MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCION DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ZONA AGRARIA VI

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA — LA MOLINA
PROGRAMA DE FORRAJES

II Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú

Tomo II

Seminario de Utilización de Animales en la Evaluación de la Pradera

I5978r 1972

IICA ZONA ANDINA

Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte
USAID - PERU

Arequipa, Perú
Marzo 1 - 3, 1972

IICA - CIRA SERIES
Digitized by Google

Digitized by Google

PERU 6307 I59 SY 1972

IICA - CIRA
SERIES
BIBLIOTECA

Digitized by Google

IICA
R444 F IF
1972.

Digitized by Google

INTRODUCCION

El Programa Cooperativo Regional de Ganadería y Pasturas de la Zona Andina del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA) se sumó a los esfuerzos de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela a partir de 1969 a la acción de los Programas Nacionales de Pastos y Forrajes. Desde entonces su acción es solidaria en el apoyo y fomento de la investigación forrajera.

Con estos propósitos convocó a los Directivos Nacionales de los Programas a Reuniones Regionales. Estos eventos tuvieron enorme trascendencia porque permitieron robustecer la acción de los Países y coordinar la acción regional. La trascendencia es evidente cuando se observa cómo al planificar la investigación nacional forrajera de los últimos años se tomaron en cuenta los aspectos recomendados en las Reuniones Regionales.

En la II Reunión Regional, realizada en Quito en 1970 (Marzo 18-21), se hizo una revisión profunda de la marcha de las investigaciones en los países de la Zona Andina. Surgió como hecho patente que estas investigaciones habían considerado a la planta forrajera como un fin. Los participantes en esa Reunión sugirieron a sus Directores la necesidad de involucrar las investigaciones en pastos y forrajes como un medio dentro del contexto de la producción animal. Con enorme satisfacción se observó cómo esa sugerencia fue ampliamente adoptada por los Países.

En esa Reunión también se recomendó la necesidad de convocar a una Seminario para conocer la metodología usada en la investigación en los países de la Zona Andina. Al revisarla se daría curso al adiestramiento de personal, se abriría un marco de discusión y se procuraría integrar la utilización de animales en la producción y utilización de forrajes como proyección.

El Programa Cooperativo Regional de Ganadería y Pasturas organizó el evento. Su realización no habría sido posible sin la leal cooperación de Entidades como el CIAT, la Misión de Carolina del Norte en el Perú, del Instituto Colombiano Agropecuario y de sus funcionarios los Dres. Osvaldo Paladines, William Johnson y Jaime Lotero. Con ellos se realizó el Seminario que fue auspiciado por el Programa de Pastos y Forrajes del Perú, una alianza del Ministerio de Agricultura del Perú, la Universidad Agraria de Lima y varias Universidades y Estaciones Experimentales. En este volumen se reúnen las Conferencias dictadas con este motivo.

Aunque sería ambicioso decir que está aquí condensada la metodología usada por los investigadores forrajeros, se puede indicar que este es un buen resumen de lo que se ha hecho en las investigaciones.

Digitized by Google

La metodología incluye desde la investigación agronómica que se inició con la introducción de especies hace ya tres décadas. De esa introducción aparecieron especies promisorias a las que la investigación dedicó mucho esfuerzo para maximizar su producción. El manejo de la parcela experimental y comercial, prácticas culturales, mejoramiento, etc. fueron materias de estudios y análisis para destacar las principales forrajeras. Ese proceso se realizó en la década de los 50 y parecería que allí se detuvo por mayor tiempo del necesario. Las investigaciones estuvieron entretenidas en detalles que impidieron alcanzar objetivos mayores que influyeran realmente el desarrollo ganadero para el bienestar del hombre rural. Pero a medidados del decenio pasado se inició el proceso de involucrar la pradera en el sistema de la producción animal. Este constituye ya un precepto y por esta razón se realizó esta revisión, como revisión y como promoción.

Al incorporar animales en la evaluación forrajera quedó sellada una importante fase de la investigación. El concepto económico y la proyección social son las metas que se persiguen hasta estructurar una metodología que cubra el total del sistema de producción con beneficio para el hombre de campo. Persiguiendo estos objetivos el Ing. Edmundo Gastal del IICA ofreció una conferencia que abre nuevos campos a los investigadores y a la investigación para jugar su rol en el desarrollo de la ganadería.

Es grato para el Proyecto Cooperativo Regional de Ganadería y Pasturas del IICA entregar esta recopilación de las Conferencias del Seminario de Utilización de Animales en la Evaluación de la Pradera a la III Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú. Es de desear que los principios que aquí se presentan puedan ser rápidamente realizados y superados por quienes con tanto ahinco, como Programa y como organización nacional, han mostrado su entusiasmo por superar cuanto se está haciendo en investigaciones de pastos y forrajes.

Dr. Armando Cardozo
Coordinador.

Digitized by Google

CONTENIDO

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

E V A L U A C I O N A G R O N O M I C A D E P A S T O S

Jaime Lotero C.*

* Director Nacional del Programa de Pastos y Forrajes del Instituto Colombiano Agropecuario. Estación Experimental "Tulio Ospina", Medellín, Colombia.

Digitized by Google

Digitized by Google

La evaluación de los pastos mediante pruebas que generalmente se consideran agronómicas, ha sido utilizada desde que el hombre tomó conciencia de la importancia de los pastos en la alimentación animal y todavía sigue usándose en gran escala, especialmente con los pastos de corte. Muchas de estas pruebas han servido y sirven para el planeo posterior de ensayos de pastoreo, donde es el animal el último en decir si un pasto y una práctica de manejo tienen un valor real en cuanto a la producción de carne, leche ó lana. Es muy difícil concebir una investigación a base de pruebas de pastoreo, sin la conducción previa ó simultánea de ensayos agronómicos. Una nueva variedad de pasto que se introduce debe ser sometida a pruebas agronómicas antes de pasarla a estudios posteriores de pastoreo que de por si son costosos, requieren espacios relativamente grandes y necesitan mucho tiempo para obtener resultados de valor.

El término de evaluación "agronómica" de pastos frecuentemente es criticado por diferentes investigadores, quienes prefieren utilizar los términos de "prácticas culturales" utilizadas en la evaluación ó estudio de los pastos ó simplemente evaluación de pastos de pequeñas parcelas bajo corte.

La revisión de literatura existente tiene un inmenso valor ya que los resultados obtenidos, en otros lugares, de condiciones ecológicas similares, se pueden aplicar con muy pocas o sin modificaciones, o el procedimiento utilizado se puede seguir con pocas o ningunas modificaciones. Es una pérdida de tiempo por parte de los técnicos tratar de modificar alguna técnica que ya está plenamente experimentada y que se sabe que da buenos resultados.

Muchas veces el trabajo tiene que ser de equipo y el asesoramiento de personas especializadas en ciertos campos es fundamental: por por ejemplo, en trabajos de fertilización se debe buscar la colaboración de los técnicos en suelos, y en el planeo de experimentos, análisis de los resultados obtenidos, e interpretación, la colaboración de los especialistas en estadística.

Este capítulo pretende presentar en la forma más simple y concisa, diferentes estudios que se deben hacer para una evaluación agronómica correcta de los pastos, tanto gramíneas como leguminosas. Preferencialmente se tomarán ejemplos de investigaciones realizadas en los trópicos y sólo en casos especiales se recurrirá a la literatura de las zonas templadas.

Digitized by Google

Aunque no es muy abundante la investigación realizada en los trópicos, se asume que este escrito servirá especialmente a los investigadores de las zonas tropicales. Aparentemente los principios generales de evaluación y manejo de pastos son los mismos para las zonas templadas y tropicales; sin embargo, se tiene la impresión de que es necesario, en algunos casos, aplicar técnicas diferentes o al menos introducir variaciones en la interpretación de los resultados obtenidos en los trópicos comparados con aquellos obtenidos en las zonas templadas.

Debe recordarse que los experimentos más simples, con el menor número posible de variables, generalmente dan los mejores resultados y son más fáciles de interpretar.

El principal argumento contra la evaluación de pastos por medio de estudios agronómicos es el de que éstos excluyen al animal: sin embargo, en algunos casos o fases de la investigación, se puede incluír el efecto de animales en pastoreo sobre la producción y composición de los pastos. Hay estudios netamente agronómicos es decir, que no requieren el animal: un ejemplo puede ser "Efecto del aluminio en la nodulación y rendimiento de la alfalfa".

A medida que crece la población, las áreas disponibles para la explotación ganadera disminuyen y posiblemente llegará el momento en que la alimentación del ganado se hará, principalmente en confinamiento con forrajes manejados bajo corte, heno y ensilaje. Considerando solamente este aspecto, la evaluación agronómica de pastos es de primordial importancia.

I. INTRODUCCIONES, COLECCIONES Y SELECCIONES

La introducción y estudio periódico de nuevas selecciones de pastos permite conocer su adaptación a los diferentes medios ecológicos. Esta información es valiosa para las entidades productoras e importadoras de semillas y para los ganaderos progresistas. Pueden encontrarse especies o selecciones con las cuales es posible mejorar extensas zonas con condiciones ecológicas específicas.

Es muy difícil mejorar las pasturas de una región utilizando únicamente las especies nativas; la introducción de especies y variedades mejoradas permite aumentar la producción en períodos de tiempo más o menos cortos.

Los jardines de introducción o colecciones deben ser de parcelas relativamente pequeñas, donde todas las especies reciban el mismo manejo. En los jardines se pueden realizar distintos tipos de observaciones; las más importantes son las referentes a la adaptación de la especie al medio específico en el cual se está ensayando. Producción de forraje, velocidad de rebrote o recuperación, floración, producción de semilla, adaptación a las condiciones del suelo, temperatura, humedad, vigor inicial, competencia con malezas y especies nativas o naturalizadas, persistencia, etc. son las primeras observaciones que se deben llevar a cabo en un jardón de introducciones.

Digitized by Google

Para evitar la diseminación de plagas y enfermedades todo material nuevo debe ser sometido a cuarentena de acuerdo con las regulaciones de cada país: es recomendable que las primeras plantas se siembren en el invernadero y se observen con ayuda de fitopatólogos y entomólogos, antes de sembrarlas en los jardines: éstos se deben localizar en lotes aislados o al menos debidamente separados de las praderas para poder controlar cualquier problema sanitario que se pueda presentar en el material introducido. Los jardines de introducción son también de gran utilidad para obtener pequeñas cantidades de semilla sexual o asexual para propagar las especies y variedades promisorias; generalmente se emplean como material básico para iniciar programas de mejoramiento y se pueden utilizar con fines didácticos.

Es altamente recomendable comparar las distintas especies bajo diferentes niveles de fertilidad: es común el caso de rechazar una especie con alto potencial para rendir pero que requiere un nivel más alto de fertilidad cuando se compara con especies adaptadas a la "pobreza" de los suelos. Esta interacción de variedad o especie por fertilidad debe tenerse muy en cuenta en el proceso de introducción y selección. También se puede dar el caso contrario, es decir, que el objetivo principal sea el de seleccionar especies o variedades que se adapten a suelos de baja fertilidad, especialmente en zonas donde los fertilizantes son caros y su transporte es difícil y costoso.

Probablemente no existe ningún país en el cual algunas especies introducidas no tengan mayores rendimientos y mejores características agronómicas que las especies nativas o naturalizadas. Existen algunas especies de características agronómicas deseables pero que tienen algún factor limitante y es necesario mejorarlas genéticamente: tal es el caso del pasto imperial (Axonopus scoparius) en Colombia, cuya producción es afectada por la bacteria Xanthomonas axonoperis que produce la enfermedad conocida con el nombre de "gomosis", "nacionalismo", "banderita", etc. Por un proceso de mejoramiento de selección masal, empleando un gran número de clones, se obtuvo el imperial 60, de mejor rendimiento que el imperial común y altamente resistente al ataque de la bacteria (5)

Aparentemente el mejor sistema de mejoramiento genético de pastos es la selección masal y solamente en casos especiales se justifica el mejoramiento por cruzamiento o hibridación. Este último sistema se dificulta en pastos tropicales porque muchas especies son apomíticas o no producen simillas fértiles.

En el trópico se tiene suficiente número de especies de pastos y el principal problema es su manejo y no su mejoramiento genético.

Digitized by Google

II. RESPUESTA A LA FERTILIZACION

La fertilidad baja de los suelos es una de las causas principales de la baja productividad de los pastos en muchas regiones tropicales. Es necesario entonces, conocer el efecto de los diferentes nutrientes en la producción de forraje y las dosis y frecuencias de aplicación más económicas.

Las especies más promisorias, seleccionadas en los jardines de introducción, y las ya existentes en los países deben someterse a ensayos de fertilización, con el objeto de estudiar su respuesta a los distintos elementos nutritivos, considerando aspectos tales como fuentes, dosis, métodos y épocas de aplicación de los fertilizantes. Cuando se tienen varias dosis de diferentes elementos y se quiere estudiar los efectos individuales de cada uno de ellos y de las diferentes combinaciones, es aconsejable el arreglo "factorial". Este tipo de experimento tiene la desventaja de que generalmente requiere mucho espacio y es costoso.

En algunos casos, especialmente cuando ya se tienen datos de ensayos anteriores, se pueden utilizar arreglos como el de "superficies de respuesta". En ensayos de fertilización son muy comunes los diseños de "bloques al azar" y "parcelas divididas".

Para el éxito de los ensayos de fertilización es necesario revisar la literatura existente sobre el estado de fertilidad de los suelos de la zona donde se trabajará. El análisis "rápido" de suelos es una base muy valiosa para conocer su fertilidad general. Las dosis, tanto de cal como de fertilizantes, deben determinarse de acuerdo con estos análisis y con las experiencias que se tengan previamente en la zona.

Para el caso de Colombia, se ha encontrado que teniendo como base el grado de acidez de los suelos y el contenido de aluminio intercambiable, los LLanos Orientales son la región natural del país que presenta los mayores requerimientos de cal, seguida por las cordilleras Andinas, la Sabana de Bogotá y la Costa Pacífica. Tienen requerimientos mínimos o ninguno los suelos del Valle del Cauca, los valles del Alto y Bajo Magdalena y la Costa Atlántica. También se ha podido comprobar que en las regiones más cálidas del país el N es el elemento más limitante; sin embargo, los pastos han respondido positivamente a la aplicación de fertilizantes nitrogenados en cualquier piso térmico del país, siempre que haya humedad adecuada. Los suelos de los Llanos Orientales, de la costa del Pacífico y de las cordilleras Andinas requieren altas dosis de fertilizantes fosfatados. El K aparentemente se encuentra en cantidades adecuadas en todas las regiones naturales de Colombia con excepción de los Llanos Orientales; sin embargo las reservas de K se pueden agotar con el cultivo intensivo de los suelos. (23).

Digitized by Google

Al emplear fertilizantes, en pastos, se deben considerar aspectos técnicos y económicos, tales como fuentes, dosis, efecto residual, efectividad, disponibilidad en el mercado, costos, etc.

Indudablemente el N es el elemento más limitante para la producción de los pastos bajo condiciones tropicales; este hecho ha sido demostrado en numerosos experimentos. En un ensayo realizado en un suelo aluvial del valle de Medellín (Colombia), situado a 1.500 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación media anual de 1.400 mm. y una temperatura media de 22°C., con pasto pangola (Digitaria decumbens) se obtuvieron los resultados que se incluyen en la Tabla 1. Se encontraron diferencias significativas al nivel del 1% para fuentes, dosis y para la interacción de fuentes por dosis (28).

TABLA 1. Producción promedia por corte en toneladas de forraje seco por hectárea, del pangola bajo diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Facultad de Ciencias Agrícolas, Medellín.*

Fuentes de Nitrógeno	Kg. de N. por Ha. por corte					Promedio
	0	50	100	150	200	
Nitrato de sodio	2,3	4,9	6,6	7,1	7,8	5,7
Sulfato de amonio	2,1	4,6	5,8	6,1	6,4	5,0
Urea	2,0	4,3	5,7	5,9	6,3	4,8
Promedio	2,1	4,6	6,0	6,4	6,8	

* Promedio de 25 cortes

En el ejemplo anterior y en muchos otros experimentos, se ha observado que al aumentar las dosis de fertilizante generalmente se obtiene un aumento notable en la producción, pero si continúan aumentando las cantidades de fertilizante, las respuestas van siendo cada vez menores hasta llegar a un punto en el cual aumentos en la dosis de fertilizante no producen aumentos considerables en la cantidad de forraje producido.

El método de aplicación de fertilizante puede ser de importancia y puede variar, entre otros factores, con la especie de pasto, el tipo de suelo y la distancia de siembra. En un ensayo realizado por Lotero y colaboradores (14) con pasto elefante (Pennisetum purpureum), en el cual se comparaban fuentes de N, dosis y métodos de aplicación, incluyendo al voleo, en corona y en bandas, no se encontraron diferencias significativas entre métodos de aplicación, posiblemente debido al sistema radicular del pasto bastante ramificado. El pasto se sembró en surcos distanciados un metro.

Digitized by Google

La frecuencia de aplicación de los fertilizantes puede variar con el clima, la especie de pasto, el tipo de suelo, utilización, riego, y disponibilidad de mano de obra, principalmente. En la Tabla 2 se incluyen los resultados obtenidos en un ensayo con pasto guinea (Panicum maximum) en el valle del Sinú, variando la dosis y la frecuencia de aplicación de N. El sitio experimental estaba situado a una altura de 13 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación media de 1.112 mm. y una temperatura de 28°C. Aunque en algunos casos la aplicación de N cada dos o tres cortes resultó en una mayor producción de forraje, la aplicación de este nutriente después de cada corte resultó en una producción más uniforme durante todo el año, lo cual permitiría al ganadero tener una carga animal de mayor uniformidad (11).

Para tratar de regularizar la producción de forraje, bajo condiciones naturales, es decir, sin riego, el N se puede aplicar al final de la época de lluvias, lo cual permite una acumulación de forraje en la pradera para el período seco. En la Tabla 3 se observan los resultados obtenidos al aplicar N después de cada corte y estacionalmente al final del período lluvioso en pasto pangola en el C.N.I.A. "Palmira", Valle del Cauca. En dicha localidad, durante el año se presentan dos períodos secos, Diciembre a Marzo y Junio a Agosto. En un año el pangola se puede cosechar seis veces, de tal manera que el tratamiento de 50 kg./Ha. de N después de cada corte crecibiría 300 kg./Ha. de N por año; el tratamiento de 100 kg./Ha. de N al final del período de lluvias recibiría 200 kg./Ha de N por año. El rendimiento fue ligeramente superior en este último tratamiento, obteniéndose un ahorro de fertilizante y una mayor población de leguminosas nativas (22).

Las fuentes, dosis, frecuencias, métodos de aplicación, etc. de los fertilizantes pueden afectar algunas de las características químicas y físicas del suelo, especialmente el pH, disponibilidad de nutrientes, permeabilidad, etc. En la Tabla 4 se incluye el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno en el pH de un suelo aluvial que había recibido nitrógeno por cinco años en forma contínua. En el caso de fuentes de efecto resigual ácido, como el sulfato de amonio y la urea, es necesario aplicar cal con alguna frecuencia para evitar los efectos perjudiciales de una acidez alta en el suelo. En la Figura 1, tomada de Ramírez y Lotero (23) se puede observar la relación entre el Al intercambiable y el pH. La disminución del pH y aumento de Al intercambiable resultaron de la aplicación continuada de N en forma de urea al pasto pangola, en dosis de 50, 100, 200 y 400 kg./Ha. de N cada seis semanas, durante cuatro años.

Digitized by Google

TABLA 2. Rendimiento promedio por ciclo del pasto guinea. Ton/Ha. de forraje seco. C.N.I.A. "Turipaná".

Frecuencia de aplicación	Dosis de N Kg./Ha.	Ciclos 1	Ciclos 2	Promedio
Cada corte	0	18,3	9,5	13,9
	25	25,3	21,1	23,2
	50	31,3	29,7	30,5
	100	49,7	47,6	48,6
	200	57,6	56,4	57,0
Cada dos cortes	0	17,6	10,3	13,9
	50	29,0	29,5	29,2
	100	33,3	38,1	35,7
	200	47,5	49,0	48,2
	400	57,8	55,4	56,6
Cada tres cortes	0	17,7	10,4	14,0
	75	24,1	20,9	22,5
	150	37,4	34,2	35,8
	300	46,7	47,1	46,9
	600	53,7	51,9	52,8

* Cada ciclo consta de seis cortes

TABLA 3. Epoca de aplicación de nitrógeno en pangola de acuerdo a los períodos secos y húmedos.

Tratamientos	Ton./Ha. forraje seco (11)
Testigo (N = 0)	2,4
	33,3**
N- 50 Kg./Ha. después de cada corte	3,2
	11,6
N- 50 Kg./Ha. final época de lluvias	2,6
	19,2
N-100 Kg./Ha. final época de lluvias	3,5
	20,1

* Entre paréntesis el número de cortes

** Porcentaje de leguminosas espontáneas.

Digitized by Google

TABLA 4. Efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno sobre el pH del suelo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Medellín.

Fuentes de Nitrógeno	Dosis de N, kg./Ha. 0 (0)	50 (1250)*	100 (2500)	150 (3750)	200 (5000)	Promedio
Nitrato de Socio	6,08	6,54	6,80	7,03	6,85	6,66
Sulfato de Amonio	5,46	5,13	4,35	3,85	3,57	4,46
Urea	5,73	5,77	5,76	5,50	5,27	5,60
Promedio	5,75	5,81	5,64	5,46	5,20	

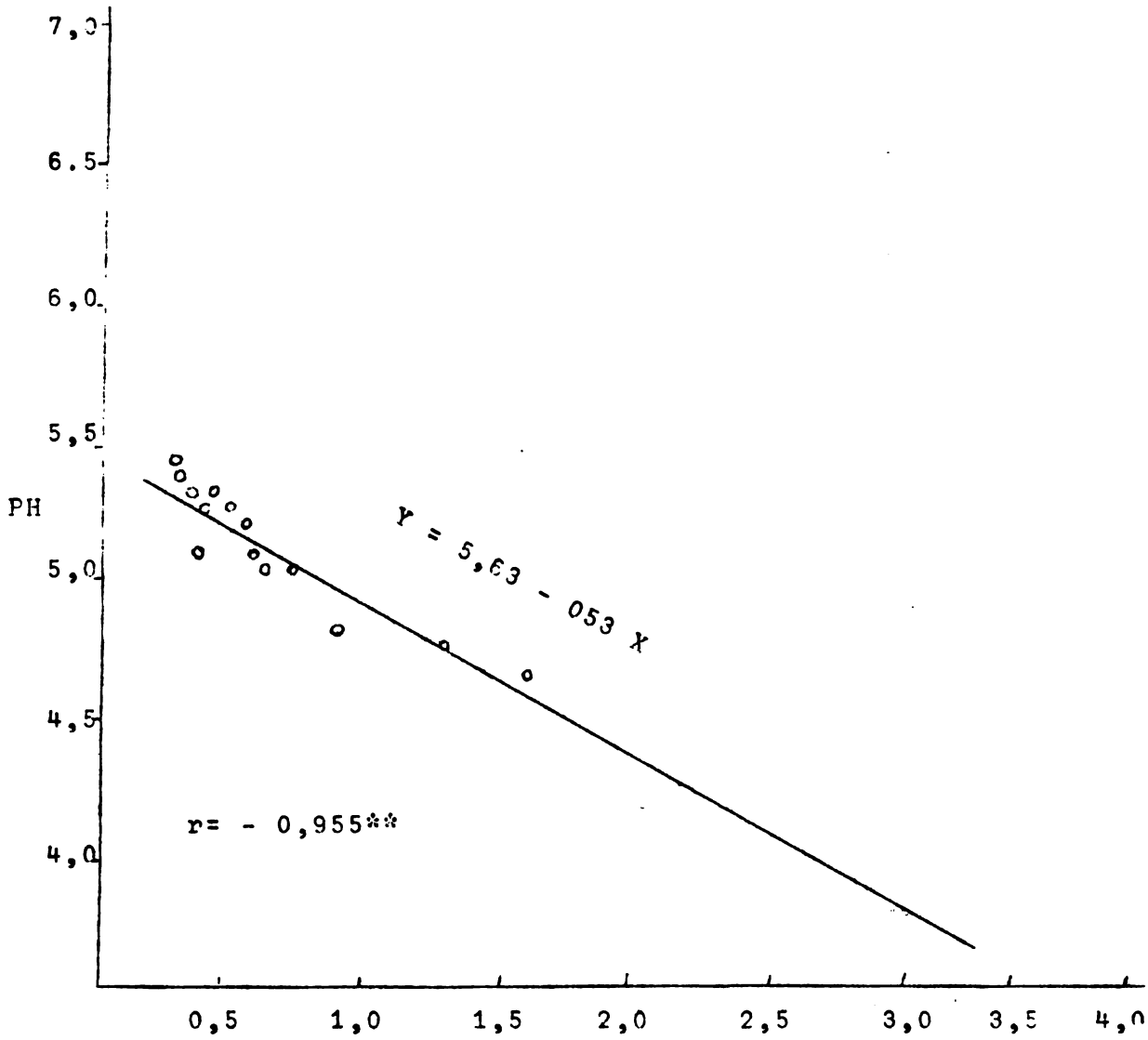
* Entre paréntesis la cantidad total de nitrógeno aplicado en cinco años.

