamientos (variedades) asignados al azar.

Este es un ejemplo de un Diseño Cuadrado Latino de (3 x 3), es decir, consta de 3 filas y 3 columnas, y el número de unidades experimentales para una Replicación es 9.

Si se desean hacer 2 replicaciones, por ejemplo, se deben utilizar 18 unidades experimentales; 6 en cada fila y 6 en cada columna, de tal manera - que cada tratamiento se aplique a 2 unidades experimentales de cada fila y 2 de cada columna.

Eje. No. 6: Un ejemplo de un diseño Cuadrado Latino de (4 x 4) en experimentos animales es el siguiente:

Se desea probar el efecto de 4 tipos de suplementación - alimenticia en las ganancias de peso de novillo de 4 razas y hay disponibles para efectuar el experimento 4 potreros que difieren en sus condiciones físicas.

Como hay 3 factores (o clasificaciones) cuyo efecto sobre la ganancia de peso de los novillos se desea medir, a - saber:

El factor " potrero " con 4 niveles

El factor " raza " con 4 niveles

y el factor " dieta " con 4 niveles ,

el diseño Cuadrado Latino sería el apropiado para utilizar, siempre y cuando al experimentador no le interese - medir el efecto de las interacciones de los distintos factores.

NOTA:

Si sí se desea medir el efecto de las interacciones, el diseño apropiado ya no es el Cuadrado Latino sino un " Diseño Factorial " (La explicación de " Diseño Factorial vendrá más adelante).

Utilizando un Diseño Cuadrado Latino de (4 x 4), el número de animales (unidades experimentales) requerido para una replicación del experimento es 16; 4 novillos de cada raza.

Una forma de aplicar las dietas a los animales es la que se ilustra a continuación:

	Raza 1	Raza 2	Raza 3	Raza 4
Potrero 1	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
Potrero 2	D ₄	D ₁	D ₂	D ₃
Potrero 3	D ₃	D ₄	D ₁	D ₂
Potrero 4	D ₂	D ₃	D ₄	D ₁

Cada casilla representa una unidad experimental (o sea un novillo)

En esta forma cada uno de los 4 novillos de una misma raza está en un potrero distinto y recibe una dieta distinta. Por ejemplo, de los 4 novillos de la raza 1,

- el primero está en el potrero 1 y recibe la dieta 1 ;
- el segundo está en el potrero 2 y recibe la dieta 4 ;
- el tercero está en el potrero 3 y recibe la dieta 4 ; y
- el cuarto está en el potrero 4 y recibe la dieta 2

Si se desean hacer 2, 3, 4,....etc., replicaciones del experimento, el número de novillos necesarios sería 32, 48, 64..... etc. respectivamente.

4.) DISEÑO CUADRADO GRECO-LATINO (de 4 clasificaciones)

Este diseño sigue los mismos patrones que el Diseño Cuadrado Latino, con la diferencia de que ^{se} utiliza para medir el efecto de 4 factores con igual número de niveles, en vez de 3. Tampoco sirve para medir interacciones.

Vamos a dar como ejemplo de este diseño un experimento de campo, semejante al ejemplo No. 5 citado anteriormente, pero con un nuevo factor: el factor "Tipo de Fertilizante" a 3 niveles.

Ej. No. 7: Se desea medir el rendimiento de 3 variedades de frijol: Variedad 1, Variedad 2, Variedad 3, con 3 tipos de fertilizantes, en 3 épocas de siembra: Enero, Abril y Julio. El terreno disponible para la siembra no es homogéneo y puede dividirse en 3 zonas (o bloques): Fértil, Semifertil y Estéril.

Supongamos que no se desee medir el efecto de las distintas interacciones entre los factores por considerarlas intrascendentes.

Con estas condiciones, el diseño apropiado es un Cuadrado Greco-Latino de (3 x 3). El mínimo número de unidades experimentales (parcelas de terreno, en este caso) necesaria para una Replicación es 9.

El gráfico ilustra una forma de aplicar los fertilizantes y las variedades a las unidades experimentales, en una Replicación.

	Fértil	Semi-Fertil	Estéril
Siembra en Enero	V_1F_1	V_2F_3	V_3F_2
Siembra en Abril	V_3F_3	V_1F_2	V_2F_1
Siembra en Julio	V_2F_2	V_3F_1	V_1F_3

V_1, V_2, V_3 = Variedad 1, 2 y 3

F_1, F_2, F_3 = Fertilizante tipo 1, 2 y 3

Cada casilla representa una unidad experimental (parcela de terreno).

En esta forma, cada fila (tiempo de siembra) y cada columna (bloque) recibe todas las variedades y todos los tipos de fertilizante. Además, cada variedad recibe los 3 fertilizantes.

Si se desean hacer 2, 3, 4...etc. repeticiones, se deben usar 18, 27, 36, etc. número de unidades experimentales respectivamente. Cada "Replicación" es una Repetición del experimento.

NOTA:

La forma que se ha presentado en estas conferencias de aplicar los tratamientos a las unidades experimentales en los diseños Cuadrado Latino y Cuadrado Greco-Latino, no es única. Otras formas de disposición se pueden consultar en cualquier texto de Diseño Experimental. Nos permitimos citar como referencia el libro "Diseño Experimental" de Cochran y Cox.

5.) DISEÑOS FACTORIALES (de clasificación Múltiple)

Hasta ahora hemos citado diseños experimentales que sirven para medir el efecto de 1, 2, 3 y 4 factores (o clasificaciones). Pero ninguno de ellos nos permiten medir el efecto de las distintas interacciones entre los factores. Los diseños factoriales sí tienen esa ventaja sobre los demás. Además los factores pueden tener cualquier número de niveles.

Entonces, un diseño factorial es utilizado:

- i) Cuando se desea ver el efecto de varios factores simultáneamente con cualquier número de niveles por factor, y
- ii) Cuando los efectos de las interacciones entre factores son importantes dentro del experimento y por lo tanto se desean medir.

En un diseño factorial, los tratamientos son todas las posibles combinaciones de factores a distintos niveles.

Veamos un caso donde se aconseja usar un diseño factorial. Este es un ejemplo tomado de la investigación que adelantan becarios de Producción Pecuaria en CIAT.

Ej. No. 8: Diseño Factorial (2 x 2 x 4)

Se desea medir la producción de pasto dependiendo de:

- a) Tipo de Suelo ————— a 2 niveles
 - Suelo No. 3 de Montería
 - Suelo No. 6 de Montería

- b) Especie ————— a 2 niveles
 - Pasto puntero
 - Pasto Siratro

- c) Tratamiento Mineral ————— a 4 niveles
 - 40 P y 20 K
 - 40 P y 0 K
 - 0 P y 20 K
 - 0 P y 0 K

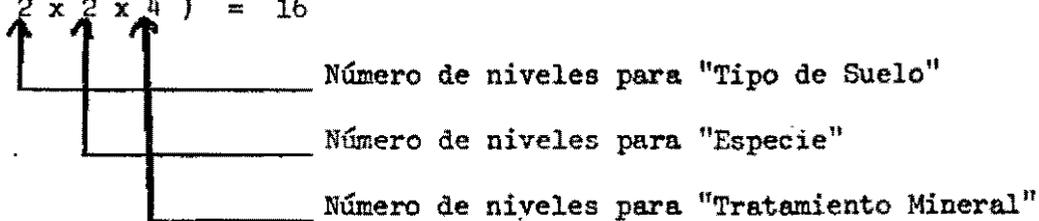
Las "unidades experimentales" serán materos.

La productividad del pasto se medirá según la producción de materia seca por matero.

Se cree inicialmente que puede existir interacción entre "Especie" y "tratamiento mineral del suelo", es decir que las dos especies reaccionan en forma distinta ante los 4 tratamientos minerales.

El propósito del experimento es entonces ver si cada uno de los factores ("Tipo de Suelo", "Especie" y "Tratamiento Mineral") ejerce o no una influencia significativa sobre la productividad del pasto y además ver si la interacción "Especie X Tratamiento Mineral" es significativa.

Los tratamientos son todas las posibles combinaciones de "Tipo de Suelo", "Especie" y "Tratamiento Mineral" a distintos niveles. El número de tratamientos es entonces $(2 \times 2 \times 4) = 16$



Los 16 tratamientos son los siguientes:

- Suelo de Montería No. 3 con Puntero con
 - 40 P - 20 K (1)
 - 40 P - 0 K (2)
 - 0 P - 20 K (3)
 - 0 P - 0 K (4)

- Suelo de Montería No. 3 con Siratro con
 - 40 P - 20 K (5)
 - 40 P - 0 K (6)
 - 0 P - 20 K (7)
 - 0 P - 0 K (8)

- Suelo de Montería No. 6 con Puntero con
 - 40 P - 20 K (9)
 - 40 P - 0 K (10)
 - 0 P - 20 K (11)
 - 0 P - 0 K (12)

- Suelo de Montería No. 6 con Siratro con
 - 40 P - 20 K (13)
 - 40 P - 0 K (14)
 - 0 P - 20 K (15)
 - 0 P - 0 K (16)

A esto se debe que este diseño Factorial se denomine Factorial $(2 \times 2 \times 4)$.

Como el número de tratamientos es 16, el mínimo número de unidades experimentales (materos) requerido para una Replicación es 16. Así, cada tratamiento se aplica a un matero. Si se desea hacer 2 replicaciones debemos usar 32 materos y aplicar cada tratamiento a 2 materos, etc.

6.) DISEÑO DE BLOQUES INCOMPLETOS

Como su nombre lo indica, un Diseño de Bloques Incompletos es aquel en el cual, por problemas de falta de espacio o falta de unidades experimentales, no se pueden aplicar todos los tratamientos a cada bloque, como sería lo ideal.

Los principales Diseños de Bloques Incompletos son:

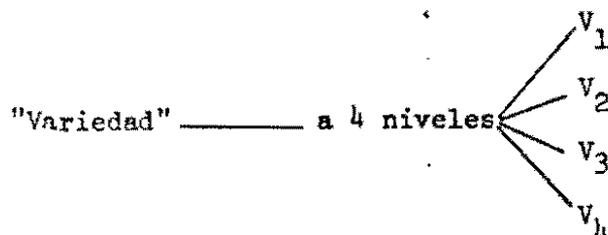
- a) "Parcelas Sub-Divididas" (Split - Plots Design)
- b) "Parcelas Sub-Subdivididas" (Split - Split - Plots Design)
y "Sub-Sub-Sub-Divididas" (Split - Split - Split Plots Design)
- c) "Bloques sub-divididos" (Split - Blocks Design)

Daremos a continuación un ejemplo donde se aplicó un Diseño de Parcelas Sub-Sub-Divididas.

Ej. No. 9: Diseño de Parcelas Sub-Sub-Divididas con 4 Replicaciones "Efecto del Thrips en la producción de yuca".

Se desea ver el efecto que ejerce la plaga Thrips en la producción de 4 variedades de yuca, con y sin aplicación de insecticida, con y sin riego.

Hay 3 factores que afectan la producción de yuca, a saber:



"Insecticida" — a 2 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{con} \\ \text{sin} \end{array} \right.$

"Riego" — a 2 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{con} \\ \text{sin} \end{array} \right.$

Si quisiéramos utilizar un Diseño Factorial de (4 x 2 x 2) el mínimo número de unidades experimentales para una replicación sería 16. Es decir, deberíamos dividir el terreno en 16 unidades y aplicar a cada unidad, uno de los 16 tratamientos.

Desafortunadamente, se disponía para este experimento de dos terrenos separados y ninguno de ellos era lo suficientemente grande como para dividirse en 16 unidades.

Entonces se hizo lo siguiente: Se dividió cada terreno en 8 unidades; se sembraron en cada terreno las 4 variedades en dos grupos: el primero recibió insecticida y el segundo no. Al primer terreno se le aplicó riego; al otro terreno no, y para lograr las 4 replicaciones, se tomaron 4 observaciones de cada unidad.

La disposición se ve en el gráfico siguiente:

TERRENO 1

CON RIEGO

Con Insecticida	Sin Insecticida
V ₁ (4 obs.)	V ₁ (4 obs.)
V ₂ (4 obs.)	V ₂ (4 obs.)
V ₃ (4 obs.)	V ₃ (4 obs.)
V ₄ (4 obs.)	V ₄ (4 obs.)

TERRENO 2

SIN RIEGO

Con Insecticida	Sin Insecticida
V ₁ (4 obs.)	V ₁ (4 obs.)
V ₂ (4 obs.)	V ₂ (4 obs.)
V ₃ (4 obs.)	V ₃ (4 obs.)
V ₄ (4 obs.)	V ₄ (4 obs.)

Cuáles son aquí los "bloques"? Los 2 terrenos; son bloques incompletos porque no contienen todos los 16 tratamientos; el primer terreno contiene solo 8 tratamientos con Riego y el segundo contiene los 8 tratamientos sin Riego.

Entonces tenemos:

<u>Parcela Principal</u>	:	"Riego" _____ a 2 niveles.	Hay 2 parcelas principales
<u>Sub-Parcela</u>	:	"Insecticida" _____ a 2 niveles.	Hay 2 sub-parcelas en cada parcela principal
<u>Sub-Sub-Parcela</u>	:	"Variedad" _____ a 4 niveles.	Hay 4 sub-sub-parcelas en cada sub-parcela

Inconveniente de los Diseños de Bloques Incompletos:

El efecto del factor que se aplica a las parcelas principales queda confundido con el efecto de bloques.

En el ejemplo anterior, el efecto del factor "Riego" está confundido con el efecto de "Bloque". Por esta razón, al utilizar un diseño de Parcelas Sub-Dividas o sub-sub-divididas, se aconseja aplicar a las parcelas principales el factor menos importante de todos.

NOTA:

En las dos conferencias siguientes veremos cómo se analiza cada uno de los tipos de diseño que han sido presentados hasta el momento.

-----O-----

SEGUNDA Y TERCERA CONFERENCIAS

=====

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ALGUNOS DISEÑOS BALANCEADOS BÁSICOS

Como se mencionó anteriormente, las técnicas de Análisis aplicables dependen del tipo de datos que se recolecten.

Hay dos tipos de datos: continuos y discretos.

a) Datos Continuos: son aquellos representados por cualquier número real dentro de un cierto rango. Por ejemplo, el aumento de peso de cada animal al final de cierto tratamiento medido en kg. Entre los datos puede haber números como 20 kg, 20.5 kg, 20.7854 kg, 40.05 kg, etc. en un rango que varía entre 7 y 60 kg digamos.

Otros ejemplos de datos continuos son: altura de un grupo de personas, - medida en metros; area foliar medida en cm^2 ; cantidad total de materia seca en kg; etc.

b) Datos discretos: son aquellos que solo pueden representarse por determinados valores dentro de un cierto rango. Generalmente, se representan por números enteros. Por ejemplo: el número de vacas preñadas en cada una de 5 fincas de 60 vacas. Se obtendrían entonces 5 datos, y cada uno puede ser un valor entero entre 0 y 60.

Un grupo de datos para este ejemplo es:

	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
No. de Vacas Preñadas	20	35	51	12	0
No. de Vacas No Preñadas	40	25	9	48	60
No. total de Vacas	60	60	60	60	60

Obsérvese que en estos datos no puede aparecer un número con decimales - por ejemplo: 25.7 vacas preñadas.

7^a Conferencia: Mayo 27/75

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL "CIAT"

ANALISIS DE ALGUNOS DISEÑOS EXPERIMENTALES BASICOS

Maria Cristina Amézquita

Unidad de Biometría

CIAT

Mayo 27, 1975

Otros ejemplos de datos *discretos* son: el número de ramificaciones en plantas de yuca; el número de niñas en familias de 5 hijos; el número de "recuperaciones" entre pacientes tratados con distintas drogas; etc.

Nos vamos a concentrar en el análisis de datos continuos. Si se desea comparar dos medias^{se} utiliza la "Prueba T". Si se desean comparar varias medias simultáneamente, se utiliza el Análisis de Varianza (ANOVA).

Así, la técnica de análisis utilizada para los distintos diseños es el ANOVA.

El ANOVA esencialmente separa la varianza total en componentes de varianza debidos a los distintos factores. Luego analiza cuán importantes son estos componentes de varianza y con base en eso concluye sobre si un determinado factor produjo, o no, un efecto significativo en los resultados; es decir, establece si existe o no una diferencia significativa entre las medias de los distintos niveles del factor.

Cada diseño obedece a un modelo matemático determinado y por lo tanto su ANOVA se realiza en una forma específica. Si el diseño es balanceado, los cálculos necesarios para hacer el Análisis de Varianza se efectúan de acuerdo a patrones convencionales.

A continuación presentamos la forma como se lleva a cabo el Análisis de Varianza para algunos diseños balanceados básicos.

Utilizaremos ejemplos.

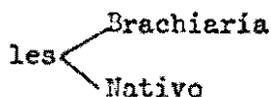
1. Diseño Completamente al Azar

Ej. No. 1 Se desea comparar el efecto de 2 tipos de pasto - Brachiaria y Nativo- sobre el aumento de peso en novillos Zebú de 2 años, durante un período de 6 meses.

Se dispone de un grupo homogéneo de 10 novillos (grupo homogéneo en el sentido de que son del mismo sexo y no difieren significativamente en edad, peso, condiciones de manejo, etc.).

Tenemos lo siguiente:

i) Se desea ver el efecto de un factor, "Tipo de Pasto", a 2 niveles



ii) Las unidades experimentales (novillos) son homogéneas.

Por estas 2 razones el diseño apropiado es el Completamente al Azar.

Se separaron al azar los 10 novillos en 2 grupos de 5 dándole a cada grupo un tipo de pasto. Los resultados fueron los siguientes:

Observaciones: Aumento de peso por animal, en kg.

	Grupo 1	Grupo 2
	Brachiaria	Nativo
	100	75
	98	70
	95	68
	87	70
	90	62
Total	$T_1 = 470$	$T_2 = 345$
Media	$\bar{X}_1 = 94$	$\bar{X}_2 = 69$
Des. Estandar	$S_1 = 5.43$	$S_2 = 4.69$
Varianza	$S_1^2 = 29.48$	$S_2^2 = 22$

Aumento total de peso = $G = 815$ kg

Aumento medio de peso = $\bar{X} = 81.5$ kg

El objeto es comparar los aumentos promedio de peso con pasto Brachiaria y con pasto Nativo, es decir, poder responder a la pregunta: Es 94 significativamente mayor que 69? En este caso específico (comparación de 2 medias), te

nemos dos alternativas de análisis que son equivalentes: la Prueba T y el Análisis de Varianza para un diseño Completamente al Azar.

a) Prueba T .-

T calculado:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \text{ donde } S = \sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

y este " T calculado" sigue la distribución T de student con $(n_1 + n_2 - 2)$ grados de libertad.

Reemplazando los valores de \bar{X}_1 , \bar{X}_2 , n_1 , n_2 y S para calcular T, tenemos:

$$S = \sqrt{\frac{5(29.48) + 5(22)}{5 + 5 - 2}} = 5.672$$

$$T = \frac{94 - 69}{5.672 \sqrt{1/5 + 1/5}} = 6.97$$

El valor del T calculado es mayor en cuanto mayor sea la diferencia entre las dos medias.

T de la Tabla:

(Tabla de la distribución T de student)

$$T_8 \text{ al } 5\% = 2.306$$

$$T_8 \text{ al } 1\% = 3.355$$

Regla de Decisión:

Si T calculado \geq T tabla a un nivel de significación α , entonces la diferencia entre las dos medias es significativa a nivel α .

Si T calculado $< T$ tabla a un nivel de significación α , entonces la diferencia entre las dos medias no es significativa a nivel α .

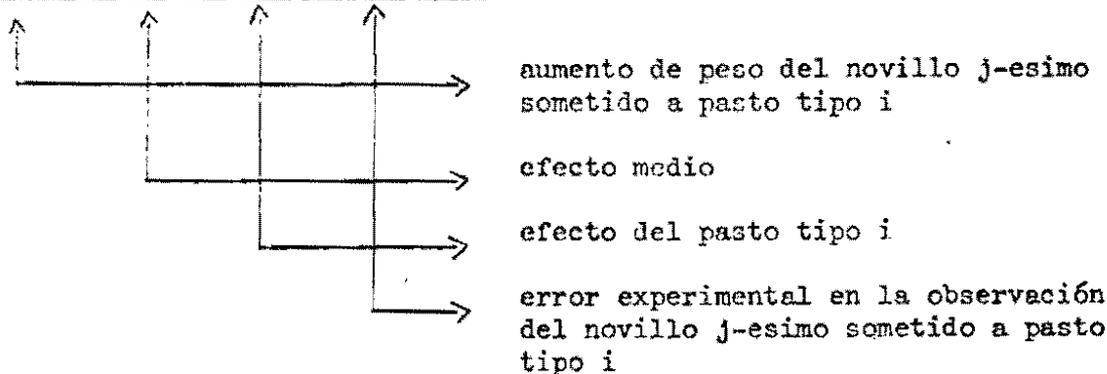
En nuestro ejemplo vemos que la diferencia entre las dos medias (94 y 69) - sí es significativa tanto a nivel del 5% como del 1%. Dicho en otras palabras: en novillos Zebú de 2 años el pasto *Brachiaria* produce un aumento promedio de peso de 94 kg, que es significativamente superior al producido por el pasto Nativo, 69 kg, y la probabilidad de equivocarnos al afirmar lo anterior es solo de un 1%.

b) Análisis de Varianza para un Diseño Completamente al Azar

Modelo Matemático

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

, con $\alpha_1 + \alpha_2 = 0$



$i = 1, 2$

$j = 1, 2, 3, 4, 5$

Hipótesis a probar - $H_0: \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2$

Esta hipótesis nos dice que el efecto del tipo de pasto sobre el aumento de peso es nulo.

El ANOVA tiene por objeto probar si esa hipótesis es falsa o no. Presentamos a continuación la tabla del ANOVA correspondiente a nuestro ejemplo, indicando cómo efectuar los cálculos. Las explicaciones correspondientes a "causas de

variación", "g.l.", "S.C.", "C.M.", "Fcalc." y "F tabla" se pueden extender a los demás diseños.

Causas de Variación	g. l.	S. C.	(S. M.	Fcal.	F Tabla
Tipo de Pasto	1	$\left(\frac{T_1^2}{n_1} + \frac{T_2^2}{n_2} \right) - \frac{G^2}{N}$	S. C. Pasto/1	$\frac{C.M. Pastos}{C.M. error}$	$F_{1,8}$
Error	8	por diferencia	S.C. error/8		
Total (corregido para el efecto medio)	9	$\sum_{ij} Y_{ij}^2 - \frac{G^2}{N}$			

Por "causas de variación" se entienden los distintos factores que influyen sobre el aumento de peso del novillo. El "Error" es una causa de variación debido a que encierra una serie de factores no controlables por el experimentador, que alteran el aumento de peso de los novillos, (p.e. clima, metabolismo del animal, preferencias, competencia entre animales, etc.).

Por "grados de libertad" (g.l.) se entiende la libertad que se tiene para estimar los distintos efectos. Por ejemplo, para estimar los efectos del tipo de pasto, α_1 y α_2 , solo poseemos 1 grado de libertad puesto que $\alpha_1 + \alpha_2 = 0$. Es decir, podemos estimar libremente uno de los efectos; el otro queda automáticamente determinado pues su suma debe ser cero. En general, si deseamos estimar el efecto de un factor con n niveles y existe la restricción de que la suma de los efectos sea cero, el número de grados de libertad será n-1.

Por "suma de Cuadrados" (S.C.) debida a un cierto factor, se entiende la suma de los cuadrados de las desviaciones de las medias de ese factor con respecto a la media general. Así, la S.C. debida al tipo de pasto es:

La Suma ^{de} Cuadrados del error, que normalmente se obtiene por diferencia, también se puede calcular como $\sum_{ij} (X_{ij} - \bar{X}_{ij})^2$, (desviación de cada observación con respecto a la media de celda) y estima la varianza pura. (sin efectos de tratamiento).

$$\begin{aligned}
\text{S. C. Pastos} &= n_1 (\bar{X}_1 - \bar{X})^2 + n_2 (\bar{X}_2 - \bar{X})^2 \\
&= 5 (94 - 81.5)^2 + 5 (69 - 81.5)^2 \\
&= 1562.50
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{S. C. Total} &= (Y_{11} - \bar{X})^2 + (Y_{12} - \bar{X})^2 + \dots + (Y_{25} - \bar{X})^2 \\
&= (100 - 81.5)^2 + (98 - 81.5)^2 + (95 - 81.5)^2 + \dots + (62 - 81.5)^2 \\
&= 1768.50
\end{aligned}$$

Se puede comprobar numéricamente que las siguientes expresiones son iguales:

$$\text{S. C. Pastos} = n_1 (\bar{X}_1 - \bar{X})^2 + n_2 (\bar{X}_2 - \bar{X})^2 = \left(\frac{T_1^2}{n_1} + \frac{T_2^2}{n_2} \right) - \frac{G^2}{N}$$

$$\text{y S. C. Total} = (Y_{11} - \bar{X})^2 + \dots + (Y_{25} - \bar{X})^2 = \sum_{ij} Y_{ij}^2 - \frac{G^2}{N}$$

donde: T_1 = total para pasto tipo 1

T_2 = total para pasto tipo 2

G = gran total

N = número total de novillos

n_1 = número de novillos que reciben pasto tipo 1

n_2 = número de novillos que reciben pasto tipo 2

La expresión $\frac{G^2}{N}$ se denomina "factor de corrección".

Por "Cuadrado Medio" (C.M.) se entiende el cociente $\frac{\text{S.C.}}{\text{g.l.}}$. En diseños balanceados los C.M. son estimativos insegados de los componentes de varianza debidos a los distintos factores.

Así: C. M. (Pastos) es un estimativo de la varianza del aumento de peso debida al tipo de pasto; llamémosla σ^2_{pasto} .

Es decir C.M. (Pasto) estima σ^2_{Pasto} (varianza debida a Pastos)

C.M. (error) estima σ^2 (varianza total)

La F Calculada " (F calc.) es un cociente de Cuadrados Medios, donde el denominador es siempre el C.M. error.

Ej.: La F calc. para tipo de pasto =
$$\frac{\text{C. M. Pastos}}{\text{C. M. Error}}$$

La F calc. estima el cociente $\frac{\sigma^2_{\text{Pastos}}}{\sigma^2}$, y sigue la distribución F con 1 g.l. para el numerador y 3 g.l. para el denominador.

Es de esperar que $\sigma^2_{\text{Pastos}} > \sigma^2$, *si el efecto debido a los pastos se cree significativo*

Si el cociente $\frac{\sigma^2_{\text{Pastos}}}{\sigma^2}$, estimado por F calc., es "grande", el efecto debido a "tipo de pastos" es significativo.

Si el cociente es "pequeño", el efecto debido a "tipo de pastos" no es significativo.

La medida de lo "grande" o "pequeño" que sea este cociente lo da la "F de la Tabla".

Regla de Decisión : Si $F \text{ calc.} \geq F \text{ tabla a nivel } \alpha$, entonces se rechaza la hipótesis H_0 a este nivel. Esto significa que el efecto ^{del} factor es significativo a nivel α . Es decir existe una diferencia significativa entre las medias de los distintos niveles del factor.

Si $F \text{ calc.} < F \text{ tabla a nivel } \alpha$, entonces no se puede rechazar la hipótesis H_0 a este nivel. Esto significa que el efecto del factor no es significativo a nivel α . Es decir, no existe diferencia entre las medias de los distintos niveles del factor.

Como podemos apreciar, el ANOVA concluye sobre si existen o no diferencias entre medias mediante análisis de componentes de varianza.

Daremos en seguida la tabla del ANOVA correspondiente a nuestro ejemplo No. 1, con valores numéricos.

$$S.C. \text{ Total} = (100^2 + 98^2 + 95^2 + \dots + 62^2) - \frac{815^2}{10} = 68191.00 - 62422.50 = 1768.50$$

$$S.C. \text{ Pastos} = \left(\frac{470^2}{5} + \frac{345^2}{5} \right) - \frac{815^2}{10} = 67985.00 - 62422.50 = 1562.50$$

$$S.C. \text{ Error} = S.C. \text{ Total} - S.C. \text{ Pastos} = 1768.50 - 1562.50 = 206.00$$

TABLA ANOVA

Causas de Variación	g. l.	S.C.	C.M.	F calc.	F Tabla	
					5%	1%
Tipo de Pasto	1	1562.50	1562.50	60.68	5.32	11.26**
Error	8	206.00	25.75			
Total	9	1768.50				

Como $F \text{ calc.} > F \text{ tabla}$ tanto a nivel del 5% como del 1%, entonces se rechaza la hipótesis H_0 ($\alpha_i = 0$ $i = 1,2$) con una probabilidad de error de solo 1%.

Es decir el efecto de tipo de pasto es significativo a un nivel del 1% (por eso aparecen dos asteriscos en la tabla en frente del factor tipo de pasto).

Esto implica que el aumento promedio de peso debido a pasto Brachiaria es significativamente mayor que el debido a pasto Nativo.

2. DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

Ej. No. 2: Se desea comparar el efecto de 3 dietas alimenticias sobre la ganancia por peso de un grupo de 24 novillos, en un año. 12 de los novillos estarán en una finca con condiciones mínimas de manejo; los otros 12 en otra finca con mejores condiciones de manejo.

Tenemos lo siguiente: Se desean ver los efectos de:

Factor "Dieta" a 3 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{Dieta 1} \\ \text{Dieta 2} \\ \text{Dieta 3} \end{array} \right.$

"Bloques" a 2 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{Finca 1 (Condiciones mínimas de} \\ \text{manejo)} \\ \text{Finca 2 (Mejores condiciones de} \\ \text{manejo)} \end{array} \right.$

En estas condiciones el diseño apropiado es el de Bloques al Azar. Como el mínimo número de novillos que debemos tomar de cada finca para una replicación del experimento es 3, y tenemos 12, podemos utilizar 4 novillos para cada tratamiento para un Diseño de Bloques al Azar balanceado. La distribución de los animales será la siguiente:

	FINCA 1 (Bloque 1)	FINCA 2 (Bloque 2)
Dieta 1	4 Novillos	4 Novillos
Dieta 2	4 Novillos	4 Novillos
Dieta 3	4 Novillos	4 Novillos

Observaciones: Ganancia de peso por novillo, en kg.

Número de observaciones : 24

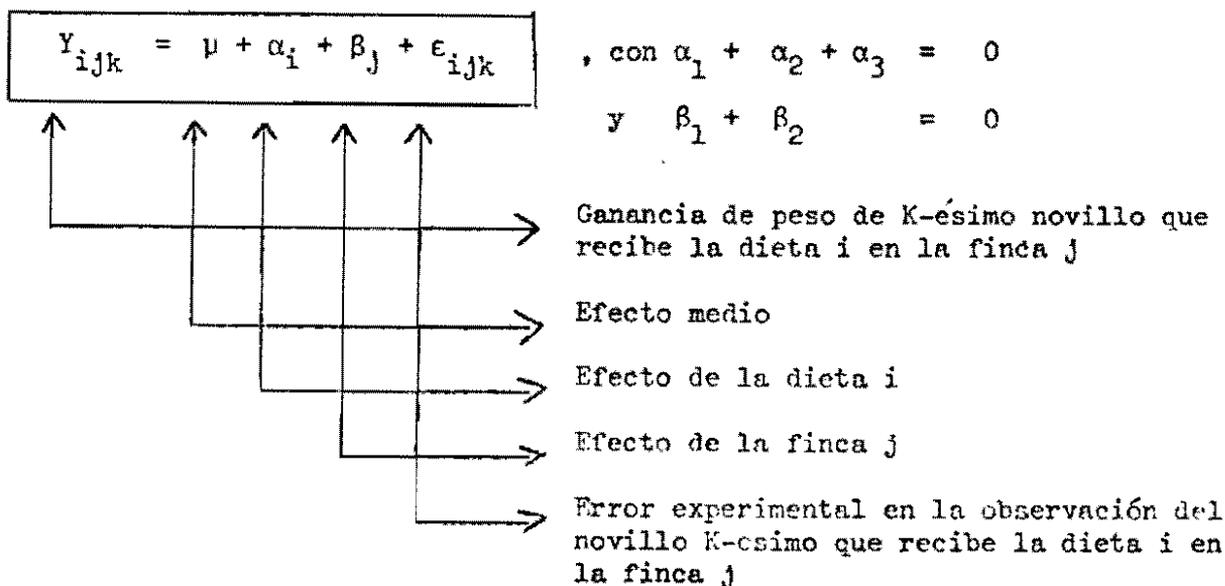
Número de novillos en cada bloque = 12

Número de novillos en cada dieta = 8

Número de novillos en cada replicación = 6

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

Modelo Matemático



donde $i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2$

$k = 1, 2, 3, 4$

Hipótesis a Probar:

a) $H_1 : \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2, 3$

b) $H_2 : \beta_j = 0$ para $j = 1, 2$

La hipótesis H_1 nos dice que el efecto de la Dieta sobre la ganancia de peso es nulo. Es decir, no existe diferencia entre las dietas con respecto a la ganancia de peso obtenida en novillos. La hipótesis H_2 nos dice que el efecto de la Finca es nulo, o sea que la ganancia de peso es sensiblemente igual en cualquiera de las fincas.

El Análisis de Varianza lleva al experimentador a rechazar, o no, estas dos hipótesis.

Presentamos a continuación la tabla del ANOVA correspondiente a nuestro ejemplo No. 2, indicando cómo efectuar los cálculos.

No se dará, en este caso, la tabla del ANOVA con valores numéricos.

La interpretación de "Causas de Variación", "Grados de Libertad", "Suma de Cuadrados", "F calculada" y "F tabla" es la misma que se dió para el ANOVA correspondiente al Diseño Completamente al Azar.

TABLA DEL ANOVA

Causas de Variación	g.l.	S. C.	C. M.	F calc.	F TABLA	
					5%	1%
Dietas	2	$\left(\frac{D_1^2}{8} + \frac{D_2^2}{8} + \frac{D_3^2}{8}\right) - \frac{G^2}{24}$	S.C.Dietas/2	$\frac{C.M.Dietas}{C.M.Error}$	$F_{2,20}$	$F_{2,20}$
Bloques (Fincas)	1	$\left(\frac{F_1^2}{12} + \frac{F_2^2}{12}\right) - \frac{G^2}{24}$	S.C.Bloques/1	$\frac{C.M.Bloques}{C.M.Error}$	$F_{1,10}$	$F_{1,10}$
Error	20	por diferencia	S.C.Error/20			
Total	23	$\sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - \frac{G^2}{24}$				

donde D_1, D_2, D_3 = totales para Dietas 1, 2 y 3 respectivamente

F_1, F_2 = totales para fincas 1 y 2 respectivamente

G = gran total

24 = número total de unidades experimentales (novillos)

8 = número de unidades experimentales por Dieta

12 = número de unidades experimentales por Finca

$\sum Y_{ijk}^2$ = suma total de cuadrados

$F_{2,20}$ al 5% y al 1% = valores encontrados en la tabla de la distribución F con 2 grados de libertad para el numerador y 20 para el denominador, para niveles del 5% y del 1% respectivamente.

$F_{1,20}$ al 5% y al 1% = Valores encontrados en la tabla de la distribución F con 1 grado de libertad para el numerador y 20 para el denominador, para niveles del 5% y del 1% respectivamente.