Una fertilización mal realizada, empleando fuentes, dosis y métodos de aplicación inadecuados, puede resultar en efectos perjudiciales para el pasto y para el suelo. En el caso de fertilizantes simples, que se mezclan para su aplicación se debe tener en cuenta la compatibilidad de los materiales usados; así por ejemplo la úrea no se debe mezclarcon fertilizantes de reacción básica como las Excorias Thomas porque el N se pierde en forma de NH_3.

Es muy probable que el animal en pastoreo tenga efectos significativos en ensayos de fertilización de pastos, por el retorno de excreciones. Se ha estimado que los bovinos retornan en las heces y la orina, aproximadamente el 75 % del N, el 80 % del P y el 85 % del K contenidos en el alimento (2). Se ha encontrado bajo condiciones de zona templada que los animales, bajo pastoreo continuo, distribuyen los excrementos en una forma no uniforme y que durante una estación normal de pastoreo, solamente el 10 al 15 % del potrero es afectado significativamente por las excreciones (15,19) Recientemente Chung Sang (9) encontró, bajo condiciones tropicales, resultados muy similares a los obtenidos en la zona templada. Aparentemente se requiere la misma fertilización, en presencia o ausencia del animal en pastoreo. Bajo condiciones de un manejo intensivo de pastos, en rotación, Wheeler (29) encontró en Inglaterra que la eficiencia del fertilizante nitrogenado dependía de la presencia del animal en pastoreo. Bajo condiciones tropicales este aspecto no ha sido estudiado; sin embargo, observaciones de Abocol*, y del Programa de Pastos y Forrajes del ICA en pruebas re-

* Abonos Colombianos S.A.

Digitized by Google



Al, m.e./100 g. de suelo

FIGURA 1. Relación entre el pH y el contenido de aluminio intercambiable del suelo.

Digitized by Google

gionales, han demostrado que con pastoreo intensivo en rotación y una alta capacidad de carga, es posible reducir la cantidad de N que se aplica a medida que aumenta la duración de la prueba. Algunos sugieren que este efecto se debe a una acumulación del N en el suelo, pero debido a la alta movilidad de este elemento y a la facilidad con que pierde del suelo, es posible que la eficiencia en su utilización se deba a las excreciones producidas por el animal en pastoreo.

Los métodos artificiales de retorno de excreciones, como los propuesto por Lynch (17), Sears (26) y McNuer (18) parece que no han sido estudiados bajo condiciones tropicales; bajo condiciones templadas, su empleo en ensayos de fertilización no parece ofrecer ventajas significativas en la obtención de resultados directamente aplicables en la práctica, a partir de parcelas bajo corte (12).

Bajo condiciones tropicales, donde las pérdidas de nutrientes a partir de las excreciones pueden ser altas, es posible que los datos obtenidos en estudios agronómicos de fertilización puedan sér aplicados directamente a las praderas que serán pastoreadas. En Colombia se ha hecho con buenos resultados. Si el tamaño de las parcelas lo permite, éstas se pueden cortar durante un tiempo prudencial para determinar los rendimientos y composición botánica, si se desea, y luego, durante otro período de tiempo las parcelas se pueden pastorear, determinando los rendimientos al introducir los animales.

III. DISTANCIAS, DENSIDADES Y METODOS DE SIEMBRA

Las distancias, densidades y métodos de siembra adecuados son parte importantísima de la economía y eficiencia en el establecimiento de los pastos. Estos factores deben estudiarse en las especies de gramíneas y leguminosas más importantes del trópico.

La distancia de siembra es un aspecto del cultivo de los pastos que pueden incidir en la producción, manejo, utilización, etc. Los pastos de corte se deben sembrar en surcos separados a distancias tales que permitan efectuar fácilmente las labores culturales adecuadas, tales como control de malezas, fertilización, etc. Mientras más pequeña sea la distancia de siembra, mayor tiende a ser la producción por unidad de área en las plantaciones nuevas, pero esta diferencia tiende a desaparecer con el tiempo.

En los pastos de pastoreo generalmente se busca tener un cubrimiento del área en el menor tiempo posible; ésto se puede lograr utilizando pequeñas distancias de siembra o altas cantidades de semilla, pero en muchos casos es más económico, debido al alto precio de la semilla, utilizar distancias un poco mayores y esperar a que las plantas cubran el suelo.

Digitized by Google

Las distancias de siembra también deben acomodarse a la maquinaria de qué se disponga en la explotación, particularmente cuando los pastos se usan para corte, heno, ensilaje o producción de semilla.

La pendiente también tiene influencia en la distancia de siembra que se debe utilizar; en suelos pendientes la distancia debe ser menor que en suelos planos para evitar pérdidas de suelo por erosión.

En la Tabla 5 se incluyen algunos resultados de un experimento sobre distancias de siembra y dosis de N en pasto elefante (15). Aunque no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes distancias de siembra, la de tallos contínuos extendidos produjo los rendimiento más altos.

TABLA 5. Rendimiento promedio por corte en toneladas por hectárea de forraje seco del pasto elefante. C.N.I.A. Tulio Ospina.

Distancia de Siembra, m.	Dosis de N, kg. / Ha.				Promedio
	0	50	100	200	
Inclinados 0,50 x 0,50	6,89*	8,88	10,52	11,90	9,42
Continuos 0,75	9,20	9,45	11,62	11,99	10,56
Inclinados 1,0 x 1,0	5,64	8,03	9,06	10,73	8,36
Inclinados 2,0 x 2,0	7,05	8,37	10,63	10,39	9,11
Promedio	7,19	8,56	10,45	11,25	

* Promedio de 21 cortes

Existen estudios de densidades de siembra o cantidad de semilla para casi todas las especies forrajeras deseables en climas templados; también existen para muchas especies tropicales. Esta información se puede utilizar sin necesidad de introducir modificaciones o sólo pocas, de acuerdo con el porcentaje de germinación.

La semilla que se utiliza para establecer los pastos debe ser de buena germinación y alta pureza. En el caso de usar material vegetativo, como tallos, éstos deben estar bien maduros y provenir de plantaciones sanas.

En el establecimiento de praderas a base de especies puras, utilizando semilla sexual, el método tradicional de siembra al voleo da buenos resultados. Las siembras en surcos pueden inicialmente dar

Digitized by Google

altas producciones de forraje y en algunos casos se ahorra en mano de obra utilizando sembradoras de granos pequeños; también es posible aplicar fertilizantes con dichas máquinas al momento de la siembra. El control de malezas se facilita con las siembras en surcos aunque la población de malezas puede ser mayor por la poca competencia del pasto.

La siembra de mezclas de gramíneas y leguminosas presenta mayores problemas. De acuerdo con el vigor o rapidez de crecimeinto, se debe establecer primero la gramínea o la leguminosa o ambas al mismo tiempo. Como generalmente las leguminosas forrajeras son más lentas en establecerse que las gramíneas, se deben sembrar con dos o tres meses de anticipación a las gramíneas, aplicando un matamalezas preemergente como el DNBP a razón de 6,5 litros por hectárea de ingrediente activo. Cuando se van a establecer mezclas, un buen sistema ha sido el de sembrar las gramíneas y leguminosas en surcos alternos o las gramíneas en surcos y las leguminosas el voleo entre surcos.

La cobertura de la semilla es muy importante; ésta debe hacerse con un rodillo, "cultipacker", ramas atadas al tractor, pequeños azadones, etc. Debe procurarse que la profundidad de siembra sea de tres a cinco veces el diámetro de la semilla.

Un problema especial que se presenta en el mejoramiento de praderas, es el establecimiento de leguminosas en praderas de gramíneas puras. Un buen sistema consiste en guadañar muy bajo o sobrepastorear; luego pasar un rastrillo pesado a media traba o con traba completa; regar la semilla de la leguminosa al voleo y pasar un rodillo. En la Tabla 6 se incluyen resultados parciales de un experimento donde se utilizaron diferentes tratamientos para establecer las leguminosas soya forrajera (Glycine weigtii), calopo (Calopogonium mucunoides) y clitoria (Clitoria ternatea) en un potrero viejo de pasto angleton (Dichanthium aristatum) (22).

En suelos rojos, ácidos, bajos en P y Ca y de topografía pendiente, ha sido posible establecer kudzú (Pueraria phaseoloides) en praderas de puntero o jaragua (Hyparrhenia rufa), pastoreando muy bajo, surcando con un arado de bueyes en sentido contrario a la pendiente (surcos distanciados 1 m.) encalando y fertilizando (22). En algunos casos es necesario recurir a la quema para destruír los residuos de la vegetación primaria o secundaria, antes de establecer los pastos. Generalmente éstos se establecen después de uno o dos cultivos de maíz o arroz de secano, aprovechando el aporque o desyerba del cultivo para sembrar los pastos.

Es frecuente en algunas ocasiones, estudiar distancias o densidades y métodos de siembra, bajo diferentes niveles de fertilización. Se ha encontrado que una fertilización racional acelera el establecimiento de los pastos, aumentando su competencia con

Digitized by Google

CUADRO 6. Establecimiento de leguminosas en potreros de angleton. Rendimiento promedio en Ton./Ha. de forraje seco y porcentaje de leguminosa durante los seis primeros cortes. C.N.I.A. Palmira.

Tratamientos	Soya forrajera	Calopo	Clitoria
1. Rastrillo a media traba más rodillo	3,69* 43,00**	3,69 20,00	3,54 26,00
2. Rastrillo a media traba	2,83 30,00	2,61 26,00	4,47 33,00
3. Plateo	2,48 7,00	3,40 24,00	2,63 13,00
4. Voleo más rodillo	2,58 29,00	4,03 24,00	4,60 13,00
5. Voleo	1,51 15,00	2,56 18,00	3,68 30,00
6. Rastrillo con traba completa + rodillo	2,59 40,00	3,76 20,00	4,74 38,50
7. Rastrillo con traba completa	2,77 35,00	2,89 18,00	3,40 30,00

* Rendimiento en Ton./Ha. de forraje seco por corte.
** Porcentaje de leguminosa en la mezcla.

las malezas. Elementos relativamente inmóviles en el suelo, como el P, y en parte el K, dependiendo del tipo de suelo, se pueden aplicar al momento de la siembra. El N, debido a que se pierde rápidamente del suelo, no es muy efectivo cuando se aplica al establecer los pastos. El tiempo que transcurre entre la aplicación de este elemento y el desarrollo de sistemas radiculares, permite que las pérdidas aumenten. Lo más aconsejable, cuando se estudian dosis de N, es hacer las aplicaciones en pastos bien establecidos. La literatura existente se puede aprovechar para obtener datos sobre densidades y métodos de siembra, con lo cual se ahorra tiempo y dinero. Sólo en casos especiales, como en suelos mal drenados con siembras en caballones o en suelos que se secan rápidamente donde se debe sembrar en concavidades, puede justificarse investigación en este aspecto.

Digitized by Google

En ensayos de esta naturaleza, las combinaciones de tratamiento pueden ser numerosas, y el tamaño de las parcelas puede variar de acuerdo con las distancias y métodos de siembra estudiados. Parcelas de 2 x 6 m. ó 3 x 8 m. para especies de pastoreo son adecuadas; para especies de corte se ha encontrado que un tamaño apropiado de parcelas puede ser de 4 x 8 m. ó 6 x 10 m.

IV. ALTURAS DE CORTE

La altura de corte es importante en la persistencia de los pastos, producción de forraje y calidad del mismo. Tanto las gramíneas como las leguminosas varían en cuanto a sus características agronómicas y la fisiología de sus reservas nutritivas, por lo cual es necesario estudiar cada especie individualmente.

La altura a la cual se puede cortar o pastorear la planta sobre el nivel del suelo es de gran importancia en el manejo de los pastos, lo mismo que la altura a la cual debe llegar la planta antes de ser utilizada.

Las especies tienen distintos requerimientos en cuanto a la altura de corte, lo cual es debido principalmente a los diferentes sitios de acumulación de las reservas nutritivas; por ejemplo mientras el pasto pangola y el kikuyo (Pennisetum clandestinum) pueden pastorearse muy bajo y no tienen ninguna dificultad en recuperarse, el pará (Brachiaria mutica) debe pastorearse alto, entre 20 y 30 cm. sobre la superficie del suelo dejando cierta cantidad de tallos y hojas, para lograr una recuperación satisfactoria (21).

En la Tabla 7 se incluyen algunos datos de un experimento con pasto elefante en el cual se estudiaban diferentes alturas de corte, con y sin N (13). Se encontraron diferencias significativas entre alturas de corte y dosis de N. El pasto cortado a ras produjo los rendimientos más altos. El criterio que se siguió para hacer el corte era el de esperar a que las plantas en el tratamiento cortado a 15 cm. sobre la superficie del suelo, con aplicación de N, tuviera una altura de 1,50 m.

TABLA 7 Rendimiento promedio por corte en Ton./Ha.de forraje seco del elefante de acuerdo a la altura de corte. C.N.I.A. Tulio Ospina.

Dosis de N Kg./Ha.	Alturas de corte en cm.				Promedio
	Ras	15	30	50	
0	6,1*	4,9	6,2	5,1	5,6
100	11,1	9,3	8,8	8,0	9,3
Promedio	8,6	7,1	7,5	6,5	

* Promedio de 20 cortes.

Digitized by Google

En este tipo de ensayos es difícil decidir cuando se debe cosechar; si los tratamientos se cosechan en épocas diferentes, esperando que alcancen una altura ó estado determinado, es probable que la producción por corte sea muy similar en los diferentes tratamientos aunque lógicamente la producción por año y el número de cortes variaran. La cosecha en esta forma dificulta el manejo de los ensayos y aumenta los costos. Parece lógico escoger un trtamiento "testigo" con una altura de corte sobre el nivel del suelo similar a la utilizada por los ganaderos. Tratándose de pastos utilizados principalmente para pastoreo, el tratamiento "testigo" podría ser la altura a la cual quedan éstos depués de un pastoreo racional.

Cuando se trata de estudiar la altura o estado de planta más apropiado para cosechar, se presentan problemas similares a los anteriormente citados. Muchos investigadores hacen los cortes cuando las plantas inician la floración o cuando alcanzan determinada altura. Algunas especies tropicales no florecen o lo hacen esporádicamente o en determinadas épocas.

También la floración y la altura son afectadas, entre otros factores, por la precipitación y el estado de fertilidad del suelo, especialmente su contenido de N disponible. Parece aconsejable en este tipo de ensayos utilizar la altura en lugar de la floración y dejar al buen criterio del investigador el escoger una altura apropiada en la cual no se sacrifique cantidad de forraje por calidad o viceversa. En algunas ocasiones, en lugar de usar como criterio de corte la altura de determinado tratamiento, se puede utilizar un promedio de las alturas de todos los tratamientos.

Información obtenida en ensayos agronómicos de alturas de corte, ha sido muy útil para el planeo de ensayos de pastoreo y aplicación directa en la práctica. Así por ejemplo, un ensayo agronómico sobre alturas de corte en pará demostró que este pasto tendía a desaparecer y era invadido por malezas, cuando se cortaba por debajo de 20 cm. sobre la superficie del suelo (21). Posteriormente con un ensayo de pastoreo, se comprobó este hecho (22).

V. RIEGO

La irrigación es una de las maneras de aumentar grandemente la productividad de los pastos, especialmente si se combina con la fertilización adecuada.

Hay trabajos publicados (3, 10, 27) en los cuales se ha comprobado que con fertilización nitrogenada y riego, se aumenta la eficiencia del N y del agua; esto quiere decir que se reduce la cantidad de N y agua necesarios para producir una unidad de materia seca. Se ha comprobado que varios milímetros de agua pueden equivaler a varios kilos de fertilizantes y viceversa.

Digitized by Google

La Figura 2, tomada de Villamizar (27) ilustra el efecto de diferentes combinaciones de contenido de agua y dosis de N, en la producción de forraje del pasto rescate (Bromus catharticus). Por ejemplo, la producción de 1.663 kg./Ha. de forraje seco, bajo condiciones de invernadero, se obtuvo con un nivel muy bajo de N y un consumo de 20% del agua aprovechable; esta misma producción se obtuvo con 150 kg./Has. de N y un consumo aproximado de 84,6 del agua aprovechable.

En zonas de ganadería intensiva en donde se presentan períodos de sequía limitantes para la producción y donde la tierra tiene precios tan altos, esta práctica debe involucrarse en los sistemas de explotación ganadera.

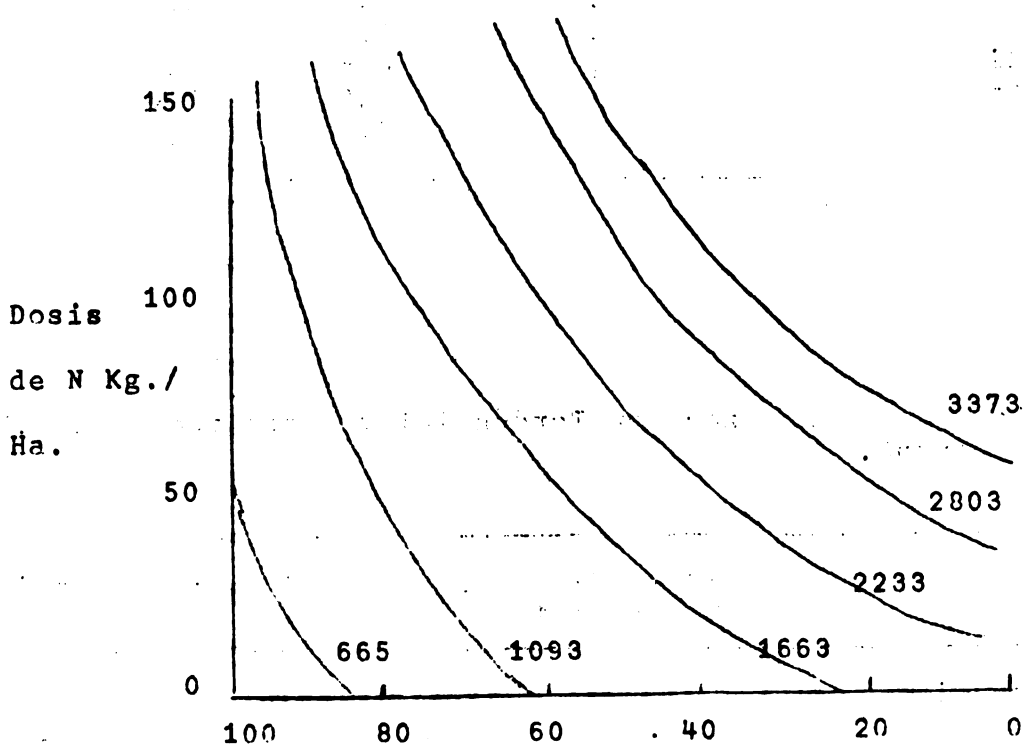
Hay diferentes sistemas de irrigación, pero los más comunes son los de aspersión e inundación; aparentemente este último sistema es el más económico en su funcionamiento pero puede presentarse mucho desperdicio de agua. En la Tabla 8 se presentan datos del efecto del riego en la producción de mezclas de gramíneas y leguminosas de clima frío; en todos los casos la producción de forraje aumentó como consecuencia de la aplicación de riego por aspersión (7). Los resultados obtenidos en parcelas pequeñas pueden ser aplicados directamente en ensayos de pastoreo y explotaciones ganaderas. Para la conducción de estos experimentos se requieren conocimientos sobre aspectos tales como textura del suelo, estructura, capacidad de campo, punto de marchitamiento, rata de infiltración, drenajes para evitar peligro de salinización, evapotranspiración, etc. El Agrónomo debe asesorarse de Ingenieros Agrícolas o individuos con conocimientos de suelos, riegos y drenajes, para la conducción de este tipo de experimentos.

VI. CONTROL DE MALEZAS, ENFERMEDADES Y PLAGAS.

Las enfermedades, plagas y las malezas, influyen directamente en la producción y calidad del forraje de los pastos. La obtención de métodos adecuados de control de plagas, enfermedades y malezas son necesarios en una explotación pecuaria.

El método de control de malezas empleando herbicidas ha llegado a ser el más popular en los últimos años. En la Tabla 9 se incluyen algunos datos de un ensayo de pastoreo con control de malezas, utilizando Tordón 101 y el método tradicional de "macheteo". Puede observarse una reducción de malezas y leguminosas con la aplicación del herbicida. Al iniciarse el ensayo la alta población de malezas requería la aplicación uniforme del herbicida. A medida que la población de malezas disminuye, el herbicida se puede aplicar en forma localizada, protegiendo las leguminosas y reduciendo la cantidad de herbicida que se debe aplicar. Es posible cambiar a un herbicida más económico cuando desaparezcan cierto tipo de malezas resistentes.

Digitized by Google



Porcentaje de agua aprovechable consumida

FIGURA 2. Superficie de respuesta para las variables nitrógeno y agua en la producción de forraje seco por hectárea del pasto rescate.

Digitized by Google

TABLA 8 Producción prómedia por corte en Ton./Ha. de forrajes seco de mezclas de gramíneas y leguminosas con y sin aplicación de riego. C.N.I.A. Tibaitatá*

Gramineas	Leguminosas			
	Trébol blanco		Trébol rojo	
	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego
Raigras anual	3,0	0,8	3,1	0,8
Raigras inglés	2,7	0,7	2,8	1,0
Orchoro	2,4	0,6	2,7	0,7
Festuca media	2,5	0,6	2,7	0,7
Festuca alta	2,6	0,8	3,0	1,2
Rescate	2,5	0,6	2,7	1,1

* Promedio de 24 cortes.

TABLA 9 Control de malezas con Tordón 101 y "macheteo". C.N.I.A. Turipaná.

Detalle	12 lts/Ha Tordón 101	6 lts/Ha	Macheteo	Testigo
Forraje disponibles, Ton./Ha.	4,4*	5,4	4,6	3,5
Composición forraje:				
Gramíneas %	85,2	92,0	71,9	75,4
Leguminosas %	0,7	1,1	9,7	8,5
Malezas %	13,9	6,9	17,3	16,0

* Forraje verde disponible cada 28 días.

Digitized by Google

En ensayos de control de malezas se pueden incluír diferentes productos en diversas dosis, tiempos y métodos de aplicación, etc. Los resultados obtenidos en pequeñas parcelas son directamente aplicables a las praderas.

Además del método químico de control de malezas por medio de herbicidas, existen los métodos mecánicos que incluyen desde la arada y rastrillada de potreros muy invadidos con malezas, para sembrarlos nuevamente, hasta el "arranque" de plantas utilizando picas o azadones.