Regla de Decisión :

Para Dietas: Si $F \text{ calc.} \geq F_{2,20}$ a nivel α , se rechaza la hipótesis H_1 a ese nivel. Es decir, sí existen diferencias significativas entre las dietas.

Si $F \text{ calc.} < F_{2,20}$ a nivel α , no se puede rechazar H_1 a ese nivel. Es decir, no existen diferencias entre las dietas.

Para Bloques: Si $F \text{ calc.} \geq F_{1,20}$ a nivel α , se rechaza H_2 a ese nivel. Es decir, sí existen diferencias entre los bloques (fincas).
Si $F \text{ calc.} < F_{1,20}$ a nivel α , no se puede rechazar H_2 a ese nivel. Es decir, no existe diferencia significativa entre los bloques.

--- o ---

3. DISEÑO CUADRADO LATINO

Eje. No. 3: Se desea comparar el efecto de 6 soluciones químicas sobre el sentido del olfato del embrión de ave.
Las soluciones son A = aire, B = acetato de amil, C = dicloroetano, D = cetona, E = ácido fórmico y F = cloroformo
Se cree que el orden en que se aplican las soluciones al embrión influye en su efecto. Es decir que, por ejemplo, el embrión reacciona diferentemente al aplicarle primero aire y luego ácido fórmico que si se le aplica primero cloroformo y luego ácido fórmico.
Una forma de medir la respuesta del embrión a las soluciones químicas es determinando la rapidez con que late su corazón.

Así, se observará para cada embrión el número de latidos de su corazón por unidad de tiempo. Por razones de manejo, se desea utilizar para este experimento el menor número posible de embriones.

Dado que tenemos 6 soluciones y 6 "órdenes de aplicación", el diseño que nos permite medir estos efectos con el menor número posible de embriones es Un Diseño Cuadrado Latino de (6 x 6).

Necesitamos entonces 6 embriones.

Una forma de aplicar las soluciones a los embriones para un Cuadrado Latino de (6 x 6) es la siguiente:

	1° Orden de Apl.	2° Orden de Apl.	3° Orden de Apl.	4° Orden de Apl.	5° Orden de Apl.	6° Orden de Apl.
Embrión 1	A	C	B	E	F	D
Embrión 2	B	D	C	F	A	E
Embrión 3	C	E	D	A	B	F
Embrión 4	D	F	E	B	C	A
Embrión 5	E	A	F	C	D	B
Embrión 6	F	B	A	D	E	C

Nótese que cada embrión recibe las 6 soluciones en los 6 órdenes distintos; y cada "orden de aplicación" consta de las 6 soluciones. Tenemos entonces 3 clasificaciones o factores:

- Clasificación de fila : "Embrion" con 6 niveles (Embriones 1 al 6)
- Clasificación de columna : "Orden de Aplicación" con 6 niveles (Ordenes 1 a 6)
- Tratamientos : "Solución" con 6 niveles (A,B,C,D,E,F)

Con este diseño no se pueden estimar los efectos de interacción entre los distintos factores, debido al reducido número de unidades experimentales.

Los resultados de este experimento fueron los siguientes:

NUMERO DE LATIDOS DEL CORAZON POR UNIDAD DE TIEMPO

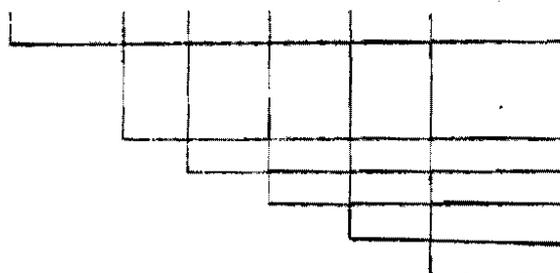
	1° Orden de Apl.	2° Orden de Apl.	3° Orden de Apl.	4° Orden de Apl.	5° Orden de Apl.	6° Orden de Apl.	Total para Embr.	Media
Embrión 1	12.75	10.26	11.92	11.53	11.67	10.23	68.36	11.39
Embrión 2	12.35	11.37	11.07	12.21	11.88	11.34	70.22	11.70
Embrión 3	10.43	10.09	10.11	13.24	9.35	10.06	63.27	10.55
Embrión 4	11.87	13.41	11.78	12.61	12.11	12.39	74.17	12.36
Embrión 5	10.59	10.93	10.43	10.68	10.53	10.56	63.72	10.62
Embrión 6	14.45	10.33	10.05	9.94	12.46	10.52	67.75	11.29
Totales por Orden de Aplicación	72.44	65.38	65.36	70.21	68.00	65.10	407.49	
Medias	12.07	11.06	10.89	11.70	11.33	10.85		

	A	B	C	D	E	F
Totales para las soluciones	71.24	67.12	65.07	64.05	67.78	72.23
Medias para las soluciones	11.87	11.19	11.18	10.67	11.30	12.04

ANALISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO CUADRADO LATINO

Modelo Matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \psi_k + \epsilon_{ijk}, \text{ con } \sum_{i=1}^6 \alpha_i = \sum_{j=1}^6 \beta_j = \sum_{k=1}^6 \psi_k = 0$$



- Número de latidos del corazón del embrión K-ésimo con la solución i en la orden j.
- Efecto Medio.
- Efecto de solución.
- Efecto del j-ésimo orden de aplicación.
- Efecto en embrión k.
- Error experimental.

donde $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Hipótesis a probar:

a) $H_1 : \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2, \dots, 6$

b) $H_2 : \beta_j = 0$ para $j = 1, 2, \dots, 6$

c) $H_3 : \psi_k = 0$ para $k = 1, 2, \dots, 6$

Las hipótesis H_1, H_2, H_3 nos dicen respectivamente que el efecto debido a las soluciones, el efecto debido a los "órdenes de aplicación" y el efecto debido a los embriones, **son** nulos. El ANOVA tiene por objeto rechazar o no estas hipótesis.

A continuación presentaremos la tabla del ANOVA correspondiente a nuestro ejemplo, indicando cómo efectuar los cálculos. Seguidamente mostraremos la tabla final del ANOVA y daremos su interpretación.

TABLA DEL ANOVA

Causas de Variación	g. l.	S. C.	C. M.	F. calc.	F Tabla	
					5% →	1% →
Soluciones	5	$\frac{1}{6} (S_1^2 + \dots + S_6^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{\text{S.C. Sol.}}{5}$	$\frac{\text{C.M. Sol.}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{5,20}$	$F_{5,20}$
Ordenes de Aplicación	5	$\frac{1}{6} (O_1^2 + O_2^2 + \dots + O_6^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{\text{S.C. Ord.}}{5}$	$\frac{\text{C.M. Ord.}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{5,20}$	$F_{5,20}$
Embriones	5	$\frac{1}{6} (E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_6^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{\text{S.C. Emb.}}{5}$	$\frac{\text{C.M. Emb.}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{5,20}$	$F_{5,20}$
Error	20	por diferencia	$\frac{\text{S.C. Error}}{20}$			
Total	35	$\sum Y_{ijk}^2 - \frac{G^2}{36}$				

donde S_1, S_2, \dots, S_6 = Totales para las soluciones A, B, C, D, E y F respectivamente

O_1, O_2, \dots, O_6 = Totales para las 6 Ordenes de Aplicación

E_1, E_2, \dots, E_6 = Totales para cada embrión

TABLA DEL ANOVA (resultados finales)

Causas de Variación	G. l.	S. C.	C. M.	F cal.	F Tabla	
					5%	1%
Soluciones	5	8.89	1.78	2.00	2.71	4.10
Ordenes de Aplicación	5	7.09	1.42	1.59	2.71	4.10
Embriones	5	13.97	2.79	3.13	2.71	4.10
Error	20	17.75	0.89			
Total	35	47.70				

A partir de este Análisis de Varianza podemos concluir que:

La diferencia entre las Soluciones no es significativa.

La diferencia entre los "órdenes de Aplicación" no es significativa.

Existen diferencias entre los embriones, a un nivel del 5% de significancia.

4. DISEÑO CUADRADO GRECO-LATINO

Con objeto de explicar cómo se analiza este tipo de diseño, utilizaremos como ejemplo el No. 7 de la primera conferencia, que corresponde a un Diseño Cuadrado Greco Latino de (3 x 3).

No se efectuarán cálculos numéricos en esta ocasión.

Ej. No. 4: Se desea comparar el rendimiento de 3 variedades de frijol, con 3 tipos de fertilizante en 3 tiempos de siembra. El terreno disponible presenta 3 zonas bien marcadas: Fértil, Semi-fértil y Estéril.

No se desea medir el efecto de interacciones.

Para medir el rendimiento, se toma el peso seco del grano a la cosecha en cada parcela. Se harán 2 mediciones por parcela.

La disposición de los tratamientos a las unidades experimentales es como se ve en la figura:

	Fértil	Semi-fértil	Estéril
Siembra en Enero	$V_1 F_1$	$V_2 F_3$	$V_3 F_2$
Siembra en Abril	$V_3 F_3$	$V_1 F_2$	$V_2 F_1$
Siembra en Julio	$V_2 F_2$	$V_3 F_1$	$V_1 F_3$

Cada casilla representa una unidad experimental (parcela, en este ejemplo).

Por consiguiente, nuestro diseño consta de 9 unidades experimentales. Se tomarán 2 mediciones del peso seco del grano a la cosecha por parcela; es decir, tendremos un total de 18 observaciones.

Como el número mínimo de unidades para una Replicación es 9, el número mínimo de mediciones necesarias es 9; hemos tomado 18 mediciones lo cual nos permite hacer 2 replicaciones del experimento. (El efecto debido a "Replicación" no tiene sentido ser medido).

Entonces tenemos cuatro clasificaciones, cada una con igual número de niveles:

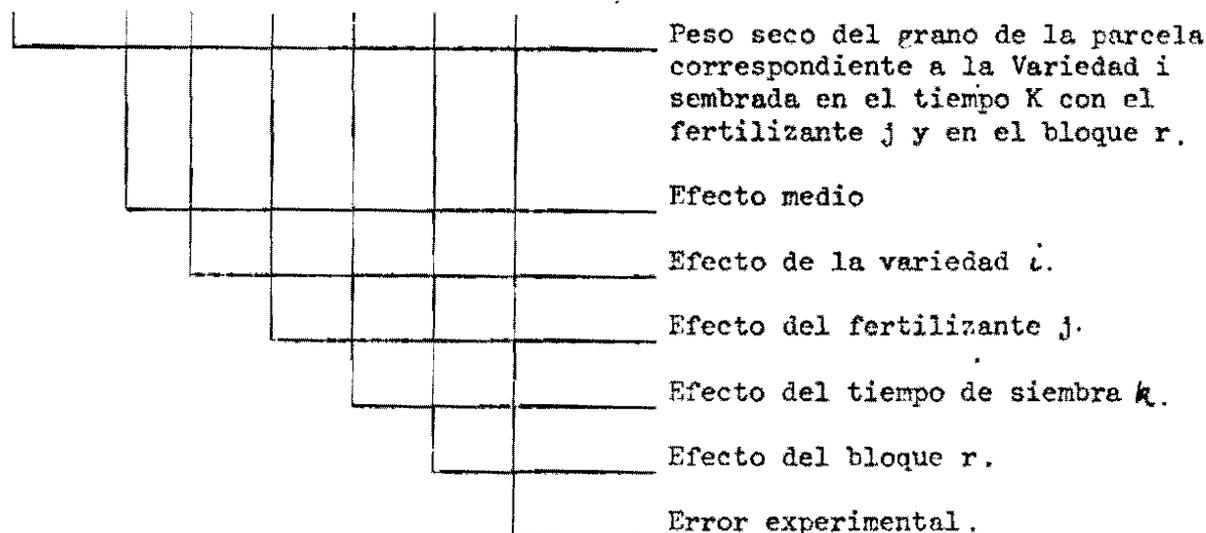
- 1a. Clasificación: "Variedad" a 3 niveles $\begin{cases} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{cases}$
- 2a. Clasificación: "Tipo de fertilizante" a 3 niveles $\begin{cases} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{cases}$
- 3a. Clasificación: "Tipo de siembra" a 3 niveles $\begin{cases} \text{Enero} \\ \text{Abril} \\ \text{Julio} \end{cases}$
- 4a. Clasificación: "Bloques" a 3 niveles $\begin{cases} \text{Fértil} \\ \text{Semi-Fertil} \\ \text{Estéril} \end{cases}$

ANALISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO GRECO-LATINO

Modelo Matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \psi_k + \delta_r + \epsilon_{ijk}$$

$$, \text{ con } \sum \alpha_i = \sum \beta_j = \sum \psi_k = \sum \delta_r = 0$$



donde $i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2, 3$

$k = 1, 2, 3$

$r = 1, 2, 3$

Hipótesis a Probar

- a) $H_1 : \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2, 3$
- b) $H_2 : \beta_j = 0$ para $j = 1, 2, 3$
- c) $H_3 : \psi_k = 0$ para $k = 1, 2, 3$
- d) $H_4 : \delta_r = 0$ para $r = 1, 2, 3$

Las hipótesis $H_1, H_2, H_3,$ y H_4 nos dicen respectivamente que el efecto debido a las variedades, el efecto debido a los distintos tipos de fertilizante, el efecto debido a los tiempos de siembra y el efecto de bloque son nulos.

El ANOVA tiene por objeto rechazar o no estas hipótesis.

A continuación presentamos la tabla del Análisis de Varianza, indicando cómo efectuar los cálculos.

TABLA DEL ANOVA

Causas de Variación g.l.	S. C.	C. M.	F calc.	F tabla	
				5%	1%
Variedades	2 $\frac{1}{6} (V_1^2 + V_2^2 + V_3^2) - \frac{G^2}{18}$	$\frac{\text{S.C. Variedades}}{2}$	$\frac{\text{C.M. Variedad}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{2,9}$	$F_{2,9}$
Fertilizantes	2 $\frac{1}{6} (F_1^2 + F_2^2 + F_3^2) - \frac{G^2}{18}$	$\frac{\text{S.C. Fertilizante}}{2}$	$\frac{\text{C.M. Fertiliz.}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{2,9}$	$F_{2,9}$
Tiempo de siembra	2 $\frac{1}{6} (T_1^2 + T_2^2 + T_3^2) - \frac{G^2}{18}$	$\frac{\text{S.C. Tiempos}}{2}$	$\frac{\text{C.M. Tiempos}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{2,9}$	$F_{2,9}$
Bloques	2 $\frac{1}{6} (B_1^2 + B_2^2 + B_3^2) - \frac{G^2}{18}$	$\frac{\text{S.C. Bloques}}{2}$	$\frac{\text{C.M. Bloques}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{2,9}$	$F_{2,9}$
Error	9 por diferencia				
Total	17 $\sum Y_{ijk}^2 - \frac{G^2}{18}$				

donde V_1, V_2, V_3 = Totales para las variedades 1, 2 y 3 respectivamente

F_1, F_2, F_3 = Totales para los fertilizantes tipos 1, 2 y 3

T_1, T_2, T_3 = Totales para Enero, Abril y Julio respectivamente

B_1, B_2, B_3 = Totales para los bloques 1, 2 y 3

Regla de Decisión ..

Prueba para Variedades: Si $F \text{ calc.} \geq F \text{ tabla}$ a nivel α , el efecto debido a las variedades es significativo a ese nivel. Es decir, existe diferencia en el rendimiento de las 3 variedades.

Rechazamos la hipótesis H_1 .

Si $F \text{ calc.} < F \text{ Tabla}$ a nivel α , el efecto debido a las variedades no es significativo. Es decir, no existen diferencias entre los rendimientos de las 3 variedades.

No podemos rechazar la hipótesis H_1 .

Prueba para Fertilizantes: (sigue la misma regla de decisión)

Prueba para Tiempo de Siembra: (sigue la misma regla de decisión)

Prueba para Bloques: (sigue la misma regla de decisión)

--- o ---

5. DISEÑOS FACTORIALES

Ej. No. 5: En un experimento que dura 6 meses, se desea comparar el aumento de peso de terneros de 4 meses de edad en 3 tipos distintos de pradera (Pará, Pará con Stylosante y Stylosante) que reciben, o nada de concentrado o 1 kg. de concentrado diario por animal. Se desea además medir el efecto de la interacción Pradera x Concentrado; es decir, ver cual es el resultado de dar o no concentrado con cada tipo de pasto.

La situación es la siguiente: Descamos ver el efecto de 2 factores:

Factor "Pradera" ————— con 3 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pará} \\ \text{Pará con Stylosante} \\ \text{Stylosante} \end{array} \right.$

Factor "Nivel de Concentrado" — con 2 niveles $\left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ kg. diarios/animal} \\ 1 \text{ kg. diario/animal} \end{array} \right.$

y de su interacción "Pradera x Concentrado".

El diseño más apropiado es entonces un Factorial.

Nuestro ejemplo corresponde a un Factorial (3 x 2). Es decir, consta de 2 factores con 3 y 2 niveles respectivamente y un total de 6 tratamientos (las 6 posibles combinaciones de praderas con Concentrado).

Para lograr un diseño balanceado debemos utilizar el mismo número de terneros para todos los tratamientos.

La disposición de los tratamientos puede ser como sigue:

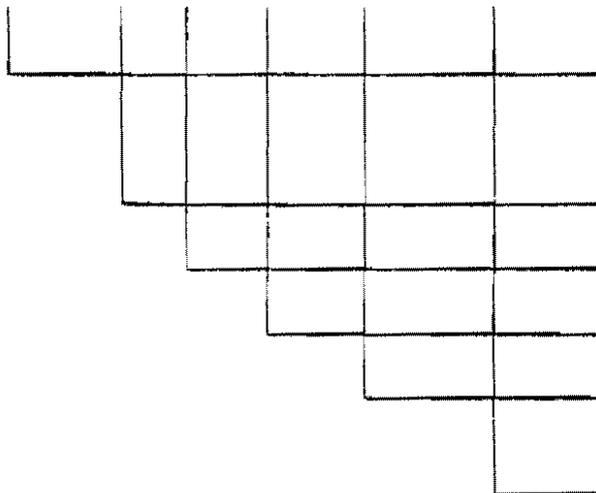
	PARA	PARA CON STYLOSANTE	STYLOSANTE
0 kg. Concentrado	6 Terneros	6 Terneros	6 Terneros
1 kg. Concentrado	6 Terneros	6 Terneros	6 Terneros

Se utilizaron 6 terneros por tratamiento. Para efectos del análisis, con 2 terneros por tratamiento bastaría, como se explicará mas adelante. Pero se correría el riesgo de no tener estimaciones muy exactas. Entre más número de unidades experimentales sean utilizadas por tratamiento, más confiables serán los resultados obtenidos, pues se disminuye el error debido a la Variabilidad intrínseca del animal.

ANALISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO FACTORIAL

Modelo Matemático :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}, \text{ con } \sum_{i=1}^3 \alpha_i = \sum_{j=1}^2 \beta_j = 0 \text{ y } \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 (\alpha\beta)_{ij} = 0$$



Ganancia de peso del ternero k -ésimo que recibe nivel de concentrado j en la pradera i .

Efecto medio.

Efecto del tipo de pradera i .

Efecto del nivel de concentrado j .

Efecto de la pradera i con el nivel de concentrado j .

Error experimental.

donde:

$$i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, 2$$

Hipótesis a Probar :

a) $H_1 : \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2, 3$

b) $H_2 : \beta_j = 0$ para $j = 1, 2$

c) $H_3 : (\alpha\beta)_{ij} = 0$ para $i = 1, 2, 3$ y $j = 1, 2$

(La hipótesis H_3 nos dice que el efecto de interacción es nulo)

A continuación presentaremos la tabla del Análisis de Varianza correspondiente a nuestro ejemplo No. 5, indicando cómo efectuar los cálculos.

TABLA DEL ANOVA

Causas de Variación	g.l.	S. C.	C. M.	F calc.	F tabla	
					5%	1%
Pradera	2	$\frac{1}{2} (P_1^2 + P_2^2 + P_3^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{\text{S.C.Pradera}}{2}$	$\frac{\text{C.M.Pradera}}{\text{C.M.Error}}$	$F_{2,30}$	$F_{2,30}$
Concentrado	1	$\frac{1}{18} (C_1^2 + C_2^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{\text{S.C.Concent.}}{1}$	$\frac{\text{C.M.Concent}}{\text{C.M.Error}}$	$F_{2,30}$	$F_{2,30}$
Pradera x Concentrado	2	$\frac{1}{6} (P_1 C_1^2 + P_1 C_2^2 + P_2 C_1^2 + \dots + P_3 C_2^2) - (\text{S.C.Pradera}) - (\text{S.C.Concentrado}) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{\text{S.C.Pradera x Concentrado}}{2}$	$\frac{\text{C.M.Pradera x Concentrado}}{\text{C.M.Error}}$	$F_{2,30}$	$F_{2,30}$
Error	30	por diferencia	$\frac{\text{S.C.Error}}{30}$			
Total	35	$\sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - \frac{G^2}{36}$				

donde P_1, P_2, P_3 = totales para las praderas

C_1, C_2 = totales para 0 kg. de concentrado y para 1 kg. respectivamente

$P_1 C_1, P_1 C_2, \dots, P_3 C_2$ = totales para los terneros que están
 en Pradera 1 con 0 kg. de concentrado,
 en Pradera 1 con 1 kg. de concentrado,
 en Pradera 2 con 0 kg. de concentrado,
 en Pradera 2 con 1 kg. de concentrado,
 en Pradera 3 con 0 kg. de concentrado,
 y en Pradera 3 con 1 kg. de concentrado respectivamente

$G = \text{Gran total.}$

El número de grados de libertad para "Pradera" y "Concentrado" es 2 y 1 respectivamente, debido a que las restricciones del modelo, $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 0$ y $\beta_1 + \beta_2 = 0$, nos dejan solo con 2 estimaciones libres para los α 's, y una para los β 's.

Este punto de los grados de libertad ya lo habíamos tratado al principio de la 2a. Conferencia, con el análisis del Diseño "Completamente al Azar".

El número de grados de libertad para la interacción "Pradera x Concentrado" también se rige por la restricción $\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (\alpha\beta)_{ij} = 0$. Se obtiene, multiplicando los grados de libertad del primer factor por los grados de libertad del segundo factor: o sea $2 \times 1 = 2$.

Regla de Decisión:

Es la misma de los diseños explicados anteriormente. Es decir: Si $F \text{ calc.} \geq F \text{ tabla}$ a nivel α para cierto factor, entonces el efecto de ese factor es significativo a nivel α , es decir, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los distintos niveles del factor.

Si $F \text{ calc.} < F \text{ tabla}$ a nivel α para cierto factor, el efecto de ese factor no es significativo ^{sobre} la variable observada.

NOTA: Obsérvese que si hubiéramos utilizado 2 terneros por tratamiento, el análisis sí sería factible de realizar pero dejaría muy pocos grados de libertad para el error.

Con 1 solo ternero por tratamiento, no se podría efectuar el análisis; habría que sacrificar la estimación del efecto de la interacción por ejemplo. La distribución de los grados de libertad en los dos casos se ve a continuación:

Con 1 Ternero por Tratamiento

Causas de Variación	G. 1.
Pradera	2
Concentrado	1
Pradera x Concentrado	2
Error	0
<hr/>	
Total	5

Con 2 Terneros por Tratamiento

Causas de Variación	G. 1.
Pradera	2
Concentrado	1
Pradera x Concentrado	2
Error	6
<hr/>	
Total	11

— 0 —

6. DISEÑOS DE BLOQUES INCOMPLETOS

- a) Parcelas Sub-divididas
- b) Parcelas Sub-sub-divididas
- c) Bloques sub-divididos
- d) Diseños de Lattice

NOTA: El análisis de estos diseños se encuentran ampliamente desarrollado en los libros de Little and Mill y de Cochran and Cox mencionados en las Referencias.

Presentaremos aquí un ejemplo de un diseño de Parcelas Sub-divididas con su respectivo Análisis de Varianza.

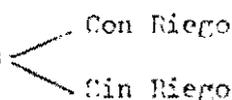
Ej. No. 6. Diseño de Parcelas Sub-Divididas

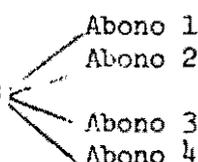
Se desea comparar el efecto de 4 tipos de abono sobre la producción de yuca, con y sin aplicación de riego.

Debido a que los aplicadores de riego al girar pueden cubrir un área mayor de la deseada, no es aconsejable, para efecto de exactitud en los resultados de un experimento, utilizar dos terrenos contiguos, uno para ser regado y el otro no.

Analicemos la situación:

a) Se desea medir el efecto de 2 factores sobre la producción de yuca:

El factor "Riego" a 2 niveles 

El factor "Tipo de Abono" — a 4 niveles 

La interacción "Riego x Tipo de Abono" es importante.

- b) El número de tratamientos es 8 o sea que el número mínimo de unidades experimentales necesarias es 8: 4 unidades con riego y 4 sin riego.
- c) Pero no podemos aplicar los 8 tratamientos a unidades experimentales de un mismo terreno, debido al problema del riego. Qué hacer ?

Como vemos, se trata de un factorial (2×4) con un problema: no se pueden aplicar los 8 tratamientos a un mismo terreno.

La solución la dá el Diseño de Parcela Sub-divididas:

Se deben tomar 2 lotes separados; aplicar riego a uno de ellos pero al otro no y dividir cada lote en 4, 8, 12, 16, etc. unidades (dependiendo del número de replicaciones que se desee hacer) que recibirán un tipo de abono - cada una.

Para efectos del análisis del diseño es necesario hacer varias replicaciones: por lo menos 2.

Supongamos que para nuestro ejemplo específico se hicieron 2 replicaciones. La disposición de los tratamientos a las unidades experimentales es como sigue:

LOTE 1		LOTE 2	
(con riego)		(sin riego)	
Repl. 1	Repl. 2	Repl. 1	Repl. 2
A ₃	A ₁	A ₃	A ₂
A ₁	A ₄	A ₂	A ₄
A ₄	A ₂	A ₄	A ₁
A ₂	A ₃	A ₁	A ₃

Cada lote se considera como un bloque incompleto pues ninguno contiene todos los tratamientos. Nótese que en esta forma el efecto de Riego queda confundido con el efecto de Bloque.

El número de unidades experimentales utilizadas en el experimento es 16.

En este diseño las unidades experimentales (parcelas), se clasifican en

2 grupos:

- "Parcelas Principales" - los 2 bloques.
- y "Sub-parcelas" - las subdivisiones de las Parcelas Principales.

En nuestro experimento tenemos lo siguiente:

2 Replicaciones

2 Parcelas Principales: las correspondientes a las 2 niveles de "Riego"

4 Sub-parcelas en cada parcela principal: las correspondientes a los 2 niveles de "Abono"

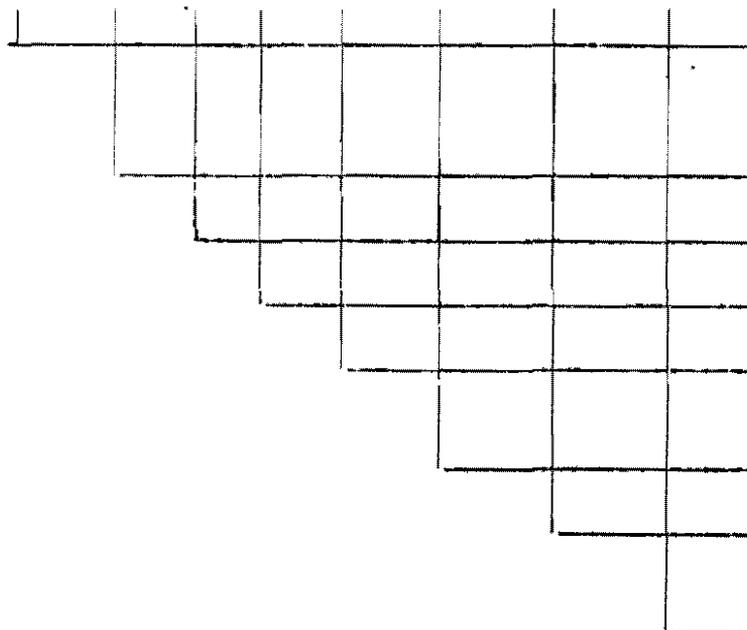
Observaciones:

- a) En un Diseño de Parcelas Sub-divididas se sacrifica la ^{exactitud en la} estimación del efecto del factor aplicado a "Parcelas Principales": Riego en este caso. Esto se debe a que el efecto del factor queda confundido con el efecto de bloques.
- b) Debido a la anterior observación, el factor que se aplica a Parcelas Principales debe ser el menos importante.
- c) El efecto del factor aplicado a Sub-parcelas ("Abono" en nuestro ejemplo), tanto como el efecto de la interacción ("Abono x Riego") sí son perfectamente estimables.
- d) Hay dos tipos de error experimental: error entre parcelas principales (Error A) y error entre Sub-parcelas (Error B).

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO DE PARCELAS SUB-DIVIDIDAS

Modelo Matemático :

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + P_j + \eta_{ij} + S_k + (PS)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$



Producción en la sub-parcela k dentro de la parcela j en la replicación i

Efecto medio

Efecto de la Replicación i

Efecto de la Parcela Principal j

Error dentro de la Parcelas Principales (Error A)

Efecto de la Sub-parcela k

Efecto de la interacción Parcela Principal j x Sub-parcela k

Error dentro de la Sub-parcelas (Error B)

donde $i = 1, 2$

$j = 1, 2$

$k = 1, 2, 3, 4$

Hipótesis a Probar :

a) $H_1 : R_i = 0$ para $i = 1, 2$

b) $H_2 : P_j = 0$ para $j = 1, 2$

c) $H_3 : S_k = 0$ para $k = 1, 2, 3, 4$

d) $H_4 : (PS)_{jk} = 0$ para $j = 1, 2$ y $k = 1, 2, 3, 4$

Estas hipótesis nos dicen que los efectos debidos a "Replicación", a "Riego", a "Tipo de Abono" y a la interacción "Riego x Tipo de Abono" son nulos.

El ANOVA tiene por objeto rechazar o no estas hipótesis.

TABLA DEL ANOVA

CAUSAS DE VARIACION	G.L.	S. C.	C. M.	F calc.	F tabla	
					5%	1%
Replicación	1	$\frac{1}{2} (R_1^2 + R_2^2) - \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C.Replicación}}{1}$	$\frac{\text{C.M.Replicación}}{\text{C.E. Error A}}$	$F_{1,1}$	$F_{1,1}$
Parcela Principal	1	$\frac{1}{2} (P_1^2 + P_2^2) - \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C.Parc.Princ.}}{1}$	$\frac{\text{C.M.Parc.Princ.}}{\text{C.M. Error A}}$	$F_{1,1}$	$F_{1,1}$
Error A Replicación x Parcela Principal	1	$\frac{1}{16} (P_1 R_1^2 + P_1 R_2^2 + P_2 R_1^2 + P_2 R_2^2) -$ $(\text{S.C.Repl.}) - (\text{S.C.Parcela Princ.}) + \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C. Error A}}{1}$			
Sub-Parcela	3	$\frac{1}{4} (S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2) - \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C.Sub-Parcela}}{3}$	$\frac{\text{C.M.Sub-Parcela}}{\text{C.M. Error B}}$	$F_{3,6}$	$F_{3,6}$
Parcela Principal x Sub-Parcela	3	$\frac{1}{2} (P_1 S_1^2 + \dots + P_1 S_4^2 + P_2 S_1^2 + \dots + P_2 S_4^2) -$ $(\text{S.C.Parcela Princ.}) - (\text{S.C. Sub-parcela}) + \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C.Parc.Princ. x Sub-parcela}}{3}$	$\frac{\text{C.M.Parc.Princ. x Sub-parcela}}{\text{C.M. Error B}}$	$F_{3,6}$	$F_{3,6}$
Error B Repl.xSub-parcela Repl.xParcela xSub-parcela		por diferencia	$\frac{\text{S.C. Error B}}{6}$			
TOTAL	15	$\sum_{i,j,k} Y^2 - \frac{G^2}{16}$				

REFERENCIAS

=====

1. Little, Thomas M. and Hills, F. Jackson. "Statistical Methods in Agricultural Research". Cultural Extension. University of California.
2. Cochran, William G. y Cox, Gertrude M. "Diseños Experimentales". Editorial F. Trillas, México.
3. Snedecor, G.W. "Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación Agrícola y Biológica". Compañía Editorial Continental, Mexico.
4. Ching Chun Li. "Introducción a la Estadística Experimental". Ediciones Omega S.A. Barcelona.
5. Ostle, Bernard. "Estadística Aplicada". Editorial Limusa-Wiley, S.A. Mexico.
6. Kempthorne, William. "Experimental Design". Editorial Wiley and Sons. New York.
7. Steel, Robert G.D. and Torrie, James H. "Principles and Procedures of Statistics". McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.

REFERENCIAS

1. Little, Thomas M. and Hills, F. Jackson.
"Statistical Methods in Agricultural Research"
Cultural Extension. University of California.
2. Cochran, William G. y Cox, Gertrude M.
"Diseños Experimentales". Editorial F. Trillas.
Méjico.
3. Snedecor, G. W.
"Métodos Estadísticos aplicados a la investigación Agrícola y Biológica".
Compañía Editorial Continental.
Méjico.
4. Ching Chun Li.
"Introducción a la Estadística Experimental"
Ediciones Omega S. A.
Barcelona.
5. Ostle, Bernard.
"Estadística Aplicada". Editorial Limusa - Wiley, S. A.
Méjico.
6. Kempthorne, William.
"Experimental Design". Editorial Wiley and Sons.
New York.
7. Steel, Robert G. D. and Torrie, James H.
"Principles and Procedures of Statistics".
Mc Graw - Hill Book Company, Inc.
New York.

XIV. ECONOMIA

- Principios para la evaluación económica de Proyectos de Inversión.
Eugenia de Rubinstein
- Criterio para evaluación económica de Proyectos de Inversión.
Libardo Rivas.
- Metodología para realizar el calculo de las proyecciones del rebaño.
vacuno. A. Carrillo
- Evaluación del uso estratégico de una pastura en hatos de cría.
Estudio de caso. Carlos Seré
- Analisis Económico de Sistemas de Ceba en Pastos Mejorados en los Llanos
Orientales de Colombia. Ruben D. Estrada y
Carlos Seré

METODOS PARA LOS ESTUDIOS SOBRE

UTILIZACION DE LAS PRADERAS

Osvaldo Paladines

Centro Internacional de Agricultura Tropical

CIAT - 1972

I. INTRODUCCION

La cadena de producción ganadera que comienza con la disponibilidad de elementos nutritivos para las plantas en el suelo, el agua de lluvia o riego, ^{no culmina} beneficia para el hombre hasta cuando ese potencial de elementos químicos y energéticos son finalmente cosechados en forma de productos de consumo para el hombre. McDonald (1), indica que la producción de los rumiantes implica esencialmente la transformación de elementos nitrogenados de las plantas en proteínas animal. Se puede agregar que hasta cuando esa proteína animal ha sido producida, el proceso de transformación suelo-planta-animal carece de valor y de hecho de importancia para el hombre.

La evaluación de las praderas debe por tanto llegar al uso del transformador final y sujeto de cosecha, el animal. Más aún, no solo debe emplearse al animal como elemento de transformación sino que debe hacerse en el marco mismo de su explotación habitual con las condiciones que prevalecerán en el Sistema Producción del cual formará parte.

Otras formas de información obtenidas en medios aislados, foráneos y bajo condiciones ecológicas o de manejo extrañas al medio serán teóricas y cuando mejor ilustrativas, pero ^{IV}verdaderamente demostrativas.

Vale decirlo en la introducción de éste capítulo; el investigador debe decidir si busca información utilizable, aplicable directa y sustancialmente a la explotación ganadera o si explota campos más esótericos del conocimiento, al plantearse un problema y buscar el método experimental para encontrar su solución. Cabe a cada investigador, localizado en su medio ambiente decidir lo que debe hacer.

En este capítulo se tratará de resumir el conocimiento disponible al autor, sobre los métodos para medir la capacidad de producción de las praderas con animales en pastoreo.

II. DEFINICION DEL OBJETIVO DEL EXPERIMENTO.

Solamente la presentación clara, concisa y ordenada de una pregunta merece una respuesta de la misma naturaleza.

lo mismo se puede decir del planteamiento de una pregunta al nivel experimental (expresión de objetivos) para escoger el método y obtener la respuesta buscada (resultados).

En los experimentos de pastoreo es, si se desea, más importante plantearse claramente los objetivos del experimento, antes, mucho antes, de proceder con la selección del diseño, método experimental y localizarlo en el campo. La razón adicional, que acrecienta su importancia, es el costo elevado y la magnitud física de los experimentos de pastoreo. El investigador, generalmente, no puede repetir un experimento de pastoreo, si las conclusiones son dudosas o confusas. El costo es demasiado alto y la paciencia institucional demasiado corta para permitirselo.

Particularizando en los experimentos de pastoreo debemos definir el o los objetivos en los siguientes términos:

- 1) Que información se desea obtener;
- 2) A que medio ecológico deben aplicarse los resultados.
- 3) Dentro de que Sistema de Producción se emplearán los resultados obtenidos.

Se reconoce sin embargo que hay tres categorías de objetivos en los cuales se puede plantear un experimento de pastoreo:

Investigación de capacidad óptima de producción, investigación de la capacidad de la producción adecuada a las condiciones de la explotación e investigación de la capacidad de producción de las praderas como parte de un sistema integral de producción.

La primera decisión del investigador será localizar su proyecto de investigación dentro de una de estas categorías, y en su concepto elaborar los objetivos específicos del experimento. Hacerlo, ayudará a esclarecer lo que a veces puede parecer confusión de objetivos.

III. ALGUNOS PRINCIPIOS DEL MANEJO DE PRADERAS.

Se ha creído necesario incluir una sección corta en la cual se presenten una serie de ideas sobre los fundamentos técnicos de las prácticas de manejo de las praderas, por considerarse que así el estudiante tendrá una idea más ordenada de porque el investigador necesita usar los animales en sus experimentos de evaluación de praderas y del porque de las limitaciones impuestas a estos experimentos .

Dentro de las prácticas de manejo que tienen influencia en la productividad de las praderas las siguientes son las de mayor influencias: carga animal sistema de pastoreo, largo del periodo de descanso en la rotación y conservación del forraje.

Hay que reconocer, que a pesar de lo mucho que se ha escrito sobre el manejo de las praderas y la buena cantidad de conocimientos acumulados sobre la forma como actúa cada uno de los factores del crecimiento y utilización de los pastos, no se ha conseguido aún definir normas de naturaleza general que dentro de la práctica ganadera puedan ser aplicadas provechosamente y con carácter predictivo. Como lo hace notar Morley (1966) en su discusión de las teorías sobre manejo de las praderas, aún reconociendo y aceptando los conceptos de conservación de un índice óptimo de área foliar, conducente a un óptimo de producción de materia seca y a la determinación del número ideal de animales que debe conducir la pradera, la verdad fría y clara para el productor es de que generalmente cuenta con una área definida (limitada) y un número definido (creciente) de animales para alimentar y que ese número de animales no puede en términos prácticos variar para ajustarse a la disponibilidad de forraje compatible con el índice óptimo de área foliar (Davidson y Philips, 1965) si se considera que la disponibilidad de forraje es el resultado de la interacción entre el crecimiento del pasto, el número de animales y el consumo del pasto por esos animales. El crecimiento del pasto (la variable más importante cuantitativamente) depende de las condiciones del clima (irradiación, lluvia) de muy difícil, sino imposible, control por el productor.

El trabajo de Blaser (1966) revisa en forma muy comprensible las implicaciones fisiológicas inherentes a los factores que se estudiarán aquí, su relación con el mantenimiento de un índice óptimo de área foliar y el efecto que estos tienen sobre el crecimiento de la pradera. Una discusión más completa sobre las relaciones del índice de área foliar y la productividad de las praderas se pueden encontrar en la revisión de Brown y Blaser (1968).

El enfoque de esta discusión será entonces más hacia lo que sucede con la producción animal al variar los factores de carga, sistema de pastoreo y conservación. El estudiante puede referirse a un buen número de publicaciones sobre los efectos de la carga animal (Hull et al., 1965, Speeding et al, 1967) los trabajos de McMeekan y Walshe (1963), a la discusión de la literatura publicada por Wheeler (1962) para estudiar el efecto del sistema de manejo sobre la producción animal, desafortunadamente, el autor no ha encontrado trabajos a largo plazo de pastoreo de praderas tropicales en varios sistemas de manejo. Se menciona el experimento de Grof y Harding (1970) sobre pasto Guinea (Panicum maximum) el cual tuvo solo dos años de duración.

Si todo lo demás es constante, la producción animal por unidad de área debe estar estrechamente relacionada con la disponibilidad de forraje. La relación indudablemente mejorará a medida que la disponibilidad se exprese en términos de los elementos netos de utilización por el animal. Así, la relación se expresa mejor en términos de materia seca digerible que como materia seca y mejor aún como energía neta disponible, porque lo que ésta relación implica es una relación más clara aún entre la cantidad de forraje disponible y el consumo de este forraje por los animales y otra ulterior entre la cantidad de forraje consumido y la productividad animal.

Para condiciones de pastoreo continuo, Arnold, Dudzinski (1966), encontraron que el consumo de forraje por ovejas jóvenes disminuye cuando la disponibilidad de materia seca por hectárea bajaba de 1,200 a 1,400 kg. Una cifra similar fué encontrada por Willoughby (1959) en ovejas y Johnston Wallace y Kenedy (1944) en bovinos. Gomez y Gardner (1971) encontraron en la Argentina una relación asintótica similar a las anteriores con el punto de depresión en la ganancia de peso por animal entre 1,500 y 2,000 kg. de materia seca disponible por hectárea.

Parece evidente que la relación entre disponibilidad de forraje y consumo o ganancia de peso, según sea el caso se describe por medio de una curva asintótica cuyo eje comienza en un punto variable. Según algunos factores que se discutirán enseguida. La figura III-1 demuestra la relación general.

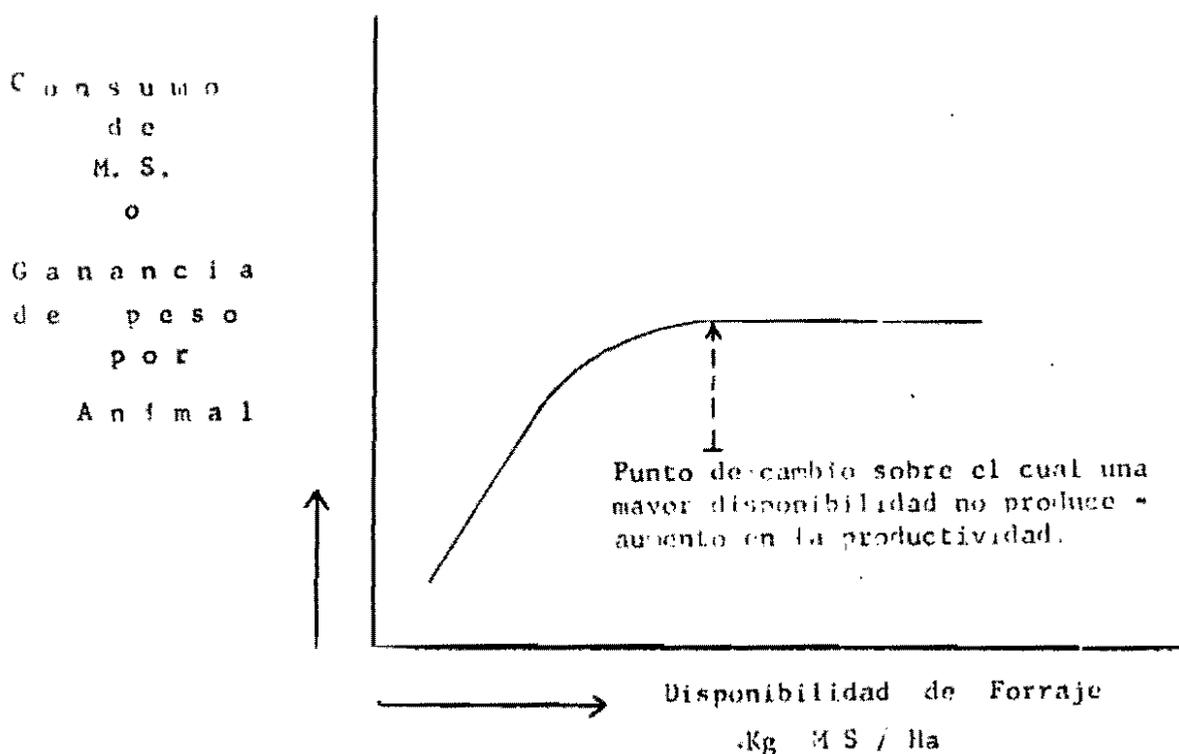


Figura III.1

Relación General Entre Disponibilidad De Forraje Y Producción Por Animal.

La ganancia por animal (o el consumo por animal) en el punto de cambio de la curva estara dado para condiciones de buen manejo de animal por lo que se puede considerar el tope genético de producción. Arnold y Ludzinski (1966) encontraron indicación de que el consumo de materia seca a igual disponibilidad de forraje fue mayor en ovejas Border Leicester x Merino que en ovejas de igual peso y estado fisiológico de la raza Corriedale.

Los mismos autores encontraron que ovejas en la lactancia consumían más forraje que ovejas secas o preñadas no lactantes en todos los niveles de disponibilidad de forraje es decir, que la lactancia crea un nuevo tope de consumo individual el cual se manifiesta en todos los niveles de forraje disponibles. Estas variables de consumo por raza y estado fisiológico dan indicación de que el aprovechamiento del forraje será diferente cuando el tope de producción se eleva por alguna razón específica.

En la discusión precedente se ha hablado de la relación entre materia seca disponible por hectárea y consumo o ganancia de peso estando implícito que por tratarse de pastoreo continuo, el control de la disponibilidad de forraje se hizo variando el número de animales mantenidos por hectárea.

La productividad por individuo no puede estar estricta y conceptualmente relacionada con la disponibilidad de forraje por hectárea, sino con la cantidad de forraje disponible por individuo por día y con la oportunidad que el animal tiene de hacer uso de ese forraje puesto a su disposición. La relación resultante con la disponibilidad por hectárea es el producto del número de animales por la productividad individual.

En el campo técnico la relación entre forraje disponible por animal y consumo o ganancia de peso por animal, debe estar representada por una curva asintótica similar a la figura III.1 (Mott, 1960, Petersen et al. 1965) la cual indique un aumento progresivo (lineal) en el consumo de forraje a medida que aumente la disponibilidad, hasta un punto máximo de consumo sobre el cual los aumentos sucesivos de forraje disponible no puedan causar aumento en el consumo. La localización de este punto dependerá de muchos factores propios del animal y de la pradera.

Las relaciones entre carga animal y productividad de las praderas está representada por las curvas propuestas por Mott, (1966) y Petersen et al. (1965). La figura III.2 presenta esta relación, la cual ha sido comprobada experimentalmente en muchas oportunidades.

Estas relaciones constituyen la fuente más importante de entendimiento sobre la productividad que se obtiene de las praderas. Su significado es el siguiente:

1. - Considerando primero el efecto de la carga animal sobre la ganancia por individuo se observa que la ganancia es máxima en algún punto de carga bajo (número bajo animales por hectárea) se observa además, que esta se mantiene al mismo nivel a medida que la carga aumenta hasta un punto en el cual la ganancia por individuo empieza a disminuir linealmente con aumentos sucesivos de carga. En páginas anteriores interpretamos la misma relación en función de la cantidad de forraje disponible y el consumo por animal. Mott (1960) ha sugerido que la relación debe ser descrita más bien entre Presión de Pastoreo y Rendimiento animal, antes que entre carga y rendimiento animal. Su definición de Presión de Pastoreo es el número de kilogramos de M. S. del forraje presente por individuo pastoreando.

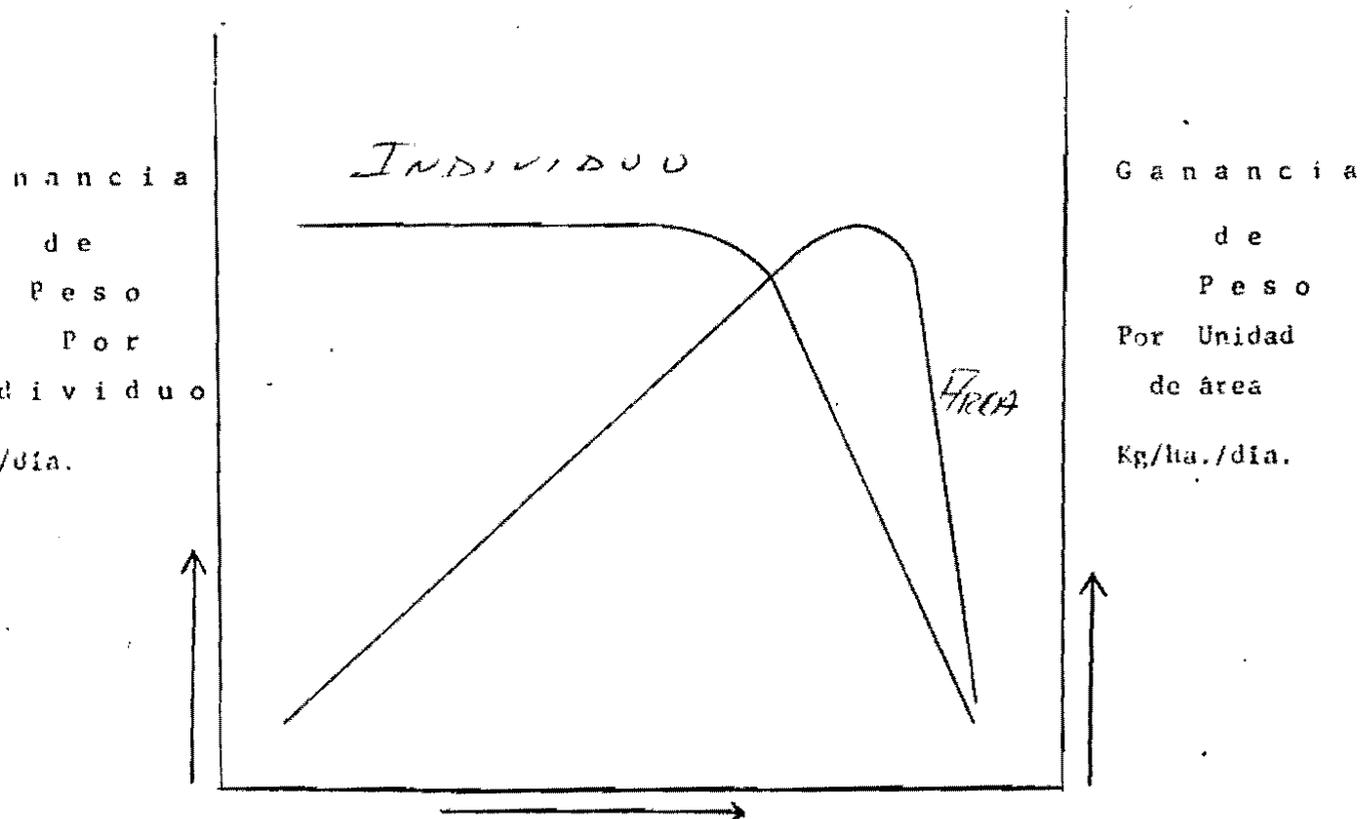


Fig. 11.2 Relaciones Generales Entre Carga Animal Y Ganancia De Peso Por Individuo Y Por Unidad De Área. Adaptado De Jott (1960).

Evidentemente la Presión de Pastoreo define mejor que la carga animal las relaciones pero se tropieza con el problema en la práctica, que la Presión de Pastoreo, en un potrero que soporta un cierto número de animales por un período de tiempo, cambia de día a día y podría decirse que de minuto a minuto, y es en esa manera incomprensible para el productor e inaplicable. Es cierto, sin embargo, que el productor hace un juicio sobre presión de pastoreo, cuando decide el número de animales que ha de poner en un potrero en un momento dado, aun más, ejerce el mismo tipo de juicio cuando decide sobre el número de animales que puede mantener en su finca a través del año, pues mentalmente balancea lo que él estime que la pradera es capaz de rendir contra lo que en su experiencia ese tipo de pradera es capaz de soportar en número de animales.

2.- El efecto de la carga animal sobre la producción por unidad de área se define por un aumento lineal en el rendimiento a medida que aumenta la carga hasta un punto en que la disponibilidad de forraje por individuo impuesto por el número de éstos es tal que la ganancia obtenida por cada animal es demasiado pequeña para ser compensada por el número de animales. La forma precipitada en que la curva de rendimiento baja después de el punto máximo se puede deber en parte a que según lo sugieren algunos trabajos experimentales (Lambourne and Reardon, 1963, Arnold *et al.*, 1965, Paladines *et al.*, 1971) el requisito de mantenimiento aumenta cuando los animales están sometidos a carga elevadas.

La relación expuesta nos indica que en la práctica, la obtención de la mayor ganancia de peso por individuo es incompatible con el mayor rendimiento de productos animales por hectárea. Como se observa gráficamente en la figura 11-2, el punto de carga animal en el cual la ganancia por hectárea es máxima es bastante más alto que el punto de ganancia máxima por individuo.

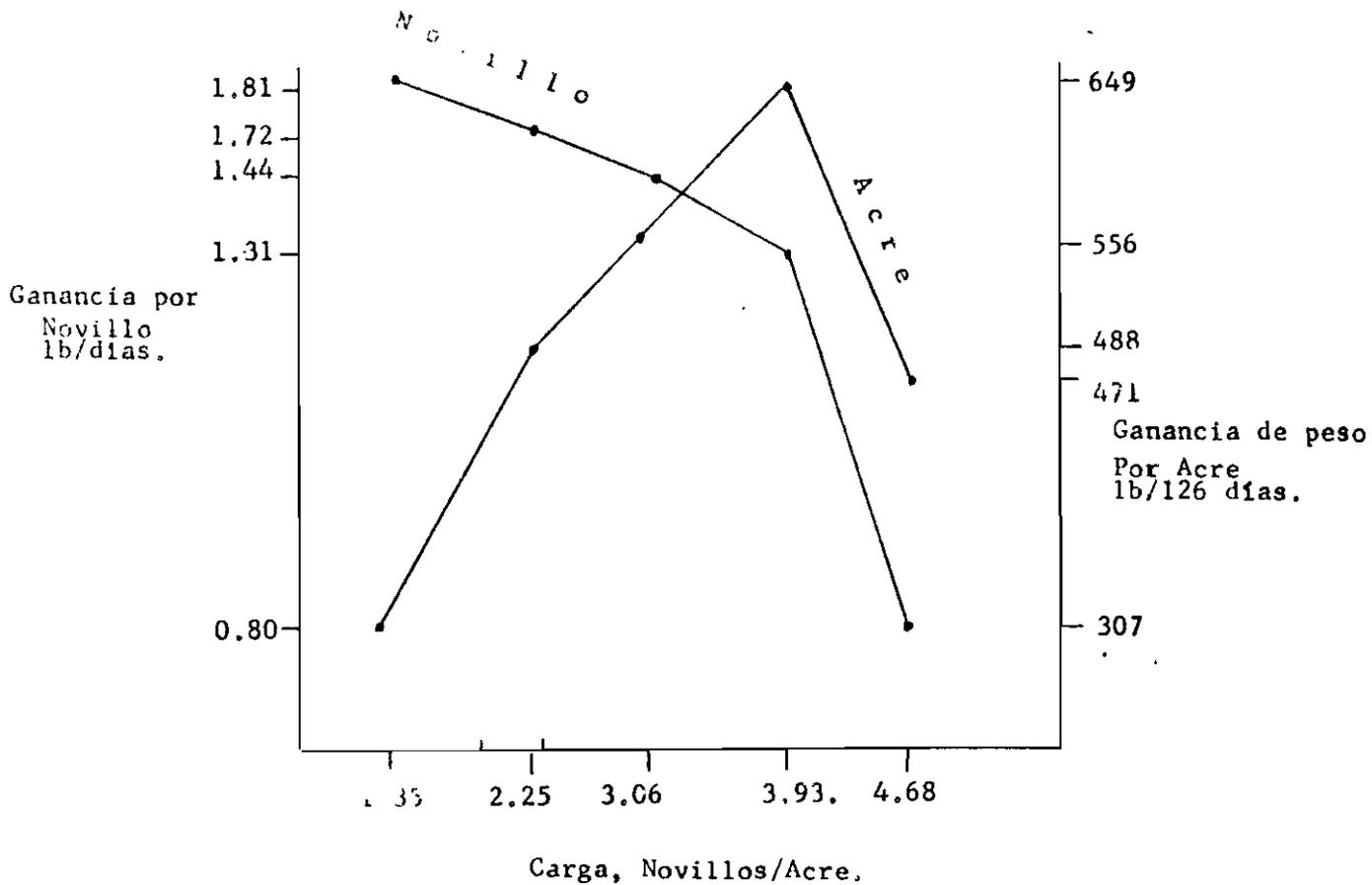


Figura III.3 Relaciones Entre Carga Animal Y Ganancia De Peso Por Novillo Y Por Acre. Adaptado De Hull et al. 1961.

La decisión práctica sobre el número de animales que se deberán colocar por unidad de área es una muy difícil pero que deberá tomar en cuenta la relación discutida. Del trabajo de Hull et al. (1961) se ha preparado la figura III-3 que representa en práctica la relación propuesta por Mott, (1960).

Este ejemplo se empleará para discutir la línea de decisión que este tipo de información ofrece:

1.- De los resultados obtenidos no se puede decidir si es que en la carga de 1,35/acre se había llegado ya al punto en que la disponibilidad de forraje no limitaba el crecimiento por individuo. Por la forma de la curva se puede deducir que tal vez estaba aún en ese punto, por lo menos muy cerca. La respuesta a esta interrogante no tiene ninguna importancia práctica porque a ese nivel de carga es de esperar que aún si la ganancia por animal aumentaba, de todas maneras la producción por acre sería demasiado baja para que tenga valor práctico. Si resulta interesante hacer la observación de que en términos de engorde práctico de novillos, la carga a emplearse debe estar por sobre el punto de ganancia máxima que, entre otras cosas es el punto en que la disponibilidad del forraje no limita la ganancia por individuo.

2.- El punto máximo de producción por acre se obtuvo con la carga de 3.93 novillos por acre. En esta carga, la ganancia por novillo fue aproximadamente 70% de la ganancia máxima por novillo. El productor deberá

contrapesar su ganancia económica neta cuando considera factores como el tiempo extra que debe mantener a los animales en la pradera para llevarlos a peso de mercado.

Una última observación parece pertinente en este momento con relación a la carga animal a emplearse en forma práctica. La curva de relación entre carga y ganancia por hectárea indica que rápidamente luego de obtener la ganancia máxima comienza un declive precipitado. Esta situación conoce intuitivamente al productor encontrándose por esto que él emplea invariablemente cargas que están bastante por debajo del máximo, evitándose así el riesgo de la destrucción de su pradera, pero por otro lado perdiendo una ganancia adicional que en muchos casos puede ser importante.

Merley y Spedding (1968) han puesto en duda la necesidad de determinar la carga animal óptima, indicando que la ganancia neta por unidad de área tiende a ser asintótica con relación a la carga animal. A pesar que los autores no substantian su afirmación con datos experimentales, parece ser que si bien tal vez no es asintótica, por lo menos la respuesta económica puede ser menos marcada que la respuesta biológica, en otras palabras, que cuando se relaciona la carga con la ganancia neta, se obtiene un punto de ganancia máxima a una carga animal inferior a la de máxima ganancia de peso.

Se ha revisado el efecto que tiene la carga animal sobre la productividad de los animales y de la pradera. Tal vez debe mencionarse aquí que los resultados que se obtienen en base a tratamiento impuestos a un área pequeña de tierra podrían no ser válidos cuando se apliquen las mismas cargas a toda el área de una finca. McMeekan y Walshe (1963) montaron su experimentos en tal forma que cada grupo de animales de un tratamiento representará lo más cercano posible a un hato de vacas lecheras. En estas condiciones ellos encontraron que los mismos principios anotados anteriormente se mantenían, a mayor carga menos producción por animal y mayor por unidad de área. En este experimento en el promedio de cuatro años obtuvieron 9,132 y 8,094 lbs. de leche corregida al 4% por animal, en las vacas pastoreadas es carga baja y alta respectivamente y en el mismo orden 8,509 y 9,467 lbs. de leche por acre.

Spedding y colaboradores (1967) encontraron que la producción de lana por acre fue menor en rebaños completos de ovejas pastoreados en carga más livianas. En cinco años obtuvieron en promedio animal por acre 20.8 y 28.6 lbs. de lana sucia cuando pastorearon los rebaños en cargas de 3 y 4.5 ovejas madres por acre. La producción por oveja fué de 6.9 y 6.4 lbs. para las cargas baja y alta. La misma tendencia se encontró en el peso de la canal de los corderos pero el porcentaje de corderos despostados fue menor en la carga alta, de tal manera que la cantidad de dinero obtenida en las dos cargas por concepto de los corderos gordos fue igual. La cantidad de la canal fue también inferior en la carga alta.

También en explotaciones de ganado de carne se ha encontrado que la relación se mantiene. Creek (1970) presenta los resultados obtenidos en un grupo de hatos de Jamaica en los cuales la carga animal fue aumentando año a año por reducción del área disponible para pastoreo. Observaron que el peso al destete de los terneros disminuyó a medida que la carga animal aumentó. El rendimiento por hectárea lo expresa de dos maneras, como kilogramos destetados en el año y como medida relativa de los kilogramos destetados en el año.

La segunda consideración se debe a que el animal destetado en un año es el producto del servicio de tres años o más años antes. Como uno de los efectos del aumento de la carga ivé reducir el porcentaje de nacimientos, el destete de un año en particular es el resultado de una eficiencia reproductiva de por lo menos dos años antes. La ganancia por hectárea de un año en particular deben ser corregida por la disminución en la reproducción de ese año.

La Producción por hectárea corregida sigue la misma tendencia propuesta por Mott, (1960).

La revisión de los pocos trabajos disponibles nos hace pensar que las relaciones biológicas estudiadas al nivel experimental para una función aislada, se mantienen en la misma relación cuando se aplican a los hatos o empresas comerciales.

Pasaremos ahora a considerar la forma en que la producción animal cambia de acuerdo al sistema de pastoreo que se emplea.

Hay una gran variedad de sistemas que se pueden emplear y es seguro que cada productor puede idearse alguna modalidad dentro de ellos. Hay dos grupos principales. Pastoreo Controlado y Pastoreo Incontrolado. Esencialmente el pastoreo incontrolado se ejerce en condiciones en que el hombre no regula con sus acciones en alguna forma el movimiento de los animales. En la práctica el pastoreo incontrolado se produce solamente en explotaciones de naturaleza muy extensiva.

Dentro de lo que llamamos pastoreo controlado podemos dividirlo en continuo y rotativo. La rotación del pastoreo puede ser de dos o más potreros. La más intensa de las rotaciones seguramente es el pastoreo en franjas de 8-12 horas empleado en países especializados en la producción de leche.

Otra variable que se puede introducir se refiere al manejo del área de pastoreo. En los sistemas tradicionales de rotación, se divide el área total en un número determinado de potreros y los animales entran y salen de esa área en un período de tiempo prefijado. En el pastoreo en franja existe la posibilidad de regular el área ofrecida a los animales de acuerdo al crecimiento del forraje.

Una variable adicional es el tiempo de descanso del potrero entre pastoreos. Cuando el número de potreros de la rotación es fijo, el período de descanso depende del período total fijado para la rotación. La figura III-4 presenta las curvas que relacionan el número de potreros asignados a la rotación y el período de descanso del potrero cuando el período completo de la rotación son 20, 40, 60 días. Obsérvese como el período de descanso disminuye Logarítmicamente a medida que el número de potreros aumenta. Se puede observar también que el período de descanso varía grandemente cuando el número de potreros es bajo, siendo la diferencia más importante a medida que aumenta el período total de la rotación.

Estas curvas son útiles para ayudarnos a escoger el número de potreros para la rotación, en consideración a la longitud necesaria deseada, para el período de descanso y el costo adicional de construir cerca bebederos, cami-

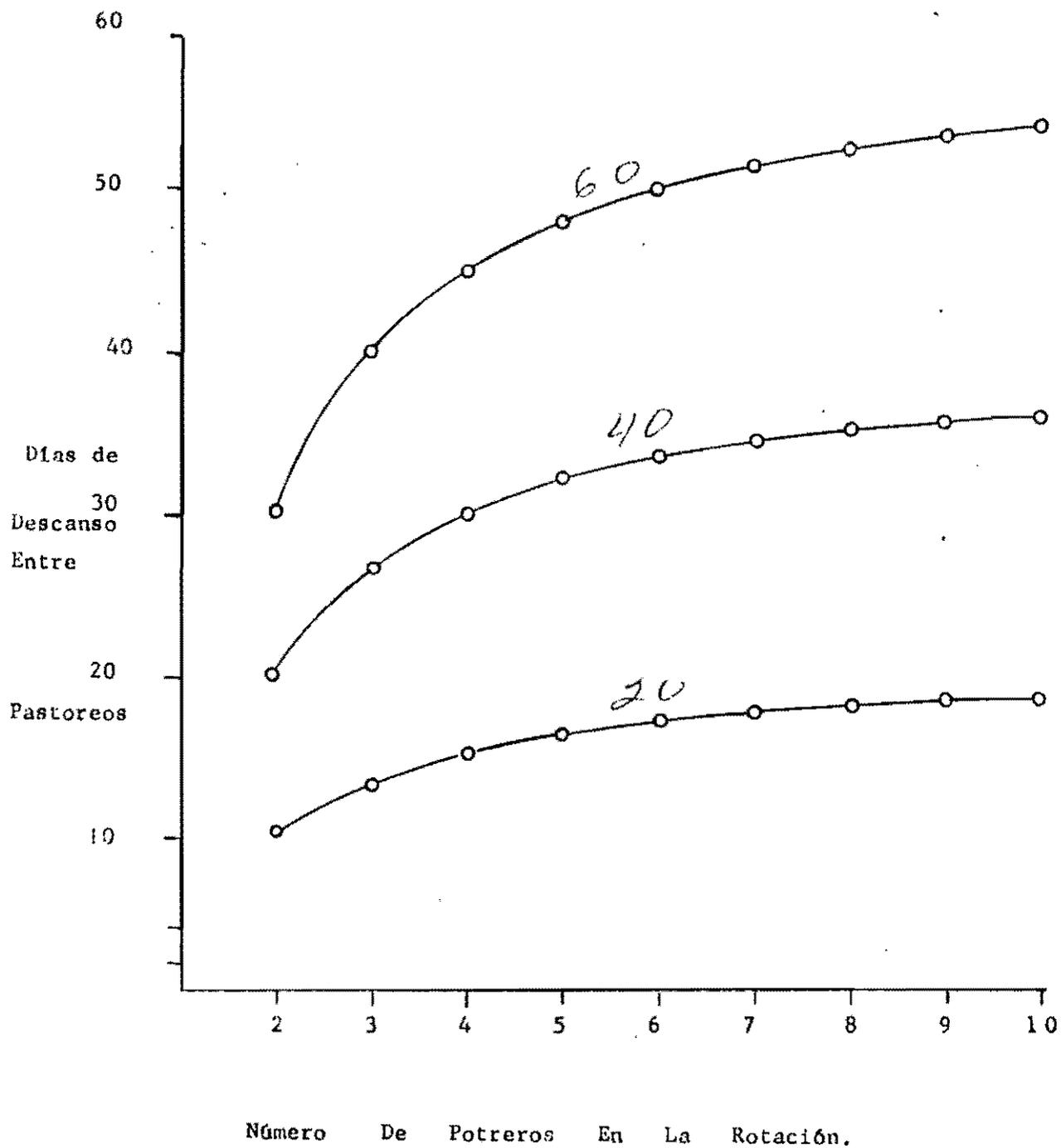


Figura 111.4

Relación entre el número de Potreros en la Rotación y los Días de Descanso entre Pastoreos Cuando el Periodo total de la Rotación es de 20, 40, y 60 Días.

Entre las ventajas que se mencionan para el pastoreo rotativo sobre el sistema de pastoreo continuo son:

- 1.- Mayor producción animal por unidad de área.
- 2.- Mayor flexibilidad en el manejo de los animales compensando si es necesario para las diferencias en productividad entre potreros de la finca.
- 3.- Mayor facilidad para la conservación del crecimiento excesivo de forraje.
- 4.- Mejor empleo de los potreros evitando los efectos dañinos que el sobrepastoreo prolongado tiene sobre el suelo.

Posiblemente se pueden presentar muchas más razones que favorezcan al pastoreo rotativo sobre el continuo. Las cuatro anotadas son sin duda las más importantes. Dentro de estas cuatro y siguiendo la línea de pensamiento que tratamos de desarrollar en este trabajo, la primera es la más importante si a ella se agrega el concepto de que el aumento en la producción animal por unidad de área debe significar además un aumento en la ganancia neta por unidad de área y que esa ganancia debe mantenerse por tantos años como se mantenga la pradera. De la misma manera que al referirnos a la carga animal, en los sistemas de pastoreo se deben estudiar los efectos prolongados, la duración debe ser la misma que el productor puede y debe esperar que su pradera sobreviva y se mantenga en estado productivo.

Una polémica de larga duración se estableció sobre el verdadero afecto que tiene, sobre la producción animal, la rotación de potreros. Algunos trabajos publicados antes de 1956, habían creído demostrar que la rotación duplicaba en algunos casos el producto animal obtenido por la unidad de área. Sin embargo, McMeekan (1956) llamó la atención al hecho de que en todos los casos, se habían colocado más animales por unidad de área en los tratamientos de pastoreo rotativo y expresó su creencia de que el efecto de mayor productividad supuestamente obtenido con la rotación, se debía a la carga animal más alta utilizada en esos tratamientos. Presentó al mismo tiempo los resultados de una comparación hecha en Nueva Zelanda entre los dos sistemas de manejo, en vacas lecheras, en la cual no se encontró diferencia entre los sistemas porque en las dos se mantuvo sistemáticamente la misma carga.