En ensayos con herbicidas se debe tener un método uniforme de evaluación. A veces se usa el criterio de rendimiento de forraje y malezas, porcentaje de malezas, porcentaje de "quemazón", tipo de malezas controladas y no controladas, etc. Se ha encontrado como un buen sistema utilizar cuadros de 0,25 x 0,25 m. hasta 1,00 x 1,00 m. para separar a mano malezas, gramíneas y leguminosas, después de hacer el corte con machete o con hoz. El número de muestras o cuadros por parcela depende del tamaño de las parcelas y del tipo de pasto. En general dos ó tres muestras son suficientes. Con un buen entrenamiento el porcentaje de las distintas especies se puede estimar a ojo. Siempre se deberían incluír dos tratamientos testigos: uno sin aplicación de herbicida y otro con el método tradicional de control en la zona.

Debe tenerse en cuenta que las aplicaciones preemergentes de herbicidas se deben hacer cuando el suelo tenga un contenido adecuado de humedad, es decir, ni muy seco ni muy húmedo. Las aplicaciones postemergentes y en pastos establecidos se deben hacer al iniciarse el período de lluvias, cuando las malezas están en un estado de crecimiento activo.

En cuanto a control de plagas, los resultados de ensayos agronómicos son directamente aplicables a ensayos de pastoreo y explotaciones comerciales, tomando las debidas precauciones. Generalmente el uso de insecticidas no es económico en potreros y el control de insectos se debe realizar con la ayuda de prácticas culturales como la fertilización y el riego, junto con un pastoreo racional.

El control de enfermedades, hasta donde sea posible, debe lograrse con el uso de variedades resistentes y empleo de prácticas culturales adecuadas. Un ejemplo de variedades resistentes lo contituye el imperial 60 (Axonopus scoparius) resistente a la "gomosis" o "nacionalismo", causada por la bacteria Xanthomonas axonopodis (5).

El trabajo de equipo es fundamental en estudios de control de malezas, plagas y enfermedades y se debe buscar la colaboración de fisiólogos, botánicos, entomólogos, fitopatólogos, etc.

Digitized by Google

Hay situaciones en las cuales con sólo modificar el "habitat" favorable a una maleza, plaga o enfermedad, se logra un buen control. Por ejemplo se ha observado que el "bijao (Heliconia Biahi) prospera bien en suelos húmedos con tendencia a la inuncación; con solo mejorar el drenaje esta maleza tiende a desaparecer (22).

VII. RENOVACION DE PRADERAS

Praderas establecidas pueden mejorarse sustancialmente con la aplicación de fertilizantes, resiembra de gramineas y leguminosas y otros métodos de renovación. La aplicación de estos métodos permite al ganadero aumentar la capacidad productora de su finca sin el empleo de inversiones costosas.

En la Tabla 10 se incluyen algunos datos de un experimento de renovación de un potrero viejo de kikuyo, por medio de escarificación del césped y aplicación de fertilizantes (8). Puede observarse el aumento en producción como resultado de la fertilización. A veces es necesario renovar una pradera vieja, estableciendo un nuevo pasto. En este caso hay necesidad de arar, rastrillar y plantar la nueva especie. Hay algunos pastos muy agresivos que pueden sembrarse a "chuzo" o con una mínima labranza en potreros de especies menos agresivas.

En la Tabla 11 se incluyen datos de un experimento sobre métodos de establecimiento de leguminosas en pangola, el cual puede considerarse como un método de renovación (22). Aunque los datos no son definitivos, todos los tratamientos empleados, incluyendo el esparcimiento de la semilla al voleo sobre el césped, han dado resultados satisfactorios. Otros estudios han demostrado que es necesario romper el césped viejo por medio de un rastrillo u otro implemento, para obtener un buen establecimiento de las leguminosas.

Aunque la mayoría de los datos de renovación de praderas se han obtenido en parcelas pequeñas, de tamaño solamente suficiente para introducir la maquinaria en los distintos tratamientos, aparentemente su aplicación en la práctica es directa. Las parcelas se pueden hacer más grandes para pastorearlas. Como las leguminosas en general son de un establecimiento lento, es necesario regular muy bien el pastoreo para no perjudicarlas.

VIII MEZCLAS DE GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS

Las leguminosas juegan papel importante en la economía de la fertilización nitrogenada de las praderas y en la calidad del forraje producido. Por lo tanto es necesario determinar cuales son las mejores mezclas para los diferentes medios ecológicos, principalmente en cuanto a compatibilidad, persistencia, producción y valor nutritivo.

Digitized by Google

TABLA 10 Producción de forraje seco en un potrero de kikuyo renovado con la aplicación de fertilizantes. C.N.I.A. Tibaitatá.

Tratamientos N	P_2O_5 Kg./ Ha.	K_2O	Forraje seco por corte* Ton./ Has.
0	0	0	0,7
0	80	40	1,3
40	0	40	0,9
40	80	0	1,4
40	80	40	1,8

* Promedio de nueve cortes.

TABLA 11 Establecimiento de leguminosas forrajeras en potreros de pangola*.

Tratamientos	Soya Forrajera	Calopo	Clitoria	Promedio
Rastrillo a media traba más rodillo	3,19**	1,73	2,34	2,42
	40,00***	22,00	15,00	25,66
Rastrillo a media traba	3,16	2,43	2,22	2,60
	40,00	20,00	15,00	25,00
Plateo	2,02	1,96	1,56	1,84
	24,00	15,00	7,00	15,33
Voleo más rodillo	4,07	2,87	2,17	3,03
	43,00	16,00	5,00	21,33
Voleo	3,83	2,30	1,60	2,57
	39,00	16,00	5,00	20,00
Rastrillo con traba completa más rodillo	4,37	1,57	1,89	2,61
	37,00	14,00	16,00	22,33
Rastrillo con traba completa	2,87	1,85	1,30	2,00
	19,00	16,00	9,00	14,66

* Promedio de seis cortes
** Rendimiento promedio en Ton./Ha. de forraje seco por corte.
*** Porcentaje de leguminosa en la mezcla.

Digitized by Google

Los datos de la Tabla 12 fueron tomados de experimentos de evaluación de mezclas de gramíneas y leguminosas forrajeras bajo condiciones de corte y pastoreo (22). En general, bajo guadaña se han obtenido mayores rendimientos que bajo pastoreo. Con excepción del pangola, el porcentaje de leguminosa fue mayor en los tratamientos con guadaña que bajo pastoreo. Estos datos podrían indicar que el animal es más perjudicial que la guadaña para las pradera, pero esto debe estudiarse más a fondo. En estos ensayos las gramíneas y leguminosas se sembraron al mismo tiempo en surcos alternos distanciados 30 cm.

TABLA 12 Comportamiento de la mezcla de varias gramíneas y leguminosas bajo condiciones de corte con guadaña y pastoreo. C.N.I.A. Palmira.*

Gramíneas	Guinea		Pará		Pangola	
Leguminosas	Guadaña	Pastoreo	Guadaña	Pastoreo	Guadaña	Pastoreo
Soya Forrajera	4,6**	3,0	4,3	3,3	3,0	2,0
	32,0***	15,5	30,0	32,1	40,0	41,0
Calopo	5,2	3,0	4,0	3,1	2,1	1,5
	48,0	32,1	47,0	28,1	42,0	52,3
Desmodium	4,3	2,9	3,4	3,0	1,9	1,3
	14,0	8,9	20,0	14,4	36,0	47,4
Clitoria	4,0	3,0	3,0	3,4	1,7	0,7
	14,0	5,0	12,0	9,8	5,0	10,6
Kudzú	5,0	3,2	4,[illegible]	3,0	2,2	1,6
	36,0	11,0	34,0	21,0	31,0	38,1

* Promedio de 10 cortes y 10 pastoreos
** Forraje seco, Ton./Ha.
*** Porcentaje de leguminosa en peso en la mezcla.

El tamaño de las parcelas fue de 2,70 x 6 m. Muchos investigadores están de acuerdo en que la evaluación de las mezclas debe hacerse de acuerdo al uso; es difícil predecir como se comportarán bajo pastoreo las mezclas que han sido evaluadas bajo corte.

En parcelas de 2,70 x 6 m., la composición de las mezclas se puede determinar usando cuadros de 0,50 x 0,50 m. al azar, cortando el forraje, separando a mano, secando y pesando: tres cuadros por parcela son suficientes. En mezclas que se usan primordialmente para corte, como por ejemplo elefante con kudzú, la composición botánica se debe hacer empleando cuadros de mayor tamaño, 1,00 x 1,00 m., o bien cortando el forraje de la parcela, dejando los respectivos bordes y separando a mano. Con buen entrenamiento la estimación de la composición botánica se puede hacer a ojo.

Digitized by Google

La altura de corte sobre el nivel del suelo y la altura que debe tener la mezcla cuando se corta, deben ser determinadas en estudios previos. Como muchas de las leguminosas son plantas trepadoras que se "enredan" en las gramíneas, generalmente se toma la altura de la gramínea como base para hacer el corte.

El gran beneficio que se obtiene en ahorro de abonos nitrogenados al emplear leguminosas, se puede observar de los datos incluídos en la Tabla 13 (22). Con muy pocas excepciones, el rendimiento de las mezclas ha sido mayor que la gramínea pura para con aplicación de 50 Kg./Ha. de N después de cada corte.

TABLA 13 Producción promedia de forraje seco y porcentaje de leguminosa de cada mezcla. C.N.I.A. Palmira.

Gramíneas Leguminosas	Pangola (7)*	Pará (5)	Guinea (7)
Soya forrajera	3,31** 50,80***	2,98 32,20	4,03 54,00
Vigna sp.	1,73 17,80	2,51 11,80	3,31 5,70
Calopo	2,36 29,80	2,90 24,40	4,09 15,20
Kudzú	3,55 55,70	2,91 42,50	4,14 51,00
D. intortum	2,62 19,40	2,19 15,00	3,01 27,00
N 50 Kg./Ha	1,27	2,67	2,45
N 0 kg./Ha.	0,78	2,06	2,06

* Número de pastoreos
** Forraje seco, Ton./Ha./corte
*** Porcentaje de leguminosa en la mezcla

En zonas templadas se considera que un 30 % de leguminosa en la mezcla es apropiado; para mezclas tropicales este valor parece un poco bajo y probablemente un valor de 40 a 50 % de leguminosa es más aconsejable. Algunas de las razones que se podrían dar para este mayor valor es el alto contenido de fibra de gramíneas y leguminosas tropicales, cuando se comparan con las especies de zonas templadas, como también las pérdidas mayores de N bajo condiciones tropicales.

Digitized by Google

Es un hecho bien conocido que las gramíneas y leguminosas difieren en sus requerimientos nutricionales: las gramíneas son especialmente exigentes en N y las leguminosas en P, Ca y Mg. Los nutrientes deben estar presentes en cantidades adecuadas y balanceadas en forma tal que se favorezca el crecimiento de las mezclas. A veces es difícil en la práctica obtener un balance apropiado de nutrientes.

Probablemente el paso inicial para seleccionar las mezclas más apropiadas para ensayos de pastoreo o uso en la práctica, es el de hacer estudios preliminares donde se incluyan diferentes cantidades de semilla o densidades de siembra: sistemas y épocas de siembra: altura y frecuencia de corte y fertilización. De estos ensayos se seleccionarán los dos o tres mejores tratamientos para los ensayos de pastoreo.

IX. FRECUENCIA DE CORTE

La frecuencia de corte influye no solamente en la producción sino también en la calidad del forraje. Si los pastos se cortan muy frecuentemente, el forraje es de alta calidad, con buen contenido de proteína y minerales y alta digestibilidad, pero la producción de materia seca es menor; si se aumenta el intervalo de corte se aumenta la producción de materia seca pero se disminuye la calidad. Los estudios de frecuencia de corte son de mayor utilidad en zonas donde se pueda regar y donde se tienen pastos de corte. Los datos de la Tabla 14 provienen de un ensayo de este tipo con pasto elefante con aplicación de riego cada 10 días en los períodos secos: el N se aplicó cada seis semanas (1). Este estudio se complementó con análisis bromatológico y con pruebas de digestibilidad *in vitro* y se encontró que la frecuencia de corte más apropiada era la de cada seis semanas. Bajo condiciones naturales, sin riego, estudios de esta naturaleza se pueden utilizar para determinar períodos de recuperación o descanso en el planeamiento de ensayos de pastoreo.

TABLA 14 Influencia de la frecuencia de corte y la aplicación de nitrógeno en el rendimiento del pasto elefante. C.N.I.A. Nataima*.

Dosis de N Kg./Ha	Frecuencia de corte en semanas** 3	6	9	Promedio
0	6,2	20,0	47,[illegible]	24,5
25	7,2	30,2	52,1	29,8
50	8,3	32,0	53,3	31,2
100	10,6	38,9	62,0	37,4
200	15,0	46,1	70,6	43,9
Promedio	9,5	34,5	57,2	

* Ton/Ha. de forraje verde

** Promedio de 11 ciclos (cada ciclo comprende 18 semanas)

Digitized by Google

En esta forma se puede estudiar la fluctuación en la producción de forraje de acuerdo a los períodos secos y húmedos.

Los experimentos de frecuencia de corte también se han utilizado para determinar la persistencia de diferentes especies. Como criterio para realizar el corte se puede tomar la altura de planta o estado de desarrollo (prefloración, floración completa, aparición de los primeros frutos, etc.).

X. PRODUCCION DE SEMILLA

En la actualidad es escasa en América Latina la información relativa a la época de floración, maduración, tiempo de reposo, viabilidad, factores ambientales, genéticos y fisiológicos que influyen en la producción de semilla, etc. Dentro de cada formación ecológica es necesario determinar las áreas más apropiadas para la producción de semillas de los diferentes pastos, las prácticas culturales necesarias y las épocas y métodos de cosecha más convenientes. Además se deben estudiar los métodos de procesamiento, condiciones de almacenamiento y tipos de empaques más apropiados. Según Riveros y colaboradores (25), un programa de producción de semillas de pastos debería incluír los siguientes aspectos:

1. Estudios fisiológicos y morfológicos de semillas
   1.1. Hábitos de reproducción
   1.2. Características de las plantas y las semillas, asociadas con rendimiento y calidad.
   1.3. Características morfológicas y físicas de las semillas y su relación con los métodos de cosecha y procesamiento.
   1.4. Estudios de floración y polinización natural.
   1.5. Estudios de germinación, latencia, viabilidad y vigor.
   1.6. Morfología de semillas en relación con tolerancia y normalización.
   1.7. Estudios de madurez fisiológica.

2. Prácticas culturales
   2.1. Epocas y métodos de siembra.
   2.2. Distancia, profundidad, densidad de siembra.
   2.3. Control de malezas.
   2.4. Ferlización y riego.
   2.5. Control de plagas y enfermedades.
   2.6. Métodos y técnicas para cosecha.

3. Tecnología de semillas
   3.1. Prelimpieza y acondicionamiento
   3.2. Secamiento
   3.3. Almacenamiento
   3.4. Tratamiento y acondicionamiento
   3.5. Empaque
   3.6. Correlaciones entre comportamiento en el laboratorio y en el campo.
   3.7. Estudio de métodos de prueba de semillas.

Digitized by Google

4. Actividades complementarias
   4.1. Estudios económicos
   4.2. Recomendaciones para normas de calidad.
   4.3. Divulgación
   4.4. Educación.

XI. ENSILAJE Y HENIFICACION

La escasez y baja productividad de forraje durante algunas épocas del año es un factor limitante en la producción de carne, leche o lana. El ensilaje y henificación en épocas de abundancia permite una mayor utilización de los pastos y es una solución bastante adecuada a este tipo de problema.

Aunque se considera que todos los pastos se pueden ensilar (19) es necesario investigar sobre los más apropiados, considerando el estado de desarrollo más adecuado en cuanto a calidad y producción de forraje. También se debe investigar con diferentes preservativos, tipos de silos, materiales empleados en su construcción, tiempo de utilización del forraje después de ensilado, etc. La evaluación final, en cuanto a consumo, digestibilidad y valor nutritivo del ensilaje, se tiene que hacer utilizando animales.

Los tipos de silos más comunes son los de torre y los de trinchera, "bunker" y de montón. Los de torre son construidos con diferentes materiales como ladrillo, bloques de cemento, cemento armado, piedra, láminas metálicas, etc. Tiene techo que proporciona una buena protección contra la lluvia. En relación con otros silos, presenta una mejor compactación del forraje, menores pérdidas superficiales del ensilaje pero producen mayores pérdidas por jugos exprimidos. Estos silos son costosos y requieren maquinaria complicada y costosa para llenarlos y vaciarlos.

En cuanto a los de trinchera, "bunker" y de montón, su construcción resulta más barata que la de los silos de torre. Se cargan y descargan fácilmente usando maquinaria más variada. Hay menores pérdidas por jugos exprimidos, pero la mayor superficie espuesta a las condiciones ambientales, pueden aumentar las pérdidas superficiales. Se necesita de buena experiencia para llenarlos y lograr una buena expulsión del aire, la que depende de la distribución del forraje, de la compactación y del tapado o sellado.

Los silos subterráneos de trinchera son construídos bajo tierra en la ladera de una colina. Tienen paredes laterales ligeramente inclinadas, dejadas sin revestir o revestidas con ladrillo, piedra o concreto.

Digitized by Google

Los silos "bunker" son largos, construídos sobre el suelo, usando materiales como ladrillo, piedra, bloques de cementos, concreto o madera. Se disponen a manera de dos muros paralelos pero separados; los muros son ligeramente inclinados y completamente abiertos en los extremos.

Los silos temporales son aquellos que pueden ser construídos con malla metálica, con pacas de tamo, con el forraje mismo amontonado sobre el suelo, en forma de montón circular o largo.

Por heno se entiende el alimento resultante al secar los forrajes verdes de tal forma que su contenido de humedad fluctúe entre un 15 a 20 %. Estos forrajes son desecados dejándoles en el campo, después de segarlos; cuando alcanzan el grado de humedad deseado se almacenan para utilizarlos en la alimentación del ganado durante períodos críticos. En América Latina es muy poco lo que se ha utilizado la práctica de henificar.

Según Morrison (19) las características de un heno de buena calidad deben ser:

1. Provenir de plantas cosechadas en una fase relativamente temprana de madurez.

2. El heno debe usarse y manejarse de tal modo que conserve las hojas y el color verde.

3. Los tallos deben ser blandos y no quebradizos.

4. Debe estar desprovisto de mohos.

5. Debe tener un aroma agradable además de gustosidad.

6. Debe contener poca cantidad de malas hierbas.

Hay necesidad de investigar, bajo condiciones tropicales, las zonas ecológicas más apropiadas para la henificación, así como también los pastos más adecuados. Existe alguna experiencia con henificación de especies como pangola, jaragua y angleton, principalmente.

Debido a la alta humedad relativa de la mayoría de las zonas tropicales, la henificación por secamiento natural se dificulta y en algunos casos se ha recurrido al secamiento artificial, que generalmente resulta muy costoso.

Como alternativa al corte del pasto para henificar, se presentan el ensilaje, la fertilización al final de las épocas lluviosas para "acumular" forraje en el potrero para períodos secos y la utilización de algunos potreros que se dejan para producir "heno en pie".

Digitized by Google

XII. ESTUDIOS FISIOLOGICOS

Existen numerosos problemas, aparentemente en alguna forma de carácter fisiológico, relacionados con pastos y que se deben estudiar con el fin de obtener un forraje de superior calidad, sin olvidar el aspecto de cantidad. Estos problemas requieren un trabajo de equipo integrado principalmente por agrostólogos, fisiólogos, edafólogos, genetistas, microbiólogos, nutricionistas, toxicólogos, etc. Fuera de los problemas relacionados con producción de semillas, se pueden considerar los siguientes:

1. Plantas tóxicas.

En todas las formaciones vegetales o zonas ecológicas de América Latina existen plantas tóxicas para el ganado. En muchos casos su consumo no resulta en la muerte del animal pero si en una disminución y retardo de su crecimiento, con alteración de su metabolismo y funciones fisiológicas. La naturaleza de las sustancias tóxicas debe ser investigada.

2. Fijación de nitrógeno atmosférico.

Es poco lo que se puede agregar a la importancia de la fijación simbiótica del N por parte del Rhizobium asociado con las leguminosas, especialmente en zonas deficientes en este elemento y donde su precio es muy alto. El campo de la fijación no simbiótica de nitrógeno parece ofrecer tremendas posibilidades para el trópico, especialmente en el caso de las algas azul - verdes.

3. Area foliar y reservas de alimentos.

Desde el punto de vista de manejo de pastos estos aspectos son fundamentales. La persistencia y producción están directamente asociadas con estos factores. En la fertilización nitrogenada de los pastos el área foliar es de primordial importancia.

4. Efecto del sistema de pastoreo sobre los pastos.

En este aspecto vale la pena estudiar la relación entre el sistema de pastoreo y la composición, persistencia, macollamiento, longitud de hojas, tamaño de cepas, morfología, etc. de diferentes especies de pastos.

5. Nutrición mineral de gramíneas y leguminosas.

Diferentes aspectos de la nutrición mineral se deben incluír: síntomas de deficiencias y toxicidades; requerimientos nutricionales; competencia o absorción diferencial de nutrimentos por gramíneas y leguminosas en mezclas; niveles críticos de nutrimentos; tolerancia a elementos tóxicos, etc.

Digitized by Google

6. Acumulación de elementos tóxicos.

En áreas con exceso de selenio se ha encontrado que ciertos pastos pueden acumular este elemento en cantidades tóxicas al ganado: también parece que ocurre lo mismo con el cobre y el molibdeno y posiblemente con otros elementos. Los nitratos, a ciertas concentraciones, pueden ser tóxicos al ganado; ésto puede resultar de deficiencias de elementos como el molibdeno que impiden la reducción de nitratos a amoníaco o de la aplicación tardía de nitrógeno, poco antes de la utilización de los pastos.

7. Sustancias inhibidoras del crecimiento.

Aparentemente muchas especies poseen sustancias que son inhibidoras del crecimiento o germinación de las semillas de otras especies; esta situación parece presentarse en el caso del pasto braquiaria (Brachiaria decumbens) .

Muchos estudios fisiológicos pueden considerarse dentro del campo de la investigación básica, la cual se requiere para dar mayor sustentación a la investigación aplicada.

XIII. COSTOS DE PRODUCCION

Para que un programa de evaluación agronómica de pastos sea integral, se deben incluír estudios económicos que determinen cuales son, desde el punto de vista práctico, los mejores resultados experimentales de aplicación inmediata, con el máximo de utilidades en los diferentes medios ecológicos.

Debe buscarse el asesoramiento de economistas desde la iniciación de los estudios hasta su terminación. Su participación es muy valiosa para determinar el tamaño de parcela más económico, labor requerida, costos de insumos, beneficios que se obtendrán con aplicación de determinada práctica, etc.

XIV. ASPECTOS GENERALES

En esta sección se incluyen algunos aspectos mencionados en parte, anteriormente, pero que merecen un trato más a fondo.

1. Método de cosecha.

Existen varios tipos de máquinas que se pueden emplear para cosechar los pastos. Entre las más empleadas están la guadaña de movimiento horizontal,con barra de 1 m. de longitud,accionada por un pequeño trator "Gravelly" y la guadaña rotatoria o cortadora de césped. Existe un tipo de rotatoria pequeña a la cual se puede acoplar un talego de lino o tela en la salida principal para recoger el forraje cosechado.

Digitized by Google

Las máquinas enunciadas anteriormente son útiles para pastos de crecimiento no muy alto, como los pastos de zonas templadas, y algunos pastos tropicales como el pangola, angleton y coastal bermuda. Para algunos pastos como el elefante y sorgos, es mejor utilizar el machete o la hoz. El tipo de máquina depende del tipo de pasto y de la naturaleza del estudio que se realiza. En mezclas de gramíneas y leguminosas, donde es necesario hacer separaciones a mano del forraje cosechado, se debe usar la guadaña de barra horizontal, el machete o la hoz. Las guadañas de tipo rotatorio, donde se colecta el forraje en talegos, "recogen" material muerto y polvo que interfieren con los análisis químicos que se hagan en las muestras cosechadas; además el forraje queda tan mezclado y dividido en pequeños trozos que es casi imposible hacer separaciones a mano de malezas, gramíneas y leguminosas. Aunque la altura de corte con estas máquinas se puede graduar, el rango es relativamente estrecho, y por ejemplo, no se pueden utilizar en ensayos donde las alturas de corte estén por encima de 20 cm.