Posteriormente, el mismo autor (McMeekan, Walshe 1963), extendió su investigación sobre el efecto de los sistemas de manejo, incluyendo dos cargas de vacas lecheras por unidad de área en cada sistema de manejo, encontrando que el efecto benéfico de la rotación se hacía más notorio en la carga alta. Sin embargo, el autor hace notar que a pesar del aumento debido a la rotación en la carga más alta, es más importante el aumento debido al aumento en la carga animal dentro de cada sistema de pastoreo, que el sistema de pastoreo. La producción por vaca siguió el sentido inverso, es decir, dentro de cada sistema, el aumento de la carga ocasionó una disminución importante en el rendimiento por animal, y entre sistemas, la rotación en la carga baja tuvo poco efecto en la producción individual pero uno más importante en la carga alta.

La interacción entre sistema de pastoreo por carga animal ha sido reconfigurado en un buen número de trabajos posteriores y constituye ahora ya un hecho completamente aceptado. Debe anotarse que todos ellos se realizaron sobre praderas de clima templado, las cuales, por su hábito general de crecimiento poco erecto, macollante y en muchos casos importantes estolonífero o rizomatoso, son capaces de resistir el pastoreo intenso mucho mejor que las erectas tropicales.

El aspecto significativo de esto radica en la aplicación práctica que se puede dar a los sistemas de pastoreo en el conjunto de la empresa ganadera. Veamos los puntos que deben entrar en el análisis.

1.- Carga animal; por lo dicho antes, es el factor más importante. El ganadero comunmente tiene tendencia (particularmente en ganado lechero) a mantener una carga baja en su explotación; lo hace porque sabe bien que la capacidad de carga de sus praderas varía mucho dentro del año y aún cuando tenga mucha agua de riego a su disposición, no será capaz de mantener una perfecta uniformidad de crecimiento del forraje. En esas condiciones prefiere desperdiciar algo de pasto en las épocas de mayor crecimiento para defender la sobrevivencia de la pradera.

2.- Riesgo. Sí, para obtener un beneficio significativo debemos aumentar la carga a niveles sobre los acostumbrados, para los cuales se conocen la mecánica segura de manejo, el factor riesgo aumenta notablemente. El productor, justificadamente, tiene muy en cuenta este factor cuando considera posibles cambios en el manejo de sus animales.

3.- Capacidad Administrativa. Se dijo en el punto anterior que generalmente el manejo de animales en carga de pastoreo bajas envuelve sistemas conocidos y tradiciones, se requiere una Capacidad Administrativa un poco más desarrollada para manejar un hato en carga superiores en las cuales las emergencias no están aseguradas por la abundancia de forraje.

4.- Inversión e interés del Capital invertido. El aumento en la carga animal implica aumento del número de animales en la explotación. Se puede aumentar la carga disminuyendo el área de la explotación y manteniendo el mismo número de animales, pero esencialmente, se tendría lo mismo, pues, para el tamaño de la nueva explotación el número de animales aumentó. El aumento en el número de animales implica aumento de capital. La rotación requiere construcción adicional de cercas y bebederos para el ganado, esto significa un aumento en la inversión. Asociados con el aumento en el número de animales está también en la ampliación de las instalaciones de ordeño, almacenamiento de suplementos y corrales. Se debe finalmente considerar los aumentos de personal administrativo y de campo. Para climas templados, de lo que se ha obtenido en la literatura, se puede esperar no más de un 30% de aumento total debido a la carga más elevada que soporta la rotación. Contra estas cifras deben balancearse los aumentos en las inversiones y costos de producción.

La misma tendencia se puede esperar para el caso del pastoreo en franjas comparado con el continuo o rotativo de potreros fijos. En los casos en que el pastoreo de vacas lecheras en franjas no produjo aumento sobre el pastoreo rotativo (Freer, 1959; Foot y Line, 1960) se puede asumir que la carga animal empleada no fue suficientemente alta.

El mismo tipo de relaciones se han encontrado cuando se han comparado los sistemas de pastoreo en ganado de carne. (Mull et al., Conway, 1965)

Como se dijera en la introducción de este capítulo, el autor no conoce trabajos realizados en el trópico en que se compare la rotación con el pastoreo o en franjas. Solamente se dispone para revisión la comparación realizada durante dos años por Grof y Harding (1970) en una mezcla de pasto Guinea (Panicum maximum) y (Centrosema pubescens) entre el pastoreo continuo y alterno (de dos potreros) con novillos. La conclusión a que llegan los autores es que en una carga de 1,4 novillos por acre (3,5/Ha.) todo el año, la productividad aumento en 50 lb. por año/ acre con el pastoreo alterno. Una observación de interés constituye el hecho de que la mayor ventaja del pastoreo alterno se obtuvo en los meses de lluvia. Esto puede esperarse porque el pisoteo continuo y prolongado de los suelos tropicales húmedos en carga altas como la empleada por Grof y Harding (1970), causa gran ^{o.4} ^{Dr.} material vegetal disponible para el pastoreo. La ventaja de cualquier rotación, bien puede ser, en la preservación de la textura del suelo y la vida del material vegetal que de lo contrario es pisoteado y desperdiciado completamente.

Tal vez cabe una generalización al respecto de la rotación de potrero, que nace de lo que se ha publicado hasta hoy. Hay un punto de la carga animal, para cada tipo de pradera y condición ecológica en que la rotación no tiene efecto benéfico sobre la producción animal. Al aumentar la carga llegará un momento en que este efecto es más y más notable. En el análisis económico, la validez de la rotación dependerá de cuan baja la carga se obtenga la respuesta a la rotación (con relación a las cargas comunes) y cuan altas sean las inversiones adicionales que se precisen para que el sistema trabaje adecuadamente.

Se puede esperar que en el trópico húmedo, la ventaja llegue a carga más baja por la morfología y naturaleza de crecimiento de las plantas y las condiciones de humedad del suelo, propenso al pisoteo excesivo.

Relacionado directamente con la rotación, está el efecto del período de descanso del potrero (entre dos pastoreos) sobre la producción de las praderas. Campbell (1967) discute en forma resumida la interacción entre la defoliación con los animales, el área foliar que permanece después del pastoreo y el período de descanso de la pradera con relación a la producción del pasto. En esa forma condensada radica realmente el gran problema del manejo de las praderas con los animales. Uno de los conceptos básicos sobre los cuales se basa el conocimiento del crecimiento de las praderas es el de que, si todo lo demás se mantiene constante, la velocidad de rebrote de las praderas depende del Índice de Área Foliar del rastrojo. El índice de Área Foliar (I.A.F.) se puede definir como la superficie de hojas activa presente por unidad de superficie del suelo y se supone que para cada especie vegetal existe un punto de este índice en que la síntesis de Hidratos de Carbono, y por ende del crecimiento de las plantas, es máximo. De acuerdo con éste concepto entonces, la mejor utilización de la pradera se produciría cuando la remoción del forraje se realice en las condiciones en que el I.A.F. haya pasado ligeramente su óptimo y la remoción de hojas no exceda el punto de I.A.F. mínimo en que la síntesis sea demasiado baja.

De acuerdo a éste concepto, se obtiene mayor crecimiento de la pradera, si los intervalos entre cortes son mayores (hasta antes de un punto máximo en que el I.A.F. haya sobrepasado su óptimo). Así mismo, idealmente los pastoreos deben ser rápidos y suficientes para reducir el I.A.F. al punto deseado y ser seguidos de período de descanso largo. Estos sistemas han sido comprobados en parcelas pequeñas para corte y pastoreo en que se han empleado ovejas como defoliadores.

Este elegante concepto de mantener un I.A.F. adecuado en las praderas, tropieza en práctica con el problema de que el productor cuenta con un área definida de campo y un número definido de animales que debe alimentar, de ese campo. Si la carga animal que mantiene el productor es demasiado baja, aparte del hecho de que la productividad por hectáreas será baja, permitirá la acumulación de material vegetal viejo o muerto sin utilidad para el animal, compitiendo por luz con el material verde. Si la carga animal aumenta el productor tiene la alternativa de mantener un período de descanso menor correspondiente con un período de ocupación menor de la pradera. Si quiere alargar el período de descanso para dar oportunidad de crecer más a la pradera antes de recibir los animales se producirá un alargamiento de período de ocupación de la pradera (Figura III-4) y el sobrepastoreo del área ocupada, lo cual ocasiona un I.A.F. del rastrojo demasiado bajo. En la práctica con cargas comunes para el tipo de pasto y región, se ha encontrado en ocasiones que el período de descanso más largo no favorece la producción animal (Creek and Nestle, 1965). La discusión que antecede pone de manifiesto la importancia de manejar la carga animal con mucho cuidado.

DE LOS EXPERIMENTOS

IV. DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Conocidos y claramente determinados los objetivos, es necesario ahora definir como y con que se procedera a estudiar, al nivel experimental, las preguntas planteadas.

Por la magnitud física de los experimentos de pastoreo, es tendencia común tratar de reducir a un mínimo la superficie de pastos y el número de animales del experimento. Esta tendencia puede llevarse demasiado lejos, confundiendo el afán de realizar un experimento con el conocimiento objetivo de las magnitudes (tierra y animales) con las cuales se debe trabajar, para obtener resultados que tengan valor de predicción. Por ejemplo, si estamos localizados dentro de un valle de diez mil hectáreas de pasto Pangola y con una población de diez mil cabezas de ganado, no parecería razonable montar un experimento factorial de 2×3 con dos niveles de fertilización y tres cargas animales, contando con doce animales y nueve hectáreas de pasto, si se pretende que los resultados obtenidos representen a las diez mil hectáreas de pasto Pangola del valle y a las diez mil cabezas de ganado. El investigador debe contener su impulso de montar pequeñas pruebas de pastoreo "aún cuando se sepa que son insuficientes", porque muy al contrario de lo que se espera, ahorrar dinero y esfuerzo, solamente estaría desperdiciando dinero y esfuerzo y algo que es muy grave, poniéndose en peligro de auto-engaño sobre la validez de sus resultados. Las expresiones son duras, pero me atrevo a asegurar que son ciertas.

1.- DISEÑO EXPERIMENTAL

Los diseños experimentales más empleados son de Bloques Completos al Azar y Parcelas Subdivididas.

Cada uno tiene su razón de ser.

La separación en bloques tiene como objeto eliminar las variaciones de calidad del suelo, de topografía o ambas que se encuentran casi invariablemente cuando se trata de superficies grandes de terreno.

A.- Pendientes y Terreno Accidentado.

El principio que actúa es el mismo. En caso de una pendiente se establece normalmente una gradiente de fertilidad desde las partes más bajas a las más altas. La humedad del suelo cambia en la misma medida. Es aconsejable en casos como este escoger bloques de terreno verticales a la pendiente.

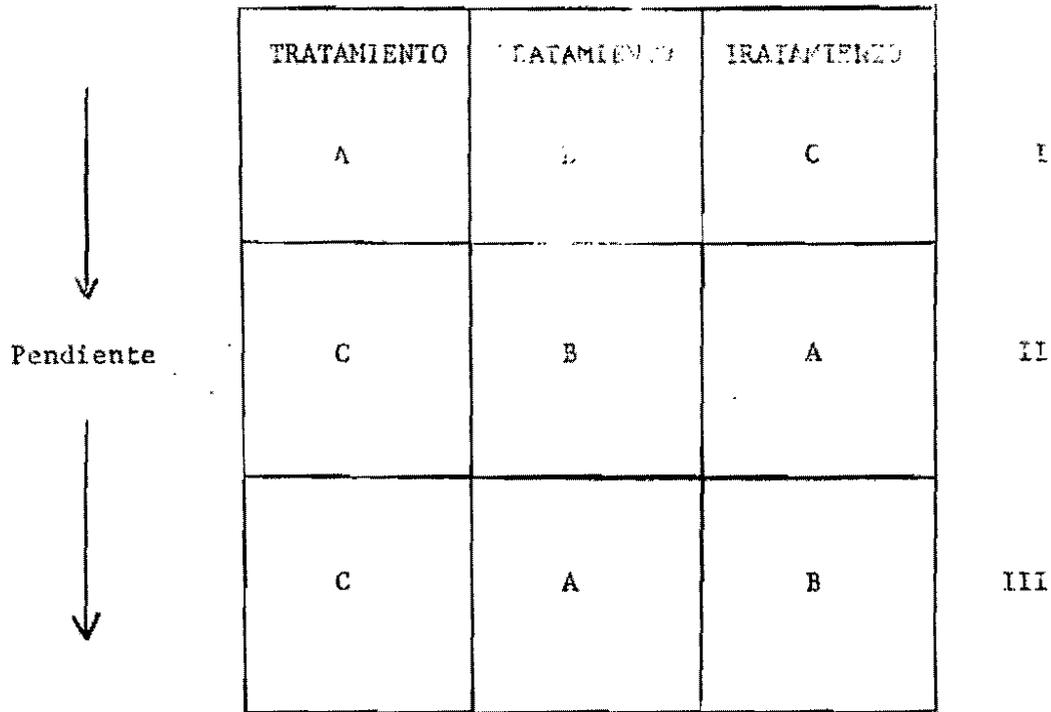


Figura No.IV.1.- Experimento de Tres Tratamientos con Tres Repeticiones Distribuido en Bloques Completos al Azar de Acuerdo a la Pendiente del Terreno.

La Figura 1 demuestra la forma en que iría distribuido un experimento de acuerdo a la pendiente.

Los bloques, ni las parcelas tienen necesariamente que ser rectilíneas, es *preferible* acomodarlas de acuerdo a bloques de lados irregulares que sigan el contorno de fertilidad, de humedad, de accidentes del suelo.

Todavía existe la situación en que la falta de uniformidad del suelo y/o de los pastos sea tal que no permita formar bloques con parcelas contiguas de iguales condiciones de suelo y pastos. En este caso aún es deseable y posible formar bloques a pesar de que las parcelas del bloque estén distanciadas unas de otras. Si será necesario emplear los mejores medios objetivos para determinar que áreas y hasta donde estas son suficientemente uniformes para formar un bloque. Esta labor frecuentemente es larga y tediosa, pero *imprescindible*. En estos casos, los siguientes son los elementos de juicio empleados en su orden: composición botánica de la pradera, crecimiento de forraje (rendimiento a través del año), fertilidad, textura y estructura del suelo.

La Figura 2 presenta ejemplo de esta situación. A pesar de que el bloque 1 está constituido por parcelas en las tres localizaciones, continúa siendo un bloque porque los determinantes de la productividad, o sea los factores que afectan la producción, se mantienen uniformes en las parcelas del bloque. Que estén en una u otra localización (en distancias razonables) no influirá en su productividad.

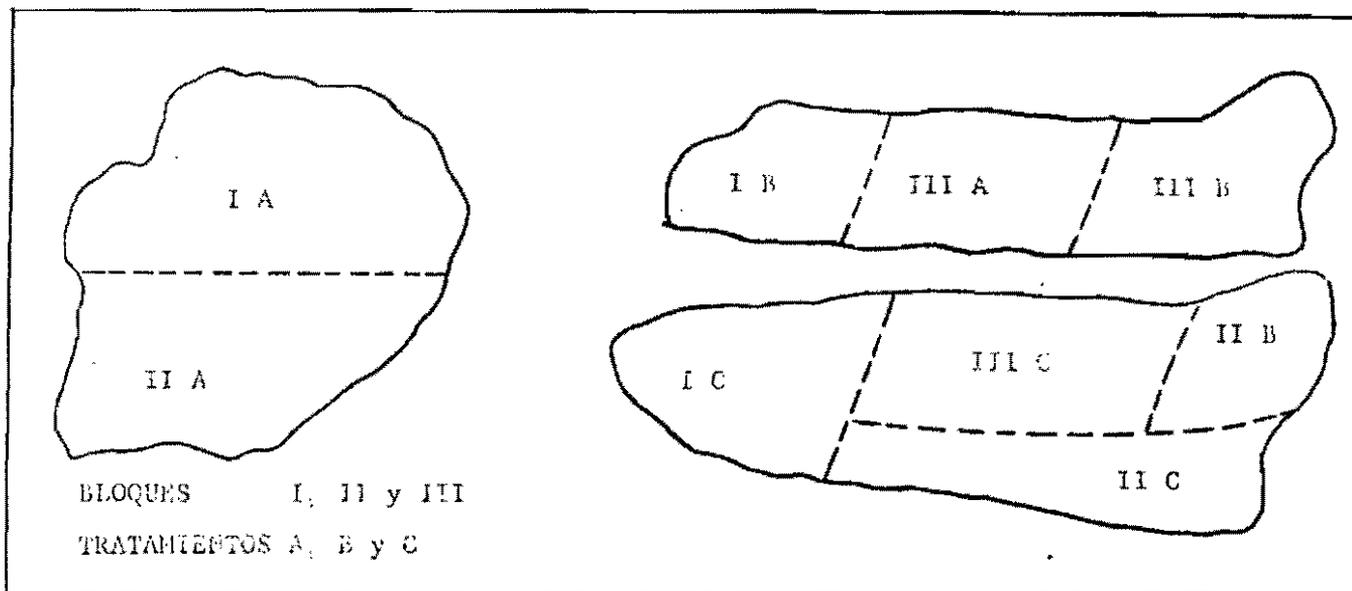


Figura No. IV 2. Distribución de un experimento de pastoreo de tres tratamientos y tres repeticiones en diseño de bloques completos al azar, cuando las parcelas que forman cada bloque no son contiguas. Adaptado de MOTT (1957)

B.- Tratamientos que deben ser aplicados a áreas grandes.

Tal es el caso de experimentos de riego, de fertilización, de control de enfermedades, plagas o malezas que se realizan por avión, y muchos otros en los cuales la aplicación del tratamiento a una sola parcela, dentro de un bloque no es factible, o complica demasiado las operaciones.

En este caso el experimento puede diseñarse en Parcelas subdivididas. Las parcelas mayores corresponden al tratamiento que se aplica en áreas grandes. Cada parcela mayor contendrá a su vez, distribuidos al azar, todos los niveles del otro factor. Un ejemplo se encuentra en la Figura 3. En este caso de un experimento factorial de $2 \times 2 \times 3$ en el cual los factores son riego Vs. no riego, dos especies de pastos tropicales, Pangola (*Digitaria decumbens*) Vs. Pará (*Brachiaria mutica*). Se trata de compararlos en su capacidad de engordar novillos bajo tres cargas con tres repeticiones. Por conveniencia del manejo del experimento, se usan para las parcelas mayores el riego y para las sub-parcelas las combinaciones de especie de pasto y carga animal.

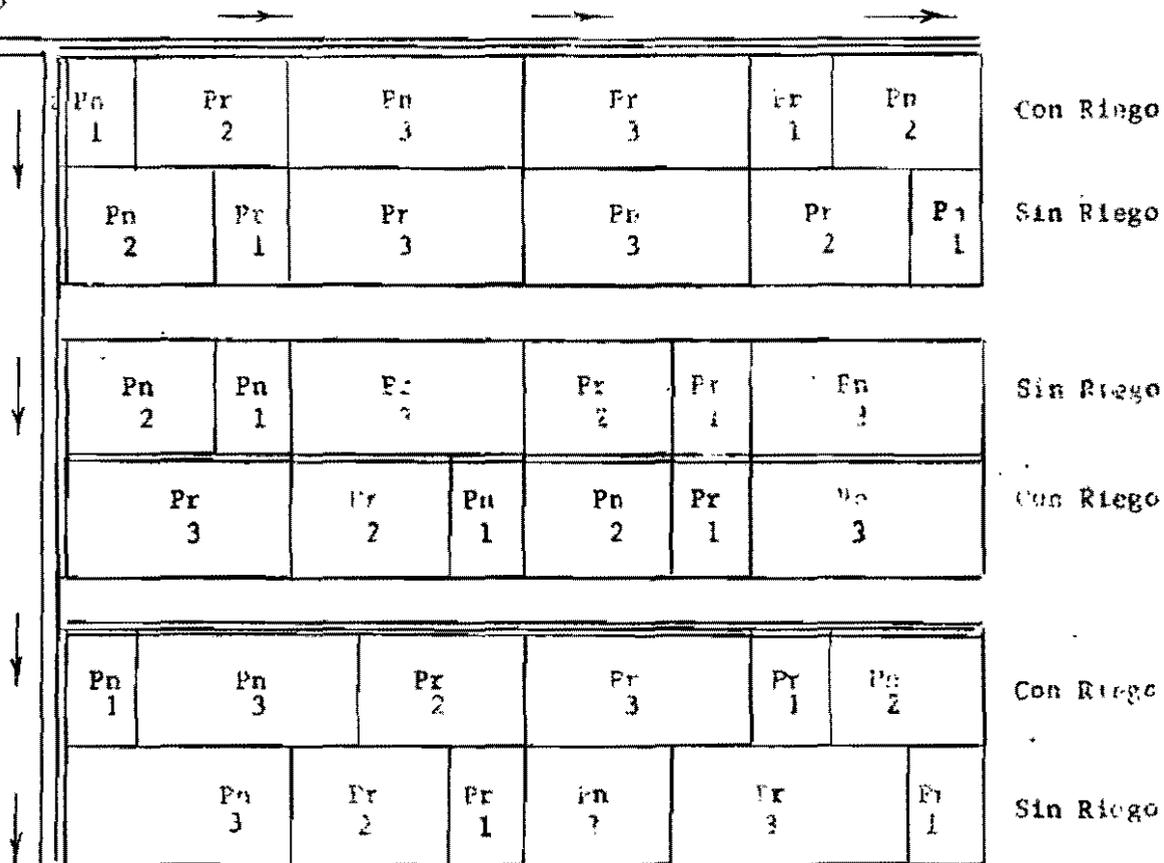


Figura No. IV. 3 Diseño de campo de un experimento de pastoreo distribuido en factorial de 2 x 2 x 3 y en parcelas sub-divididas, con tres repeticiones. Parcelas mayores: Riego. Sub-parcelas: PN 1, 2, y 3 = Pangola en Cargas: 1, 2, y 3. y PR 1, 2, y 3 = Pará en Cargas: 1, 2, y 3.

Este mismo ejemplo se puede emplear para describir la distribución de un diseño de Parcelas sub-divididas, en que las parcelas mayores serían los niveles de riego, las sub-parcelas las especies de forrajes y las sub-sub-parcelas, las cargas. Se podría escoger este diseño cuando se debe sembrar un área grande con cada especie y no sea factible la siembra en parcelas pequeñas. La Figura 4 presenta graficamente el diseño de campo para una de las tres repeticiones del experimento.

Tanto en un diseño como en el otro, las parcelas mayores se distribuirán al azar dentro de cada repetición o bloque, las sub-parcelas se distribuirán al azar dentro de cada parcela mayor y las sub-sub-parcelas al azar dentro de cada sub-parcela.

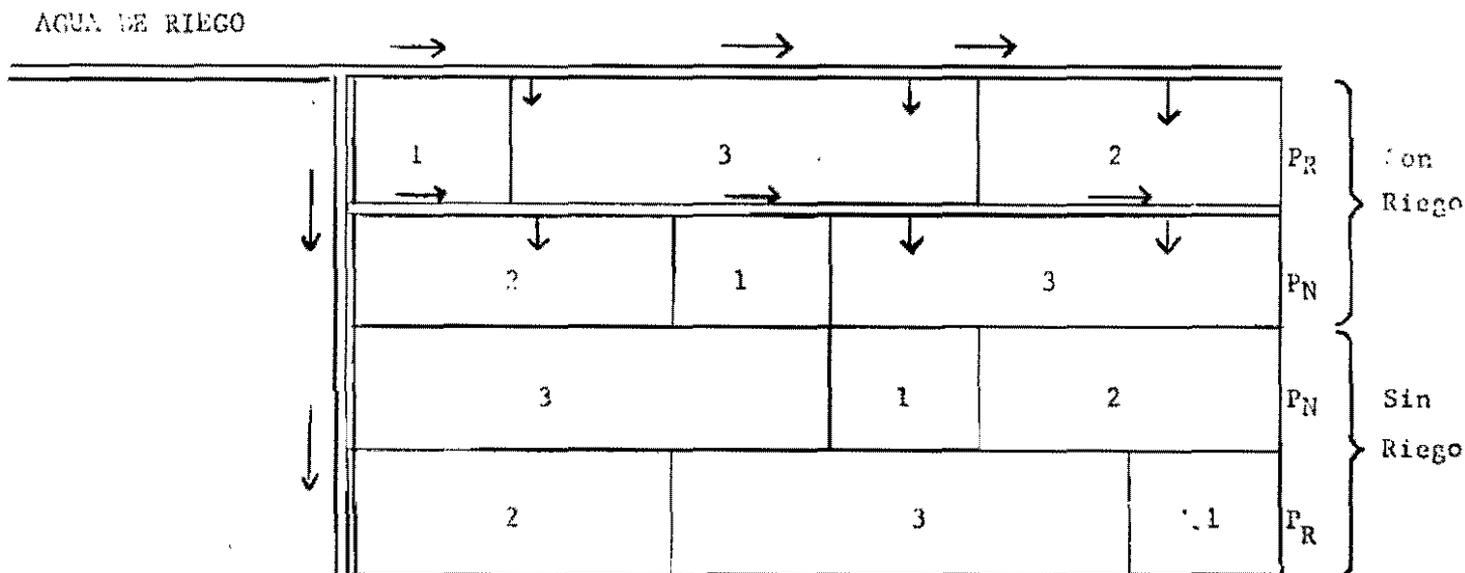


Figura No. IV.4 Diseño de campo del mismo experimento que la Figura 3 pero en parcelas sub-divididas. Parcelas Mayores: Riego. Sub-parcelas: Pará (PR) y Pangola (PN). Sub-sub-parcelas: cargas animal 1,2,3. Una sola repetición indicada.

Este diseño tiene estadísticamente el inconveniente de que la sensibilidad con que se prueba cada factor no es igual. Así, la sensibilidad es mayor para los factores que se distribuyen en las sub-subparcelas, menor para los de las sub-parcelas y menor aún para los factores de las parcelas mayores. En el ejemplo de las Figuras IV.3 y IV.4.

	Parcelas Sub-sub-divididas Grados de Libertad	Parcelas Sub-divididas Grados de Libertad
BLOQUES	2	2
RIEGO	1	1
ERROR (A)	2	2
ESPECIE	1	1
RIEGO X ESPECIE	1	1
ERROR (B)	4	--
CARGA ANIMAL	2	2
RIEGO X CARGA	2	2
ESPECIE X CARGA	2	2
RIEGO X ESPECIE X CARGA	2	2
ERROR (C)	16	20
TOTAL	35	35

Comparativamente el efecto de riego (parcelas mayores) se prueba con 2 grados de libertad; el efecto de especie, subparcela en diseños de parcela sub-subdivididas, con 4 grados de libertad. Nótese que en el efecto de especie la precisión sube a 20 grados de libertad, empleando el diseño de parcelas subdivididas. Carga animal (sub-sub-parcelas en el diseño de parcelas sub-subdivididas) se prueba con 16 grados de libertad, lo mismo que las interacciones dobles y triples. En el diseño más simple, todos estos efectos se miden con 20 grados de libertad. La gran diferencia entre los dos está en el grado de sensibilidad con que se prueba el efecto de especies (4 contra 20 grados de libertad).

Se puede demostrar que el error experimental "Promedio" de todas las comparaciones de tratamientos es el mismo en los dos diseños. El aumento en la precisión con que se miden los efectos de carga por ejemplo se hace a costa de la precisión con que se miden los efectos de las especies y más aún del riego, en el diseño de parcelas sub-subdivididas.

El mismo comentario se aplica a la comparación entre el empleo de un diseño de bloque completos al azar, contra parcelas subdivididas (Cochran and Cox, 1957). El error experimental promedio de todas las comparaciones es igual.

En el diseño de bloques al azar la precisión con que se miden los efectos de todos los tratamientos y sus interacciones es la misma, en el de parcelas subdivididas aumenta el de subparcelas a costo de las parcelas mayores. La decisión del uso de uno u otro depende de: 1) Condiciones físicas del experimento (facilidad de operación, distribución del campo, etc.) y 2) si se quiere mayor precisión en la prueba de un factor y sus interacciones, se puede asignar este a las subparcelas; pero debe recordarse, que es tará disminuyendo la precisión del factor asignado a las parcelas mayores.

C.- Gradiente de producción en dos direcciones:

Menos empleado que los anteriores, pero útil en condiciones específicas es el uso del diseño "Cuadrado Latino". En este diseño existe una ordenación en la distribución de tratamientos dentro de columnas e hileras.

En pruebas de pastoreo se puede usar cuando existe marcada variación de la productividad de la pradera en dos direcciones. Un ejemplo se presenta en la Figura IV.5. En este caso la gran variación en fertilidad del suelo de Norte a Sur y la diferencia en disponibilidad de agua para el crecimiento de las plantas de Este a Oeste haría aconsejable el empleo del diseño de Cuadrado Latino. Nótese que cada columna del cuadrado contiene los tres niveles de fertilización y cada hilera contiene también. Esta "ordenación" en columnas e hileras hace posible medir estadísticamente y sacar de la va riación del error, los efectos de fertilidad del suelo (columnas) y de hu medad (hileras).

La restricción principal de este diseño está en que el número de repeticiones debe ser igual al número de tratamientos. En prueba de pastoreo esto pocas veces se cumple, porque como dijéramos antes, la magnitud física de ellas hace que el número de repeticiones sea pequeño.

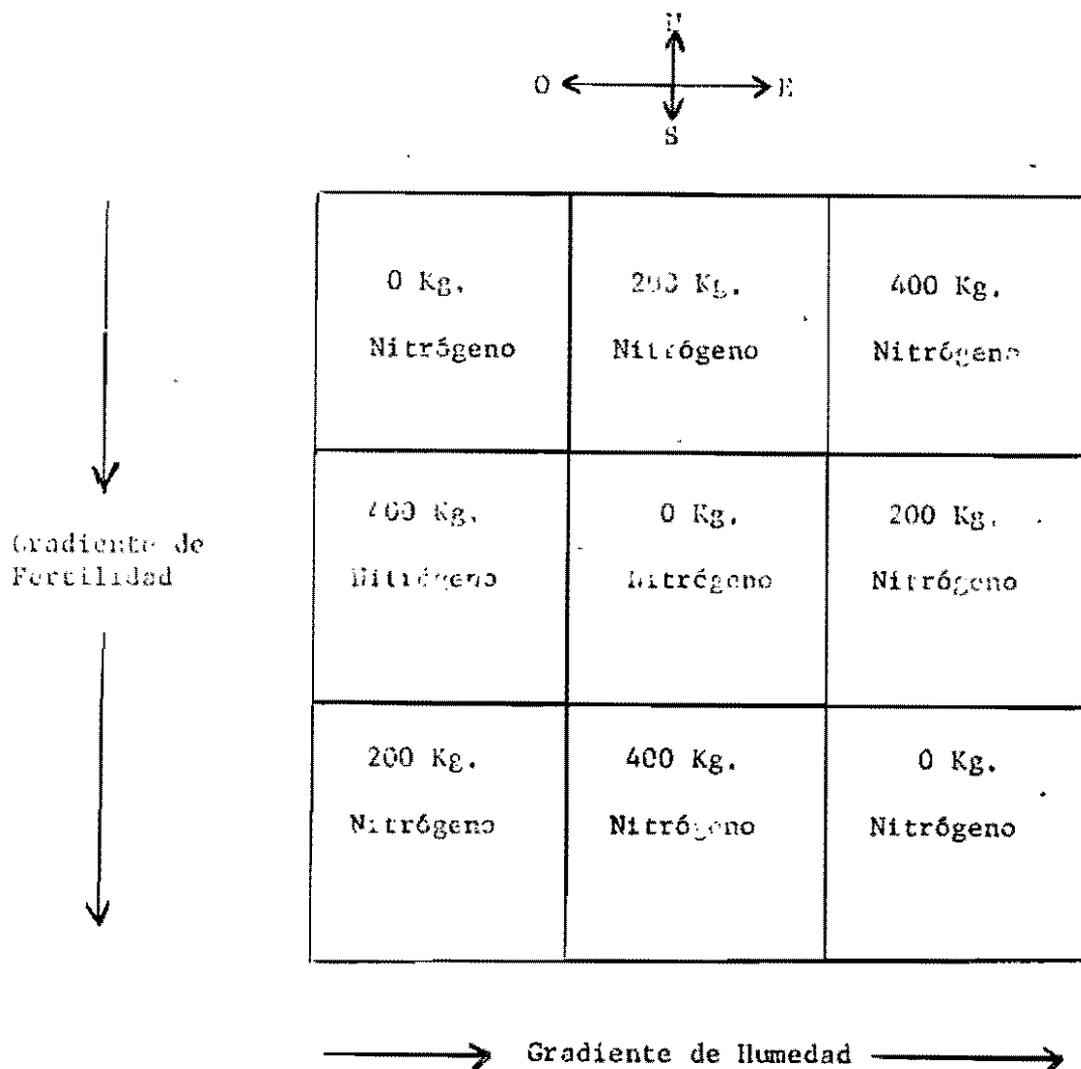


FIGURA IV.5 Distribución en el campo de un experimento de pastoreo, carga fija, para medir el efecto de tres niveles de Nitrógeno aplicado a la pradera. Diseño Cuadrado Latino 3 x 3.

Para aplicar este diseño es preciso asegurarse que los efectos de columna y de hileras constituyan una fuente importante de variación, ya que al extraer los efectos de columna e hilera se pierden grados de libertad para el error. En el caso de un cuadrado de 2 x 2 (2 columnas, 2 hileras, y 2 tratamientos) no habrían grados de libertad para el error y la prueba de F del análisis estadístico no sería posible. En cuadrados de 3 x 3 y 4 x 4 los grados de libertad del error serían 2 y 6 respectivamente. Comparativamente en los mismos experimentos, en diseño de Bloques Completos al Azar, se obtendrían: 1 grado de libertad para el caso de 2 x 2; 4 para 3 x 3 y 9 para 4 x 4. Es decir, si la variación en una de las dos direcciones no es importante, es preferible emplear el diseño de Bloques Completos al Azar.

Este diseño es útil también en algunos tipos de investigaciones en los cuales los períodos de ocupación de la pradera son relativamente cortos y se repiten a través del tiempo. Por ejemplo, en un experimento en el cual se trate de medir el efecto de cuatro herbicidas aplicados en los cuatro trimestres del año calendario sobre cuatro estados de enmalezamiento de la pradera. La figura IV.6 representa la distribución de campo del experimento.

	Enero	Abril	Julio	Octubre
58	A	C	D	B
42	D	B	A	C
20	C	A	B	D
5	B	D	C	A

FIGURA IV.6 Distribución de tratamientos en un experimento para medir el efecto de cuatro herbicidas (A,B,C,D,) sobre la ganancia de peso de novillos pastoreando una pradera de Pasto Pará (*Brachiaria mutica*) enmalezada en forma desuniforme a través del año. Diseño Cuadrado Latino 4x4.

En este caso, las columnas están constituidas por los trimestres (estaciones) del año, las hileras por los estados de enmalezamiento de la pradera. Los cuatro herbicidas (A, B, C, y D) están representados en cada columna e hilera. Lógicamente en un experimento como este las praderas con diferentes estados de enmalezamientos no estarán juntas, pero de todas maneras puede organizarse en forma de un Cuadrado Latino.

En un experimento como este el diseño es útil, porque se puede medir y aislar separadamente los efectos de la época del año y del estado de enmalezamiento con el empleo de un número relativamente pequeño de parcelas. Claro está que no se podrá medir ningún tipo de interacción entre herbicidas y época del año, o herbicidas y estado de enmalezamiento o la interacción triple, porque el diseño asume que no hay interacción o si la hay no interesa. Si se quiere estudiar las interacciones se debe emplear de los diseños discutidos anteriormente.

2.- ERRORES DE DISEÑO

Hay algunos errores comunes de diseño los cuales deben resaltarse. Estos errores se deban, no a fallas en su análisis estadístico, sino a la aplicación errada de principios.

El más común, en ganado lechero, es la aplicación del diseño de "Reversión" (Change-over Design) o "Doble Reversión" (Switch-back Design), a la determinación de la capacidad productiva de las praderas.

Estos diseños, se emplean profusamente en los trabajos de alimentación de vacas lecheras y consiste en someter a una o varias vacas a una dieta determinada, normalmente la dieta básica, por un período de tiempo que fluctúa entre los 7 y 30 días, al finalizar este tiempo se somete a los mismos animales a la dieta experimental por otro período cuya duración fluctúa en el mismo rango. En el diseño de Reversión el primer período sirve como base de comparación para el período experimental. La Doble Reversión constituye una mejora sobre el anterior en el sentido de que trata de eliminar el declive normal constante en la producción de una vaca a medida que pasa el tiempo y luego de completados los primeros 60 - 90 días de producción (datos para ganado lechero Europeo, no necesariamente cierto para ganado criollo americano). En este diseño hay dos períodos básicos de similar duración y entre los dos un período experimental. El promedio entre los dos períodos básicos debería ser una base más justa de comparación para el período experimental.

Los mismos diseños se aplican a pruebas de pastoreo en varias formas: a) comparación de una o más praderas (una de ellas sirve de parámetro de comparación, dieta básica), b) estudio del efecto de la suplementación de concentrados sobre la producción en praderas.

Antes de resaltar los errores de su aplicación a estudios sobre praderas es necesario decir que la aplicación de este diseño ha sido validamente criticado en el sentido de que, por tratarse de períodos cortos de alimentación, los efectos "residuales" de las dietas anteriores pueden ser tan altos que alteren totalmente los resultados. Evidencias recientes sobre la capacidad de las vacas lecheras para acudir a sus reservas energéticas del cuerpo para producir leche ponen esto muy de manifiesto (Flatt et al. 1965).

Aparte de este problema común a los diseños con períodos de corta duración, el empleo del diseño de Reversión, sacuenta el problema de que las praderas constituyen un sistema biológico que está en cambio constante, de tal manera que se puede decir con seguridad que la pradera no será lo mismo la próxima semana que lo que fue esta semana. Un solo factor, ecológico como la lluvia puede cambiar la productividad de la pradera de un día para otro. El principio fundamental del diseño ha variado, al cambiar la productividad de la *PRADERA* a la cual se trabaja. La base de comparación no existe.

Cabe de una vez alargar el examen de los experimentos de pastoreo con vacas lecheras en los cuales se pretende medir a través de su producción la capacidad de producción de las praderas.

En primer lugar, la longitud del período experimental. La producción de una pradera es consecuencia del alcance de un complejo equilibrio biológico en el que participan como fuerzas de ajuste el suelo, la pradera, los animales,

el sistema de pastoreo, y el clima. Este equilibrio de ninguna manera se establece en corto tiempo. En vacas lecheras en las cuales su capacidad de consumo de alimento cambia de acuerdo al estado de lactancia (Hutton et al., 1964) el equilibrio es evidentemente más lento en adquirirse. Por lo tanto, periodos cortos no pueden indicar la capacidad de producción verdadera de una pradera.

En segundo lugar, el periodo de producción de la vaca. Monti y Teillechea (1965) encuentran que al no tomar en cuenta los primeros meses de lactancia de la vaca en las pruebas de pastoreo, se está desperdiciando un gran potencial de producción. Esto es cierto, si la vaca permaneció dentro de la pradera durante su tiempo de no-lactancia previa, porque de acuerdo a las observaciones de consumo de pasto hechas por Hutton (1964) y a los datos obtenidos en la vaca Lorna por Platt et al. (1965), el consumo de alimento de las vacas lecheras (por lo menos que las buenas productoras) en los primeros dos meses de lactancia es demasiado bajo para mantener el nivel de producción que efectivamente se mantiene; esto quiere decir, que una buena parte de su producción durante estas semanas se deriva de los tejidos del cuerpo acumulados durante el periodo de disminución de producción y de vaca seca. Si las vacas se retiran de la pradera cuando secas, y se introducen después del parto, se introduce un elemento extraño a la pradera. Es lo mismo que si durante un tiempo se ofreciera a las vacas alimento extraño al experimento.

Estos argumentos y otros que no serán discutidos en este momento, llevan a la conclusión de que para una justa evaluación de la productividad de las praderas será necesario mantener el experimento por varios años y mantener a las vacas durante todo el periodo (años) del experimento, alimentándose a base de la pradera que se estudia.

Los comentarios hechos con relación a la longitud del periodo experimental de pastoreo en vacas lecheras, se aplica igualmente a cualquier otro tipo de animal. La objeción, como se dijo anteriormente tiene que ver con el tiempo necesario para que el sistema biológico altamente dinámico suelo-planta-animal adquiera un estado estable y tal vez permanente.

Un experimento de pastoreo con capones sobre pradera de falaris (Phalaris tuberosa) y trebol blanco (Trifolium repens) en el Uruguay (Kachele, comunicación personal) demuestra muy bien este punto. El experimento incluyó cuatro cargas: 10, 15, 20 y 25 capones por Ha., en pastoreo continuo. La pradera al comienzo del experimento fue dominada por trebol blanco. En el Cuadro IV.1 se resumen los resultados por año, en los cuatro años transcurridos del experimento.

Según esto se observa que la producción de lana/Ha. fue en el primer año superior con la carga de 25 capones. Antes del invierno del segundo año, la carga de 25 debió descontinuarse porque la pradera no fue capaz de mantener los animales con vida. En el segundo año, la carga de 20 animales produjo la mayor cantidad de lana por Ha.

En el tercer año, la carga de 15 animales por Ha. fue la superior. Es más, la composición botánica de la pradera de 20 animales había cambiado tanto que de una pradera de producción fundamental de otoño-invierno, se convirtió en una pradera dominada por pasto Bermuda (Cynodon dactylon), de verano. En el cuarto año, nuevamente el tratamiento de 15 animales/Ha. dió el más alto rendimiento de lana y se cree que ha logrado un equilibrio estable. Ahora bien, si el experimento se hubiera terminado a los 365 días, el análisis hubiera favorecido a la carga de 25 animales, si terminaba a los dos años hubiera favorecido a la carga de 20 animales, si el análisis se hacía luego de 3 ó 4 años favorecería a la carga de 15 animales. Los errores pudieron tener una magnitud tal que ciertamente, en caso de escoger y recomendar el empleo de 25 animales, hubiera sido preferible no haber comenzado el experimento.

Cuadro 1.- Producción de Lana (Kg./Ha.) por Capones Pastoreando una Pradera de Falaris + Trebol Blanco con Cuatro Cargas (Kachele, Comunicación Personal.).

Año	Carga Animal, Animales/Ha.			
	10	15	20	25
1966 *	46,5	66,5	82,0	97,0
1967	80,0	86,0	100,0	-
1968	79,0	95,0	71,0	-
1969	81,0	114,0	79,0	-

* Junio a Diciembre (167 días).

Otro error frecuente se encuentra en experimentos que pretenden comparar sistemas de pastoreo. El error consiste en emplear cargas diferentes para cada sistema de manejo. McMeekan (1956) subrayó este error en algunas de las primeras comparaciones que se hicieron entre sistemas de pastoreo continuo y pastoreo rotativo. (Brundage and Petersen, 1952, Davis and Pratt, 1956).

La carga animal, repetimos una vez más, es uno de los factores de mayor influencia en la productividad de la pradera. Ciertamente la carga animal tiene un efecto que puede tener mucha mayor magnitud que el sistema de pastoreo. Por tanto si se adjudica una carga mayor a un sistema de pastoreo se medirá una mayor productividad que equivocadamente se adjudique al efecto del sistema de pastoreo. La única forma verdaderamente efectiva de medir el efecto de un sistema es emplear varias cargas para cada sistema dando oportunidad a cada uno de ellos de encontrar el nivel de pastoreo que mantenga el equilibrio antes anotado. Si el empleo de varias cargas no es factible, por lo menos se debería mantener la misma carga en todos los sistemas, entendiéndose que no se está midiendo la combinación óptima entre sistema y carga sino comparando los dos sistemas a un nivel de carga que bien puede no ser el más apropiado para uno de los sistemas.

La relación entre carga y sistema de pastoreo se ha esclarecido en los últimos años como resultado de investigaciones realizadas por McMeekan y Walshe (1963) y Conway (1963), quienes encontraron ventaja en el pastoreo rotativo sobre el

V. DESCRIPCION DE METODOS

Se describen a continuación los métodos mas usados para medir la productividad de las praderas con animales:

- 1.- Método de la Unidad Efectiva de Alimento, comunmente conocido como Método de Quitar y Poner (Put and Take).
- 2.- Método de la Carga Fija.
- 3.- Método de la Carga Fija Estacional.

1.- Metodo de Carga Variable 6 de la Unidad Efectiva de Alimento:

Augmented
Las primeras ~~urgencias~~ que dieron origen a este método las hicieron Knott et al. (1924), pero ha sido Mott (1964, 1957, 1952) quien la ha descrito y popularizado.

El principio del método implica el ajuste periódico en el número de animales que pastorean la pradera para igualar la disponibilidad de forraje con el número de animales disponibles para consumirlo. El investigador selecciona un grupo de animales uniformes, los cuales deberán permanecer en la pradera constantemente por el periodo total de la prueba; a estos animales se denomina "testigos".

El número de animales testigos que se coloca en cada parcela es determinado calculando el número que ésta estará en capacidad de mantener permanentemente por la duración de la prueba o la etapa determinada de la prueba. Por ejemplo, seleccionando el número de novillos que la pradera será capaz de mantener hasta cuando estos alcancen los 450 Kgs. de peso, o seleccionando el número de vacas lecheras que podrá la pradera mantener en producción durante la estación de crecimiento del forraje.

La forma más efectiva y segura de determinar el número de testigos es calculando el número de animales que la pradera será capaz de mantener adecuadamente durante la época de menor crecimiento de forraje en el año. La producción de los animales testigos se acepta como una medida de la calidad del forraje disponible para los animales, ya que se asume que estos han tenido oportunidad de consumir forraje de la mejor calidad y en cantidad suficiente.

Para consumir el exceso de forraje que se presentará en épocas de mayor crecimiento debido principalmente al clima, será necesario ajustar la carga, aumentando, sobre el número de testigos, animales lo más parecidos a los testigos; a estos animales se les llama "Volantes" y son ellos los que dan el nombre de método de "quitar y poner" pues los "Volantes" serán quitados y puestos en la pradera, estrictamente de acuerdo a la disponibilidad de forraje.

El juicio sobre el número de animales que se quitan o ponen, debe ser basado en el mayor número posible de criterios objetivos para minimizar las subjetividad implícita en el método.

Los siguientes criterios pueden usarse:

A.-Medida de la disponibilidad de forraje, expresada como kg. de Materia Seca o Materia Orgánica. La medida puede hacerse cortando una muestra representativa de la pradera, secando y pesando. Para determinar el número de animales a colocar se usa frecuentemente el valor de 15 Kg. de Materia Seca como la cantidad que debe disponer una vaca lechera cada día (Greenhalgh, 1970) otros emplean la cifra de 50 Kg. de pasto verde cuando no se dispone de estufas de secamiento.

En la mayoría de casos en que el pastoreo no es enteramente uniforme, el número de muestras por parcela que se debe cortar para obtener una muestra representativa, es tan alto que resulta impracticable.

Actualmente la tarea de muestreo puede simplificarse con el uso de algún instrumento electrónico capaz de medir automáticamente el rendimiento de la pradera.¹ Si bien esos medidores presentan problemas iniciales de calibración, aparentemente una vez lograda permiten la lectura rápida, automática, de un número grande de medidas de rendimiento, con las cuales se puede calcular un promedio más real.

B.-Determinación del volumen disponible de materia seca digerible, materia orgánica digerible, energía digerible, o Nutrientes Digeribles Totales, por digestión in vitro de muestras al azar del forraje. El advenimiento de una serie de métodos rápidos de digestibilidad in vitro (Milley and Terry, 1963, Van Soest and Moore, 1965) hacen esto posible.

Con los datos de energía digerible o metabolizable o N D T estimado y el uso de las Tablas de Requisitos Nutritivos de las diferentes especies de animales, se puede estimar el número de animales, de una condición determinada, que una pradera es capaz de mantener. Debe recordarse que la información de Requisitos de las Tablas se refiere a animales estratificados y que por tanto es preciso aumentar un porcentaje al requisito de mantenimiento por pastoreo. La determinación de este porcentaje no es fácil, ya que su magnitud está influenciada por un número tan elevado de factores impositivos de definir claramente en una condición dada. Las estimaciones publicadas fluctúan entre menos de 10% (Coop and Hill, 1962, Graham, 1965) hasta 100% o más (Faladinas y Giergoff, 1967, Larbourn and Reardon, 1963, Corbett and Farrell, 1970). Por otro lado, la digestibilidad del forraje no es completamente independiente de la carga animal de tal manera que el dato de digestibilidad "in vitro" obtenido en muestras de forraje cortado no se puede repetir en todas las cargas y lo que es aún menos aceptable, la decisión sobre el número de animales que se va a emplear afectaría directamente el valor de digestibilidad. Puede finalmente argumentarse también que tampoco la medida de forraje disponible puede ser usada como criterio de juicio para determinar el número de "volantes" que deben quitarse o ponerse.

En primer lugar, la muestra que se corta representa una fracción, mayor o menor, de la cantidad de forraje verdaderamente disponible, dependiendo de la altura de corte sobre el nivel del suelo. Es seguro, que por lo menos en caso del pastoreo

¹ Basado en un diseño Neozelandés, la Compañía Custom Scientific Electronics Pty. Limited, 48 Ardenley Road, Woolongabba, Brisbane, Queensland 4102, Australia.

con ovinos, el operador no es capaz de cortar con una máquina, tan bajo como la oveja es capaz de arrancar el forraje. En segundo lugar, también la carga animal influye sobre la cantidad de forraje que el animal consume, y lo que es aún más importante su grado de influencia, no es constante en todas las cargas. En un estudio realizado en el Centro de Investigaciones Agrícolas, La Estanzuela, Uruguay (Rojas, 1967), en que se midió el forraje disponible, digestibilidad y consumo de capones en pastoreo continuo en cuatro cargas animales, se encontró que el consumo de materia orgánica y disponibilidad de forraje estaban correlacionadas significativamente solamente en cargas animales en las cuales el crecimiento de los animales estaba limitado por la carencia de forraje, así, la correlación indicada fue de 0.64 para la carga de 25 capones/Ha. 0.40 para 20, 0.03 para 15, y 0.57 para 10 animales por hectárea. En caso de la carga más liviana, como era de esperar, por el exceso de forraje con relación al número de animales, la relación es negativa. Pero en la carga de 15 animales que a través de 4 años de estudio ha demostrado ser la más adecuada, no existe correlación entre consumo y disponibilidad de forraje.

Del análisis anterior, se tiene que concluir que en este momento no parece posible hacer uso del muestreo de la pradera para estimar el número más adecuado de animales que deben pastorear una pradera, para obtener un nivel de producción dado, y que por tanto, el investigador que emplee el método de "quitar y poner" debe aceptar la subjetividad asociada con la estimación visual de la capacidad de carga de la pradera.

Mott y Lucas (1952) discuten los siguientes tres métodos para calcular el rendimiento por hectárea a partir de los resultados obtenidos por el método de "quitar y poner"

- 1.- En que las unidades de medida son provistas por todos los animales que se emplearon en el experimento (testigos y volantes).

Con estos datos se calcula el producto de todos los animales por hectárea, el total de animal-días por hectárea y el rendimiento diario promedio por animal.

- 2.- Este método se diferencia del anterior en que el rendimiento de la pradera se calcula usando solamente el rendimiento de los animales testigos y usando los testigos y volantes para definir el número de animal-días empleados.

En este caso se calcula el número de animal-días por hectárea en la misma forma que para el método anterior, y se obtiene el rendimiento por hectárea como:

$$\text{Rendimiento por Hectárea} = \text{Animal-Días por Hectárea} \times \text{Rendimiento Promedio de los Animales Testigos.}$$

3.- En el tercer método, el rendimiento por hectárea se expresa como la cantidad de elementos nutritivos extraídos por los animales en el período determinado de tiempo. Como unidades de medida de los elementos nutritivos se puede usar cualquiera de aquellos para los cuales hay información suficiente sobre requisitos de los animales. Estos pueden ser, energía neta, energía metabolizable, nutrientes digeribles totales, unidades almidón, unidades forrajeras, etc.

Los tres métodos enunciados se explicarán en detalle usando un ejemplo extraído de los trabajos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias-Turípana, ICA, Colombia (Quintero et al., 1971)^{1/} Los datos corresponden a los primeros 311 días de pastoreo, continuando el experimento en los años 1971 y 1972.

El experimento compara tres sistemas de controlar la maleza arbustiva en potreros de Pasto Parí, usando la ganancia de pesos de novillos como el parámetro de evaluación. Los cuatro tratamientos empleados son: 1) testigo sin tratamiento, 2) destrucción de la maleza con machete. 3) aplicación de 6 litros de Tordon^{2/} 101 por hectárea, 4) aplicación de 12 litros de Tordon 101 por hectárea. Todos los tratamientos se aplicaron una sola vez antes de introducir los animales en Febrero de 1970. El experimento fue establecido en diseño de Bloque Completos al Azar con cuatro tratamientos y dos repeticiones. Cada tratamiento contiene dos hectáreas, 8 por bloque y 16 en total.

Los animales son pastoreados en forma continua y se emplea el método de "Quitar y Poner" para ajustar el número de animales que pastorean. Los ajustes se hacen cada 28 días, coincidentes con el pasaje de los animales.

El número de animales que deberán pastorear cada tratamiento se determina midiendo el día anterior a la pesada el forraje disponible en cada tratamiento y adjudicando 50 Kgs. de pasto verde por cada animal. ~~El número de animales que deberán pastorear cada tratamiento se determina midiendo el día anterior a la pesada el forraje disponible en cada tratamiento y adjudicando 50 Kgs. de pasto verde por cada animal.~~

En el Cuadro V.1 se presentan los resultados, divididos en tres períodos correspondientes a 311 días de pastoreo en 1970, del tratamiento de Tordon 101 a razón de 12 litros / hectárea.

En este grupo se usaron tres animales "testigos" durante todo el período, y siete "volantes" por números variables de días en cada período. Los animales No. 2, 12, 19, 20, y 23 aparecen en dos líneas del cuadro porque todos ellos comenzaron el primer período, saliendo del experimento luego para volver a ingresar, todo dentro del primer período. Nótese además que en los animales que permanecieron los 311 días en el experimento, el paso inicial del segundo período es el final del primero y el inicial del tercero el final del segundo.

^{1/} El autor agradece al Dr. Alvaro Castro, Jefe del Programa de Ganado de Carne del C.N.I.A. - Turípana - por proveer los datos y autorizar su uso en este trabajo.

^{2/} Tordon 101, nombre comercial de herbicida.

CUADRO V.1. CAMBIOS DE PESO Y COMPUTO DE GANANCIA POR ANIMAL Y POR HECTAREA.
EXPERIMENTO DEL CNIA - TURIPANA, ICA (QUINTERO ET AL., 1971). 311 DIAS DE PASTOREO

Novillo Número	PRIMER PERIODO II-10-70 A VI-4-70				SEGUNDO PERIODO VI-4-70 A IX-25-70				TERCER PERIODO IX-25-70 A XII-18-70				Ganancia Total Kg	Ganancia Diaria Kg
	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	Ganan- cia Kg	Días de Pasto- reo	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	Ganan- cia Kg	Días de Pasto- reo	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	Ganan- cia Kg	Días de Pasto- reo		
3	280	320	40	114	320	387	67	113	381	399	12	84	119	0.382
Testigos 11	242	310	68	114	310	381	71	113	381	407	26	84	165	0.530
33	255	303	48	114	303	364	61	113	364	403	39	84	148	0.475
Totales			156	342			199	339			77	252	Prome- dio de	
Totales Acumulados							355	681			432	933	Testigos	0.463
Vo- lan- tes	2	188	235	47	59									
	2	235	250	15	27									
	12	280	320	40	59									
	12	330	332	2	27	332	399	67	113		436	37	84	
	14	-	-	-	-	348	349	1	28					
	19	223	255	32	31									
	19	270	273	3	27	273	359	86	113	370	375	5	28	
	20	290	340	50	31									
	20	322	357	35	27					423	436	13	28	
	23	213	263	50	31									
	23	263	275	12	27	275	342	67	113	360	376	16	28	
	48	230	290	60	59	353	391	38	56	401	410	9	28	
Totales			502	747			458	762			157	448		
Totales Acumulados							960	1509			1117	1957		
Ganancia/Ha, Kg			251				229				79			
Ganancia/Ha Acumulada, Kg							480				559			
Novillos Dias/Ha				374				381				224		
Novilos Dias/Ha Acumulados								755				979		
Ganancia Diaria			0.672				0.601				0.350			
Ganancia Diaria Acumulada							0.636				0.570			
Ganancia Diaria de Testigos			0.456				0.587				0.305			
Ganancia Diaria de Testigos Acumulada							0.521				0.463			

El Cuadro V.1 explica el procedimiento básico de computo y contiene toda la información requerida para calcular la productividad de la pradera en cada uno de los tres periodos y en los 311 días utilizados, por medio de los Métodos 1 y 2 de Mott y Lucas (1952).

METODO 1.- La información de mayor importancia está contenida en las líneas de Ganancia por Ha. Acumulada, Novillos-Días por hectáreas Acumulados, y Ganancia Diaria Acumulada.

La expresión más significativa y que sirve para comparar la productividad de varias praderas es la ganancia por hectárea, que en el ejemplo fue de 559 Kgs. en el periodo de 311 días. Los novillos-días por Ha fueron 979 y la ganancia diaria por novillo 0.570 kgs.

Si se observa detenidamente el Cuadro V.1, se verán algunos aspectos importantes. Hay varios periodos en los cuales un novillo permaneció en el experimento por tan poco como 27 y 28 días. Estos animales fueron traídos de una pradera fuera del Experimento, aún cuando seguramente similar, y pesados al entrar y al salir del pastoreo 27 ó 28 días más tarde; la precisión en la estimación de la ganancia de peso es en este caso muy baja. Observese por ejemplo que el animal No. 12 en el primer periodo ganó 2 kgs. en 27 días en tanto que el No. 20 ganó 50 kgs. en 31 día y el No. 23 ganó 12 kgs. en 27 días.

Es indudable que en estos casos no medimos verdaderos cambios de peso asociados con aumentos en la masa ósea y muscular, sino condiciones momentáneas del contenido del sistema digestivo. Observese así mismo la notable diferencia entre el promedio de ganancia diaria de peso de los animales testigos, 0.463 kg, y del total, testigos más volantes, de 0.570 kgs.

Es difícil aconsejar el uso de este método, al menos que se trate de situaciones en las cuales todos los animales permanezcan ininterrumpidamente en la pradera por periodos mayores de tiempo, digamos no menos de 90 a 120 días.

METODO 2.- En este caso el primer dato y de mayor importancia es de la ganancia diaria por animal "testigo" En el ejemplo del Cuadro V.1, se dividieron los 311 días en tres periodos solamente con el ánimo de mostrar el método, y se calculó por tanto un promedio de ganancia diaria de testigos para cada periodo. De la misma manera se calcularon los novillos-días por hectárea para cada periodo. Para calcular la productividad por Ha., basta multiplicar el uno por el otro así:

	Ganancia Diaria de testigos	X Novillos-días/Ha.	Ganancia por Ha.
Primer periodo	0.456	374	171
Segundo periodo	0.587	381	224
Tercer periodo	0.205	224	68
Total en 311 días.		979	463

Recalcamos que hay una diferencia importante entre el resultado de los Métodos 1 y 2. En este caso con el Método 1 se obtuvo una ventaja de 96 kgs. de ganancia de pesos por hectárea equivalente al 20% de la ganancia calculada por el Método 2.

El uso de los animales "testigos" en este método implica que: 1) el promedio de su rendimiento es representativo de la población de animales "volantes"; y 2) que todos los animales "testigos" y "volantes" tienen el mismo consumo diario de forraje y que este consumo no es afectado por los cambios de lugar.

En efecto, los animales testigos son empleados como indicadores de la calidad de la pradera (asumiendo consumo máximo voluntario) y los volantes como expresión de la cantidad de forraje disponible en la pradera.

Una indicación adicional que vale la pena incluir aquí, se refiere al cálculo de la "carga animal promedio" que frecuentemente se encuentra en trabajos en que se usa el método de Quitar y Poner. El cálculo se deriva fácilmente de los datos obtenidos en el Cuadro V.1, dividiendo el número de Novillos-días por Ha. para el número de días calendario del Experimento, es decir $979,311 = 3.15$ novillos por Ha. Sin embargo, si se calcula la carga promedio por período se verá que esta fue de 3.28, 3.37, y 2.67 en los períodos 1, 2, y 3 respectivamente, es decir una variación de 0.7 de novillo entre el segundo y tercer período. Al hablar de carga promedio como información de utilidad se comete el error de referirse a una cosa variable como algo fijo y óptimo; en otras palabras, si se hubieran mantenido fijos los 3.15 novillos por Ha., con seguridad que no se habría obtenido el mismo rendimiento que cuando se ajustó periódicamente la carga.

METODO 3.- Al realizar el cómputo de nutrientes extraídos de la pradera, por este Método es aconsejable emplear el peso de los animales volantes como referencia pero no su producción sino la de los testigos (Método 2). En el Cuadro V.2, se incluye el cálculo para este Método, usando como unidad nutritiva de referencia la Energía Neta. Para el cómputo se usaron las fórmulas propuestas en "Nutrient Requirements of Beef Cattle" de la Academia Nacional de Ciencias de Los Estados Unidos de Norteamérica, (1970) (25) en que:

$$\text{Requisito de E. } N_m = 0.077 W^{0.75}$$

$$\text{Requisito de E. N. g} = 0.05272 \times \text{ganancia de peso} + 0.00684 \times (\text{Ganancia de peso})^2 \times W^{0.75}$$

En estas fórmulas E.N_m significa Energía Neta para mantenimiento, E. N.g Energía Neta para ganancia de peso, W^{0.75} es el peso metabólico (peso en kilos elevado a la potencia 0.75 multiplicado por el logaritmo del peso vivo en kilogramos). La Energía Neta está expresada en megacalorías (1 Mcal = 1.000 kilocalorías; 1 Kcal = 1.000 calorías) y el peso vivo y la ganancia de peso en kilogramos.

Hay "Tablas de Requisitos Nutritivos similares a las de ganado de carne para Ganado Lechero y Ovinos publicados por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norteamérica (1964, 1971).

CUADRO V.2

CALCULO DE UTILIZACION DE ENERGIA NETA

Experimento del C.N.I. A. - TURIPANA-ICA (Quintero et al.,1971)

311 Días de Pastoreo

PRIMER PERIODO: II - 10 - 70 A VI - 4 - 70

	Peso Promedio Kg.	Ganancia Diaria Kg.	ENERGIA NETA		UTILIZADA , Mcal.		Total Período	
			Mantenimiento.	Ganancia.	Total Diario	Días		
Testi 3	300	0.350	5.55	1.39	6.94	114	791	
gos. 11	276	0.596	5.21	2.32	7.53	114	858	
33	279	0.421	5.26	1.52	6.78	114	773	
Total			16.02	5.23	21.25	342	2422	
Totales Acumulados.								
VOLANTES	2	212	0.456	4.28	1.41	5.69	59	336
	2	243	0.456	4.74	1.57	6.31	27	170
	12	300	0.456	5.55	1.84	7.39	59	436
	12	331	0.456	5.98	1.98	7.96	27	215
	14							
	19	239	0.456	4.66	1.54	6.20	31	192
	19	272	0.456	5.16	1.71	6.87	27	185
	20	315	0.456	5.76	1.90	7.66	31	237
	20	340	0.456	6.10	2.02	8.12	27	219
	23	238	0.456	4.66	1.54	6.20	31	192
	23	269	0.456	5.11	1.69	6.80	27	184
48	260	0.456	4.99	1.65	6.64	59	392	
Totales			73.01	24.08	97.05	747	5180	
Totales Acumulados								
E N/Ha, Mcal							2590	
E N/Ha, Acumulada, Mcal								
E N/Ha. /Dia Mcal					22.72			
E N/Ha. /Dia Acumulada, Mcal								
Kg. E N /Kg. Peso					10.32			

SEGUNDO PERIODO

VI - 4 - 70

A

IX - 25 - 70

	Peso Promedio Kg.	Ganancia Diaria Kg.	ENERGIA NETA		UTILIZADA, Mcal.			
			Manteni- miento	Ganan- cja.	Total Diario	Dias	Total Periodo	
TESTIGOS	3	354	0.592	6.28	2.74	9.02	113	1.019
	11	346	0.628	6.18	2.87	9.05	113	1.023
	33	334	0.539	6.02	2.38	8.40	113	949
Total			18.48	7.99	26.47	339	2.991	
Total Acumulado						681	5.413	
VOLANTES	2							
	2							
	12							
	12	366	0.587	6.44	2.79	9.23	113	1.043
	14	349	0.587	6.22	2.69	8.91	28	249
	19							
	19	316	0.587	5.76	2.49	8.25	113	932
	20							
	20							
	23							
23	309	0.587	5.67	2.45	8.12	113	918	
48	372	0.587	6.52	2.82	9.34	56	523	
Totales			49.09	21.23	70.32	762	6.656	
Totales Acumulados						1509	11,836	
E N/Ha, Mcal							3.328	
E N/Ha, Acumulada, Mcal							5.918	
E N/Ha./Dia Mcal					29.45			
E N/Ha./Dia Acumulada, Mcal					26.07			
Kg. E N /Kg. Peso					14.53			

T E R C E R P E R I O D O

IX - 25 - 70

A

XII - 18 - 70

	Peso Promedio Kg.	Ganancia Diaria Kg.	ENERGIA NETA		UTILIZADA, Mcal.			
			Mantenimiento.	Ganancia.	Total Diario	Días	Total Período	
TESTIGOS	3	393	0.142	6.80	0.67	7.47	84	627
	11	394	0.309	6.80	1.50	8.30	84	697
	33	384	0.464	6.68	2.25	8.93	84	750
Totales				20.28	4.42	24.70	252	2074
Totales Acumulados							933	7487
VOLANTES	2							
	2							
	12							
	12	418	0.305	7.12	1.55	8.67	84	728
	14							
	19							
	19	378	0.305	6.52	1.42	7.94	28	222
	20							
20	430	0.305	7.27	1.58	8.85	28	248	
23								
23	368	0.305	6.47	1.40	7.87	28	220	
48	406	0.305	6.96	1.51	8.47	28	237	
Totales				54.62	11.88	66.50	448	3729
Totales Acumulados							1957	15565
E N/Ha, Macl								1865
E N/Ha, Acumulada, Mcal								7783
E N/Ha. /Dia Mcal						22.20		
E N/Ha. /Dia Acumulada, Mcal						25.03		
Kg. E N /Kg. Peso						23.61		

Como dijimos antes, es necesario recordar que las tablas de Requisitos han sido obtenidas con datos de animales estabulados y que para condiciones de pastoreo es necesario aumentar en un porcentaje cuyas estimaciones varían entre 10% y 100% el requisito de mantenimiento.

En todo caso parece que en pastoreo de baja intensidad el requisito de mantenimiento debe aumentar entre 40 y 60% (Paladines y Giergoff, 1967). Teóricamente, el método tercero permite dos cosas muy importantes: 1) Permite la comparación, en base a una unidad de medida única, entre praderas diferentes, aún cuando su productividad haya sido medida con especies o tipos diferentes de animales; 2) permite la estimación del potencial de producción de la pradera con otros tipos de animales y otras especies.

Finalmente la expresión de la capacidad de producción de la pradera en términos de elementos nutritivos extraídos nos da una idea clara de la forma en que la energía producida por la pradera es utilizada; por ejemplo, con un simple cómputo, podemos saber que porcentaje de la energía total producida se empleó para mantenimiento de los animales y que porcentaje se extrajo efectivamente en forma de producto de utilidad para el hombre.

Es necesario recalcar, sin embargo, que la validez de las expresiones de productividad en forma de nutrientes, depende de la precisión con que se pueda determinar los requisitos de los animales bajo pastoreo para mantenimiento y las diversas funciones de producción. Siendo que la cuota de mantenimiento, en el caso de ganado de engorde, constituye por lo menos el 75% del consumo total y siendo que el pastoreo ejerce una influencia que puede ser variable sobre el requisito de mantenimiento, pero que está por lo menos alrededor del 50%, vemos que los datos obtenidos son apenas una aproximación y sujetos a errores de considerable magnitud. Sería particularmente peligroso el pretender calcular posibles niveles de producción, digamos de leche, con resultados de productividad de una pradera obtenidos con animales de engorde o con ovinos, puesto que en este caso posiblemente se cometan dobles errores, unos al calcular los nutrientes utilizados por el ganado de engorde y otros al calcular la posible producción del ganado lechero, a partir de ellos.

En el Cuadro V.2 se comienza por calcular el peso promedio de los animales, testigos y volantes, para cada período, ya que el requisito de mantenimiento y de ganancia de peso, son funciones del peso metabólico del animal. Luego, la ganancia diaria de los testigos para mantenimiento, ganancia de peso, y los requisitos totales diarios y por período.

Los datos de mayor importancia son Energía Neta Utilizada por Ha. y la Energía Neta Utilizada por Ha. y por día. Este último dato sobre todo sirve de base general para comparar especies forrajeras entre sí o diversos tratamientos dados a una misma especie. Teóricamente (con las limitaciones anotadas arriba) estas comparaciones son válidas, inclusive cuando los datos hayan sido obtenidos en tiempos y lugares diferentes o con especies de animales diferentes.

A partir de los datos obtenidos por este Método se pueden hacer algunas observaciones de interés que reflejan la eficiencia con que el animal utiliza el forraje: 1.- Proporción de la energía utilizada para mantenimiento y ganancia de peso. Tomando los animales testigos vemos que esta proporción fue de 3: 1; 2.3: 1; y 4.6: 1; para los tres períodos respectivamente. Nótese incluso que no se ha agregado aún, como se debía un 50% para mantenimiento por la labor de pastoreo. Nótese además que a medida que la ganancia diaria de pesos disminuye

la proporsición de energía para mantenimiento aumenta en la misma forma que aumenta cuando el peso de los animales aumenta. 2) Eficiencia de transformación de la energía de la pradera en ganancia de peso. Este dato constituye el verdadero fenomeno de transformación de energía del forraje a producto potencialmente de utilidad para el hombre. En el ejemplo se calcula que los testigos necesitaron 15.5, 15.0, y 26.9 Mcal. de Energía Neta por cada Kg. de ganancia de peso (2422 ÷ 156, 2991 ÷ 199 y 2074 ÷ 77). Asumiendo un 15% de valor de Energía Neta del pasto, encontraríamos que para realizar un Kg. de ganancia de peso el animal ha debido ingerir alrededor de 23 Kg. de materia seca del forraje en el primer periodo, 23 Kg. en el segundo y 41 Kg. en el tercero.