Según Chamblee (6), las parcelas se deben cortar siempre en la misma dirección y cuando el pasto no esté muy húmedo, es decir, cuando el agua proveniente de la lluvia o el rocío, se haya evaporado en gran parte.

Dependiendo de las facilidades existentes, como mano de obra, equipo, etc. se puede cosechar, secar y pesar el forraje de las parcelas, dejando los respectivos bordes, o cosechar todo el forraje y tomar submuestras para la determinación del peso seco.

No existe el método perfecto de cosecha que simule el efecto del animal y que no tenga algunos errores en la pesada del forraje en el campo y toma de submuestras. Existen variaciones de un investigador a otro. Aparentemente uno de los métodos con menores errores es el de cosechar la parcela con una guadañadora de barra horizontal o machete, recoger el forraje haciendo una pila, pesarlo y tomar una submuestra de uno a dos kilos para determinación de peso seco. Esta submuestra se puede secar parcialmente al sol y luego se pone en la estufa a 70°C por 48 horas y se pesa. Algunos investigadores secan todo el forraje proveniente de cada parcela, lo cual implica que se deben tener secadoras de gran capacidad cuando el número de parcelas es alto. Los rendimientos siempre se deben expresar en términos de forraje seco por unidad de superficie (kilogramos o toneladas por hectárea). Aunque parezca un poco pueril, se dará un ejemplo para determinar la producción de forraje seco por hectárea:

Algunas veces es conveniente también expresar los rendimientos en peso verde debido a que los ganaderos entienden mejor esta expresión de rendimiento que la de peso seco, especialmente con pastos de corte.

Digitized by Google

Area cosechada	=	A
Peso del forraje del área cosechada	=	B
Peso de la submuestra verde	=	C
Peso de la submuestra seca	=	D
Peso forraje seco por hectárea	=	$\frac{B \times 10.000 \times D}{A \times C}$
Area cosechada en la parcela	=	5 m^2
Peso del forraje del área cosechada	=	4 kg.
Peso de la submuestra verde	=	1 kg.
Peso de la submuestra seca	=	0,2 kg.
Peso forraje seco por hectárea	=	$\frac{4 \times 10.000 \times 0,2}{5 \times 1} = 1.600$ kg.

Cuando la mano de obra es escasa y los rendimientos de los tratamientos de un experimento son relativamente uniformes, no parece necesario tomar una submuestra de cada parcela; en este caso se puede tomar una muestra de cada tratamiento tomando parte del forraje de cada repetición o tomando cinco o seis submuestras de todo el experimento. El número de submuestras depende en mucha parte de la precisión que se requiera.

En algunos casos no se pesa el forraje de cada parcela inmediatamente después de cosechada. Se pueden cortar todas las parcelas, hacer pilas con el forraje y luego pesar una a una. Las submuestras se toman del forraje de la parte superior e inferior de las pilas.

Algunos investigadores prefieren hacer ensayos simultáneos de corte y pastoreo en pequeñas parcelas. De tiempo en tiempo pueden variar el sistema de"cosecha" es decir, que el ensayo bajo corte se pastorea y el ensayo bajo pastoreo se corta. Relacionando los rendimientos, este sistema puede ayudar a predecir mejor cual será el comportamiento de los pastos manejados bajo corte cuando se comparan con los mismos pastos bajo pastoreo (6).

En experimentos de mezclas de gramíneas y leguminosas, control de malezas, efectos de la fertilización en la composición botánica, etc. una vez tomadas las respectivas submuestras se hace la separación a mano, se secan las especies por separado y luego se calcula la contribución de cada especie o grupo de especies en el rendimiento total.

Digitized by Google

2. Estudios adicionales.

Es preciso obtener de cada experimento la mayor información que sea posible. Durante la conducción de un ensayo se pueden estudiar aspectos tales como efecto de los tratamientos en la floración, composición botánica y química del forraje, análisis bromatológicos, relación hojas a tallos, macollamiento, zonas de acumulación de reservas nutritivas, cambios en propiedades químicas y físicas del suelo, vigor de las plantas, tamaño del sistema radicular, etc.

La información adicional que se obtenga, especialmente la referente a la composición de las plantas, es de mucho valor. No debe desaprovecharse la oportunidad de sacar alguna información complementaria en un experimento.

3. Diseños experimentales.

Como se dijo anteriormente, probablemente los diseños experimentales más utilizados en ensayos agronómicos de pastos son las de "bloques al azar" y el de "parcelas divididas". A continuación se incluyen dos ejemplos de experimentos realizados por el Programa de Pastos y Forrajes del Instituto Colombiano Agropecuario. Se pretende presentar el análisis estadístico en la forma más simple que sea posible.

a. Respuesta del elefante a la aplicación de N, P, K, cal y elementos menores. Ton./Ha. de forraje seco por corte.

Tratamientos				Repeticiones					
	N	P_2O_5	K_2O	I	II	III	IV	Total	Promed.
Nº	Kg./Ha.								
1	0	0	0	8,32	3,36	2,80	7,56	22,04	5,51
2	0	100	50	10,94	7,45	8,37	6,05	32,81	8,20
3	50	100	50	4,93	6,35	7,52	11,42	30,22	7,55
4	100	100	50	8,69	6,36	8,46	7,74	31,25	7,81
5	150	100	50	11,01	12,02	11,37	9,74	44,14	11,03
6	200	100	50	6,36	14,58	10,79	7,86	39,59	9,89
7	100	0	50	4,14	9,00	9,34	9,03	31,51	7,87
8	100	100	0	10,22	10,57	11,03	11,92	43,74	10,93
9	100	100	50(1)	12,57	9,95	11,50	10,97	44,99	11,24
10	100	100	50(2)	10,38	11,24	6,22	8,18	36,02	9,00
Total				87,56	90,88	87,40	90,47	356,31	

(1) + 2 Ton./Ha. de cal
(2) + 2 Ton./Ha. de cal + 100 kg./Ha. de Agrimins (E.M.)
t = Tratamientos; r = repeticiones; rt = número total de parcelas
X = Rendimiento de cada tratamiento.

Digitized by Google

Factor de corrección, F.C. = $\frac{(SX)^2}{rt} = \frac{(356,31)^2}{40} = 31.739.204$

Suma de cuadrados totales, S.C.T. $=(X_1)^2 + \ldots (X_n)^2$

$=((8,32)^2 + \ldots (8,18)^2) - F.C.$

$= 2.696.623$

Suma de cuadrados de tratamientos $= S.C.\ Trat. = \frac{(22,04)^2 + \ldots (36,02)^2}{4 = r} - F.C.$

$= 1.249.256$

Suma de cuadrados de repeticiones $= S.C.Rep. = \frac{(87,56)^2 + \ldots (90,47)^2}{10 = t} - F.C.$

$= 10.304$

Suma de cuadrados de error $= S.C.E. = S.C.T. - (S.C.Trat. + S.C.Rep.)$

$= 2.696.623 - (1.249.256 + 10.304)$

$= 570.667$

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calc.	F Tablas 1 %	F Tablas 5 %
Total	39=rt-1	2.696.623				
Tratamiento	9=t-1	1.249.256	138.806	6,57**	3,14	2,25
Repetición	3=r-1	10.304	3.435	0,16	4,60	2,96
Error	27=(t-1)(r-1)	570.667	21.136			

D.M.S. $= \sqrt{\frac{C.M.E. \times 2}{r}} \times t$;

5 % = 1,028 x 2,05 = 2,10

1 % = 1,028 x 2,77 = 2,84

Digitized by Google

La diferencia de dos medias de tratamientos que sea igual o exceda el valor de 2,10 es significativamente diferente al nivel del 5%: si es igual o excede el valor de 2,84, los tratamientos son significativamente diferentes al nivel del 1%. En la actualidad se usa más la prueba de Duncan que la diferencia mínima significativa (D.M.S.) para comparar dos medias de tratamientos. La diferencia de estas pruebas es poca y en la mayoría de los casos, cuando dos tratamientos resultan significativamente diferentes por la prueba de la D.M.S., también lo son por el método de Duncan.

b. Efecto de diferentes fuentes y dosis de N en el rendimiento del pasto pangola. Ton./Ha. de forraje seco por año.

Fuentes de N	Dosis de N, Kg./Ha.	I	II	III	IV	Total	Promedio
Nitrato de Sodio	0	15,54	7,76	3,80	9,93	37,03	9,25
	50	29,34	22,82	19,93	32,30	104,39	26,09
	100	23,42	29,53	34,77	38,86	126,58	34,14
	150	33,99	40,73	48,16	39,55	162,43	40,60
	200	38,26	51,95	50,97	59,81	200,99	50,24
Subtotal		140,55	152,79	157,63	180,45	631,42	
Sulfato de Amonio	0	19,35	9,06	8,03	9,44	45,88	11,47
	50	24,10	19,83	23,35	22,83	90,11	22,52
	100	30,11	26,08	37,74	27,60	121,53	30,38
	150	31,78	28,41	32,78	34,25	127,22	31,80
	200	32,59	27,44	30,57	42,88	133,48	33,70
Subtotal		137,93	110,82	132,47	137,00	578,22	
Urea	0	14,37	8,98	6,91	7,94	38,20	9,55
	50	15,53	10,06	12,82	16,57	54,98	13,74
	100	25,48	15,13	22,57	27,80	90,98	22,74
	150	27,33	22,01	24,99	28,19	102,52	25,63
	200	33,80	25,80	29,02	33,59	122,21	30,55
Subtotal		116,51	81,98	96,31	114,09	408,89	
TOTAL		394,99	345,59	386,41	431,54	1558,53	

Digitized by Google

Fuentes X Dosis

Fuentes de N	Dosis de N, Kg/Ha. 0	50	100	150	200	Total	Prom.
Nitrato de Sodio	37,03	104,39	126,58	162,43	200,99	631,42	31,57
Sulfato de Amonio	45,88	90,11	121,53	127,22	133,48	518,22	25,91
Urea	38,20	54,98	90,98	102,52	122,21	408,89	20,44
T O T A L	121,11	249,48	339,09	392,17	456,68	1558,53	
Promedio	10,09	20,79	28,26	32,68	38,06		

1. Factor de corrección=F.C. $\frac{(1558,53)^2}{60} = 404.835.960$

2. Suma de cuadrados totales; S.C.T.= $((15,54)^2+\ldots(33,59)^2)-$ F.C. = 8.773.550

3. Suma de cuadrados de repeticiones =

   S.C.R. = $\frac{((394,99)^2+\ldots(431,54)^2)}{15}$ - F.C. = 249.010

4. Suma de cuadrados de parcelas principales =

   S.C.P.P. = $\frac{(140,55)^2+\ldots(114,09)^2)}{5}$ - F.C. = 1.660.210

5. Suma de cuadrados de fuentes

   S.C.F. = $\frac{(631,42)^2+\ldots(408,89)^2}{20}$ - F.C. = 1.238.120

6. Suma de cuadrados de dosis

   S.C.D. = $\frac{(121,11)^2+\ldots(456,68)^2}{12}$ - F.C. = 5.703.400

7. Suma de cuadrados de fuentes por dosis

   S.C.F. x D.= $\frac{(37,03)^2+\ldots(122,21)^2}{4}$ - F.C.-S.C.F.-S.C.D.=643.060

Digitized by Google

8. Error a) = 4 - (5 + 3) = 173.080

9. Error b) = 2 - (4 - 6 + 7) = 766.880

Análisis de Varianza

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calc.	F Tablas 5 %	F Tablas 1 %
Total	59	8.773.550				
Repeticiones	3	249.010	83.000			
Fuentes	2	1.238.120	619.060	21,46**	5,14	10,92
Error a	6	173.080	28.850			
Dosis	4	5.703.400	1425.850	66,94**	2,63	3,89
Fuentes X Dosis	8	646.060	80.380	9,77**	2,21	3,04
Error b	36	766.880	21.300			

D.M.S. fuentes=

$$\sqrt{\frac{28.850 \times 2 \times t}{20}}$$ D.M.S. 5 % = 1,70 x 2,45 = 4,17
1 % = 1,70 x 3,71 = 6,31

D.M.S. fuentes x dosis =

$$\sqrt{\frac{21,300 \times 2 \times t}{4}}$$ D.M.S. 5 % = 3,25 x 2,03 = 6,65
1 % = 3,25 x 2,72 = 8,84

D.M.S. dosis =

$$\sqrt{\frac{21,30 \times 2 \times t}{12}}$$ D.M.S. 5 % = 1,88 x 2,03 = 3,82
1 % = 1,88 x 2,72 = 5,11

Digitized by Google

BIBLIOGRAFIA

1. Bastidas, A., J. Bernal, J. Lotero, L.V. Crowder. 1967. Frecuencia de Corte y Aplicación de Nitrógeno en cuatro gramíneas de clima cálido. Agric.Trop. 23: 747 - 756.

2. Bear, F.W., W.A. King and C.B. Bender. 1946. The dairy cow as a conserver of soil fertility. N.J. Agr. Expt. Sta. Bull.730.

3. Burton, G.W., G.M. Prine and J.E. Jackson. 1957. Studies of drouth tolerance and water use of several southern grasses. Agron. Jour. 48: 498 - 503.

4. Calzada, B. 1964. Métodos Estadísticos para la Investigación. 2a. Ed., Lima, Sesator Editor. 494 p.

5. Castaño, J.J. and H.D. Thurston. 1964. Gommosis of imperial grass. (Abs.) Phytopathology 54: 498.

6. Chamblee, D.S. 1962. Small- Plot Experiments. In: Pasture and Range Research Techniques. Comstock Publishing Associates, Ithaca, New York, p. 147 - 164.

7. Chaverra, H., G. Riveros y L.V. Crowder. 1967. Efecto del Riego en la Producción de Forraje de Mezclas de Gramíneas y Leguminosas Adaptadas a Clima Frío. Revista ICA 2 (3): 61 - 69.

8. Chaverra, H.,V. Dávila, F. Villamizar y J. Bernal. 1967. El Cultivo de los Pastos en la Sabana de Bogotá. ICA. Cursillo Sobre Manejo de Praderas y Cultivo de Pastos de Clima Frío. Sociedad de Agricultores de Colombia. SAC. 64 p.

9. Chung Sang, G. 1971. Efecto de la Orina Depositada por Vacas de Pastoreo Sobre la Fertilidad del Suelo. Magister Scientiae Thesis, Univ. Nal. -ICA. Bogotá, 54 p.

10. Doss, B.D. et al. 1964. Yield, nitrogen contant and water use of Sart Sorghum. Agron. Jour. 56: 589 - 592.

11. Escobar R., L.A. Ramírez y J. Lotero. 1967. Dosis y Fecuencia de Aplicación de Nitrógeno en Tres Gramíneas Tropicales. Agric. Trop. 23: 726 - 737.

12. Gardner, A.L. 1967. Estudio sobre los Métodos Agronómicos para la Evaluación de las Pasturas. IICA, Zona Sur, Montevideo. 80 p.

Digitized by Google

13. Herrera, G., J. Bernal y J. Lotero. 1967. Altura de Corte en Pasto Elefante. Agric. Trop. 23: 521 - 527.

14. Lotero, J., A. Ramírez y G. Herrera. 1968. Fuentes, Dosis y Métodos de Aplicación de Nitrógeno en Pasto Elefante. Revista ICA. 3 (2) : 113 - 121.

15. Lotero, J., J. Bernal y G. Herrera. 1967. Distancia de Siembra y Aplicación de Nitrógeno en Pasto Elefante. Revista ICA 2 (2) : 123 - 134.

16. Lotero, J., W.W. Woodhouse, Jr., and R.G. Petersen. 1966. Local effecto on fertility of urine voided by grazing cattle. Agron. Jour. 58 : 262 - 265.

17. Lynch, P.B. 1947. Methods of measuring the production from grassland. N.Z. Jour. Sci. Tech. 28 : 385 - 405.

18. McNeur, A.J. 1963. Pasture measurement techniques as applied to strain testing. In: N.Z. Grassland Association Conference, 1963 Proceedings. p. 157 - 165. (15 th)

19. Morrison, F.B. 1965. Alimentos y Alimentación del Ganado. Trad. J. L. de la Loma, UTEHA, México. 1370 p.

20. Petersen. R.G., W.W. Woodhouse, Jr., and H.L. Lucas. 1.956. The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effecto on pasture fertility: II. Effecto of returned excreta on the residual concentration of some fertilizer elements. Agron. Jour. 48 : 444 - 449.

21. Programa de Pastos y Forrajes, ICA. 1966. Altura de Corte en Pasto Pará. Carta Ganadera. Sección 4 de Marzo.

22. Programa de Pastos y Forrajes. Informe Anual 1.970. ICA. p. 55.

23. Programa de Suelos. 1971. Generalidades sobre la Fertilidad de los Suelos Colombianos. ICA. Boletín Técnico Nº 11. 24 p.

24. Ramírez, A. y J. Lotero. 1969. Efecto de la Dosis y Frecuencia de Aplicación de Nitrógeno en la Fertilidad y Propiedades Químicas de un Suelo. Revista ICA 4 (4) : 227 - 254.

25. Riveros, G. et al. 1971. Proyecto sobre Producción, Tecnología y Fisiología de Semillas, Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Fisiología Vegetal. 20 p.

Digitized by Google

26. Sears, P.D. 1964. Pasture plot measurement technique. N. Z. Jour. Sci. Tech. 25 : 177 - 190.

27. Villamizar, F. 1970. Valores de Superficie de Respuesta para Relaciones entre Fertilizantes y Agua. Agric. Trop. 26 (3): 109 - 111.

28. Villamizar, F. y J. Lotero. 1967. Respuesta del Pasto Pangola a Diferentes Fuentes y Dosis de Nitrógeno. Revista ICA 2 (1) : 57 - 70.

29. Wheeler, J.L. 1958. The effect of sheep excreta and nitrogenous fertilizer on the botanical composition and production of a ley. Jour. Britt. Grassland Soc. 13 : 196 - 202.

Digitized by Google

Digitized by Google

M E T O D O S P A R A L O S E S T U D I O S S O B R E

U T I L I Z A C I O N D E L A S P R A D E R A S

Oswaldo Paladines

Centro Internacional de Agricultura Tropical

CIAT - 1972

Digitized by Google

Digitized by Google

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 la luz no culmina benéficamente para el hombre hasta cuando ese potencial de elementos químicos y energéticos son finalmente cosechados en forma de productos de consumo para el hombre. MacDonald (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 sólo 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 será teóricas y cuando mejor ilustrativas, pero no 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.

Digitized by Google

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 acrecenta 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 permitírselo.

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.

Digitized by Google

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 conciderarse 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 porqué 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 influencia: carga animal, sistema de pastoreo, largo del período 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 deginir normas de naturaleza general que dentro de la práctica ganadera puedan ser aplicadas provechosamente y con caracter 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 condicur la pradera, la verdad fría y clara para el productor es de que generalmente cuanta con un 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) es 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 (de forraje) no! 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

Digitized by Google

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 maximun) el cual tuvo sólo 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 d 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 contínuo, Arnold, Dudzinki (1966), encontraron que el consumo de forraje por ovejas jóvenes disminuía cuando la disponibilidad de materia seca por hectárea bajaba de 1,200 a 1,400 kg. Una cifra similar fue encontrada por Willoughby (1959) en ovejas y Johnston Wallace y Kenedy (1944) en bovinos. Gómez 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 1,800 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.

La ganancia por animal (o el consumo por animal) en el punto de cambio de la curva estará dado para condicones de buen manejo de animal por lo que se puede considerar el tope genético de producción. Arnold y Dudzinski (1966) encontraton indicación de que el consumo de materia seca a igual disponibilidad de forraje fue mayor en ovejas Border Laicester x Merino que en ovejas de igual peso y estado fisiológico de la raza Corriedale.

Digitized by Google

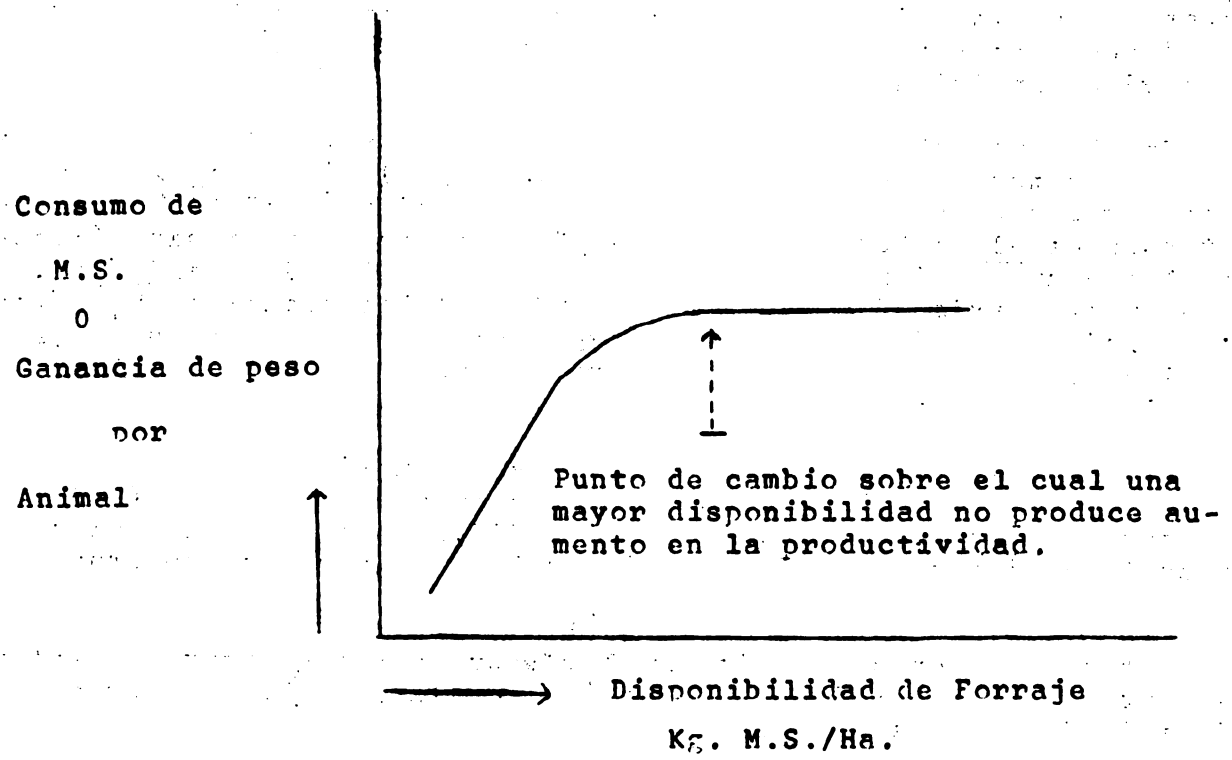


FIGURA III.1 Relación general entre Disponibilidad de Forraje y Producción por Animal.

Los mismos autores encontraton que ovejas en la lactancia consumían más forraje que ovejas secas o preñadas no lactantes en todos los niveles de distonibilidad 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 contínuo, el control de la disponibilidad de forraje se hizo variando el número de animales mantenidos por hectárea.

Digitized by Google

La productividad por individuo no puede estar extricta y conceptualmente relacionada con la disponibilidad de forraje por hectárea, sinó 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 figula III.1 (Mott, 1960, Petersen et al. 1965) la cual indique un aumento progresivo (linear) 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.