Ejem:

$$\frac{15.5 \text{ Mcal E.N.}}{0.15} = 103 \text{ Mcal. E. Cruda}$$

$$1 \text{ Kg. de Materia Seca de Forraje} = 4.4 \text{ Mcal. E. Cruda}$$

$$\frac{103}{4.4} = 23.4 \text{ Kg. de M.S. Forraje}$$

3) Energía de mantenimiento bajo pastoreo. Según se indica anteriormente, un punto muy importante para discusión es la cantidad en que debe ser elevada la energía utilizada para mantenimiento. Aceptaremos apriori que esta debe subir en un 50%, sobre los requisitos de animales en confinamiento.

Siendo este el caso, la relación entre energía utilizada para mantenimientos y ganancia de peso en los tres periodos sería 4.6: 1; 3.2: 1; y 6.9: 1; Tomando el ejemplo anterior sobre la cantidad de forraje aproximada que debió ingerir el animal en el primer periodo tenemos que de los 23 Kg. de M. S. del forraje 17 fueron utilizados para mantenimiento (76%) y 6.0 Kg. para ganancia de peso. Agregando 50% para mantenimiento bajo pastoreo tendremos que 25 Kg. ó el 83% fue requerido para mantenimiento y 31 de consumo total por Kg. de peso ganado.

Este ejercicio demuestra la dificultad que implica no conocer con seguridad los requisitos de los animales para ser empleados en el cálculo de elementos nutritivos extraídos por los animales que pastorean libremente una pradera.

MÉTODO DE LA CARGA FIJA

La descripción de este método es mucho más sencilla. Como su nombre lo indica quiere decir que el investigador, al comienzo del experimento escoge una carga para el tratamiento en cuestión y la mantiene permanentemente.

Quando se emplea este método generalmente se usa la carga como una de las variables del experimento; es decir, que cada uno de los tratamientos, se prueban con dos ó más cargas. El éxito de este tipo de investigación depende en mucho de que el investigador sea capaz de escoger cargas que describan efectivamente un rango que pase por el grado de mayor productividad.

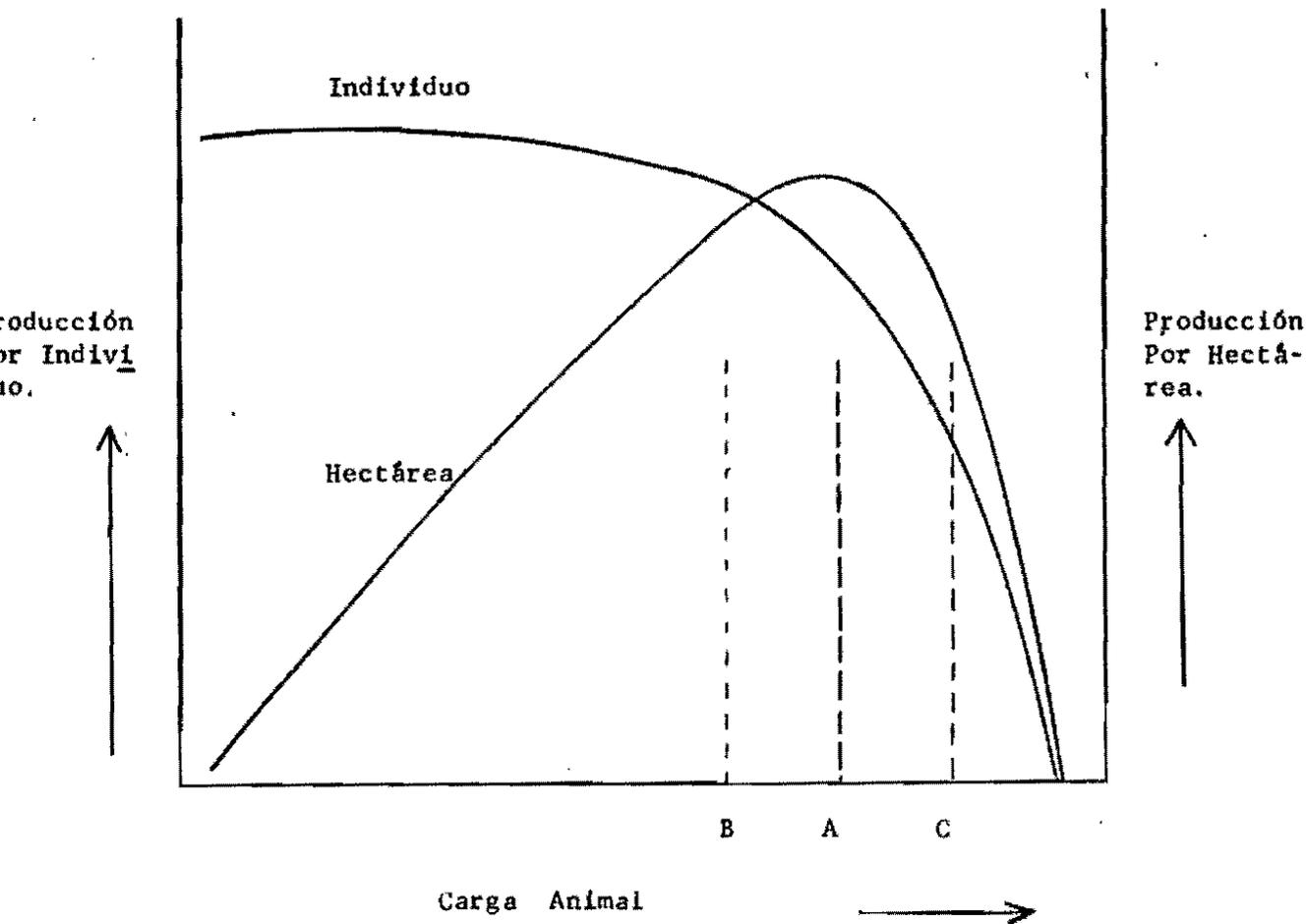


Figura No. V. 1. Relación entre carga animal y rendimiento por individuo y por hectárea.

En el esquema de Mott (1960) (Figura V.1) que relaciona Presión de Pastoreo (ó carga animal) con la producción por individuo y por hectárea, las cargas a escogerse deberían ser tales que permitan determinar el punto máximo con dos cargas, una inferior (B) otra superior (C) al punto de máxima producción por hectárea (A). En realidad el investigador experimentado escoge sus cargas extremas lo más separadas posible de la carga de producción máxima en tal forma que pueda describir la relación claramente; sin embargo, al hacerlo tiene cuidado de que la carga más alta no sea lo suficientemente elevada para destruir la pradera por pastoreo excesivo en cuyo caso pierde la posibilidad de describir adecuadamente la relación. Como se ve en la Figura V.1, aumentos de carga

sucesivos a partir de punto de máxima producción por hectárea producen una disminución precipitada del rendimiento el cual se refleja en un rápido deterioro de la pradera que puede llegar a la destrucción de la vegetación útil.

En el estudio de Cañas (1967) sobre la relación entre carga animal y la producción de lana y ganancia de peso en capones, la carga más elevada (25 animales) por hectárea resultó excesiva para la pradera y debió ser suspendida en el segundo año del estudio. En este caso, el experimento fue diseñado para llegar al punto de destrucción de la pradera con la carga máxima, pero en un experimento en el cual el investigador pretenda medir la capacidad productiva es necesario asegurarse que la carga máxima sobrepase el punto máximo de producción por hectárea, pero no llegue a la destrucción de la pradera, si se quiere acercarse al punto de destrucción debe incluirse una carga para continuar el experimento con tres.

Si el investigador no dispone de los medios necesarios para incluir más de una carga en cada tratamiento, afronta un serio dilema. En esta caso realmente necesita un buen conocimiento anterior de la capacidad de producción de la pradera antes de decidir cual será la carga más adecuada. No es posible ofrecer ninguna regla que le ayude a definirla, por lo general, en la zona hay alguna experiencia práctica que puede servir de ayuda.

En los Cuadros V.3 y V.4 se presentan los datos obtenidos por Cañas (1967), como ejemplo del tipo de datos que se obtienen en un experimento en el cual se emplea más de una carga animal. ~~En este experimento se trataba de medir el efecto de la carga sobre la productividad de la pradera.~~ Las cargas escogidas fueron de 10, 15, 20, y 25 capones por hectárea en pastoreo continuo. Se presentan los resultados de los primeros 167 días, en que se completó el primer ciclo de pastoreo; el experimento está todavía en marcha desde Mayo de 1966.

En el caso de la ganancia de peso (Cuadro V.3) se necesita resumir la ganancia diaria por individuo y la ganancia por Ha. El autor cree muy útil los gráficos de relación entre la carga animal y la ganancia, pues estos ayudan, en la primera instancia a explicar visualmente los resultados obtenidos. La Figura V.2 nos indica inmediatamente que las dos repeticiones se comportaron diferente en la carga de 25 capones/Ha. La producción de esta carga en el Bloque 1 fue superior a la de la carga de 20 en el mismo Bloque, contrario a lo que podía esperarse. Esta diferencia pudo explicarse en este caso ya que los controles de disponibilidad de forraje indicaron que esta fue siempre mayor en la parcela de 25 capones por Ha. La discrepancia obtenida en este experimento entre los dos bloques, es ciertamente una ocurrencia común en este tipo de experimento y es el resultado de la considerable variación que se encuentra en la disponibilidad de forraje en una pradera considerada "uniforme" a simple vista. En el mismo caso, la mayor producción de la parcela de 25 capones, Bloque 1, aparentemente se debió a que se localizó en un punto ligeramente más bajo del potrero y que por esa razón recogía mayor humedad lo cual favorecía el crecimiento del forraje. De esta parte del ejemplo sacaríamos la conclusión muy cierta de que dos repeticiones son ¹ *frecuentemente* insuficientes en este tipo de experimentos.

La producción por hectárea fue influenciada igualmente por la discrepancia en las cargas de 25 capones. En la Figura V.3 se observa que en el Bloque 2 la mayor producción por hectárea se obtuvo con la carga de 20 capones y el análisis

CUADRO No. V.3. CAMBIOS DE PESO Y COMPUTO DE GANANCIA POR ANIMAL Y POR HECTAREA. EXPERIMENTO DEL CIA - LA ESTANZUELA, URUGUAY (CAÑAS, 1967), 167 DIAS DE PASTOREO.

BLOQUE 1					BLOQUE 2				
Animal Numero	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	Ganancia Kg	Ganancia Diaria Kg	Animal Numero	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	Ganancia Kg	Ganancia Diaria Kg
25 CAPONES/HA									
1	35.0	60.5	25.5	0.153	31	35.0	48.5	13.5	0.081
2	37.0	65.0	28.0	0.168	32	34.0	47.0	13.5	0.081
3	33.0	58.0	25.0	0.150	33	36.0	51.5	15.5	0.093
4	35.0	59.5	24.5	0.147	34	37.0	56.0	19.0	0.114
5	32.0	54.0	22.0	0.132	35	32.0	48.0	16.0	0.096
6	35.0	63.0	28.0	0.168	36	31.0	49.5	18.5	0.111
Total			152.5	0.152				96.0	0.096
Total Promedio								124.3	0.124
Ganancia por Ha			635.4					400.0	
Ganancia por Ha Promedio								517.9	
20 CAPONES/HA									
7	37.0	57.5	20.5	0.123	37	32.0	57.0	25.0	0.150
8	37.0	60.0	23.0	0.138	38	38.0	57.0	19.0	0.114
9	35.0	58.5	23.5	0.141	39	33.0	59.5	26.5	0.159
10	33.0	47.0	14.0	0.084	40	33.0	54.0	21.0	0.126
11	35.0	61.0	26.0	0.156	41	37.0	62.0	25.0	0.150
12	36.0	58.0	22.0	0.132	42	36.0	65.0	29.0	0.174
Total			129.0	0.129				145.5	0.145
Total Promedio								137.3	0.137
Ganancia/Ha			430.0					485.0	
Ganancia/Ha Promedio								457.7	

(Continúa en Página No. 2)

CUADRO No. V. 3. CAMBIOS DE PESO Y COMPUTO DE GANANCIA POR ANIMAL Y POR HECTAREA. EXPERIMENTO DEL CIA - LA ESTANZUELA, URUGUAY (CAÑAS, 1967), 167 DIAS DE PASTOREO.

BLOQUE 1					BLOQUE 2				
Animal Número	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	Ganancia Kg	Ganancia Diaria Kg	Animal Número	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	Ganancia Kg	Ganancia Diaria Kg
15 CAPONES/HA									
13	35.0	64.0	29.0	0.174	43	33.0	66.0	33.0	0.198
14	37.0	65.0	28.0	0.168	44	35.0	64.0	29.0	0.174
15	33.0	62.0	29.0	0.174	45	35.0	60.0	25.0	0.150
16	35.0	61.0	26.0	0.156	46	33.0	59.0	26.0	0.156
17	37.0	64.0	27.0	0.162	47	37.0	74.0	37.0	0.222
18	35.0	67.0	32.0	0.192	48	37.0	63.0	26.0	0.156
Total			171.0	0.171				176.0	0.176
Total Promedio								173.5	0.173
Ganancia/Ha			427.5					440.0	
Ganancia/Ha Promedio								433.8	
10 CAPONES/HA									
19	35.0	64.0	29.0	0.174	49	34.0	73.0	39.0	0.234
20	34.0	65.0	31.0	0.186	50	35.0	70.0	35.0	0.210
21	35.0	73.0	38.0	0.228	51	35.0	74.5	39.5	0.237
22	32.0	62.5	30.5	0.183	52	34.0	65.0	31.0	0.186
23	37.0	63.5	26.5	0.159	53	35.0	71.0	36.0	0.216
24	35.0	76.0	41.0	0.246	54	33.0	72.0	39.0	0.234
Total			196.0	0.196				219.5	0.219
Total Promedio								207.8	0.207
Ganancia/Ha			326.7					365.8	
Ganancia/Ha Promedio								346.3	

Areas de pastoreo: Carga 25/Ha = 2.400 m², 20/Ha = 3.000 m²
 Carga 15/Ha = 4.000 m², 10/Ha = 6.000 m²

CUADRO V. 4. PRODUCCION DE LANA LIMPIA POR ANIMAL Y POR HECTAREA.
 EXPERIMENTO DEL CIA - LA ESTANZUELA, URUGUAY(CAÑAS 1967)
 167 DIAS DE PASTOREO

BLOQUE 1			BLOQUE 2		
Animal Número	Lana Limpia Animal Kg	Producida Animal/Dia Kg	Animal Número	Animal Kg	Animal/Dia Kg
25 CAPONES/HA					
1	2.021	0.012	31	2.423	0.015
2	2.532	0.015	32	2.280	0.014
3	3.695	0.022	33	2.270	0.014
4	2.962	0.018	34	2.193	0.013
5	2.682	0.016	35	2.829	0.017
6	2.408	0.014	36	2.860	0.017
Total	16.489	0.016		14.855	0.015
Total Promedio				15.672	0.016
Ganancia/Ha, Kg		68.7			61.9
Ganancia/Ha Promedio, Kg					65.3
20 CAPONES/HA					
7	2.519	0.015	37	2.967	0.018
8	3.465	0.021	38	2.820	0.017
9	1.970	0.012	39	3.144	0.019
10	2.403	0.014	40	2.650	0.016
11	3.071	0.018	41	2.257	0.014
12	3.125	0.019	42	2.783	0.017
Total	16.553	0.017		16.621	0.017
Total Promedio				16.587	0.017
Ganancia/Ha, Kg		55.2			55.4
Ganancia/Ha Promedio, Kg					55.3

Continúa en la Pagina 1A.

CUADRO V. 4. PRODUCCION DE LANA LIMPIA POR ANIMAL Y POR HECTAREA.
EXPERIMENTO DEL CIA - LA ESTANZUELA, URUGUAY, (CAÑAS, 1967)
167 DIAS DE PASTOREO

BLOQUE 1			BLOQUE 2		
Animal Número	Lana Limpia Producida Animal Kg	Producida Animal/Día Kg	Animal Número	Animal Kg	Animal/Día Kg
15 CAPONES/HA					
13	2.420	0.014	43	3.494	0.021
14	3.594	0.022	44	3.956	0.024
15	3.202	0.019	45	2.434	0.015
16	3.239	0.019	46	2.643	0.016
17	2.249	0.013	47	3.251	0.019
18	2.982	0.018	48	2.444	0.015
Total	17.686	0.018		18.222	0.018
Total Promedio				17.954	0.018
Ganancia/Ha, Kg		44.2			45.6
Ganancia/Ha Promedio, Kg					44.9
10 CAPONES/HA					
19	2.486	0.015	49	3.502	0.021
20	2.948	0.018	50	3.041	0.018
21	4.199	0.025	51	3.788	0.023
22	4.154	0.025	52	3.621	0.022
23	3.589	0.021	53	3.839	0.023
24	2.653	0.016	54	2.933	0.018
Total	20.029	0.20		20.724	0.021
Total Promedio				20.377	0.020
Ganancia/Ha, Kg		33.4			34.5
Ganancia/Ha Promedio, Kg					34.0

Areas de Pastoreo: Carga 25/Ha = 2.400 m^2 , 20/Ha = 3.000 m^2 ;
Carga 15/Ha = 4.000 m^2 , 10/Ha = 6.000 m^2 .

de regresión en esta carga indicó que la carga de mayor rendimiento estaba en 18 capones/Ha. En el Bloque I la forma de la relación es igual siempre en las tres primeras cargas, pero no en la de 25.

Las figuras V.4, V.5 presentan las mismas relaciones pero referidas a la producción de lana limpia. En el caso de la lana el grado de sensibilidad que tiene su crecimiento con relación al nivel de alimentación no es tan alta como en la ganancia de peso o producción de leche; por esta razón, la producción por individuo fue muy similar en cada carga en los dos bloques y la disminución de producción por individuo a medida que aumentó la carga no fue suficiente para causar una disminución en la producción por hectárea.

Con los cuadros y las figuras presentadas y con la ayuda de los análisis estadísticos realizados, el investigador está en posición de sacar conclusiones válidas tanto estadísticas como prácticas.

Claro está que de ninguna manera se debería esperar obtener la respuesta cierta en los 167 días de información presentados como ejemplo. Como se dijo antes, en los años posteriores de este experimento, la carga de 25 capones causó una completa destrucción de la pradera y los mayores rendimientos por hectárea se obtienen con la carga de 15 capones.

Para los análisis estadísticos se empleó el diseño de Bloque Completo al Azar, con dos repeticiones en la forma que se describió en la sección de Diseño. Se usó también análisis de regresión y se calcularon las relaciones matemáticas de mejor ajuste entre carga animal y los parámetros de ganancia de peso y producción de lana.

Las conclusiones prácticas que obtenga el investigador están siempre asociadas a las condiciones económicas de la región y a las costumbres de mercadeo peculiares de ella. Como ejemplo podemos citar la producción de lana que fue superior por hectárea en la carga 25 capones, con menos producción por individuo y una concomitante disminución en el largo y grosor de la mecha. Esta disminución de largo y grosor es castigada suficientemente en el precio de algunos mercados internacionales para que económicamente sea perjudicial el empleo de una carga tan alta. En otros mercados menos exigentes, principalmente domésticos, el castigo, si lo hay, es pequeño y no alcanza a perjudicar el valor producido por hectárea.

Con los resultados obtenidos se pueden calcular también, si se desea, la Energía utilizada por los animales, siguiendo la misma metodología aplicada al método de la Unidad Efectiva de Alimento, y la información obtenida puede ser utilizada en la misma forma. Se debe llamar la atención nuevamente al hecho de que no se dispone de suficiente información respecto a los requisitos de los animales bajo pastoreo y el efecto cuantitativo que las prácticas de manejo o los cambios climáticos tiene sobre estos requisitos, para que puedan ser aceptados con confianza.

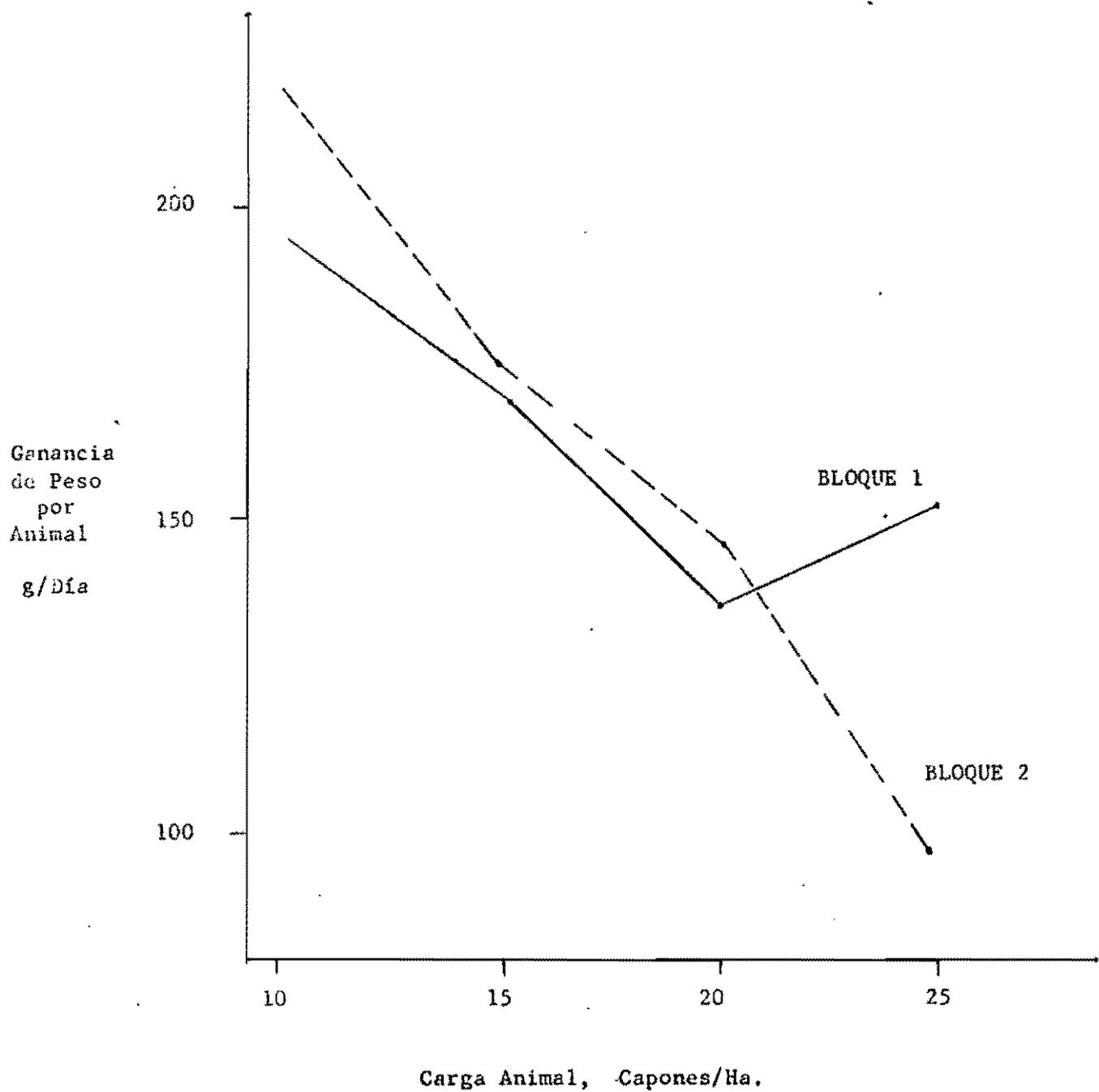


Figura No. V.2.- Relación entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Individuo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay (29). *Cienc., 196*

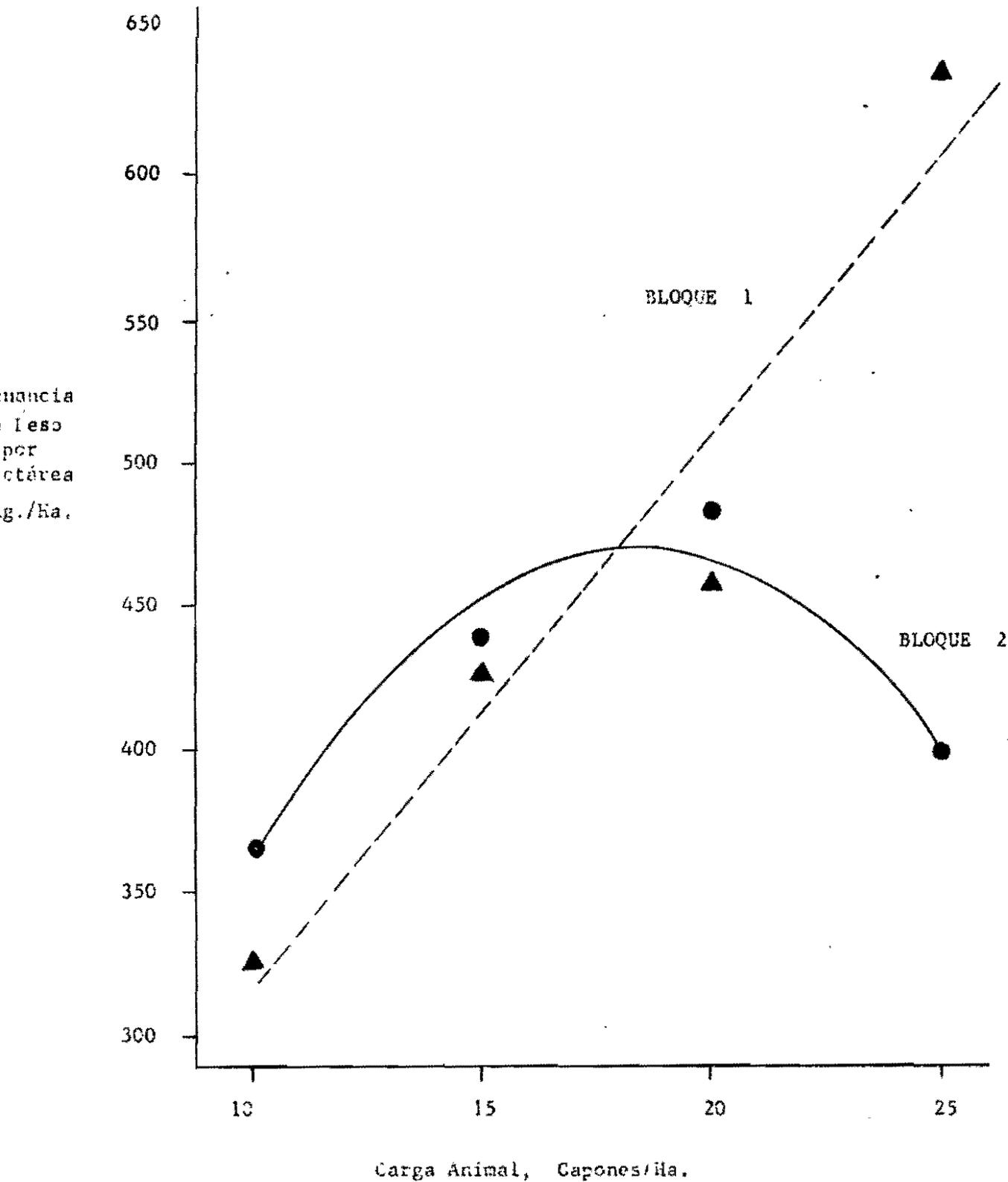


Figura No. V.3.- Relación entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Hectárea en 167 días de Pastoreo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay (29. *Revista*, 1967).

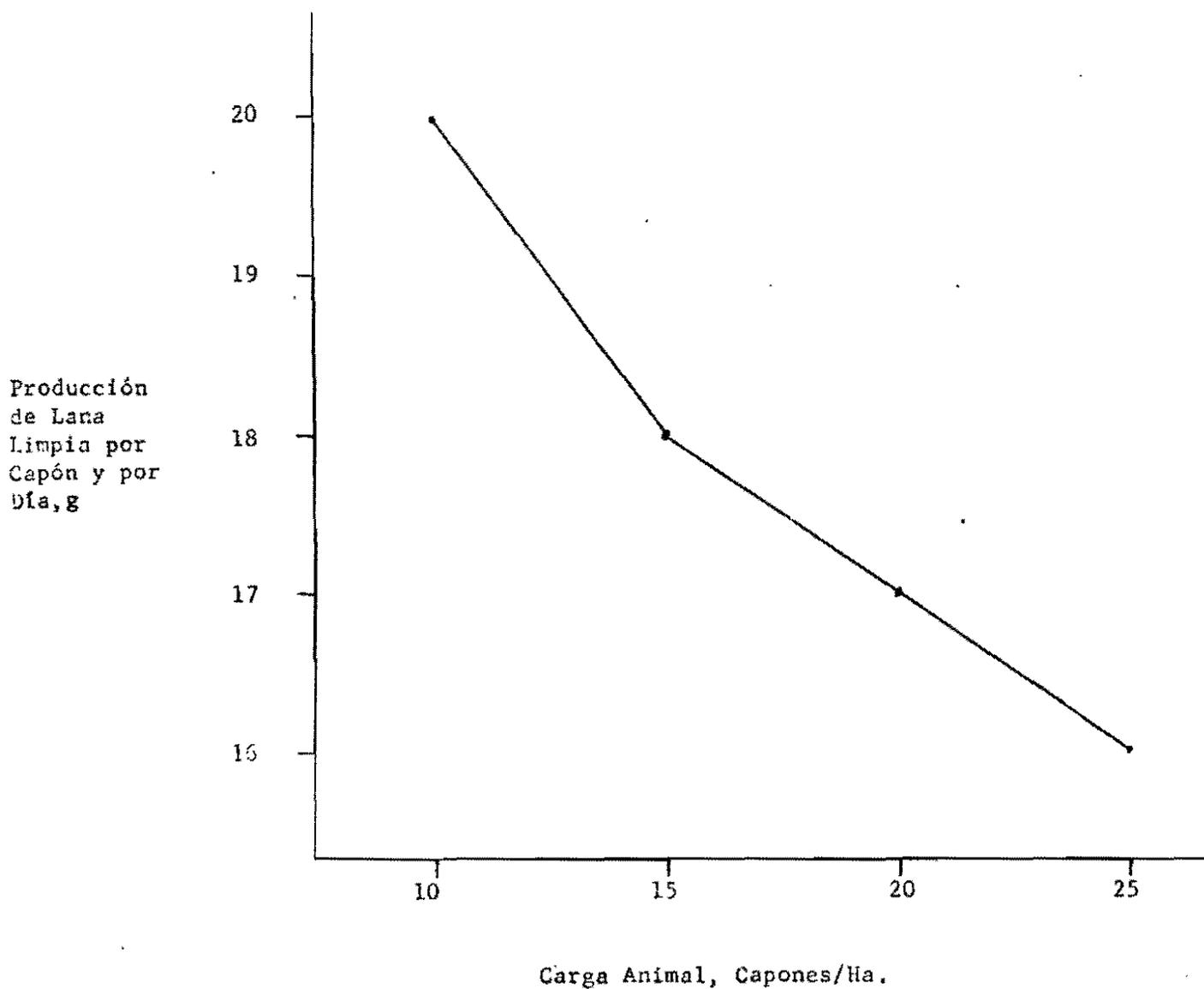


Figura No. V.4.- Relación entre Carga Animal y Producción Diaria de Lana Limpia por Individuo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay. Adaptado de Cañas (29). 1967)

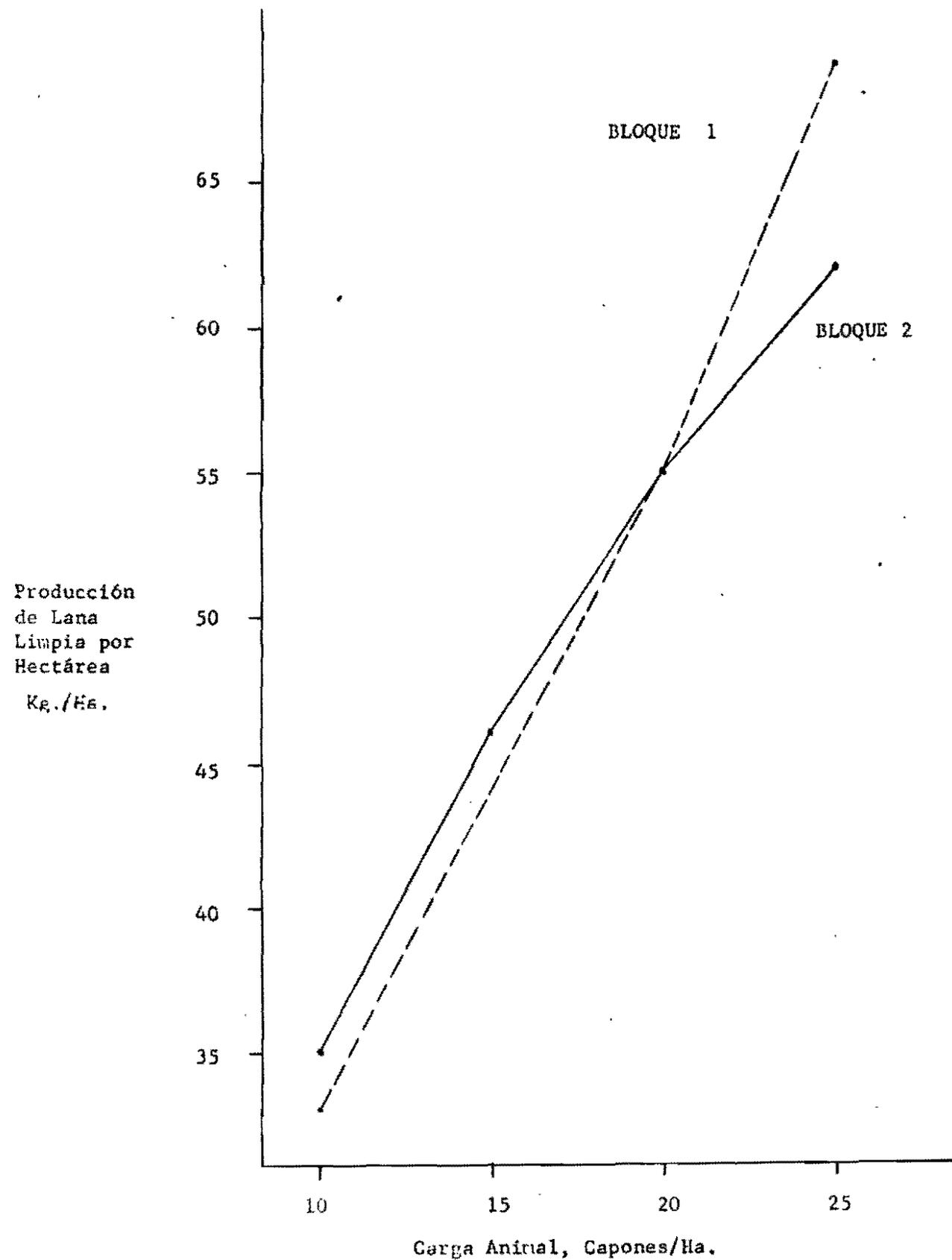


Figura No. V.5.- Relación entre Carga Animal y Producción de Lana Limpia por Hectárea en 167 días de Pastoreo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay. Adaptado de Cañas (29). 1967.

3.- Método de la Carga Fija Estacional.

Este método es una modificación del método de la Carga Fija, el cual se usa frecuentemente en experimentos de evaluación de praderas, con el objeto de ajustar la carga al crecimiento del forraje.

El método se emplea en aquellos casos en que las condiciones del clima, por ejemplo, bajo temperatura o poca humedad, en cierta época del año causan una notoria disminución en el crecimiento del forraje, obligando a reducir la carga animal durante este período de tiempo para no provocar la destrucción de la pradera. Se trata por tanto de escoger uno o más cargas fijas para una época del año y escoger otras fijas para el resto del año.

Este sistema se emplea bien en experimentos aplicados a situaciones semi-intensivas de explotación que deben pasar por períodos de sequía más o menos bien definidos y en los cuales se entiende que el productor está en capacidad de retirar animales de la pradera y colocarlos durante esta época en otro lugar, o los pueda vender.

Es muy común que los engordadores de ganado compren animales suficientemente pesados para que completen el peso de sacrificio en el período del año en que hay forraje suficiente, desocupando las praderas de engorde durante la época seca preparándolas así para las próximas lluvias. Cuando se trate de investigar la capacidad productiva de praderas para este tipo de explotación se debe utilizar el método de la Carga Fija Estacional. Como este ejemplo, hay una gran cantidad de sistemas de producción los cuales dependen de las condiciones cíclicas del clima, en las cuales el método de la Carga Fija Estacional es el más indicado.

El método en sí mismo se presta muy bien para el estudio de la productividad de las praderas, dividida en períodos del año coincidentes con las variaciones de crecimiento de los pastos.

La mecánica de presentación y análisis de resultados del método de la Carga Fija se aplica a este método, y la interpretación de resultado está sujeta a las condiciones del método anterior.

VI. INTEGRACION DE LOS EXPERIMENTOS DE PASTOREO DENTRO DE SISTEMAS DE PRODUCCION.

En la última parte del capítulo anterior se hizo rápida referencia a la necesidad de que los experimentos de pastoreo estén referidos a algún sistema de producción. En este capítulo se pretende hacer dos cosas: enfatizar la necesidad de esta integración y presentar algunas condiciones de conocimientos común en las cuales la integración es fundamental.

Morley y Speeding (1968) discuten habilmente el tema enfatizando el hecho de que un animal en pastoreo es un componente de un sistema completo de producción el cual incluye al suelo, las plantas, el clima y otros elementos del medio ambiente incluyendo también otros animales, y que el cambio en uno de los componentes del sistema en cualidad o magnitud con frecuencia ocasiona un cambio de otro de los componentes.

Si una pradera es considerada como un simple elemento botánico, puede ser estudiada debidamente y conocida en toda su magnitud bajo el microscopio, la maceta y el invernadero, sin que sea para nada necesaria la exposición a ningún elemento perturbante del medio ambiente. La pradera concebida en esta forma no representa una unidad de producción sino un elemento de la botánica descriptiva. Para que el elemento botánico adquiera características de producción debe necesariamente ser integrado a un sistema de producción definido.

Para que el estudio de una pradera, como un componente aislado del sistema de producción tenga significado y aplicación a ese sistema, es necesario que el componente (pradera) sea independiente de los otros componentes del sistema de producción completo. Por ejemplo en la evaluación de la capacidad de producción de leche de una pradera, dos factores deben ser incluidos en el estudio si se quiere evitar el desconocimiento sobre sus interacciones. Carga animal y conservación han demostrado interactuar en la producción (Hutchinson, 1966). Si la pradera es parte de un sistema de producción lechera en el cual una parte del área se reserva por un tiempo para conservar el forraje como ensilaje o heno, la carga animal tendrá un efecto muy importante, porque en la época en que se está conservando el forraje, la pradera estará soportando un aumento de carga que en muchos casos puede redundar en forma permanentemente desventajosa. Si no se ha considerado la conservación y más adelante se pretende introducir esta práctica en el sistema se expone al investigador a proveer información errónea y hasta perjudicial.

Los experimentos de pastoreo son costosos y sumamente complicados en su diseño y conducción. Por esta misma razón es necesario pensar cuidadosamente sobre el significado y trascendencia de los resultados que obtengan sobre el rendimiento económico de la empresa agrícola a la cual se pretende aplicar. El número de tratamientos y la variedad de factores a incluirse en el experimento dependerá de las posibilidades de interacción entre ellos y su significado práctico y económico sobre la explotación. La magnitud de la interacción puede ser tal que sea necesario montar repeticiones de sistemas completos de producción en lo que llamaremos Unidades de Producción, o Hatos de Producción.

El concepto de la Unidad de Producción como unidad experimental, implica esencialmente el reconocimiento de la imposibilidad de estudiar separadamente cada uno de los componentes del sistema, cuantificarlos, determinar cuantitativamente sus interacciones, y reorganizarlo en una unidad sistemática y de eventos secuenciales que permitan la descripción de la eficiencia económica del sistema.

El empleo de la Unidad de Producción como unidad experimental crea graves problemas de naturaleza material y de investigación, razón por la cual ha sido y es muy discutida. No parece lógico, desde luego pretender que cada factor, por ejemplo, especies de pastos, mezclas, fertilización y niveles, cargas animales, conservación, manejo de los animales, edades de comercialización, etc. sea estudiado independientemente cada uno de ellos como componente de una Unidad de Producción; pero si se puede esperar que cada factor sea examinado conceptualmente como parte de un Sistema de Producción y que se examinen las interacciones entre los factores actuantes del sistema. Por ejemplo el investigador puede enfrentarse a la necesidad de seleccionar una especie de gramínea que sirva para las explotaciones de engorde intensivo de ganado vacuno, en un área determinada. Tiene disponibles dos o tres especies entre las cuales seleccionar. Los factores actuantes serían en este caso: especie, nivel de nitrógeno para la fertilización y carga animal. Edad y tipo de los animales pueden ser dos factores más, pero normalmente el productor está limitado a un tipo y calidad de animal. Si el investigador, al seleccionar la especie deja a un lado el nivel de fertilización a la carga animal puede cometer un grave error seleccionando una especie que no responda debidamente al fertilizante o que no sea capaz de producir bajo la acción de las cargas elevadas que se deberán emplear. Un sistema de Producción como ese es en realidad muy sencillo, difícilmente hay otro tan sin complicación. Son mucho más complejos los sistemas que usan hembras reproductoras. Con hatos de reproducción el investigador está midiendo los efectos de sus tratamientos en una segunda generación y en un sistema que biológicamente es mucho menos eficiente y mucho menos sensible. Una pradera que en el año es capaz de producir 500 kg. de ganancia de peso de novillos, no podrá producir más de 160 a 220 Kgs. de peso de terneros al destete en el mismo período de tiempo. De la misma manera los cambios en el medio ambiente en el manejo capaces de producir un aumento en la producción de carne con animales de engorde, del orden de 100 kgs. no podría esperarse que produzcan aumentos superiores a los 40 Kgs.

Aún lo dicho anteriormente tiene en muchos casos limitaciones impuestas por la interacción entre el medio ambiente, el sistema de producción y los factores que el investigador imponga. Siguiendo el mismo ejemplo anterior, el caso podría ser diferente si el estudio se hace en un medio ambiente en el cual una deficiencia marcada de Fósforo en el suelo sea responsable de una tasa de reproducción muy baja en el ganado. Aquí la adición de un fertilizante fosfórico al suelo, podría producir aumentos muy superiores al 40% indicado en el hato de cría, comparado con el engorde, no por el aumento en la cantidad de alimento disponible para los animales, pero por el efecto directo del fósforo sobre la reproducción de las vacas. Es decir, habría una interacción entre fertilización fosfórica y reproducción.

Hay finalmente otro aspecto de la investigación en pastoreo, relacionada a Sistemas de Producción y en los cuales también se emplea la Unidad de Producción como unidad experimental; se refiere a la posibilidad de realizar el análisis del efecto que la aplicación de los factores de investigación tiene sobre el resultado económico de la explotación. Para este propósito nada mejor que usar la Unidad de Producción como unidad experimental, aún cuando por fuerza de las limitaciones físicas de que dispone el investigador, las unidades deban ser más pequeñas que las mismas al nivel comercial. La interpretación económica es en definitiva el lenguaje del productor agrícola y el único medio de posible comunicación con él.

Se hace mucho énfasis en estos días sobre la necesidad de establecer experimentos capaces de interpretación económica, en la investigación agrícola, pero creo que en las pruebas de pastoreo mejor que en muchos tipos de investigación el análisis económico es indispensable y factible. Digo que es particularmente indispensable porque al realizar un experimento de pastoreo, estamos midiendo, salvo pocas excepciones, el efecto de tratamientos sobre el producto comercial final y referido a algún Sistema de Producción, en que el efecto de los tratamientos se siente tan claramente en los resultados económicos como en los biológicos.

VII. RECOPIACION DE INFORMACION EN LAS PRUEBAS DE PASTOREO

La decisión sobre el volumen de observación que se harán en el experimento depende mucho de dos cosas: 1) el objetivo del experimento y; 2) la capacidad, técnica y económica, para recoger la información deseada.

Por tratarse de experimentos de larga duración y alto costo, es lógico la tendencia a realizar el mayor número posible de observaciones; sin embargo, en muchos casos el investigador termina, luego de gran esfuerzo y costo, con un volumen enorme de información que nada le dice y el cual al final de cuentas solamente reposará en las gavetas.

Los objetivos del experimento deben determinar las observaciones que se realicen en los experimentos. No hay que olvidar que la información fundamental y básica es la del rendimiento animal, sea este carne, leche o lana. Seguramente es preferible dedicar tiempo y recursos a la obtención de la información sobre rendimiento animal antes que realizar observaciones adicionales sobre el forraje, el suelo, etc.

Pensando en términos del Sistema de Producción al cual pertenezca el experimento las observaciones de interés son aquellas que permiten el cálculo de la eficiencia económica antes que aquellas que permiten el cálculo de la eficiencia biológica del sistema. En otras palabras es más importante disponer en detalles y con precisión la información respecto a cantidad y calidad de todos los insumos y la cantidad y calidad de los productores, que dispona de información detallada sobre rendimiento de la pradera, crecimiento de los pastos, composición química de ella, y con sumo de forraje por los animales, datos con los cuales podríamos calcular la eficiencia biológica del sistema.

1. Medidas del Forraje en las Pruebas de Pastoreo.

A) Error de Muestreo: Toda muestra, por ser ^{APENAS} parte del todo que representa, no tiene la exacta misma magnitud del todo y lleva adhiriendo un error que se conoce como el "Error de Muestreo".

Si debemos estimar el forraje disponible en una hectárea de pradera, y tomamos una muestra corriendo un área de un metro cuadrado, ésta muestra ^{ES} ~~representa~~ una estimación del rendimiento promedio, por metro cuadrado, de toda la hectárea, pero no será exactamente igual al promedio, la diferencia entre la una y la otra es el verdadero error de muestreo. Lógicamente este error no se conoce. Si tomamos varios cortes de un metro cuadrado y calculamos la media ~~de ellos~~, esta media será también una estimación del verdadero rendimiento ~~de forraje~~. En este caso, podemos calcular la desviación estándar de las observaciones realizadas sobre la media. A medida que el número de observaciones aumenta la desviación estándar disminuye, ya que la variación de las observaciones sobre la media es dividida por el número de observaciones menos una.

Para reducir el error de muestreo el sistema más obvio es el aumento en el número de muestras que se toman en cada parcela. Como el error es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del número de muestras, para reducir a un tercio el error será necesario aumentar nueve veces el número de muestras (Jolly, 1954)

Aumentando el tamaño de la muestra también se reduce el error de muestreo pero en la mayor parte de los casos el simple aumento del tamaño reduce poco el error, ~~tiene poco efecto~~, sin embargo en praderas muy poco uniformes la disminución puede ser importante. También esto es posible cierto en praderas sometidas a pastoreo en cargas relativamente bajas y en praderas tropicales de especies de crecimiento alto.

El otro tipo de error de muestreo es aquel debido al observador y corresponde al de las observaciones viciadas. Cuando el observador está tomando una muestra de una pradera "tiende" involuntariamente a evitar a aquellas partes de la pradera que según él no son representativas de la vegetación dominante. Este error es muy serio, con el agravante de que no es posible descubrirlo ni hay forma matemática capaz de corregir este error ~~estadística~~.

B) Estimación del Forraje Presente o Disponible. La cantidad del forraje disponible por hectárea y la cantidad disponible por animal, es la información recolectada más frecuentemente en los experimentos de pastoreo. Si bien es cierto que en muchos casos la cantidad de forraje disponible no está relacionada con el rendimiento de producto animal obtenido, sobre todo en aquellos en los cuales algún factor de manejo cambia el balance entre forraje y animal.

es verdad también que si todo lo demás permanece constante, a mayor rendimiento de forraje se obtendrá mayor rendimiento animal.

El investigador, al obtener el rendimiento de forraje disponible, espera establecer alguna correlación válida entre rendimiento animal y forraje disponible, y subsecuentemente utilizar esta correlación con objeto de predecir el rendimiento de una pradera en la cual se conozca solamente su rendimiento de forraje.

Otra forma en que algunos investigadores utilizan la información sobre forraje disponible, es para calcular el número de animales "volantes" que se deben colocar en las pruebas de pastoreo que usan el método de quitar y poner.

Las muestras del forraje disponible se obtienen de la pradera cortando un área determinada, pesando la muestra y determinando en ella el contenido de materia seca, para expresar luego la disponibilidad como el número de kilogramos de materia seca por hectárea .

Para obtener la muestra se pueden usar los siguientes métodos:

- 1) Se prepara un anillo o cuadrante de madera o varilla de hierro liviana con superficie interior entre 0.25 y 0.50 m^2 , se tira el anillo al azar y se corta el forraje contenido, a mano, con tijera de pasto o tijera para esquilar ovejas. Es muy importante cuidar que los anillos sean efectivamente arrojados al azar y que el número de muestras cortadas sean suficientes para que representen verdaderamente el área muestreada.

El número de muestras necesarias varía de acuerdo con el tamaño de la variancia del potrero y la precisión con la cual se quiera realizar la medida. Para explicarlo usaremos el siguiente ejemplo de ocho muestras cortadas de una pradera de Pasto Pará cada muestra representa 0.25 m^2

MUESTRA No.	RENDIMIENTO POR MUESTRA Kg. M. S.	RENDIMIENTO ESTIMADO Kg. M.S./Ha.
1	0.045	1.800
2	0.049	1.976
3	0.053	2.128
4	0.060	2.416
5	0.073	2.935
6	0.077	3.113
7	0.094	3.789
8	0.100	4.003

Con los datos de rendimiento por hectárea calculamos:

$$\begin{array}{l}
 \bar{X} = 2.770 \text{ kg. /Ha.} \\
 \sum X^2 = 22,160 \\
 \sum S^2 = 687.477 \\
 \sum S = 829,14 \\
 CV = 29,9\%
 \end{array}$$

El número de muestras a cortar se calculan de acuerdo al procedimiento de Stein de dos etapas (Steel and Torrie, 1960) con la siguiente ecuación.

$$n = \frac{t^2 S^2}{d^2}$$

En que n es el número de muestras que se deben tomar, t el valor de tabular de t para el nivel de probabilidad deseado, S^2 la variancia de la población de muestras tomadas y d es la mitad del intervalo de confianza con el cual se quiere trabajar.

Escogemos la probabilidad del 95% para la cual el valor de t con 7 grados de libertad es 1,895 y aceptamos que el intervalo de confianza sea igual a $\pm 10\%$ de la media, la mitad del intervalo de confianza será entonces 277 kg.

La ecuación nos queda:

$$n = \frac{(1,895)^2 \times 687.477}{(277)^2} = \frac{3,591 \times 687.477}{76.729}$$

$$n = 32$$

Es decir, que debimos tomar 32 muestras en lugar de 8 para realizar la estimación del rendimiento de forraje con una precisión de más ó menos 10% de la media del rendimiento, o sea para que la estimación caiga, en el 95% de los casos, entre 2,493 y 3,047 Kg. M.S./Ha.

Si aceptáramos un 20%, plantearíamos la ecuación así:

$$n = \frac{3,591 \times 687.477}{(554)^2}$$

$$n = 8$$

en cuyo caso el intervalo de confianza sería de 2.216 y 3.324 Kg. M. S./Ha.

El investigador debe decir, ^{des} de acuerdo a los objetivos del experimento cuál será el error que va a aceptar.

2) Un método que facilita mucho el trabajo es emplear una máquina guadaña-dora pequeña (tamaño jardín) con barra cortadora frontal y cuchillo de movimiento recíproco. Los principios de muestreo se aplican igualmente a esta máquina, la única y considerable ventaja está en la rapidez para obtener las muestras.

3) Una mejora bastante importante en las técnicas de muestreo por cortes del forraje constituye el Doble Muestreo (Gardner, 1967) con la cual se logra reducir el corto en la operación de muestreo y se reduce el tiempo necesario para la operación.

El método se basa en la estimación visual del rendimiento del forraje en un número elevado de lugares de la pradera, seleccionados al azar. De estos lugares se corta y mide el rendimiento ^{de una muestra por lo más o menos} verdadero con una de las dos técnicas anteriores y se usa luego la correlación entre las medidas por corte y las estimaciones visuales para corregir el resto de las observaciones visuales. Así, con solo 5 muestras que se cortaron y un total de 20 observaciones visuales (5 de las cuales coincidieron con los 5 cortes), Gardner (1967) consiguió reducir el Coeficiente de Variación en el rendimiento de una pradera de 51% a 27%.

C) Medida del Crecimiento de Forraje

La pradera continúa su crecimiento mientras tenga las condiciones ecológicas que se lo permitan, hayan o no animales pastoreándola.

Es necesario reconocer el hecho de que cada día se produce un aumento en el forraje disponible, el cual es necesario determinar.

Esta medida no es fácil de realizar. Hay varios métodos disponibles, algunos muy complejos. Los dos métodos más empleados son de una y dos jaulas.

Las jaulas son cerramientos de malla metálica que incluyen un área (generalmente 1 m² ó más) de la pradera. Estas jaulas varían según el investigador en superficie y altura así como en el material del cual están construídas. El objetivo es evitar que los animales consuman el forraje interior, causando al mismo tiempo la menor perturbación a las condiciones normales de la pradera. Es inevitable crear cambios en el microclima de la pradera encerrada. ^{ya que} La malla metálica disminuye el viento y causa sombra a ciertas horas del día.

En el método de una jaula, el investigador localiza la jaula en la pradera al momento de comenzar el pastoreo, tomando muestras de una área similar, para definir el rendimiento en el momento inicial. La jaula se retira al finalizar el período deseado y se corta el forraje interior; la diferencia entre el rendimiento al finalizar el período y al momento inicial constituye el crecimiento del forraje en ese período. Para que este sistema funcione efectivamente es preciso que las dos áreas, una que se corta al colocar la jaula y la otra sobre la cual se coloca la jaula sean iguales. En este método se está indicando implícitamente que la velocidad con la cual crece el forraje de la pradera es igual al crecimiento imperturbado del pasto sobre su altura en el momento inicial, lo cual ciertamente no es verdad, porque como los animales están consumiendo las partes terminales de las plantas, principalmente, al mismo tiempo que las plantas (enteras o aquellas que han sido ya mordidas) siguen creciendo, el crecimiento total durante el período de pastoreo corresponde a una combinación infinita de tamaño de plantas entre totalmente cortadas y plantas que no han sido tocadas por el animal. La estimación hecha en esta forma puede ser superior o inferior al crecimiento real. Este método puede emplearse igualmente para pastoreo rotativo y continuo.

Con una jaula se puede también proceder de la siguiente manera: se escoge al azar un área de la pradera y se corta, sobre ésta se coloca inmediatamente la jaula, al finalizar el período escogido, se corta nuevamente y se pesa, este peso constituye el crecimiento de la pradera. Luego, se escoge un nuevo sitio se corta y coloca la jaula sobre el área cortada, continuándose en la misma forma. Lynch (1960) indica que es necesario que el corte de la pradera se haga bajo el nivel que los animales pastorean, recomendado realizar el corte del forraje dentro y fuera de la jaula cuatro días después de retirar a los animales.

En el sistema de dos jaulas se coloca la primera jaula sobre un área previamente cortada, la segunda jaula se coloca sobre otra área de la misma pradera, sin cortar, al finalizar el período se corta el forraje contenido en las dos jaulas y se pesa el de la primera jaula, el forraje contenido en la primera constituye el crecimiento de ese período, la primera jaula se cambia de lugar y el crecimiento para el próximo período se determina en la segunda jaula y así sucesivamente.

D) Composición Química y Predicciones del Consumo de Forraje bajo Pastoreo.

La metodología específica para determinar la composición química del forraje y para medir el consumo de los animales en pastoreo ~~será discutida en otra ocasión.~~ *es específica y extensa y no será discutida en este capítulo.*

Se ha incluido esta ~~sección~~ ^{sección} al hablar de la metodología en los experimentos de pastoreo, porque con frecuencia se encuentra que los investigadores asignan gran importancia a las dos cosas.

En secciones anteriores se dijo que lo que cuenta en la evaluación de las praderas con animales es el producto animal que se obtiene de ellas y que es más, mucho más importante obtener la información que permita el balance económico antes del balance biológico.

Lo mismo se puede repetir aquí, excepto que tal vez con mucho más énfasis. Con más énfasis porque si resulta complejo y costoso estimar el volumen de forraje disponible, resulta mucho más complejo y costoso realizar estimaciones de consumo y lo que hasta el momento es más grave, que si las estimaciones de forraje disponible tiene un alto grado de error, los errores inherentes a las técnicas de medir el consumo son mucho mayores.

Finalmente en la experiencia de muchos investigadores, las observaciones de composición químicas y consumo una vez obtenidos, no les han servido realmente para una mejor explicación de los resultados obtenidos y menos para derivar relaciones que permitan en alguna forma la predicción del rendimiento animal que se puede esperar de una pradera.

2. Observaciones que se realizan en los animales

A) Tipo y número de animales

Los animales a emplearse deberán ser del tipo que ocuparán las praderas en las exploraciones comerciales a las cuales se pretende aplicar los resultados obtenidos.

En segundo lugar, los animales deberán ser del tipo, sexo, edad y estado fisiológico pertenecientes al Sistema de Producción al cual se quiere aplicar.

En tercer lugar los animales deben ser estudiados en la ó las características que tengan significado para el Sistema de Producción al cual se va a aplicar.

Mezclar razas, edades y sexos de animales en un mismo experimento puede resultar en interacciones imposibles de identificar y cuantificar, las cuales carezcan totalmente de sentido para el tipo de sistema de producción de referencia. Esto es particularmente cierto si se considera que el consumo de forraje por los animales está relacionado con el tipo y nivel de producción y el estado fisiológico de los animales.

El número de animales a emplearse en un experimento de pastoreo para evaluación de praderas puede discutirse desde dos puntos de vista, cada uno de los cuales tiene un buen número de adeptos.

Desde el punto de vista de interpretación estadística de los resultados, es preferible poner el mayor número de repeticiones, con el menor número de animales en cada grupo.

Algunos investigadores aseguran que se puede usar un número tan bajo como dos animales por repetición. Sin embargo considerando la alta variación entre animales, para las características productivas, el número debería no ser menor de 5-8 animales por repetición.

El número de repeticiones depende en gran parte de la capacidad física y económica de la Institución que realiza la investigación.

Se discute mucho la posibilidad de realizar experimentos de evaluación de forrajes sin repeticiones, prefiriendo aumentar el número de animales en cada tratamiento y eliminando las repeticiones. El método es desde luego muy criticable estadísticamente, pero por otro lado sobre todo cuando se trata de estudiar las praderas como componentes de Sistemas de Producción y como parte de Unidades de Producción, es casi imposible, para la mayoría de los investigadores, contar con suficientes elementos para la magnitud de experimentos que estos constituyen que le permitan usar repeticiones. La técnica parece totalmente válida si se conduce la investigación por un número suficiente de años como para obtener un promedio representativo del clima de la región.

Para la selección de los animales que entrarán en los experimentos se deben recordar los siguientes puntos:

- 1) Los animales deben ser representativos de la población animal que se emplea en las explotaciones comerciales a las cuales se aplicarán los resultados;
- 2) El grupo de animales debe ser uniforme;
 - a) Si se tiene posibilidad es ideal someter al grupo total a un período de pastoreo común de unos tres meses en caso de ganado de carne o a un período de 30 días en ganado lechero, para agruparlos por su capacidad de producción.
 - b) Se agrupa a los novillos de acuerdo al peso y a la edad.
 - c) A las vacas de carne se agrupa de acuerdo a la edad, número de partos, peso del ternero al destete, peso vivo y estado de preñez.
 - d) A las vacas lecheras se agrupa de acuerdo al número de partos, estado de la lactancia presente, edad y peso vivo. En vacas lecheras muchas veces se dispone de registros de producción previa (partos y rendimiento de leche) que dán mayor certeza a la formación de grupos uniformes y permite reducir el número de vacas por tratamiento.
- 3) Si no se consigue un sólo grupo uniforme en todas sus caracteristicas (el caso más frecuente), se debe distribuir a los animales de cada subgrupo entre todos los tratamientos en números iguales.

B) Observaciones que se realizan en los animales:

a) Producción de leche. La producción de leche se mide en las vacas todos los días y es común tomar muestras para análisis de grasa, proteina, sólidos totales, etc., una vez a la semana. En pastoreo es preciso recordar que la producción de las vacas varía de acuerdo al día de pastoreo de una parcela, sobre todo cuando las vacas permanecen en una parcela de la rotación por cuatro o más días.

b) Ganancia de peso. La medida ^{del} peso de los animales constituye uno de los factores que contribuye en forma más significativa al error experimental en pruebas de pastoreo. Se sabe muy bien que bajo determinadas condiciones un novillo puede variar en el contenido del sistema digestivo, de un día a otro, hasta 20 y 25 kilogramos. En muchos casos en que la ganancia diaria de peso es baja, esta cifra representa fácilmente la ganancia verdadera de dos o más meses. Esta es, entre muchas otras, una de las razones por las cuales los experimentos de pastoreo no deben ser de corta duración.

Se han sugerido dos métodos para reducir el error de pesada:

1) tomar el peso durante tres días consecutivos y usar el peso promedio. Este método aumenta mucho el costo de la operación y aumenta el maltrato de los animales. Patterson (Mott, 1964) comparó en un número grande de animales el error que se producía con una y tres pesadas y llegó a la conclusión de que la reducción con tres pesadas es tan pequeña que no vale la pena el trabajo adicional; 2) ayunar los animales por 16 a 24 horas antes de tomar el peso. Esta técnica efectivamente reduce las variaciones debido al peso del material contenido en el sistema digestivo, pero tiene como desventaja que los animales ~~tienden~~ que ser ayunados periódicamente y esto puede ser desventajoso para su rendimiento; 3) un tercer método, empleado por el au

tor, es combinar el ayuno con el peso a hora determinada del día. En este mé todo, al comenzar un experimento o cuando se va a colocar un animal por prime ra vez en la pradera, se hacen dos pesadas, la primera sin ayuno en una hora determinada de la mañana, lo más temprano posible después del amanecer, los animales permanecen en los corrales por 24 horas sin comida ni agua y son pe sados nuevamente; en el futuro, cada 28 días se pesan los animales sin ayuno cuidando de que sean pesados siempre a la misma hora. Para el peso final, cuando los animales dejan el experimento, se pesan nuevamente dos veces, en forma similar al comienzo. En esta forma se dispone del peso inicial y final con ayuno de 24 horas para los cálculos finales del experimento y se dispone además de pesos iniciales, final e intermedtos sin ayuno para seguir la pro gresión del peso en los animales. Si el investigador cree necesario puede to mar pesos intermedios con ayuno.

La regla general, creada por la costumbre y la conveniencia, es de pesar los animales cada cuatro semanas, 28 días. No hay ninguna razón podero sa por la cual no se pueda hacer cada 14 ó 35 días. Parece conveniente por simple mecánica y acostumbamiento de los trabajadores, hacerlo en múltiplos de 7, porque así se realiza el pesaje en el mismo día de la semana, cuidando que no coincida con días de descanso para el personal.

c) Crecimiento de lana. En experimentos con ovinos, la producción de lana es el ó uno de los productos económicos que buscamos.

El crecimiento anual de lana se mide equilando el animal comple tamente al entrar al experimento y otra vez al salir del experimento. Si se quiere determinar rendimientos periódicos, se puede marcar, con tinta de ta tuar, cuadrados de 10x10 centímetros en los lados del animal y hacer cortes periódicos de estos cuadrados y calcular de allí el rendimiento total. Si se necesita determinar el largo de la mecha que crece en un período deter minado, se usa una tinta especial que marca el bellón en el sitio en que la lana entra en contacto con la piel, la operacion se repite, al finalizar el período, con una parte del bellón adyacente al anterior y se mide entre las dos marcas.

d) Cuidados sanitarios. La mejor regla es sujetarse a las normas de profilaxis establecidas para la zona.

En especial se debe cuidar de lo siguiente: 1) control periódico de parásitos internos, siguiendo el progreso de posibles infestaciones por medio de contagios de huevos en las heces fecales; 2) control periódico de parásitos externos; 3) podredumbre de los cascos, sobre todo en luga res húmedos; 4) en vacas, es fundamental el control de todas las enferme dades que afectan la reproducción; se debe llevar controles minuciosos de la situación de estas enfermedades; 5) en vacas lecheras se debe cuidar la mastitis, con control semanal por medio de alguna prueba rápida y por lo menos tres veces al año por cultivo.

- Arnold, G.W., and Dudzinski, M.L. 1966. The Behavioral Responses Controlling the Food Intake of Grazing Sheep. Proceedings of the X International Grassland Congress, 1966. Páginas 367-370.
- Arnold, G.W., McManus, W.R., and Dudzinski, M.L., 1965. Studies in the Wool Production of Grazing Sheep. 3. Changes in Efficiency of Production. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 5:396-403.
- Arnold, G.W.; McManus, W.R. and Bush, I.G. 1964. Studies in the Wool Production of Grazing Sheep. 1. Seasonal Variation in Feed Intake, Liveweight and Wool Production. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 4:392-403.
- Blaser, R.E. 1966. Efecto del Animal sobre la Pastura. In O. Paladines Empleo de Animales en las Investigaciones sobre Pasturas. Simposio realizado en La Estanzuela en Septiembre, 1964. Montevideo. 1966:
- Brown, R.H., and Blaser, R.E., 1968. Leaf Area Index in Pasture Growth. Herbage Abstracts 38 (1):1-9.
- Brundage, A.L. and Petersen, W.E. 1952. A comparison between daily rotational grazing and continuous grazing. J. Dairy Sci. 35 ():623.
- Campbell, A.G., 1967. Increasing Fodder Production for the Grazing Animal, Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 27:127-138.
- Cañas, Raul. 1967. Efecto de la Carga Animal con Capones sobre la Productividad y Composición Botánica de una Pradera de Trifolium repens y Phalaris tuberosa. Tesis M. Sc. Instituto Interamericana de Ciencias Agrícolas, La Estanzuela, Uruguay, 1967. 77 Pags.
- Cochran, W.G., y Cox, G.M. 1957. Experimental Designs. Second Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Conway, A. 1963. Effect of Grazing Management on Beef Production. II. Comparison of the Stocking Rates under Two Systems of Grazing. Irish Journal of Agricultural Research 2(2): 243-258.
- Corbett, J.L. and Farrell, D.J. 1970. Energy Expenditure of Grazing Sheep. Proceedings of the XI International Grassland Congress, p. 754-757.

- Creek, M.J. 1970. Intensification of Pasture Production with Beef Breeding Herds Maintained upon Improved Pasture (Digitaria decumbens) in Jamaica. Proceedings XI International Grassland Congress, Surfers Paradise, 1970, Pages 800-803.
- Creek, M.J. and Nestle, B.L., 1965. The Effect of Grazing Cycle Duration on Liveweight output and Chemical Composition of Pangola grass (Digitaria decumbens Steud.) in Jamaica. Proceedings of the IX International Grassland Congress, Sao Paulo, 1965. Pages 1613-1618.
- Davidson, J. and Philip, J.R., 1956. Symposium on Arid Zone Research in Climatology. UNESCO. Página 181.
- Davis, R.R. and Pratt, A.D. 1956. Rotational vs Continuous Grazing with dairy cows. Ohio Agr. Exp. Sta. Research Bull. 778.
- Flatt, W.P., Coppock, C.E. and Moore, L.A., 1965. Energy Balance Studies with Lactating, Non-Pregnant Dairy Cows Consuming Rations with Varying Hay to Grain Ratio In. Blaxter, K.L. (Editor). Energy Metabolism Proceedings of the Third Symposium Held at Troon, Scotland. Academic Press, London.
- Gardner, A.L. 1967. Estudio sobre los métodos agronomicos para la Evaluación de las Pasturas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Montevideo, 1967.
- Graham, N. McC. 1965. Some Aspects of Pasture Evaluation. Energy Metabolism. ed. Blaxter, K.L., London Academic Press. Proceedings 3rd. Symposium Energy Metabolism, Troon) (EAAP Publ. No. 11) Pag. 231-240.
- Gómez, P.O. y Gardner, A.L., 1971. Suplementación de Gano a Novillos en Pastoreo. III Reunión Latinoamericana de Producción Animal, Bogotá, 1971. Página 207.
- Greenhalgh, J.F.D. 1970. The Effect of Grazing Intensity on Herbage Production and Consumption and Milk Production in Strip-Grazed Dairy Cows. Proceedings of the XI International Grassland Congress. Pag. 856-860.
- Grof, B., and Harding, W.A.T. 1970. Dry Matter Yields and Animal Production Curves. II. Determining the Economic Optimum Stocking Rate. Agronomy Journal 55 (4):370-372.

- Hull, J.L., Meyer, J.H. and Kroman, R. 1961. Influence of Stocking Rate on Animal and Forage Production from Irrigated Pastures. *Journal of Animal Science* 20 (1):46-52.
- Hull, J.L., Meyer, J.H., Bonilla, S.E., and Weitkamp, W. 1965. Further Studies on the Influence of Stocking Rate on Animal and Forage Production from Irrigated Pasture. *Journal of Animal Science* 24 (3):697-704.
- Hutchinson, K.J. 1966. A note on Wool Production Responses to Fodder Conservation in Pastoral Systems. *Journal of the British Grassland Society* 21 ():303-304.
- Hutton, J.B. *et al.* 1964. The voluntary Intake of the Lactating Dairy Cow and Its Relation to Digestion. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 24:29-42.
- Johnston-Wallace, D.B., and Kennedy, K. 1944. Grazing Management Practices and Their Relationship to the Behaviour and Grazing Habits of Cattle. *Journal of Agricultural Science* 34:190-197.
- Jolly, G.M. 1954. Theory of Sampling. *In*. Brown Dorothy: *Methods of Surveying and Measuring Vegetation*. Bulletin No. 42, Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley. 1954.
- Knott, J.C., Hodgson, R.E., and Willington, E.V. 1934. Washington Agric. Exp. Station. Bulletin 295.
- Lambourne, L.J., and Reardon, T.F. 1963. Effect of Environment on the maintenance requirement of Marino Wethers. *Australian Journal of Agricultural Research* 14:272.
- Lynch, P.B. 1960. Conduct of Field Experiments. Bulletin No. 399. New Zealand Department of Agriculture, 1960.
- McDonald, I.W. 1962. *In* A review of Nitrogen in the tropics with particular reference to Pastures. A simposium. Bulletin 46. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley, Bernshire, England. Pag. 43.
- McMeekan, C.P. and Waiebe, M.J. 1963. The Inter-relationship of Grazing Method and Stocking Rate in the Efficiency of Pasture Utilization by Dairy Cattle. *Journal of Agricultural Science* 61:147-166.
- McMeekan, C.P. 1956. Grazing Management and Animal Production. *Proceedings of the VII. International Grassland Congress*. Pag. 146.