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,

Digitized by Google

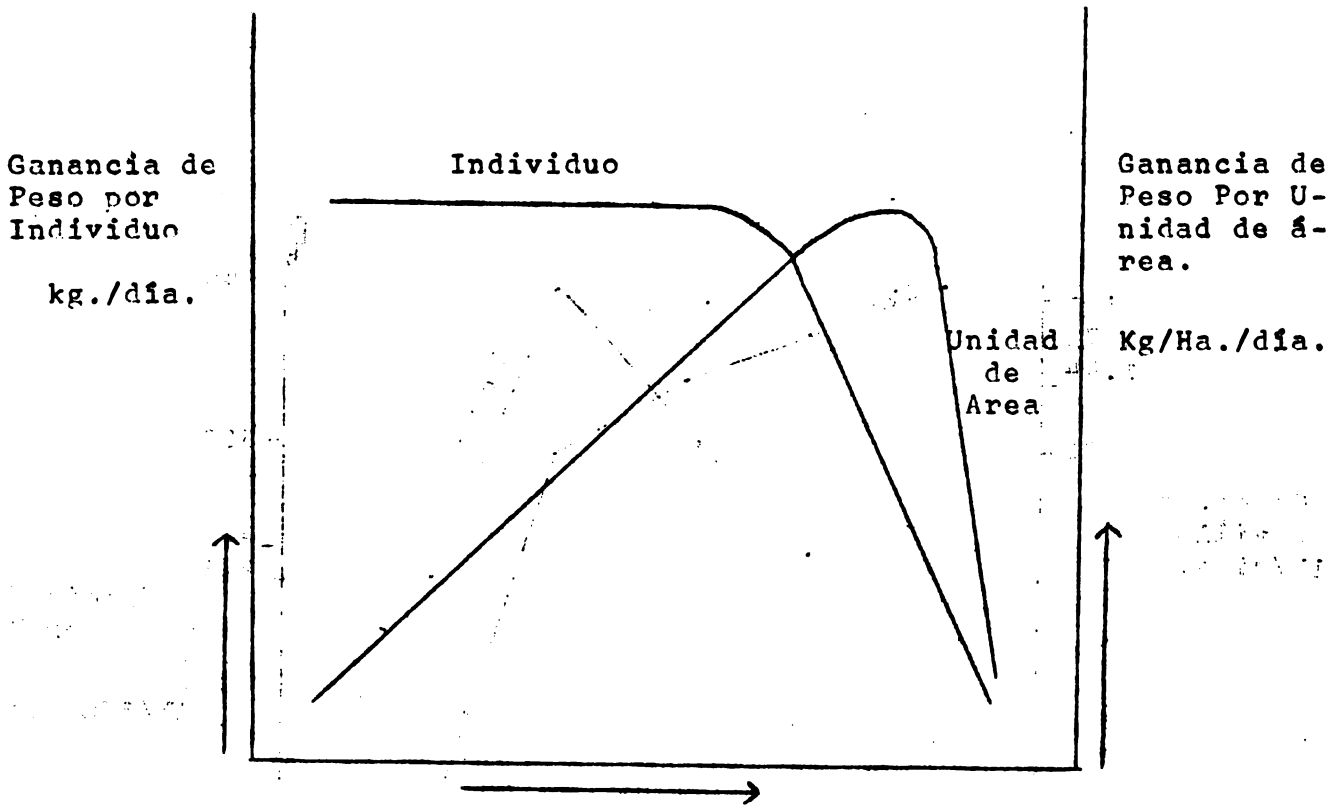


FIGURA III,2 Relaciones Generales entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Individuo y por Unidad de Area. Adaptado de Mott (1960).

aún 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 linear 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 del 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.

Digitized by Google

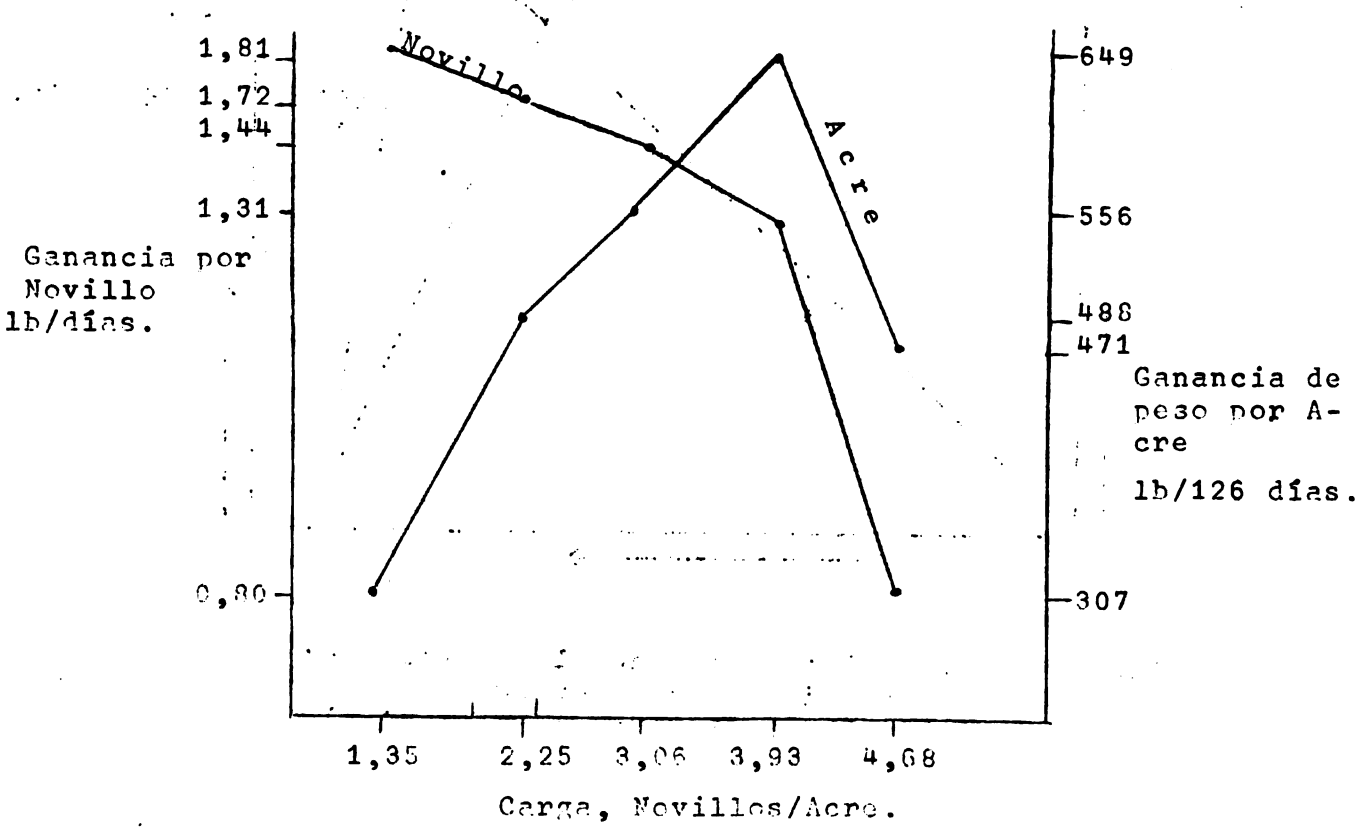


FIGURA III.3 Relaciones entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Novillo y por Acre. Adaptado de Hull et al. 1961.

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 III-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.

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).

Digitized by Google

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 sinó en ese punto, por lo menos muy cerca. La respuesta a este 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 el 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.

Morley 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 substancian su afirmación con datos experimentales, parece ser que si bien tal vez no 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 podría 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 posi-

Digitized by Google

ble 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 fue 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 obtenido 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 fue 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 corregidas 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.

Digitized by Google

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 moviemiento 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 pastorero puede ser de dos o más potreros. La más intensa de las rotaciones seguramente es el pastoreo en granjas 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 sitemas 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 dèl 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 tambien 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 construír cerca, bebederos, caminos, etc.

Entre las ventajas que se mencionan para el pastoreo rotativo sobre el sistema de pastoreo contínuo 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.

Digitized by Google

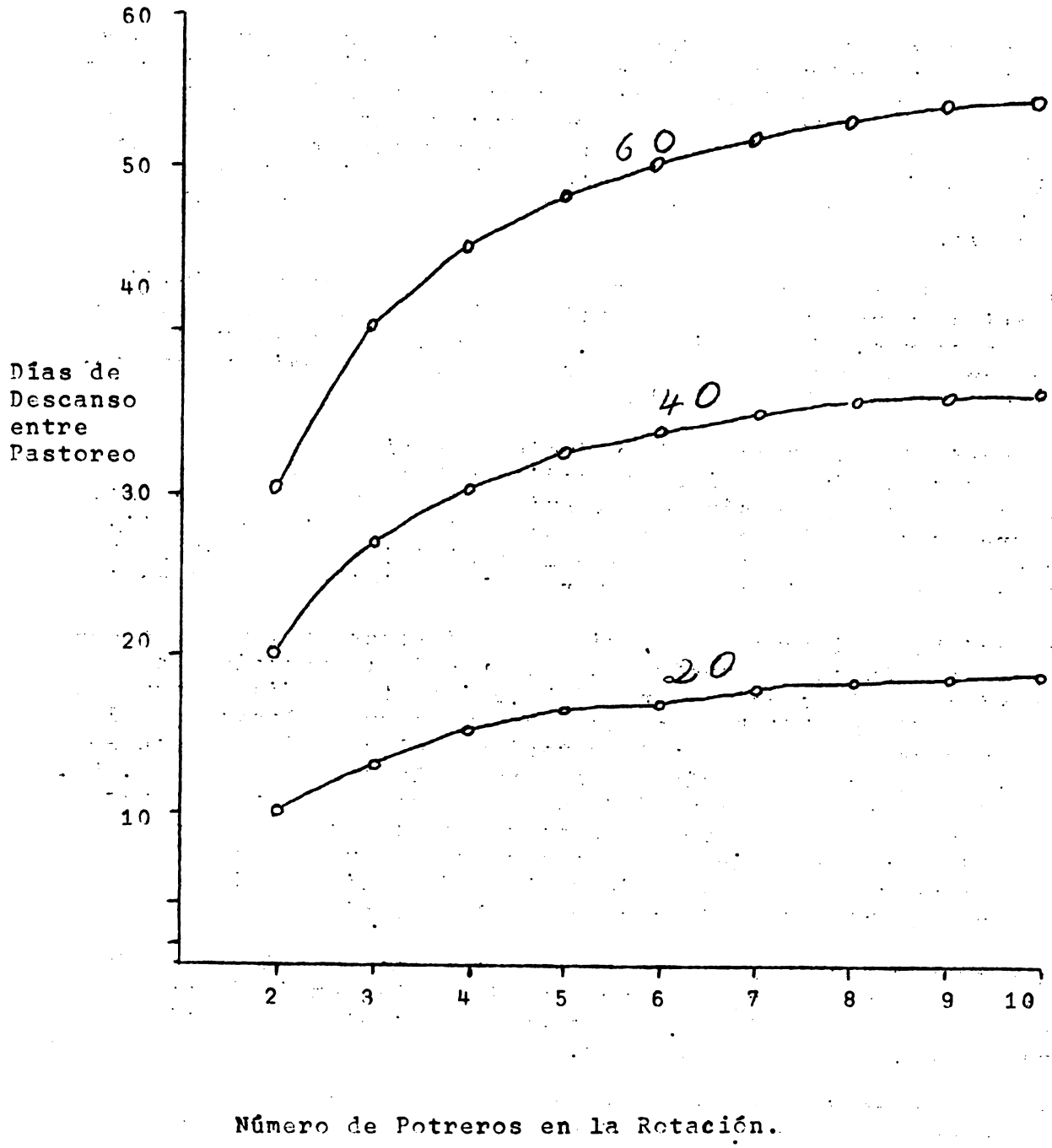


FIGURA III.4 Relación entre el número de Potreros en la Rotación y los días de Descanso entre Pastoreos cuando el período total de la Rotación es de 20, 40 y 60 días.

Digitized by Google

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 contínuo. 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 sitemas 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 efecto 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 toda 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 Zelandia 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 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 reconfirmado 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 crecimeinto poco erecto, macollante y en muchos casos importantes estolonífero o rizomatoso, son capaces de resistir el pastoreo intenso mucho mejor que las erectas tropicales.

Digitized by Google

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 crecimeinto del forraje. En esas condiciones prefiere desperdiciar algo de pasto en las épocas de mayor crecimiento para defender la sobrevivencia de la pradera.

2. Riego. Sí, para obtener un beneficio significativo debemos aumentar la carta 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 pastorero bajas envolvía sistemas conocidos y tradicones, 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 de la carga animal implica aumento del número de animales en la explotación. Se puede aumentar la carga disminuyendo el área de la exploración y mantenimiento el mismo número de animales, pero esencialmente, se tendría lo mismo, pués, 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 una 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 balancerase 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 contínuo 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.

Digitized by Google

El mismo tipo de relaciones se han encontrado cuando se han comparado los sitemas de pastoreo en ganado de carne. (Hull 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 for Grof y Harding (1970) en una mezcla de pasto Guinea (Panicum maximum) y (Centrosema pubescens), entre el pastoreo contínuo 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 aumentó 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 contínuo y prolongado de los suelos tropicales húmedos en cargas altas, como la empleada por Grof y Harding (1970), causa gran pérdida del 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 al 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 Indice de Area Foliar del rastrojo. El índice de Area 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

Digitized by Google

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 realize en las condicones en que el IAF 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 obtienen 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 man tiene 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.

Digitized by Google

IV. DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS

Conocidos y claramente determinados los objetivos, es necesario ahora definir como y con que se procederá 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 x 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

A. 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.

1. 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.

Digitized by Google

				BLOQUES
Pendiente	TRATAMIENTO A	TRATAMIENTO B	TRATAMIENTO C	I
	C	B	A	II
	C	A	B	III

FIGURA IV.1. Experimento de tres tratamientos con tres repeticiones distribuídos en bloques completos al Azar de acuerdo a la Pendiente del Terreno.

La Figura 1 demuestra la forma en que iría distribuído un experimento de acuerdo a la pendiente.

Los bloques, ni las parcelas tienen necesariamente que ser rectilinear, 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 las praderas, crecimiento de forraje (rendimiento a través del año), fertilidad, textura y extractura del suelo.

La Figura 2 presenta ejemplo de esta situación. A pesar de que el bloque 1 está constituído 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 esten en una u otra localización (en distancias razonables) no influirá en su productividad.

Digitized by Google

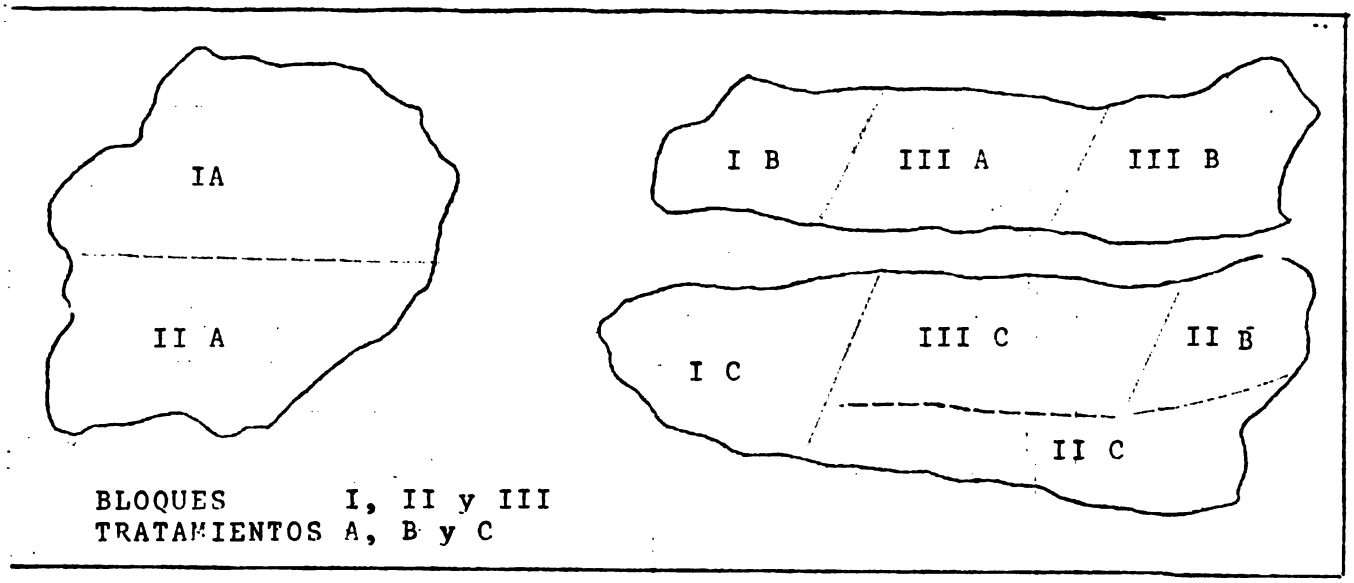


FIGURA IV.2 Distribución de un experimento de pastoreo de tres tratamientos y tres repeticiones en diseño de bloques completos al azar, cuando las parcelas que forman cada bloque no son contiguas. Adaptado de MOTT (1957).

2. Tratamientos que deben ser aplicados en grandes áreas.

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, distribuídos 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 x 2 x 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.

Este mismo ejemplo se puede emplear para describir la distribución de un diseño de Parcelas subdivididas, 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 gráficamente el diseño de campo para una de las tres repeticiones del experimento.

Digitized by Google

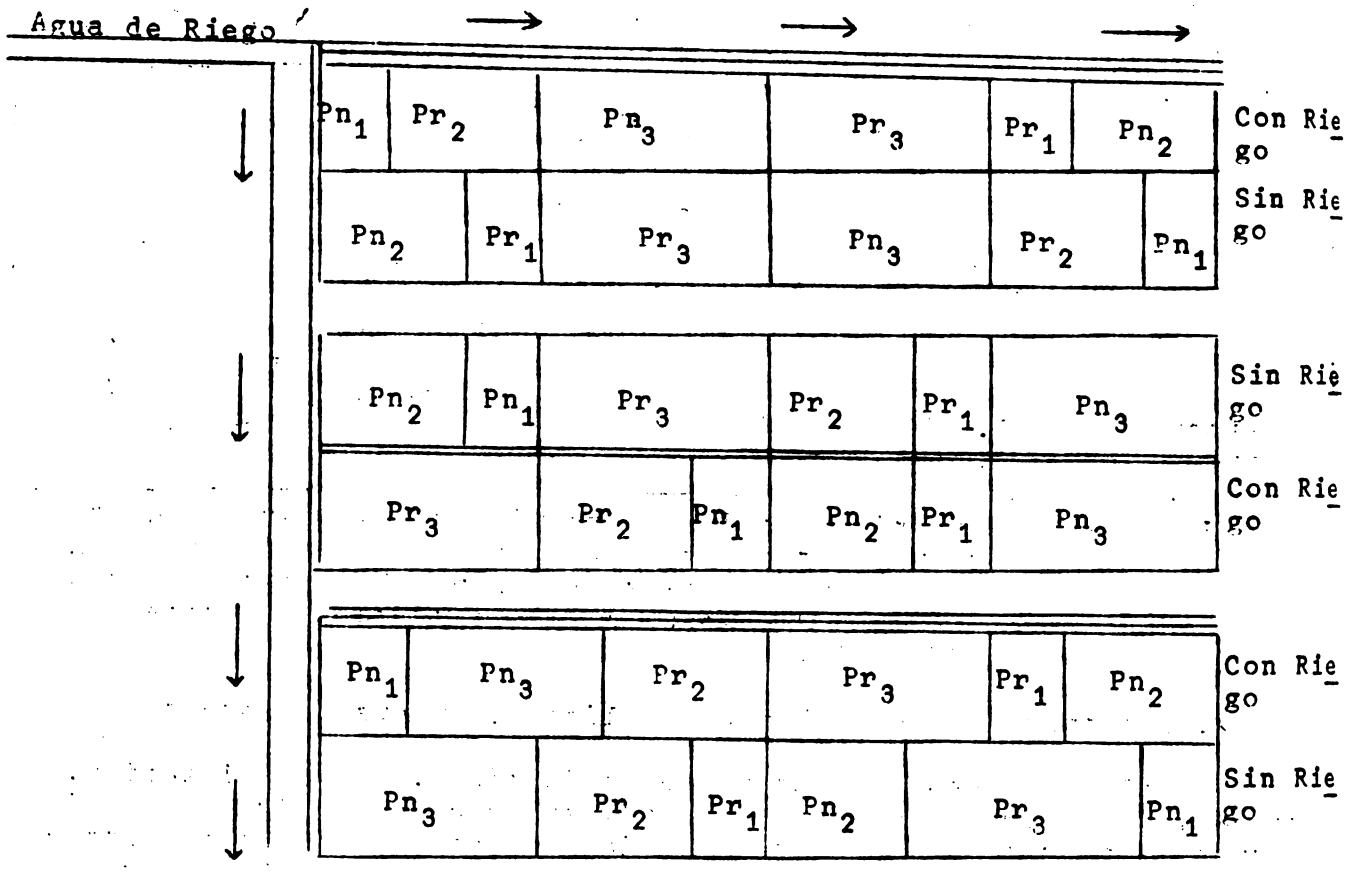


FIGURA IV.3 Diseño de campo de un experimento de pastoreo distribuído en factorial de 2 x 2 x 3 y en parcelas sub-divididas, con tres repeticiones. Parcelas mayores: Riego. Sub-parcelas: PN 1, 2 y 3 = Pangola en Cargas: 1, 2 y 3. y PR 1, 2 y 3 = Pará en Cargas: 1, 2 y 3.

Tanto en un diseño como en el otro, las parcelas mayores se distribuirán al azar dentro de cada repetición 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.

Digitized by Google

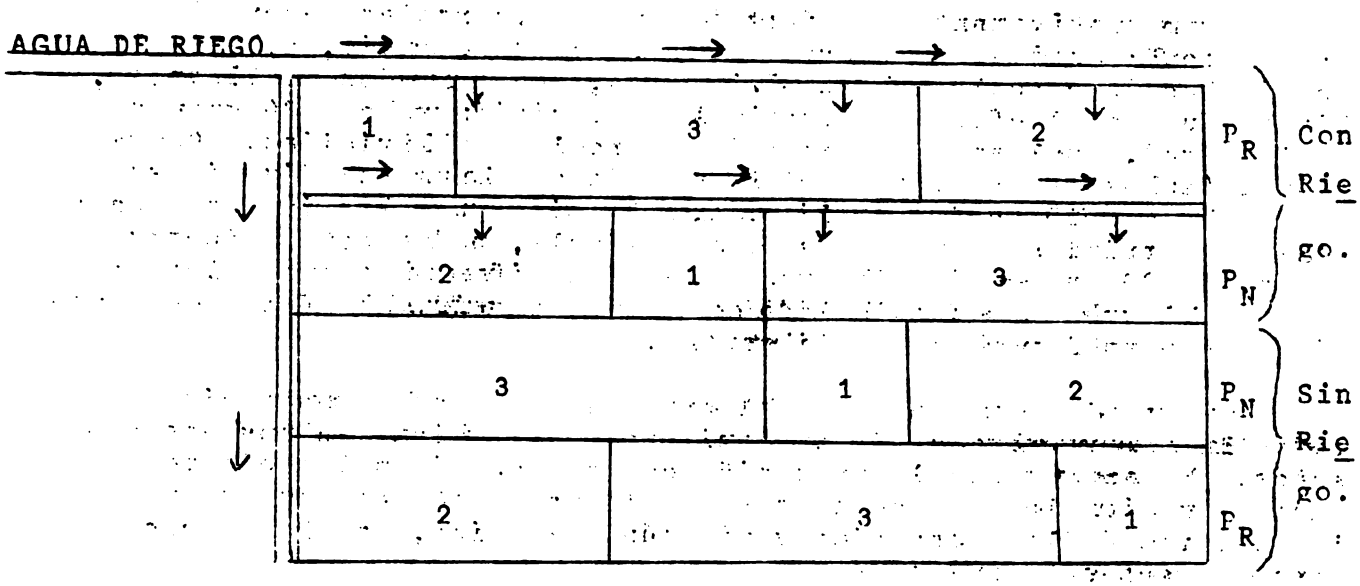


FIGURA IV.4 Diseño de campo del mismo experimento que la Figura 3 pero en parcelas sub-sub-divididas. Parcelas Mayores: Riego. Sub-parcelas: Pará (PR) y Pangola (PN). Sub-sub-parcelas: cargas animal 1, 2, 3. Una sola repetición indicada.