Monti, Horacio y Tellechea, Hector. 1965. Concentrados como suplemento de las Pasturas en la Alimentación de Vacas Lecheras en Producción. Revista de Investigaciones Agropecuarias, Serie 1, INTA, Buenos Aires, República Argentina, III (1):1-10.

Morley, F.H.W. and Speding, C.R.W., 1968. Agricultural Systems and Grazing Experiments. Herbage Abstracts 38 (4):279-287.

Morley, F.H.W. - The Biology of grazing management. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 6:127-136

Mott, G.O. 1964. Interpretación correcta de Resultados con Animales en Experimentos de Pastoreo. En. Empleo de Animales en las Investigaciones sobre Pasturas. Symposium realizado en La Estanzuela. Uruguay (Ed.O.P) Pag. 73-97.

Mott, G. 1960. Grazing Pressure and the Measurement of Pasture Production. Proceedings of the VIII International Grassland Congress, 1960. Pag. 606-611.

Mott, G.O. 1957. Método de Avaliação da Produção de Pastagens. Palestras Pronunciadas no Departamento de Produção Animal, Secretaria de Agricultura do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Iber Research Institute, Sao Paulo, Brazil.

Mott, G.O. and Lucas, H.L. 1952. The Design, Conduct and Interpretation of Grazing Trials on Cultivated and Improved Pastures. Proceedings of the Sixth International Grassland Congress. Pag. 1380-1385.

National Research Council. National Academy of Sciences. 1971. Nutrient Requirements of Dairy Cattle No. 3. Fourth Revised Edition. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

National Research Council. National Academy of Sciences. 1970. Nutrient Requirements of Beef Cattle. No. 4. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

National Research Council. National Academy of Sciences. 1964. Nutrient Requirements of Sheep. No. V. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Paladines, Osvaldo; Cañas, Raul; Duarte, Rolando; Ovejero, Miguel Angel; Rojas, Marcos; y Kachele, Thomas. 1971. Digestibilidad, Consumo y Requisitos de Mantenimiento de Capones en Pastoreo con Relación a la Carga Animal. Asociación Latinoamericana de Producción Animal, Memoria, Vol. 6. Pag. 109-110.

Paladines, O.L., and Giergoff, M., 1967. Use of an Indirect Approach to the Measurement of the Energy Value of Pasture for Grazing Sheep. Energy Metabolism of Farm Animals. Ed. Blaxter, K.L., Kielanowski,

J. and Thorbeck, Greta. (Proceedings of the 4th. Symposium Energy Metabolism, Warsaw, Poland) E A A P Publication No. 12). Pag. 253-260.

Petersen, R.G., Lucas, H.L. and Mott, G.O. 1965. Relationship Between Rate of Stocking and per Animal, and per Acre Performance on Pasture. Agronomy Journal 57 (1):27-30.

Quintero, Jairo; Rufs, Alfredo; Lotero, Jaime y Reyes, Luis. 1971. Incremento de la Producción de Carne, Usando Diferentes Sistemas de Control de Malezas. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memoria 6:226.

Rojas de la Torre, Marcos. 1967. Efecto de Diferentes Cargas Animales sobre el Consumo y la Digestibilidad de una Pradera de Trifolium repens y Phalaris tuberosa. Tesis M. Sc. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, La Estanzuela, Uruguay. 1967. 68 Páginas.

Spedding, C.R.W., Betts, J.E., Lage, R.V., Wilson I.A.N. and Penning, P. D., 1967. Productivity and Intensive Sheep Stocking over a Five Year Period Journal of Agricultural Science 69 (1):47-70.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1960 Principles and Procedures of Statistics McGraw-Hill Book, New York, 1960.

Tilley, J.M.A., and Terry, R.A. 1963. A Two Stage Technique for the in vitro Digestion of Forage Crops. Journal of the British Grassland Society 18:104-111.

Van Soest, P.J. and Moore, L.A. 1965. New Chemical methods for Analysis of Forages for the Purpose of Predicting Nutritive Value. Proceedings of the 9th International Grassland Congress p. 783-789.

Wheeler, J.L. 1962. Experimentation in Grazing Management. Herbage Abstracts 32 (1):1-7.

Willoughby, W.M. 1959. Limitations to the Animal Production Imposed by Reasonal Fluctuations in Pasture and by management Procedures. Australian Journal of Agricultural Research 10:248-268.

05 NOV. 1982

**Evaluación del Uso Estratégico de una Pastura en
Hatos de Cría - Estudio de Caso**

Carlos Seré R.
Marzo 1982

Introducción

El presente estudio de caso construido sobre datos hipotéticos pretende transmitir conceptos básicos de la evaluación microeconómica de cambios tecnológicos en sistemas de producción animal. Los objetivos específicos son familiarizar con los siguientes conceptos a participantes de disciplinas no económicas:

1. Importancia del factor tiempo en la evaluación de estrategias en sistemas pecuarios.
2. Interacciones dentro del sistema pecuario.
3. Desarrollo de hatos - Uso de calculadora TI-59 con programa de desarrollo de hatos del Banco Mundial.
4. Concepto de marginalidad aplicado a la evaluación de un proyecto de cambio tecnológico.
5. Diferencia entre eficiencia técnica y económica.
6. Flujos de dinero a través del tiempo, técnica del descuento y valor presente neto.

La Visita de Juan Martínez a Carimagua

Juan Martínez es un mediano productor de levantes de los Llanos Orientales de Colombia. Juan maneja una finca de 1.000 hectáreas de sabana alta con un hato de 100 vacas de cría y sus reemplazos y levantes. Juan se considera similar a la mayoría de los productores de la región.

Con ocasión de un día de campo Juan visita la Estación Experimental de Carimagua. Le muestran los resultados de un experimento de hatos. Usando pastos mejorados (asociación gramínea-leguminosa) a razón de 1.25 vacas por hectárea durante 3 meses en monta continua se logró elevar la natalidad de 50% (valor medio de toda la región) a 70% en un lapso de 6 años. Así mismo, según le indican los técnicos a Juan, se logró reducir algo la mortandad de terneros. Debido a la observación cuidadosa de los hatos se identificaron vacas que no se preñaron en dos años sucesivos y se descartaron. De esta forma se elevó ligeramente la tasa de descarte.

Juan Martínez ha quedado impresionado por este resultado y piensa en la posibilidad de establecer pastos en su finca. Acude a Ud. como técnico de su confianza para que lo asesore. Que le recomienda Ud. a Juan?

La Finca de Juan

Ud. visita a Juan y deciden hacer un rodeo para determinar el inventario de la finca. Cuadro 1 presenta los resultados. En base a otros negocios de ganado realizados en la región tasan el ganado de Juan a los valores indicados en el Cuadro 1. Para los próximos años no se preveen cambios en las relaciones de precios según informó a Juan un amigo economista.

En base a la experiencia de Juan y a los resultados obtenidos en Carimagua, Ud. estimó los coeficientes técnicos que Juan logra actualmente (año 0) y los que lograría si se estableciesen pastos para un uso estratégico con vacas (Cuadro 2).

Un contratista de la región ofrece establecer pastos con cercas y grantizando un establecimiento apropiado a \$10.000/ha. Por \$2.000/ha propone realizar en los años 2 y 4 una refertilización al nivel recomendado por los técnicos en Carimagua.

Los costos variables por cabeza en inventario de la finca de Juan son de \$700.00/cabeza/año (básicamente sales y productos veterinarios).

Juan planea vender su finca a fin del año 6. Estima que por cada

hectárea de pasto mejorado en buen estado un comprador le pagará \$5.000. Asimismo piensa que sus vacas por estar en mejor estado valdrán \$800.00 más cada una.

Un hermano de Juan piensa abrir una panadería en Villavicencio y le ofrece la posibilidad de invertir dinero en ella, asegurándole un interés del 10% durante el mismo plazo de 6 años. Utilizando los Cuadros 3 a 6, complete la información omitida para el año 2 y sugiera a Juan Martínez que acción tomar.

Al final de la sesión Ud. recibirá los Cuadros 3 a 6 con todos sus datos para cotejar sus resultados.

¡ Mucha suerte !

Cuadro 1. Inventario actual de la finca

Memoria TI-59 No.	Categoría	No. de cabezas	Valor/cabeza Coi\$
17	Vacas	100	12.000
19	Toros	4	35.000*
20	Terneras: 12 meses	23	6.000
21	Novillas: 24 meses	22	9.000
22	Novillas: 36 meses	13	12.000
23	Terneros: 12 meses	23	6.500
24	Novillos: 24 meses	22	10.000
25	Novillos: 36 meses	0	-
26	Novillos: 48 meses	0	-

* Toros de descarte: \$15.000

Cuadro 2. Coeficientes técnicos (%)

Memoria TI-59	Coeficiente	Año					
		0	1	2	3	4	5
1	Tasa de parición	50	53	56	60	65	70
2	Tasa mortalidad terneros	10	10	8	8	6	6
3	Tasa venta: terneros	0	0	0	0	0	0
4	Tasa mortalidad: (12-24)	4	4	4	4	4	4
5	Tasa mortalidad: (>24)	2	2	2	2	2	2
6	Tasa mortalidad: vacas	3	3	3	3	3	3
7	Relación toro:vaca	4	4	4	4	4	4
8	Tasa venta: terneras	0	0	0	0	0	0
9	Tasa venta: vaquillas (12-24)	0	0	0	0	0	0
10	Tasa venta: novillos (12-24)	0	0	0	0	0	0
11	Tasa transferencia vaquillas (24-36)	20	20	20	20	20	20
12	Tasa venta: vaquillas (24-36)	20	20	20	20	20	20
13	Tasa venta: novillos (24-36)	100	100	100	100	100	100
14	Tasa venta: novillos/bueyes (>36)	0	0	0	0	0	0
15	Tasa eliminación toros	20	20	20	20	20	20
16	Tasa eliminación vacas	15	15	18	18	20	18
18	Número vacas rodeo estable	120	120	120	120	120	120
27	Capacidad ganadera total	200	200	200	200	200	200

Cuadro 3. Desarrollo del hato

Variable	AÑO							
	0	1	2	3	4	5	6	
1. Terneros nacidos	50	53	56	60	65	70	70	
2. Muertes	-5	-5	-4	-5	-4	-4	-4	
<u>Terneros</u>								
3. Terneros nacidos <u>menos</u> muertes	23	24	26	27	31	33	33	
4. Ventas	0	0	0	0	0	0	0	
5. Terneros año (t+1)	23	24	26	27	31	33	33	
<u>Novillos (12-24)</u>								
6. Número de terneros, año (t)	23	23	24	26	27	31	33	
7. Muertos	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
8. Ventas	0	0	0	0	0	0	0	
9. ENTRADA: compras	0	0	0	0	0	0	0	
10. <u>R/S</u> novillos (12-24) año (t+1)	22	22	23	25	26	29	31	
<u>Novillos (24-36)</u>								
11. Número de novillos (12-24), año (t)	22	22	22	23	25	26	29	
12. Muertos	0	0	0	0	0	-1	-1	
13. Ventas	-22	-22	-21	-22	-24	-26	-29	
14. Novillos (24-36) año (t+1)	0	0	0	0	0	0	0	
<u>Novillos/Bueyes (>36)</u>								
15. Novillos (24-36), año (t)	0	0	0	0	0	0	0	
16. Inventario novillos/bueyes (>36) año (t)	0	0	0	0	0	0	0	
17. TOTAL novillos/bueyes (año t)	0	0	0	0	0	0	0	
18. Muertos	0	0	0	0	0	0	0	
19. Ventas	0	0	0	0	0	0	0	
20. Novillos/bueyes (>36) año (t+1)	0	0	0	0	0	0	0	
<u>Terneras</u>								
21. Terneras nacidas <u>menos</u> muertes	23	24	26	27	31	33	33	
22. Ventas	0	0	0	0	0	0	0	
23. Terneras año (t+1)	23	24	26	27	31	33	33	

Cuadro 3. Continuación

Variable	AÑO						
	0	1	2	3	4	5	6
<u>Vaquillas (12-24)</u>							
24. Terneras año (t)	23	23	24	26	27	31	33
25. Muertas	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
26. Ventas	0	0	0	0	0	0	0
27. Vaquillas (12-24) año (t+1)	22	22	23	25	26	29	31
<u>Vaquillas (24-36)</u>							
28. Número de vaquillas (12-24) año (t)	22	22	22	23	25	26	29
29. Muertas	0	0	0	0	0	-1	-1
30. Transferidas	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-6
31. Ventas	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-6
32. Vaquillas (24-36) año (t+1)	13	13	13	13	15	16	17
<u>Vaquillas (>36)</u>							
33. Número de vaquillas (24-36) año (t)	13	13	13	13	13	15	16
34. Muertas	0	0	0	0	0	0	0
35. Transferidas a vacas	13	13	13	12	13	14	15
36. Número de vaquillas (>36) año (t+1)	0	0	0	0	0	0	0
<u>Vacas</u>							
37. Vacas año (t)	100	100	100	100	100	100	100
38. Muertas	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
39. Eliminadas	-15	-14	-17	-17	-17	-17	-17
40. Vacas-muertas y eliminaciones + transferencia	100	99	97	96	98	99	100
41. Número de vacas rebaño estable	120	120	120	120	120	120	120
42. Exceso (+) o déficit (-)	-20	-21	-23	-24	-22	-21	-20
43. ENTRADA: compra (+) o venta (-)	0	1	3	4	2	1	0
44. R/S vacas año (t+1)	100	100	100	100	100	100	100
<u>Toros</u>							
45. Toros año (t)	4	4	4	4	4	4	4
46. Muertos	0	0	0	0	0	0	0
47. Eliminados	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
48. Toros requeridos	4	4	4	4	4	4	4
49. Toros comprados	1	1	1	1	1	1	1
50. Toros año (t+1)	4	4	4	4	4	4	4
<u>TOTAL animales</u>							
51. Total animales año (t+1)	206	208	213	222	232	243	250
52. Unidades animales año (t+1)	161	160	162	167	171	178	184
53. Capacidad ganadera total año (t+1)	200	200	200	200	200	200	200

Cuadro 4. Egresos marginales

Clase de egreso	0		1		2		3		4		5		6	
	Valor	No.	Valor	No.	Valor	No.	Valor	No.	Valor	No.	Valor	No.	Valor	No.
Establecimiento Pastos 20 hectáreas	200.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento Pastos 20 hectáreas	-	-	-	-	40.000	-	-	-	40.000	-	-	-	-	-
Costos variables \$700.00/cabeza	-	2	1.400	7	4.900	16	11.200	26	18.200	37	25.900	44	30.800	
Egreso compra vacas	-	1	12.000	3	36.000	4	48.000	2	24.000	1	12.000	-	-	
TOTAL	200.000		13.400		80.900		59.200		82.200		37.900		30.800	

Cuadro 5. Ingresos marginales

Clase de Ingreso	1		2		3		4		5		6	
	No.	Valor	No.	Valor	No.	Valor	No.	Valor	No.	Valor	No.	Valor
Venta: levantes	-	-	-	-	-	-	2	20.000	4	40.000	7	70.000
: novillas (24 meses)	-	-	-	-	-	-	1	9.000	1	9.000	2	18.000
: vacas descarte	-	-	2	24.000	2	24.000	2	24.000	2	24.000	2	24.000
Valor mejoramiento vacas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	80.000
Valor incremento hato*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	344.000
Valor residual pasto (1.0 ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100.000
		0		24.000		24.000		53.000		73.000		636.000

* 10 terneros a \$6.500, 10 teneras a \$6.000, 9 novillos (24 meses) a \$10.000,
4 novillas (>36 meses) a \$12.000, 9 novillas a \$9.000

Cuadro 6. Flujo de caja marginal

Año	Egresos	Ingresos	Saldo	Factor descuento 10%	Valor presente 10%
0	200.000	0	-200.000	1.	-200.000
1	13.400	0	-13.400	0.909090	-12.182
2	80.900	24.000	-56.900	0.826446	-47.025
3	59.200	24.000	-35.200	0.751315	-26.446
4	82.200	53.000	-29.200	0.683013	-19.944
5	37.900	73.000	+35.100	0.620921	+21.794
6	30.800	636.000	0	0.564474	<u>+351.780</u>
Valor presente neto (Año 0) 10%					+ 67.977
Valor presente (Año 6) 10%.					+120.426

ANALISIS ECONOMICO DE SISTEMAS DE CEBA EN PASTOS MEJORADOS EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

La existencia de resultados de 3 años de pruebas de pastoreo de varias especies y asociaciones, ha llevado a realizar un análisis de la probable rentabilidad de estas tecnologías en el área de interés del Programa de Pastos Tropicales del CIAT en Colombia: los Llanos Orientales. Un análisis preliminar de algunas de estas pasturas en ceba había sido realizado en 1978 por NORES y ESTRADA.

La metodología utilizada fue similar a la empleada por NORES y ESTRADA (1978). Se calcularon tasas internas de retorno a precios constantes para una finca sintética de 300 hectáreas de superficie. No se incluyó el valor de la tierra asumiéndose que el productor es propietario de la tierra y desea tomar la decisión de cómo utilizarla.

Supuestos

Los resultados experimentales de las pruebas de pastoreo se presentan en los Cuadros 1, 2 y 3. El Cuadro 4 presenta la información de productividad en la forma adaptada para la evaluación económica. Se utilizaron períodos uniformes de lluvia y seca para todas las alternativas y se corrigieron las cargas en base a los kilogramos de peso vivo iniciales por hectárea para considerar la diferencia entre el peso inicial de 170 kg de los novillos usados en las pruebas de pastoreo y el peso de 250 kg de los novillos de levante comerciales para cebar.

El Cuadro 5 muestra la evolución de peso de los novillos resultante de los supuestos previos. Se asume el siguiente manejo: la ceba se inicia en la época seca a cargas bajas y luego se completa la carga en la época de

lluvia con novillos adicionales, también de 250 kg de peso inicial. Todos los novillos son enviados al mercado a fin del período de lluvias.

En la evaluación de las distintas alternativas se consideran los niveles de fertilización inicial y refertilización cada segundo año acordes a las recomendaciones de CIAT (Cuadro 6). Dado que los ensayos no tienen más de 3 años de antigüedad, no existe información empírica sobre la persistencia de las pasturas. Ello llevó a evaluar las pasturas con 6 y 12 años de persistencia asumiendo niveles de productividad constantes hasta el último año al mismo nivel del promedio de los tres primeros años. Supuestos adicionales de precios y costos son reportados en el Cuadro 7.

Resultados y Conclusiones

La producción media de todos los ensayos de pastoreo evaluados fue de 160 kg/animal/año y de 220 kg/ha/año. Con estos niveles de productividad física se obtienen atractivas tasas de retorno (entre 10% y 30%) que presentan una baja sensibilidad a la persistencia de la pastura por encima de los 6 años (Cuadro 8).

Debe tenerse presente en la interpretación de las diferencias entre estrategias, los limitantes de orden estadístico de los resultados. Dado el tamaño de la muestra y la variabilidad de los resultados de año a año, no es posible hacer inferencias sobre la significancia estadística de las diferencias observadas.

Como base para la comparación entre alternativas se toma el nivel de rentabilidad obtenido con *Brachiaria decumbens* pura (Alternativa 6). Cabe destacar que el utilizar ésta como referencia puede estar sesgando en cierta medida los resultados debido a las características de la época seca de los últimos años. La caída de ciertas precipitaciones durante el período seco ha favorecido el crecimiento de las gramíneas en esta época, reduciendo el consumo de leguminosas. Mayores períodos de stress de sequía probablemente hubiesen resultado en mayores ventajas para las estrategias con leguminosas.

Las asociaciones *A. gayanus* + *S. capitata*, *B. decumbens* con *P.*

phaseoloides en franja y el uso de sabana con 2000 m²/cabeza de *P. phaseoloides* como banco y una carga de 0.17 cabezas/ha presentaron tasas internas de retorno consistentemente superiores a las de *B. decumbens* puro. Cabe destacar que los costos reales de la sabana con banco de Kudzú pueden estar algo subestimados debido a que:

- En la práctica se fertilizó más de lo recomendado por CIAT para *P. phaseoloides*. En el análisis se incluyó solo la refertilización recomendada.
- No se incluyó la inversión en cercas e infraestructura por hectárea considerada para las alternativas de carga alta por considerar que una solución de mejoramiento extensivo de este tipo se realizaría en áreas más grandes con un mínimo de inversión de esta categoría por hectárea.

La superioridad de ciertas estrategias con leguminosas lleva a la pregunta de si el incremento de rentabilidad será suficiente para hacer atractiva la opción al ganadero.

Asumiendo un costo de oportunidad real del dinero del 10%, la máxima diferencia en valor presente neto, entre *B. decumbens* y *A. gayanus* + *S. capitata* en Puerto López llega a un valor de \$10450/ha asumiendo 12 años de vida útil de ambas pasturas. Si la persistencia de la leguminosa baja a 6 años y debe ser resembrada el valor presente neto baja a \$2362/ha. Si la persistencia baja 3 años, el valor presente neto se torna negativo (\$-6.018/ha).

A este beneficio marginal de la leguminosa hay que contraponer:

- Mayor riesgo de establecimiento por el mayor monto de la inversión en semilla y la probabilidad de perder ésta.
- Riesgo de pérdida de la leguminosa por quema accidental, el cual también implica mayores costos como operaciones de rondas, etc.
- Dificultades de manejo, en especial para mantener proporciones apropiadas de cada especie, necesidad de más subdivisiones para el manejo apropiado con costos adicionales de aguadas, necesidad de prescindir de la quema como instrumento de manejo y frecuente-

mente del uso de herbicidas para control de malezas, probable costo de un mejor manejo de la finca.

La ausencia de leguminosas adaptadas a nivel comercial no permite al presente estimar cómo percibe el productor de los Llanos Orientales el balance de ventajas e inconvenientes del uso de leguminosas en ceba.

Actualmente el 90% de los novillos cebados en el Piedemonte provienen del Casanare, donde, debido al mal drenaje de las sabanas es necesario descargarlas de ganado a inicio de la época lluviosa. Estos novillos flacos llegan al Piedemonte a inicios de las lluvias a cebarse en *Brachiaria* en época lluviosa. Esta ceba frecuentemente se hace pagando pastoreo o el mismo dueño de la finca en el Casanare, es también propietario de cebaderos en el Piedemonte. Este tipo de ceba de época lluviosa pagando pastoreo o con ganado en compañía produce al propietario del ganado una tasa interna de retorno del 19.15% anual si se logran ganancias de 500 g/día y de 27.5% si éstas llegan a 600 g/día. En estas condiciones, para un propietario de ganado flaco del Llano, la ceba en el Piedemonte resulta una opción bastante atractiva.

La ceba en fincas en la altillanura será particularmente atractiva para pequeños y medianos productores debido a las economías de escala del transporte por arreo del ganado flaco (cuesta casi lo mismo llevar por arreo un lote pequeño que uno grande) y de la ceba en compañía en Piedemonte, contra las mucho menores economías de escala en la ceba en finca y el transporte en camión al mercado.

Existe una diferencia marcada entre la rentabilidad estimada de *B. decumbens* puro en fincas y su performance experimental. Esta diferencia se explica principalmente por:

- Mejores ganancias obtenidas experimentalmente (528 g/animal/día contra 430 g/animal/día).
- Mayor duración de la ceba en Carimagua, donde las ganancias se estiman por año, contra la ceba exclusivamente en la época lluviosa en las fincas.

Las pasturas mejoradas para ceba en fincas de ciclo completo, podrán tener una serie de usos alternativos durante la época seca como reducción de mortalidad en animales muy flacos, reconcepción de vacas lactantes, etc.

Hay indicios que particularmente para la reconcepción de vacas lactantes, el consumo de forraje de leguminosas puede ser muy importante. De comprobarse ésto, habrían mayores ventajas para las alternativas de praderas con leguminosas que las cuantificadas en el presente análisis. Estos beneficios serían sin embargo muy variables entre fincas, según sistema de producción, existencia de bajos en las fincas, etc.

Los costos de semilla y preparación de tierras constituyen una elevada proporción del costo total de establecimiento. Una vez hechas las inversiones iniciales en maquinaria y establecidos los primeros lotes, de los cuales se pueda cosechar semilla, el costo marginal de ampliar el área de pastos bajará sustancialmente.

La comparación de las tasas de retorno a la inversión (sin tierra) en regiones de los Llanos a distancia creciente del principal mercado, Bogotá muestra tasas decrecientes causadas por costos de transporte de insumos y productos. Dado el fuerte gradiente de precios de tierras actuales, las tasas de retorno al capital total son mayores en las zonas más lejanas. Este análisis estático indica una renta debida al cambio tecnológico, la cual desaparecería sin embargo a corto plazo debido al aumento de precio de la tierra manteniéndose el esquema básico de ceba en la proximidad del mercado y cría en áreas más distantes. Sin embargo en el transcurso de este proceso aumentaría sustancialmente la intensidad de producción de toda la región.

Cuadro 1. Ganancia de peso de novillos pastoreando *Brachiaria decumbens* + *Pueraria phaseoloides* como banco de proteína en bloques y franjas en Carimagua. Promedio de tres años. 1979-1981

Tratamiento	Carga Nov./ha ***	Epoca Seca		Epoca Lluviosa		Total año	
		109 días		250* y 230** días		359* y 339** días	
		g/UA /día	kg/UA	g/UA /día	kg/UA	kg/UA	kg/ha
Gramínea pura	1.3/1.93	201	22	528	132	154	277
Gramínea + bloque (30%) de leguminosa	1.3/1.95	347	38	492	113	151	270
Gramínea + franjas (30%) de leguminosa	1.3/1.87	468	51	568	131	182	316

* Días de pastoreo en la gramínea pura.
 ** Días de pastoreo en la gramínea con bloque y franjas de leguminosa.
 *** Cargas de época seca/época lluviosa respectivamente

Fertilización

- . *Brachiaria decumbens* (puro, en bloques y en franjas)
 Establecimiento: 75 P₂O₅ kg/ha 1978
- . *Pueraria phaseoloides* (en bloques y en franjas)
 Establecimiento: 100 P₂O₅, 50 K₂O, 18 MgO, 21 S . . . 1978
 Mantenimiento: 22 K₂O, 18 MgO, 22 S . . . 1979

Cuadro 2. Ganancias de peso de novillos pastoreando *Andropogon gayanus* asociado con diferentes leguminosas en Carimagua. Promedio de tres años. 1979-1981

Tratamiento	Carga ¹ Novillos/ha	Epoca Seca		Epoca Lluviosa		Total año	
		103 días		263 días		366 días	
		g/UA/ día	kg/UA	g/UA/ día	kg/UA	kg/UA	kg/ha
<i>Andropogon gayanus</i> +							
. <i>Stylosanthes capitata</i> 1405	1.24/1.94	255 ²	24	636 ²	155	178	336
. <i>Stylosanthes capitata</i> 1019 + 1315	1.21/1.80	283	29	659 ³	165	194	335
. <i>Zornia</i> sp.	1.21/1.31	148	15	636	167	182	253
. <i>Pueraria phaseoloides</i>	1.21/1.83	371	38	596	157	195	330

1/ Cargas de época seca/época lluviosa respectivamente

2/ 94 y 243 días de época seca y época lluviosa respectivamente

3/ 250 días de época lluviosa

Fertilización

- *Stylosanthes capitata* (1019+1315) y 1405. *Zornia* sp.

. Establecimiento: 50 kg/ha P₂O₅, 22 K₂O, 18 MgO, 21 S 1978

. Mantenimiento: 11 kg/ha P₂O₅, 13 K₂O, 11 MgO, 13 S 1980

- Kudzú (*Pueraria phaseoloides*)

. Establecimiento: 100 kg/ha P₂O₅, 50 K₂O, 18 MgO, 21 S 1978

. Mantenimiento: 19 kg/ha P₂O₅, 22 K₂O, 18 MgO, 21 S 1980

Cuadro 3. Ganancia de peso de novillos pastoreando sabana + *Pueraria phaseoloides* como banco* de proteína en Carimagua. Promedio de tres años. 1979-1981

Carga Novillos/ha	Epoca Seca		Epoca Lluviosa		Total año	
	109 días		258 días		367 días	
	g/UA día	kg/UA	g/UA día	kg/UA	kg/UA	kg/ha
0.25	136	15	432	112	127	32
0.50	55	6	373	97	102	51

* 2000 m²/animal

Fertilización

- Kudzú [*Pueraria phaseoloides*]

. Establecimiento:	100 kg/ha P ₂ O ₅ , 50 K ₂ O, 18 MgO, 21 S	1978
. Mantenimiento:	19 kg/ha P ₂ O ₅ , 22 K ₂ O, 18 MgO, 21 S	1980
:	110 kg/ha de Sulpomag (octubre).	1981

Cuadro 4. Productividad asumida para la evaluación económica

Sistema No.	EPOCA SECA (3 ¹ / ₂ meses)				EPOCA LLUVIOSA (8 ¹ / ₂ meses)				Total Anual	
	Carga (ton/ha)		g/ día	Total (kg/cab)	Carga (ton/ha)		g/ día	Total (kg/cab)	kg/ cabeza	kg/ha**
	A*	B**			A*	B**				
1. <i>A.gayanus</i> + <i>S.capitata</i>	1.2	0.82	255	26.7	1.9	1.29	636	165.3	192.0	235.1
2. <i>A.gayanus</i> + <i>Zornia</i>	1.2	0.82	148	15.5	1.3	0.88	636	165.3	180.8	158.2
3. <i>A.gayanus</i> + Kudzú	1.2	0.82	371	38.9	1.8	1.22	596	154.9	193.8	220.1
4. Sabana + Kudzú (0.17 cab/ha)	0.3	0.17	136	14.2	0.3	0.17	432	112.3	126.5	21.5
5. Sabana + Kudzú (0.34 cab/ha)	0.5	0.34	55	5.7	0.5	0.34	373	96.9	102.6	34.9
6. <i>B.decumbens</i>	1.3	0.88	201	21.1	1.9	1.29	528	137.3	158.4	195.7
7. <i>B.decumbens</i> + Kudzú-bloques	1.3	0.88	347	36.4	1.9	1.29	492	127.9	164.3	197.0
8. <i>B.decumbens</i> + Kudzú-franjas	1.3	0.88	468	49.1	1.9	1.29	568	147.6	196.7	233.6
9. <i>B.decumbens</i> en fincas	-	-	-	-	-	1.26	430	112.0	112.0	141.1

* Carga utilizada en experimentación con base en un novillo de 170 kg de peso inicial

** Carga en base a un novillo de 250 kg de peso inicial ajustando por igual peso vivo inicial por hectárea

Cuadro 5. Número de novillos cebados y evolución de su peso vivo por alternativa, finca de 300 hectáreas

Sistema No.	Inicio ceba época seca				Inicio ceba época lluviosa			Kgs novillo gordo vendidos/ha año
	Número de animales	Peso			Número de animales	Peso		
		Principio época seca	Fin época seca	Fin época lluviosa		Fin época seca	Fin época lluviosa	
1. <i>A. gayanus</i> + <i>S. capitata</i>	246	250	276.7	442	141	250	415	557.4
2. <i>A. gayanus</i> + <i>Zornia</i>	246	250	265.5	430	18	250	415	377.5
3. <i>A. gayanus</i> + Kudzú	246	250	288.9	443	120	250	404	524.8
4. Sabana + Kudzú (0.17 cab/ha)	51	250	264.2	376	-	-	-	63.9
5. Sabana + Kudzú (0.34 cab/ha)	102	250	255.7	352	-	-	-	119.6
6. <i>B. decumbens</i>	264	250	271.1	408	123	250	387	517.7
7. <i>B. decumbens</i> + Kudzú-bloques	264	250	276.4	414	123	250	377	517.7
8. <i>B. decumbens</i> + Kudzú-franjas	264	250	299.1	446	123	250	397	555.2
9. <i>B. decumbens</i> en fincas	-	-	-	-	378	250	362	456.1

Supuesto: se inició ceba en época seca con carga baja y se completa la carga a principio de la época lluviosa

Cuadro 6. Niveles de fertilización de establecimiento y mantenimiento utilizados por hectárea

Sistema No.	Establecimiento				Mantenimiento				
	Calfos	Sulpomag	Valor total*	Total	Calfos	Sulpomag	Intervalo	Valor total*	Total
	----- kg -----	----- kg -----	\$	kg	----- kg -----	----- kg -----	años	\$	kg
1. <i>A. gayanus</i> + <i>S. capitata</i>	300	100	2 700	400	68	60	2	1 284	128
2. <i>A. gayanus</i> + <i>Zornia</i>	300	100	2 700	400	68	60	2	1 284	128
3. <i>A. gayanus</i> + Kudzú	600	227	5 886	827	118	100	2	2 154	218
4. Sabana + Kudzú (0.17 cab/ha)	30	11.3	293	43	5.9	5	2	108	11
5. Sabana + Kudzú (0.34 cab/ha)	60	22.6	586	83	11.8	10	2	216	22
6. <i>B. decumbens</i>	468		1 404	468	300		4	900	300
7. <i>B. decumbens</i> + Kudzú-bloques	514	68	2 766	582	210	30	2	1 170	240
8. <i>B. decumbens</i> + Kudzú-franjas	514	68	2 766	582	210	30	2	1 170	240
9. <i>B. decumbens</i> en fincas	300		900	300	150		2	450	150

* Precio base puesto en Bogotá: \$ 3 000 - Calfos
\$18 000 - Sulpomag

Cuadro 7. Precios utilizados

Descripción	Puerto López	Puerto Gaitán	Carimagua
Transporte (\$/ton)	980 ^a	1 535 ^b	2 110 ^c
Novillos ^d : (\$/kg en pie en finca)			
Levante	60.00	59.40	58.80
Cebados	57.60	56.17	54.73
Semilla: (\$/ha)			
<i>S. capitata</i> (3 kg/ha)	1 500	1 500	1 500
<i>Z. latifolia</i> (1 1/2 kg/ha)	750	750	750
<i>P. phaseoloides</i> (4 kg/ha)	2 400	2 400	2 400
<i>A. gayanus</i> (8 kg/ha)	3 200	3 200	3 200
<i>B. decumbens</i> (1 1/2 kg/ha)	3 000	3 000	3 000
Costo de preparación del terreno (\$/ha)	2 000	2 000	2 000
Inversión: (\$/ha)			
Cercas	1 384	1 384	1 384
Infraestructura	1 666	1 666	1 666
Costos Variables: (\$/UA)			
Sales	450	450	450
Mano de obra	450	450	450
Otros	200	200	200

a/ 196 km de Bogotá

b/ 307 km de Bogotá

c/ 422 km de Bogotá

d/ Precios ajustados por costo de transporte pero sin considerar diferencias en merma por transporte