Este diseño tiene estadísticamnnte 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-sub-parcelas, menor para los de las sub-parcelas y menor aún para los factores de las parcelas mayores. En este ejemplo de las Figuras IV.3 y IV.4

	Parcelas Sub-sub-divididas	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
T O T A L	35	35

Digitized by Google

Comparativamante el efecto de riego (parcelas mayores) se prueba con 2 grados de libertad; el efecto de especie, subparcela en diseños de parcela sub-sub-divididas, 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-divididas) 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 reigo, en el diseño de parcelas sub-sub-divididas.

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 sub-divididas aumenta el de sub-parcelas 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 sub-parcelas; pero debe recordarse, que estará disminuyendo la precisión del factor asignado a las parcelas mayores.

3. <u>Gradiente de producción en dos direcciones</u>:

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 Cuadro 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 variación del error, los efectos de fertilidad del suelo (columnas) y de humedad (hileras).

Digitized by Google

N

O E

S

0 Kg. Nitrógeno	200 Kg. Nitrógeno	400 Kg. Nitrógeno
400 Kg. Nitrógeno	0 Kg. Nitrógeno	200 Kg. Nitrógeno
200 Kg. Nitrógeno	400 Kg. Nitrógeno	0 Kg. Nitrógeno

Gradiente de Fertilidad

Gradiente de Humedad

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.

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 dijeramos antes, la magnitud física de ellas hace que el número de repeticiones sea pequeño.

Para aplicar este diseño es precisio 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.

Digitized by Google

Este diseño es útil también en algunos tipos de investigación 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.

PORCENTAJE DE COBERTURA	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 4 x 4.

En este caso, las columnas están constituídas 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.

Digitized by Google

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.

B. ERRORES DE DISEÑO

Hay algunos errores comunes de diseño los cuales deben resaltarse. Estos errores se deben, no a fallas en su análisis estadístico, sinó 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 Desing), 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 válidamente 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)

Digitized by Google

Aparte de este problema común a los diseños con períodos de corta duración, el empleo del diseño de Reversión, encuentra 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 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, períodos cortos no pueden inicar la capacidad de producción verdadera de una pradera.

En segundo lugar, el período de producción de la vaca. Monti y Tellechea (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 Flatt et al, (1965), el consumo de alimento de las vacas lecheras (por lo menos aquellas 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 período 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 período (años) del experimento, alimentándose a base de la pradera que se estudia.

Digitized by Google

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 objección, como se dijo anteriomente 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 trébol 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 contínuo. La pradera al comienzo del experimento fue dominada por trébol 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 2 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.

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 contínuo y pastoreo rotativo. (Brundage and Petersen, 1952, Davis and Pratt, 1956).

IICA - CIRA
CENTROS
Digitized by Google

CUADRO 1. Producción de lana (kg./Ha) por Capones Pastoreando una Pradera de Falaris + Trébol 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).

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 carta 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), quienes encontraron ventaja en el pastoreo rotativo sobre el pastoreo contínuo cuando la carga animal es alta.

Digitized by Google

V. DESCRIPCION DE METODOS

Se describen a continuación los métodos más usados para medir la productividad de las praderas con animales:

1. Método de la Unidad Efectiva de Alimento, comúnmente conocido como Método de Quitar y Poner (Put and Take).

2. Método de la Carga Fija.

3. Método de la Carga Fija Estacional.

A. METODO DE CARGA VARIABLE O DE LA UNIDAD EFECTIVA DE ALIMENTO:

Las primeras sugerencias que dieron origen a este método las hicieron Knott et al. (1934), pero ha sido Mott (1964, 1957, 1952) quién 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; á 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, extrictamente de acuerdo a la disponibilidad de forraje.

Digitized by Google

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:

1. 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 instrumente 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 más grande de medidas de rendimiento, con las cuales se puede calcular un promedio más real.

2. 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* (Tilley and Terry, 1963, Van Soest and More, 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 estrabulados 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 esta influenciada por un número tan elevado de factores imposibles 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 (Paladines y Giergoff, 1967, Lambourne and Reardon,

---

1/ Basado en un diseño Neozelandes, la Compañía Custom Scientific Electronics Pty. Limited, 48 Anneerley Road, Woolloongabba, Brisbane, Queensland 4102, Australia, fabrica un modelo comercial de medidor electrónico (Electronic Pasture Meter).

Digitized by Google

1963, Corbett and Farrel, 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 poner.

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 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 materia orgánica y disponibilidad de forraje estaban correlacionadas significativamente solamente en cargar 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 canones/Ha., 0.40 para 20, 0.3 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)

Digitized by Google

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:

Rendimiento por Hectárea = Animal-Días por hectárea x Rendimiento Promedio dd los animales Testigos.

3. En el tercer método, el rendimeinto 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-Turipana, 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 Pará, 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 Toron 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 Bloques-Completos al azar con cuatro tratamientos y dos repeticiones. Cada tratamiento contiene dos hectáreas, 8 por bloque y 16 en total.

1/ El autor agradece al Dr. Alvaro Castro, Jefe del Programa de Ganado de Carne del C.N.I.A. - Turipana - por proveer los datos y autorizar su uso en este trabajo.

2/ Tordón 101, nombre comercial de herbicida.

Digitized by Google

CUADRO V.1 Cambios de peso y cómputo de ganancia por animal y por hectárea. Experimento del C.N.I.A. - Turipana, ICA (Quintero et al., 1971), 311 días de Pastoreo.

Novillo Número		PRIMER PERIODO II-10-70A VI-4-70 Peso Inic. Kg.	Peso Fin. Kg.	Ganancia Kg.	Días Pastoreo	SEGUNDO PERIODO VI-4-70A IX-25-70 Peso Inic. Kg.	Peso Fin. Kg.	Ganancia Kg.	Días de Pastoreo.	TERCER PERIODO IX-25-70 A XII-18-70 Peso Inic. Kg.	Peso Fin. Kg.	Ganancia Kg.	Días de Pastoreo	Ganan. Total Kg.	Ganancia Diaria Kg.
	3	280	320	40	114	320	387	67	113	387	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	Promedio de Testigos	0.463
Totales Acumulados								355	681			432	933		
	2	188	235	47	59										
	2	235	250	15	27										
	12	280	320	40	59										
	12	330	332	2	27	332	399	67	113	399	436	37	84		
	14	-	-	-	-	348	349	1	28						
Volantes	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	1.509			1.117	1.957		
Ganancia/Ha., Kg.				251				229				79			
Ganancia/Ha. Acumulada, Kg.								480				559			
Novillos Días/Ha.					374				381				224		
Novillos Días/Ha. Acumulados									755				979		
Ganancia Diaria				0.672				0.601				0.350			
Ganancia Diaria Acumulada								0.636				0.570			
Ganan. Diar. de Testigos				0.456				0.587				0.305			
Ganancia Diaria de Testigos Acumulada								0.521				0.463			

Digitized by Google

Los animales son pastoreados en forma contínua 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 pesaje 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.

En el Cuadro V.1 se presentan los resultados, divididos en tres períodos correspondientes a 311 días de pastoreo en 1970, del tratamiento de Tordón 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 N°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 peso inicial del segundo período es el final del primero y el inicial del tercero el final del segundo.

El Cuadro V.1. explica el procedimiento básico de cómputo y contiene toda la información requerida para calcular la productividad de la pradera en cada uno de los tres períodos 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 período 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 períodos 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 o 28 días más tarde; la precisión en la estimación de la ganancia de peso es en este caso muy baja. Obsérvese por ejemplo que el animal N°12 en el primer período ganó 2 kgs. en 27 días en tanto que el N°20 ganó 50 Kgs. en 31 días y el N°23 ganó 12 Kgs. en 27 días.

Digitized by Google

Es indudable que en estos casos no medimos verdaderos cambios de peso asociados con aumentos en la masa ósea y muscular, sinó condiciones momentáneas del contenido del sistema digestivo. Obsérvese 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 períodos mayores de tiempo, digamos no menos de 90 a 120 días.

METODO 2.- En este caso el primer dato y el 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 períodos solamente con el ánimo de mostrar el método, y se calculó por tanto un promedio de ganancia diaria de testigos para cada período. De la misma manera se calcularon los novillos-días por hectárea para cada período. Para calcular la productividad por Ha., vasta multiplicar el uno por el otro así:

	Ganancia Diaria de Testigos	X Novillos-días/ Ha.	Ganancia por Ha.
Primer período	0.456	374	171
Segundo período	0.587	381	224
Tercer período	0.305	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.

Digitized by Google

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 sinó 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 Requeriments of Beef Cattle" de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norteamérica (1970) en que:

Requisito de E. N_m = $0.77\ W^{0.75}$

Requisito de E.N.g. = 0.05272 x ganancia de peso + 0.00684 x (Ganancia de peso)^{2}x 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 Ovino publicados por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norteamérica (1964 - 1971).

Digitized by Google

CUADRO V.2 Cálculo de Utilización de Energía Neta

Experimento del C.N.I.A. - Turipaná - ICA (Quintero et al. 1971)

311 días de Pastoreo

P R I M E R P E R I O D O : II - 10 - 70 A VI - 4 - 70

	Peso Promedio Kg.	Ganancia Diaria Kg.	ENERGIA NETA UTILIZADA, Mcal. Mantenimiento	Ganancia	Total Diario	Días	Total Período
Testigos	3 300	0.350	5.55	1.39	6.94	114	791
	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	2.422
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	5.180
Totales Acumulados							
E N/Ha, Mcal							2.590
E N/Ha, Acumulada, Mcal							
E N/Ha./Día Mcal					22.72		
E N/Ha./Día Acumulada, Mcal							
Kg.E N/Kg. Peso					10.32		

Digitized by Google

S E G U N D O P E R I O D O : VI-4-70 A IX-25-70.

		Peso Promedio Kg.	Ganancia Diaria Kg.	ENERGIA NETA UTILIZADA, Mcal. Mantenimiento	Ganancia	Total Diario	Días	Total Período
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
Ácolantes	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							1.509	11.836
E N/Ha, Mcal								3.328
E N/Ha, Acumulada, Mcal								5.918
E N/Ha./Día Mcal						29.45		
E N/HA./Día Acumulada, Mcal						26.07		
Kg. E N/Kg. Peso						14.53		

Digitized by Google

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	2.074
Totales Acumulados							933	7.487
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	3.729
Totales Acumulados							1.957	15.565
E N/Ha,Mcal								1.865
E N/Ha, Acumulada, Mcal								7.783
E N/Ha./Día Mcal						22.20		
E N/HA./Día Acumulada, Mcal						25.03		
Kg. E N/Kg.Peso						23.61		

Digitized by Google

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 única, entre praderas diferentes, aún cuando la 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 dá 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 mentenimiento 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 cometen 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.

Digitized by Google

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 proporción 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 fenómeno 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 (2.422 ÷ 156, 2.991 - 199 y 2.074 ÷ 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 período, 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 Kg. de Materia Seca de Forraje = 4.4 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.

Digitized by Google

Siendo este el caso, la relación entre energía utilizada para mantenimientos y ganancia de peso en los tres períodos 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 período 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 mantenimeinto bajo pastoreo tendremos que 25 Kg. o 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.

METODO 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.

Cuando 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 o 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.

En el esquema de Mott (1960) (Figura V.1) que relaciona Presión de Pastoreo (o 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.

Digitized by Google

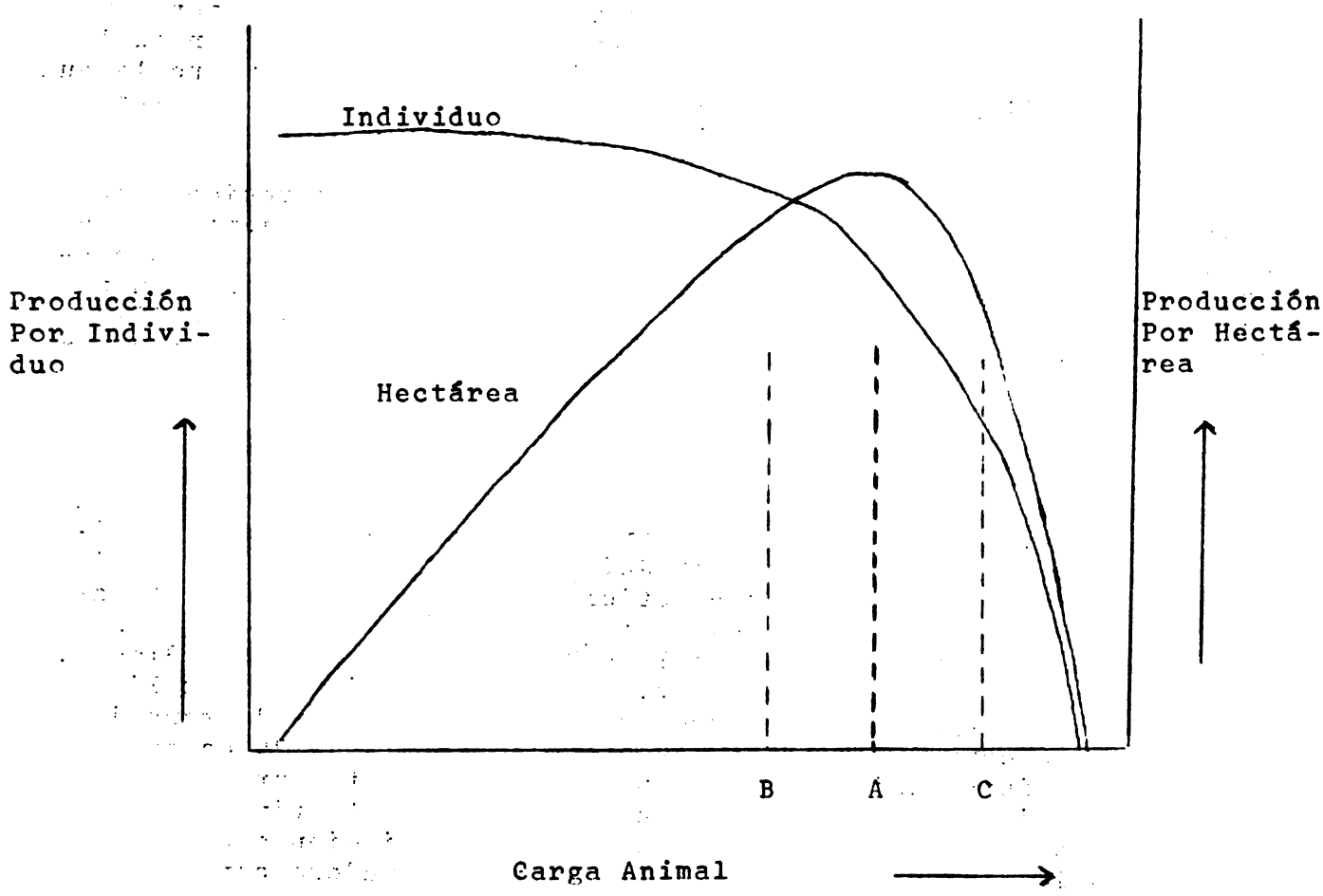


FIGURA V.1. Relación entre carga animal y rendimiento por individuo y por hectárea.

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 acercar el punto de destrucción debe incluirse una cuarta carga para continuar el experimento con tres.

Digitized by Google

Si el investigador no dispone de los medios necesarios para incluír más de una carga en cada tratamiento, afronta un serio dilema. En este 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. Las cargas escogidas fueron de 10, 15, 20 y 25 capones por hectárea en pastoreo contínuo. 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 esta 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 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 de regresión en esta carga indicó que la carga de mayor rendimiento estaba en 18 capones/Ha. En el Bloque 1 la forma de la relación es igual siempre en las tres primeras cargas, pero no en la de 25.

Digitized by Google

CUADRO V.3. Cambios de peso y cómputo de ganancia por animal y por hectárea. Experimento del Cía - La Estanzuela, Uruguay (Cañas, 1967), 167 días de pastoreo.

B L O Q U E 1					B L O Q U E 2				
Anim. Núm.	Peso Inicial Kg.	Peso Final Kg.	Gananc. Kg.	Gananc. Diaria Kg.	Anim. Núm.	Peso Inicial Kg.	Peso Final Kg.	Ganancia Kg.	Gananc. 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 Pág. 2.)

Digitized by Google

(Página 2.)

CUADRO V.3. Cambios de peso y cómputo de ganacia por animal y por hectárea. Experimento del Cía - La Estanzuela, Uruguay (Cañas, 1967), 167 días de pastoreo.

B L O Q U E 1					B L O Q U E 2				
Anim. Núm.	Peso Inicial Kg.	Peso Final Kg.	Gananc. Kg.	Gananc. Diaria Kg.	Anim. Núm.	Peso Inicial Kg.	Peso Final Kg.	Gananc. Kg.	Gananc. 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								443.8	
				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= 2.400m^2, 20/Ha. = 3.000 m^2

Carga 15/Ha= 4.000m^2, 10/Ha. = 6.000 m^2

Digitized by Google

CUADRO V.4. Producción de lana limpia por animal y por hectárea. Experimento del Cía - La Estanzuela, Uruguay (Cañas 1967) 167 días de pastoreo.

B L O Q U E 1			B L O Q U E 2		
Animal Número	Lana Limpia Animal Kg.	Producida Animal/Día Kg.	Animal Número	Animal Kg.	Animal/Día 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			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		55.2		16.587	0.017
Ganancia/Ha, Kg.					55.4
Ganancia/Ha.Promedio, Kg.					55.3

Continúa en la Pág. 1A.

Digitized by Google

CUADRO V.4. Producción de lana limpia por animal y por hectárea. Experimento del Cía - La Estanzuela, Uruguay, (Cañas, 1967) 167 días de pastoreo.

B L O Q U E 1			B L O Q U E 2		
Animal Número	Lana Limpia 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.

Digitized by Google

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 la 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 elprecio 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 cuantitivativo que las prácticas de manejo o los cambios climáticos tiene sobre estos requisitos, para que puedan ser aceptados con confianza.

Digitized by Google

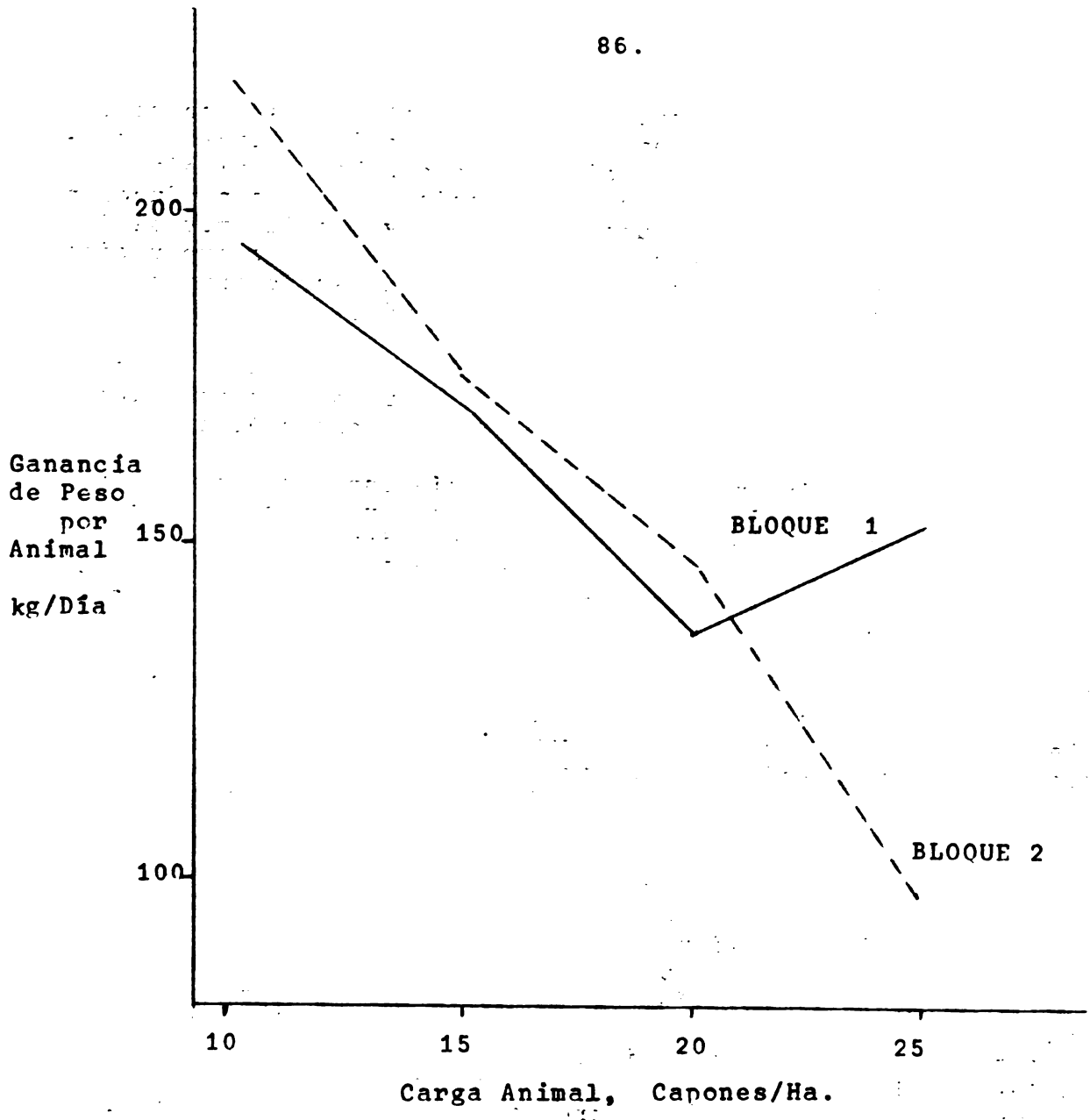


FIGURA V.2. Relación entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Individuo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay. Cañas, 1967.

Digitized by Google

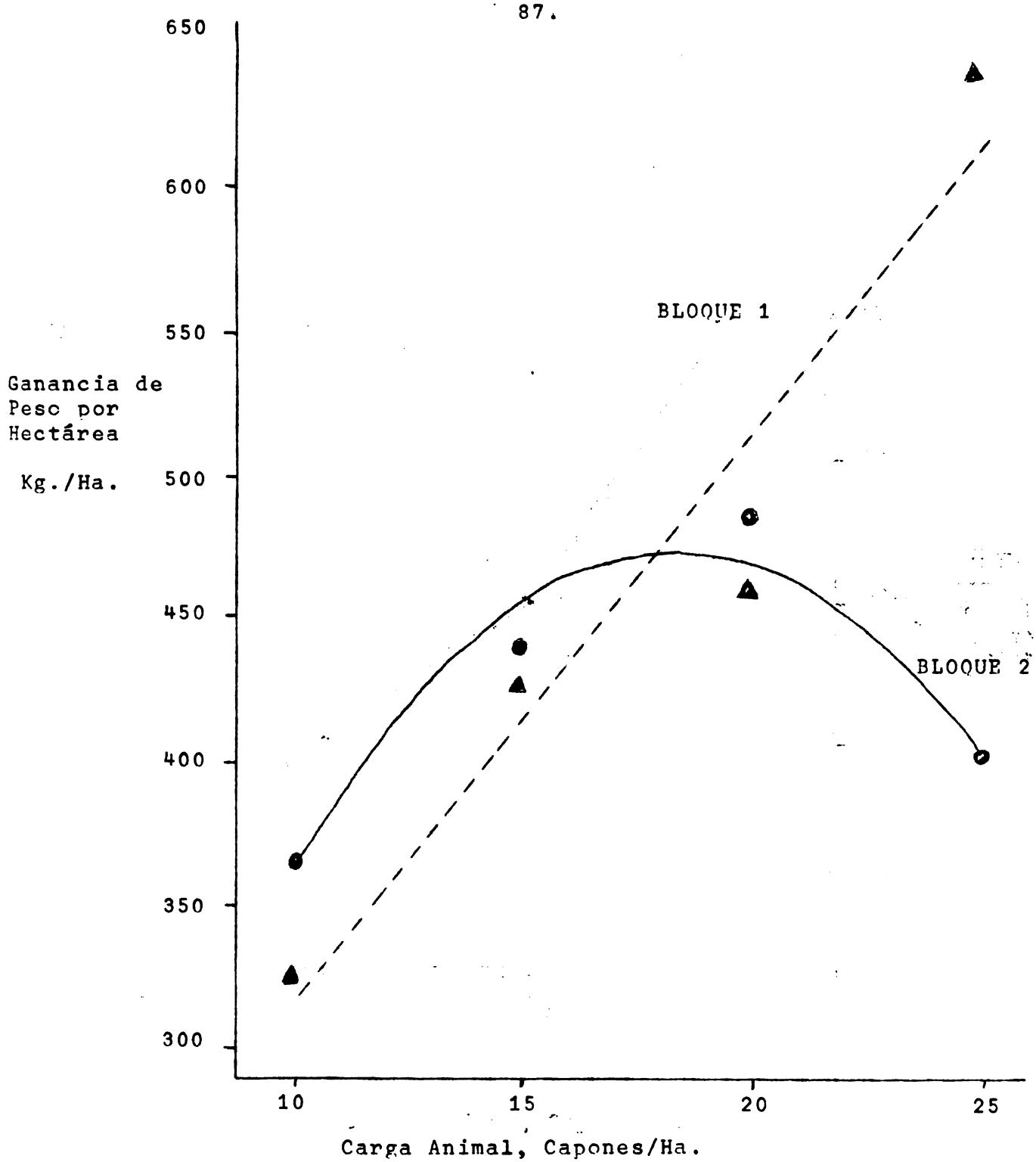


FIGURA V.3. Relación entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Hectárea en 167 días de Pastoreo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay. Cañas, 1.967.

Digitized by Google

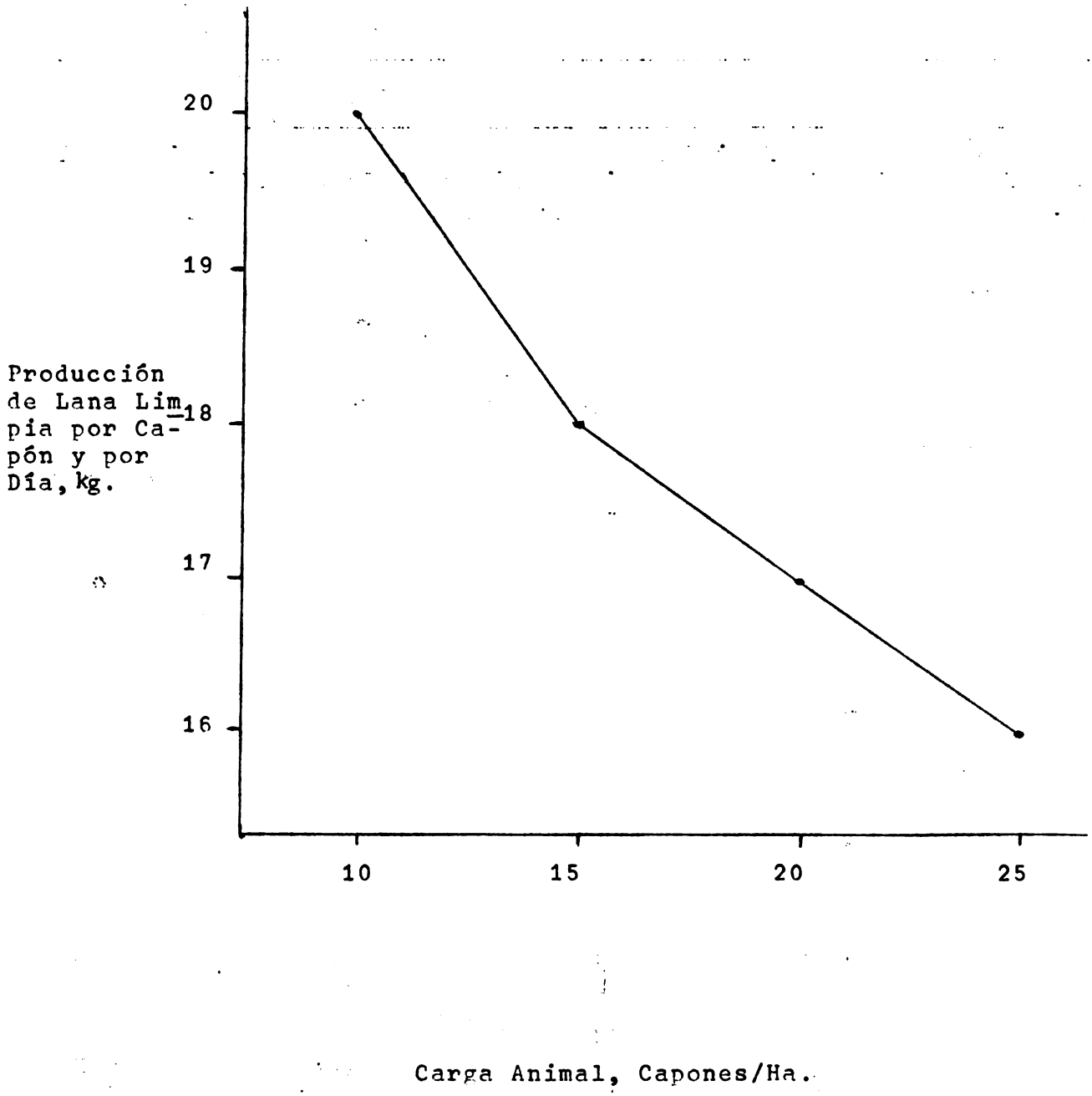


FIGURA V.4. Relación entre Carga Animal y Producción Diaria de Lana Limpia por Individuo. Experimento del CIA. - La Estanzuela, Uruguay. (Adaptado de Cañas 1.967).

Digitized by Google

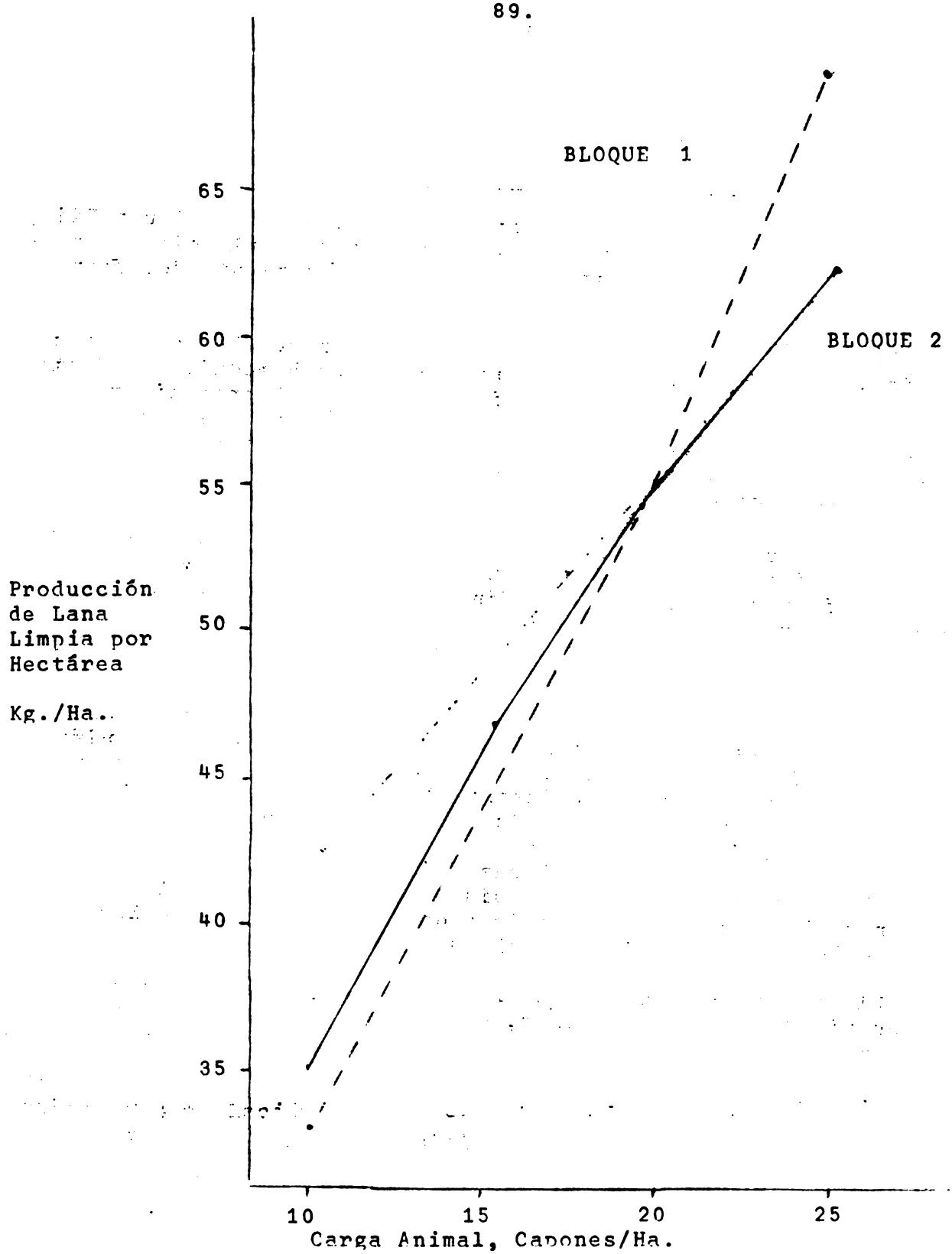


FIGURA V.5. Relación entre Carga Animal y Producción de Lana Limpia por hectárea en 167 días de pastoreo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay. Adaptado de Cañas 1967.

Digitized by Google

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 puede 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.

Digitized by Google

IV. INTEGRACION DE LOS EXPERIMENTOS DE PASTOREO DENTRO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

En la última parte del capítulo 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 hábilmente 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 sinó 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 incluídos en el estudio si se quiere evitar el desconocimiento sobre sus interacciones. Carga animal y conservación han demostrado interactur 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 esté conservando el forraje, la pradera estará soportando un aumento de carga que en muchos casos puede redundar en forma permanente desventajosa. Si no se ha considerado la conservación y más adelante se pretende introducir esta práctica en el sistema se expone el investigador a proveer información errónea y hasta perjudicial.

Digitized by Google

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 dependera 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 comparaciones 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 200 a 250 kgs. de peso de terneros al destete en el mismo período de tiempo. De la misma manera los cambios en el medio ambiente o del manejo capaces de producir un aumento en la producción de carne con animales de engorge, del orden de 100 kgs. no podría esperarse que produzcan aumentos superiores a los 40 kgs.

Digitized by Google

Aún lo dicho anteriormente tiene un 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 fóstoro 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.

Digitized by Google

VII. RECOPILACION 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, lecho 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 dispone de información detallada sobre rendimiento de la pradera, crecimiento de los pastos, composición química de ella, y consumo de forraje por los animales, datos con los cuales podríamos calcular la eficiencia biológica del sistema.

A. MEDIDAS DEL FORRAJE EN LAS PRUEBAS DE PASTOREO.

1. Error de Muestreo:

Toda muestra, por ser apenas parte del todo que representa, no tiene la exacta misma magnitud del todo y lleva adherido 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 cortando un área de un metro cuadrado, ésta muestra es 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

Digitized by Google

cortes de un metro cuadrado y calculamos la media, esta será también una estimación del verdadero rendimiento. En este caso, podemos calcular la desviación estandard de las observaciones realizadas sobre la media. A medida que el número de observaciones aumenta la desviación estandard 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 sistama 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, 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 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.

2. 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.

Digitized by Google

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 siguiente métodos:

i. 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. Par 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:

$$\bar{X} = 2.770 \text{ kg./Ha}$$

$$\Sigma X = 22.160$$

$$S^2 = 687.477$$

$$S = 829,14$$

$$CV = 29,9\ \%$$

Digitized by Google

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:

$$n = \frac{t^2 \quad s^2}{d^2}$$

En que n es el número de muestras que se deben tomar, t el valor de tabular de t para el nivel de probabilidad deseada, 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 ± 10% de la media, la mitad del intervalo de confianza será entonces 277 kg.

La ecuación nos queda:

$$n = \frac{(1,985)^2 \times 687.477}{(277)^2} = \frac{3,591 \times 687.477}{76.729}$$

$$n = 32$$

Es decir, que debemos tomar 32 muestras en lugar de 8 para realizar la estimación del rendimiento de forraje con una precisión de más o 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:

$$n = \frac{3,591 \times 687.477}{(544)^2}$$

$$n = 8$$

en cuyo caso el intervalo de confianza sería de 2.216 y 3.324 kg. M.S./Ha.

Digitized by Google

El investigador debe decidir, de acuerdo a los objetivos del experimento cual será el error que va a aceptar.

ii. Un método que facilita mucho el trabajo es emplear una máquina guadañadora 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.

iii. Una mejora bastante importante en las técnica 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 verdadero de una cuarta parte más o menos con una de las dos técnicas anteriores y se usa luego con correlación entre las medidas por corte y las estimaciones visuales para corregir el resto de las observaciones visuales. Así, con sólo 5 muestras que se cortaron y un total de 20 observaciones visuales (5 de las cuales coincidieron con los 5 cortes), Gardner (1967) consiguó reducir el Coeficiente de Variación en el rendimiento de una pradera de 51 % a 27 %.

3. 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 m^2 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. La malla metálica disminuye el viento y causa sombra a ciertas horas del día.

Digitized by Google

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 área, 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 caul 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 contínuo.

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 nueve 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, recomendando 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.

4. 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 es específica y extensa y no será incluída en este capítulo.

Digitized by Google

Se ha incluído esta 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 evaluació 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 química 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.

B. OBSERVACIONES QUE SE REALIZAN EN LOS ANIMALES.

1. Tipo y número de animales.

Los animales a emplearse deberán ser del tipo que ocuparán las praderas en las explotaciones 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 eplicar.

En tercer lugar los animales deben ser estudiados en la o 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 imposible de identificar y cuantifar, 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.

Digitized by Google

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.

Agunos 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 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.

HOA CIRA
BIBLIOTECA
BOGOTA

Digitized by Google

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 características (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:

1. 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.

2. 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: a) 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; b) 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 deben ser ayunados periódicamente y esto puede ser desventajoso para su rendimiento; c) un tercer método, empleado por el autor, es combinar el ayuno con el peso a hora determinada del día. En este método, al comenzar un ex-

Digitized by Google

perimento o cuando se va a colocar un animal por primera vez en la pradera, se hacen dos pesadas, la primera sin ayuno en una hora determinada de la mañana, lo más temprano posible después de amanecer, los animales permanecen en los corrales por 24 horas sin comida ni agua y son pesados nuevamente: en el futuro, cada 28 días se pesan los animales sin ayudo 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 intermedios sin ayuno para seguir la progresión del peso en los animales. Si el investigador cree necesario puede tomar 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 poderosa por la cual no se pueda hacer cada 14 o 35 días. Parece conveniente por simple mecánica y acostumbramiento de los trabajodores, 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.

3. Crecimiento de lana.

En experimentos con ovinos, la producción de lana es el o uno de los productos económicos que buscamos.

El crecimiento anual de lana se mide equilando el animal completamente al entrar al experimento y otra vez al salir del experimento. Si se quiere determinar rendimientos periódicos, se puede marcar, con tinta de tatuar, cuadrados de 10 x 10 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 determinado, se usa una tinta especial que marca el bellón en el sitio en que la lana entra en contacto con la piel, la operación se repite, al finalizar el período, con una parte del bellón adyacente al anterior y se mide entre las dos marcas.

4. Cuidados sanitarios.

La mejor regla es sujetarse a las normas de profilaxis establecidas para la zona.

En especial se debe cuidar de los siguiente: a) control periódico de parásitos internos, siguiendo el progreso de posibles infestaciones por medio de contages de huevos en las heces fecales; b) control periódico de parásitos externos: c) podredum-

Digitized by Google

bre de los cascos, sobre todo en lugares húmedos; d) en vacas, es fundamental el control de todas las enfermedades que afectan la reproducción; e) 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.

Digitized by Google

Arnold, G.W., and Dudzinski, M.L. 1966. The Behavioral Responses Controling 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 Animal Jusbandry. 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 Setiembre, 1964. Monteniveo. 1966.

Brown, R.H., and Blaser, R.E., 1968. Leaf Area Indez in Pasture Growth. Herbage Abstracts 38 (1): 1 - 9.

Brundage, A.L. and Petersen, W.E. 1952. A comparison between daily rotational grazing and continuos grazing. J. Dairy Sci. 35 : 623.

Capbell. A.G?, 1967. Increasing Fodder Production for the Grazing Animal, Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 27: 127 - 138.

Cañas, Raúl. 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 Interamericano de Ciencias Agrícolas, La Estanzuela, Uruguay, 1967. 77 Pags.

Cochran, E.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.

Digitized by Google

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, Surfess 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 Stend.) 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 agronómicos para la Evaluación de las Pasturas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Montevideo, 1967.

Graham, N.CcC. 1965. Some Aspects of Pasture Evaluation. Energy Metabolism. ed. Blaxter, K.L., London Academic Press. Proceedings 3rd. Symposium Energy Metabolism, Troon. (EAAP Publ, N°11) Pag. 231 - 240.

Gómez, P.O. y Gardner, A.L., 1971. Suplementación de Grano 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 Cown. 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.

Digitized by Google

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 Digestión. 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 Dorothe: Methods of Surveying and Measuring Vegetation. Bulletin N°42, Common-Wealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley. 1954.

Knott, J.C., Hodgson, R.E., and Vllington, 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 Merino Wethers. Australian Journal of Agricultural Research 14: 272.

Lynch. P.B. 1960. Conduct of Field Experiments. Bulletin N°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 Walshe, 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, Héctor. 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

Digitized by Google

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. Proceeding of the Austral Sec. of Animal Prod. 16: 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, Pág. 606 - 611.

Mott, G.O. 1957. Método de Avaliacao da Producao de Pastegens. Palestras Pronunciadas no Departamento de Producao 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 Desings, 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 N°3. Fourth Revised Edition. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

National Research Council. National Academy of Sciences. 1970. Nutrient Requirements of Beef Cattle. N°4. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

National Research Council. National Academy of Sciences. 1964. Nutrient Requirements of Sheep. N°V. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Paladines, Osvaldo; Cañas, Raúl; 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 N°12). Pag 253 - 260.

Digitized by Google

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; Ruís, 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 Phalaria 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 Moor, 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.

Digitized by Google

Digitized by Google

LA EVALUACION NUTRITIVA DE LOS FORRAJES

William L. Johnson *

* Departamento de Ciencia Animal, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, N.C., EE.UU., y Co-líder del Programa de Forrajes y Nutrición Animal de la misma Universidad en el Perú. Profesor Visitante, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Perú.

Digitized by Google

Digitized by Google

En la producción forrajera, como es bien sabido, el objetivo no es simplemente producir un gran volumen de forraje, sino al mismo tiempo lograr satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales que lo consumen, y así contribuir a la eficiencia económica en la provisión de productos pecuarios para el hombre. Por esta razón la determinación del valor nutritivo de los forrajes es parte integrante de todo programa de investigación forrajera.

Qué es valor nutritivo en cuanto a forrajes se refiere? Hay muchas maneras de definirlo, pero todas tienen que ver con una descripción de las características del forraje que le permiten cumplir la función de proveer una nutrición adecuado al animal. Es decir que el valor nutritivo de forrajes no puede verse aisladamente, sino estrechamente ligado al conocimiento de los requerimientos nutricionales del animal.

Con esta definición del valor nutritivo en mente, el presente artículo ha sido preparado con tres objetivos principales:

1. Contribuir a una mejor interpretación de los datos de valor nutritivo publicados por los investigadores en forrajes y nutrición animal.

2. Discutir algunos conceptos de metodología en la evaluación nutritiva de forrajes.

3. Presentar algunas ideas que ayudarán en la formación de criterios respecto al rol que juega la evaluación nutritiva en conjunto con la investigación agronómica de los forrajes.

I. Bases Generales

Aceptando la idea que los forrajes solamente sirven como un vehículo para la provisión de nutrientes al ganado, la primera cosa que hay que tomar en cuenta es que los requerimientos nutricionales del ganado no son fijos, sino que cambian de acuerdo a la edad, estado fisiológico y capacidad productiva del animal. Es por ello perfectamente posible que un forraje dado, capaz de proveer una nutrición adecuada a a nimales de una clase determinada, pueda ser alimento muy pobre para otra clase de animales.

Como ejemplo de esto se tiene la paja de avena, normalmente considerada como un forraje de baja calidad. De acuerdo a las últimas tablas de composición de alimentos publicadas por el Consejo Nacional de Investigación de los EEUU (NAS-NRC, 1971) la paja de avena contiene 1.07 megacalorías (Mcal) de energía neta para vacas lactantes (EN_L) en cada kilogramo de materia seca (MS). De acuerdo a la misma publicación una vaca adulta que pesa 500 kg, necesita 9.0 Mcal de EN_L por día para mantención de cuerpo. En teoría, entonces, los requerimientos de energía para una vaca seca y vacía son satisfechos con un consumo diario de 10 kg de paja de avena (90 % MS), cantidad que está dentro del límite de la capacidad de consumo de muchas vacas.

Digitized by Google

Para vacas en lactación, por otro lado, las necesidades de energía suben rápidamente. Por ejemplo, se necesita 15.90 Mcal de EN_L para cubrir el requerimiento diario de mantenimiento más el de producción de 10 lt de leche (con 3.5% de grasa), cantidad que ninguna vaca puede alcanzar consumiendo una ración a base de paja de avena sola. En este ejemplo se necesitaría hasta 5 kg de un buen concentrado para suplementar los 10 kg de paja de avena. Así queda demostrada la manera como un forraje que constituye una dieta adecuada en un caso, llega a ser muy deficiente en otro.

Energía neta para diferentes funciones del animal -En los últimos años se han desarrollado sistemas de evaluación de la energía neta que toman en cuenta los cambios del valor energético de acuerdo a la función que desempeña en la nutrición del animal. En las últimas tablas de la NAS-NRC (1971), se reportan valores distintos de energía neta según si el alimento sea destinado para mantenimiento del cuerpo EN_M), ganancia de peso (EN_G) o para vacas lactantes (EN_L). Ejemplos de los respectivos valores energéticos de tres pastos comunes están presentados en el siguiente cuadro (los datos se expresan en Mcal/kg MS):

Uso de la energía neta	Heno de alfalfa (50% floración)	Maíz ensilado (buena formación de mazorca)	Paja de trigo
Mantenimiento	1.20	1.56	0.99
Ganancia	0.52	0.99	0.10
Lactancia	1.21	1.70	0.88

Fuente: NAS-NRC 1971

De estos ejemplos, se deduce que el proceso menos eficiente, en términos de la energía neta obtenida de un kilogramo de alimento, es la ganancia de peso. El más eficiente de los tres procesos cambia de acuerdo al alimento: el maíz forrajero es más eficientemente utilizado para lactancia que para mantenimiento; para la paja de trigo ocurre lo opuesto; y en el caso de alfalfa no existe diferencia significativa entre la eficiencia para mantenimiento o para lactancia. (Estas comparaciones se refieren a la cantidad de energía neta en cada kilogramo de materia seca, las que no deben confundirse con las necesidades totales diarias de energía neta, que lógicamente son mucho mayores para la producción de leche que para mantenimiento o ganancia).

Complejidad de la evaluación nutritiva -Se concluye de la discusión anterior que el valor nutritivo de los alimentos cambia de acuerdo al estado productivo del animal y que estos cambios no son constantes de un alimento a otro.

Digitized by Google

Otra razón por la cual la evaluación nutritiva no es cosa sencilla, es que para el animal existe una lista muy larga de nutrientes esenciales. La energía, la proteína, una serie de minerales y vitaminas --- cada uno de estos nutrientes cumple su propia función, de aquí la imposibilidad de reducir la evaluación nutritiva a una sola unidad de medida.

Ninguna evaluación nutritiva puede ser completa. De las varias medidas del valor nutritivo disponibles al investigador, se tiene que decidir cuáles son las más importantes para cada circunstancia. Entre los factores que deben considerarse en esta decisión se incluyen:

1. El sistema de producción en que se utilizará el forraje y los factores nutricionales que podrían ser limitantes para la producción eficiente.

2. Un conocimiento previo del tipo de forraje de que se trata.

3. Las inferencias que se pueden hacer con los resultados.

4. El costo de los análisis comparado con el posible beneficio de la nueva información obtenida.

La formación de criterios sobre estos cuatro puntos viene con la experiencia. El punto número 4 referente a costo, generalmente no recibe la importancia que merece, pues es tan importante saber cuándo no hacer ciertos análisis nutricionales son indispensables.

Los forrajes en un sistema de producción animal - Al mencionar los "sistemas de producción animal" en que los forrajes son uno de los principales insumos, es importante tener en mente la diferencia entre los sistemas que se basan sobre el cultivo de pastos sembrados, en terrenos aptos para otros cultivos, y los sistemas que operan en las praderas naturales permanentes.

En el primer caso el ganadero o agricultor puede escoger entre varias alternativas. A él se le presentan alternativas tanto para el uso de la tierra como para la fuente de alimentación de su ganado. En lo que a la tierra se refiere, el agricultor puede escoger entre varias especies forrajeras a sembrarse o más bien él puede dejar de sembrar forrajes totalmente y en su lugar sembrar cualquier otro cultivo para el consumo humano directo o para la industria. En lo que se refiere a la alimentación animal, el ganado puede escoger entre la producción de todos los alimentos en su propio fundo y la otra alternativa de comprar todos sus alimentos de fuentes foráneas. Es decir que para elagricultor, existe la alternativa de producir nutrientes para humanos o producir nutrientes para el ganado y cada una de estas alternativas tienen sus costos, sus retornos y sus utilidades. Para el ganadero, existe la alternativa de "comprar" alimentos (nutrientes) de su propio fundo con un costo de oportunidad en cuanto al uso de la tierra o

Digitized by Google

comprarlos en otro sitio, también a un costo dado por cada unidad nutritiva que se obtenga. Entre los dos casos extremos el ganadero tiene la opción de intensificar su operación independientemente de sus recursos de terreno, comprando parte de los alimentos fuera del fundo y cosechando los demás de su propia tierra.

Es fácil ver que en la toma de decisiones en estas situaciones, un conocimiento bastante preciso del valor nutricional del forraje a producirse, venderse o comprarse, no solamente es conveniente sino esencial si se espera optimizar la utilización de recursos limitados. Uno tiene que saber el costo por unidad de energía, proteína y otro nutriente y comparar las diferentes alternativas tomando este criterio como base.

En el caso de una explotación pecuaria en praderas naturales permanentes, no existen muchas alternativas respecto al uso de la tierra. Por limitaciones se clima y/o disponibilidad de agua, u otras, el pastoreo de ganado es prácticamente la única manera de utilizar la tierra. La evaluación del sistema de pastoreo que se aplique tiene que hacerse en términos del producto animal por unidad de superficie. Es interesante conocer el valor nutritivo de los pastos que forman la pradera para yudar en la interpretación de los cambios en la productividad animal, sin embargo, no es necesario conocerlo en términos tan precisos como en el caso de los forrajes cultivados, porque no existen tantas alternativas respecto al uso de la tierra y recursos de capital.

La evaluación de praderas utilizadas al pastoreo es tema de otra conferencia de este seminario, dictada por el Dr. Oswaldo Paladines, a cuyo trabajo puede dirigirse la persona interesada.

II. Las Medidas Comunes del Valor Nutritivo de los Forrajes

Entre las formas comunmente aplicadas para medir el valor nutritivo de los forrajes, se puede considerar cuatro categorías principales: la composición química, la digestibilidad, la utilización neta por el animal, y el consumo.

Composición química

Los análisis químicos se realizan con el objetivo principal de determinar la cantidad de ciertos nutrientes que el alimento puede aportar al animal, y al mismo tiempo, tener un índice del grado de utilización que esos nutrientes tendrán en el animal. La primera parte de este objetivo es mucho más fácil de lograr que la segunda. Es relativamente sencillo determinar el contenido de nutrientes tales cómo el calcio, la proteína o carbohidratos totales. Pero el grado de aprovechamiento de estos u otros nutrientes en el animal es una cosa mucho más compleja que en muy pocos casos puede predecirse a partir de un sencillo análisis químico.

Digitized by Google

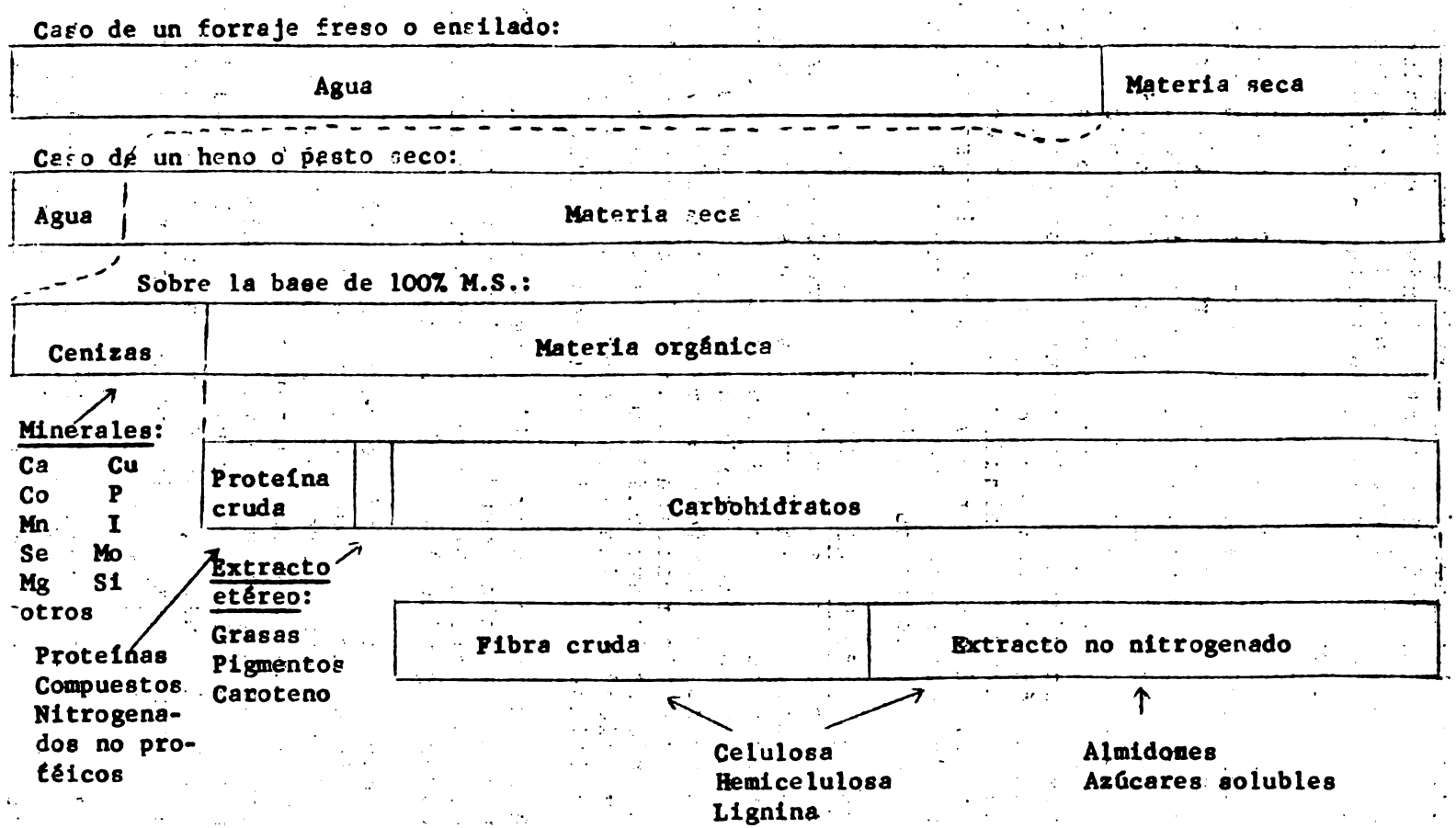


Figura 1. Fraccionamiento químico de un forraje (sistema clásico).

Digitized by Google

Sin embargo la meta de los nutricionistas es, justamente, poder contar con métodos de laboratorio que servirán para predecir el grado de utilización en el animal y hasta el nivel de producción de los animales. Al mismo tiempo el método debe ser barato y relativamente sencillo para facilitar el análisis rápido y preciso de grandes números de muestras.

Para los nutrientes que cumplen fines específicos en el cuerpo, como es el caso de los varios minerales y la proteína, es necesario analizar cada uno como una entidad aislada. Otros constituyentes de la planta, sobre todo los carbohidratos, son utilizados en una manera mucho más general, como fuente inespecífica de energía. Para tales constituyentes, un análisis detallado del contenido de cada uno no es tan necesario. Lo que se busca más bien son agrupamientos de nutrientes o fracciones de la planta, cada uno de ellos con un grado de utilización homogéneo y constante, cualquiera que sea su proporción en la planta o cualquiera sea la dieta en que se utilizan. El sistema clásico de Weende y el nuevo sistema de Van Soest son basados en dos diferentes maneras de agrupar los constituyentes de la planta en fracciones nutricionales.

El "análisis proximal" de Weende - El sistema clásico de fraccionamiento químico de forrajes es el análisis proximal que incluye la fibra cruda de Weende. En la figura 1 se presenta un esquema del sistema. El primer paso es secar la muestra o hacer otro análisis del contenido de humedad de materia seca. Luego se quema la muestra seca para saber los contenidos de materia orgánica y cenizas. Como se puede notar, la fracción "cenizas" no satisface la conducción de ser nutricionalmente uniforme, en vista del hecho que incluye una gran diversidad de minerales, tanto los esenciales como los que impiden la utilización del alimento (como la sílica).

La materia orgánica tampoco es fracción homogénea porque incluye las sub-fracciones de proteína cruda (proteína verdadera más nitrógeno no protéico), extracto etéreo (grasa más otras sustancias extraídas con solventes orgánicos) y carbohidratos.

La fracción "carbohidratos" contiene un rango amplio de compuestos orgánicos específicos, los que se agrupan en dos grandes fracciones, la fibra cruda y el extracto no nitrogenado (ENN). Ambas fracciones son muy heterogéneas desde el punto de vista nutricional. La lignina, por ejemplo, es una sustancia totalmente inaprovechable, pero gran parte de ella se encuentra con el ENN; igual es el caso de la celulosa y hemicelulosa, que representan fracciones parcialmente utilizables en rumiantes, sin embargo están presentes tanto como parte del ENN como de la fibra cruda.

Constituyentes de paredes celulares (sistema Van Soest) - Durante los últimos diez años el Dr. P.J. Van Soest ha propuesto un sistema de fraccionamiento de forrajes con el que se superan algunas, pero no todas las desventajas del sistema Weende. En la figura 2 se

Digitized by Google

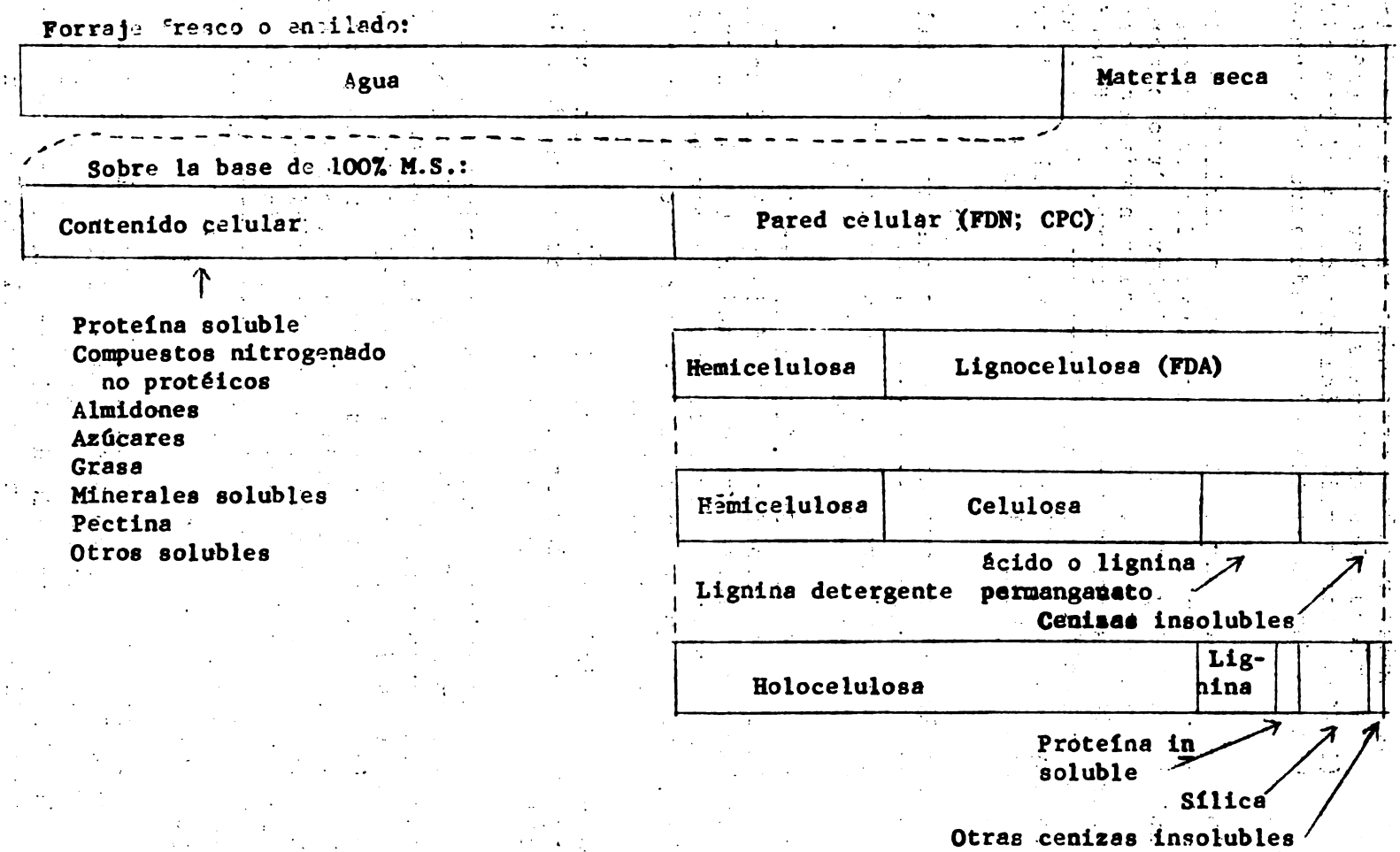


Figura 2. Fraccionamiento químico de un forraje (sistema Van Soest)

Digitized by Google

presenta un esquema general del sistema de Van Soest. Varias son las publicaciones que existen sobre este sistema; para una introducción general se recomienda los artículos de Van Soest (1966, 1967) o Valdivia (1970). Los detalles del método en sí han sido resumidos por Goering y Van Soest (1970) y traducidos al español por Pezo (1972).

Como es ilustrado en la figura 2, la primera división de la materia seca en el sistema Van Soest se hace entre los componentes de paredes celulares (CPC) y el contenido celular. Otro nombre para los CPC es la "fibra detergente neutro", así denominado porque el método de extracción es con detergente pH neutro. La fracción CPC representa en un sentido real a la "fibra total" de la planta. Alcanza valores mayores que la fibra cruda porque incluye el total de la lignina, celulosa y hemicelulosa, lo que no sucede en el caso de la fibra cruda.

El "contenido celular" consta de todas las sustancias solubles en detergente neutro e incluye la proteína soluble, los almidones y azúcares, la grasa, los minerales solubles y otros. Todas estas sustancias son prácticamente 100% aprovechables por el animal.

La segunda fase del sistema de análisis de Van Soest es ls extracción de la materia seca con detergente ácido; el residuo de esta extracción es llamado "fibra detergente ácido" (FDA) o lignocelulosa. Al pH que se realiza la extracción, la hemicelulosa es totalmente soluble, por lo que es posible estimar el contenido de hemicelulosa al restar el % FDA del % CPC.

En posteriores análisis hechos sobre el residuo de la extracción con detergente ácido, se determinan los contenidos de celulosa, lignina, sílica y otras cenizas insolubles.

La celulosa y hemicelulosa, que tomados en conjunto se llaman "holocelulosa", conforman la fracción parcialmente digestible en rumiantes. Hasta el momento no ha sido posible predecir con exactitud el grado de digestión de la celulosa y hemicelulosa en el animal, porque todavía no se entienden todos los factores que entran en juego. Se sabe que elgrado de lignificación de la pared celular contribuye en cierta medida determinar la digestibilidad de la holocelulosa, pero esta relación es más notable cuando se comparan varios tipos de forrajes, por ejemplo leguminosas contra gramíneas, perdiendo valor de predicción cuando se trata de la misma especie o clase forrajera (Van Soest, 1967).

La "Lignina" es una fracción no utilizable por el animal, Al igual que las otras fracciones orgánicas del sistema Van Soest, la lignina no es químicamente uniforme, pero si lo es desde el punto de vista nutricional. El contenido de lignina puede ser determinado por dos métodos diferentes, uno que usa el ácido sulfúrico y el otro, el permanganato de potasio. Goering y Van Soest (1970) discuten las diferencias entre los dos métodos y las circunstancias en que uno es preferido en lugar del otro.

Digitized by Google

Alrededor de 7% del nitrógeno del forraje está combinado con la lignina y por ello no está disponible el animal. En el esquema de la figura 2 se ha indicado como esta fracción de "proteína insoluble" aparece como parte de la lignina en este sistema de análisis. Si la muestra, durante su preparación para el análisis es sobrecalentada o dejada por demasiado tiempo en la estufa, se produce una combinación química entre la proteína y la lignina hasta el punto de dar valores artificialmente elevados de lignina, y por consecuencia de la fracción de FDA. Este error es más serio a medida que la temperatura de secado sube a niveles mayores de 60°C y también en condiciones de mucha humedad (estufa no ventilada, muchas muestras verdes sin suficiente espacio entre ellas, etc.). La "lignina artificiosa" no se presenta cuando la temperatura de secado es menor de 55°C. En los casos donde se sospecha que la muestra haya sido dañada por calor, se puede hacer un análisis adicional que indicará cuánto de la lignina es "real" y cuánto es "artificiosa" (Goering y Van Soest, 1970).

Al quemar el residuo de los análisis de FDA, celulosa y lignina se queda con una fracción de minerales insolubles en detergente ácido. En alfalfa y otras leguminosas esta fracción incluye no más de 0.5 - 2.0% de la materia seca, pero en gramíneas su proporción es mucho mayor. En tales casos se puede enjuagar las cenizas residuales con el ácido bromhídrico, el cual disuelve todos los minerales excepto la sílica. La determinación del contenido de sílica de esta manera es de especial importancia en gramíneas, porque en ellas la sílica puede tener un efecto negativo sobre la digestibilidad, no solamente en proporción a su contenido sinó hasta tres veces mayor (Van Soest y Jones, 1968).

El sistema Weende versus el sistema Van Soest - Para resumir brevemente lo arriba expresado respecto a estos dos sistemas mejores conocidos de fraccionamiento químico de forrajes, el "análisis proximal" de Weende consiste de humedad, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, cenizas y ENN; y en el sistema de "fibra detergente" de Van Soest se reconoce la humedad, el contenido celular y los constituyentes de paredes celulares que a su vez pueden subdividirse en hemicelulosa, celulosa, lignina, sílica y otras cenizas insolubles. El sistema de Weende ha estado en uso por más de cien años. El de Van Soest, nuevo y probablemente todavía evolucionado, tiene cada día mayor acogida porque las fracciones corresponden más cercanamente a la realidad fisiológica de digestión en el animal rumiante, y por eso tienen mayor valor como indicadores de la utilización del forraje.

Otras determinaciones químicas - En el análisis químico del forraje existe una serie muy larga de otras determinaicones que se pueden hacer. Cada uno de los minerales puede ser analizado por separado, tarea que no es muy difícil para la mayoría de los minerales importantes, sobre todo si se dispone de los aparatos modernos de espectrofotometría por absorción atómica. De otra manera se puede utilizar métodos químicos, tales como los publicados por

Digitized by Google

el U.S. Plant, Soil and Nutrition Laboratory (1958; traducido al español por el Departamento de Nutrición, Universidad Nacional Agraria, Perú) y por Bateman (1970; en español).

De acuerdo a los fines del investigador él puede creer conveniente realizar otros análisis, por ejemplo el caroteno (precursor de la vitamina A), taninos, sustancias estrogénicas, ácido cianhídrico, etc. Todos estos factores y otros, influyen sobre el valor nutritivo de una manera u otra.

Cabe hacer mención de la determinación de la energía bruta por calorimetría, usando la bomba de oxígeno (ver Bateman, 1970). Las calorías de energía liberadas al quemarse la muestra son captadas en agua y medidas a través del aumento en la temperatura del agua. La energía bruta o calorías totales del alimento, no constituyen un dato de mucha aplicación porque no indica nada respecto a la utilización de la energía por el animal. La determinación de energía bruta es más bien el primer paso de estudios más profundos sobre la utilización de la energía. Normalmente se expresa la concentración de energía en términos de megacalorías (millones de calorías) por kilogramo de materia seca delalimento (Mcal/kg MS), una medida que aritméticamente equivale a kilocalorías (miles de calorías) por gramo de MS (Kcal/g MS).

Digestibilidad

Digestibilidad in vivo - Un método ahora clásico de la evaluación nutritiva es la determinación de la digestibilidad en animales. El concepto de digestibilidad es bien conocido. Se mide el consumo del alimento por el animal, se mide la cantidad excretada en las heces, y la diferencia representa la cantidad neta absorbida por el cuerpo. Por este método se determina la digestibilidad aparente, llamado así porque el único criterio de "indigestibilidad" es la aparición de nutrientes en las heces, no tomándose en cuenta la proporción de los nutrientes aparentemente no digeridos que en realidad tiene su origen de fuentes metabólicas endógenas, y no directamente del alimento consumido. Si se pudiera estimar la contribución endógena a las heces y restarla de la excreción total, se obtendría un valor de digestibilidad "verdadera".

Se calcula la "coeficiente de digestibilidad aparente" (CD) en la siguiente manera:

$$CD\ (\%) = \frac{C - E}{C}\ 100$$

donde C = cantidad consumida y E = cantidad excretada. La fórmula se explica para cualquier nutriente o fracción del alimento, por ejemplo para la materia seca (MS):

Digitized by Google

$$CD_{MS}\ (\%) = \frac{C_{MS} - E_{MS}}{C_{MS}}\ 100$$

y para la proteína:

$$CD_{P}\ (\%) = \frac{C_{P} - E_{P}}{C_{P}}\ 100$$

De la misma manera se puede calcular la digestibilidad de la materia orgánica, de los CPC, de la fibra cruda, del ENN, de la energía bruta, etc. etc.

El cálculo de coeficientes de digestibilidad es individual para cada animal en el ensayo, lo que implica colección y análisis de las heces de cada animal por separado, lo que hace que el número de análisis químicos que se realizan en cada ensayo sea elevado.

Nutrientes Digestibles Totales, "NDT" - Una vez concluído el ensayo de digestibilidad *in vivo* se puede calcular el valor de NDT del alimento. Para dicho cálculo se emplean los promedios de los coeficientes de digestibilidad en todo el lote de animales que han recibido el mismo tratamiento, y la composición química del alimento, en la siguiente fromula:

$$\%\ NDT = (\%\ \text{proteína cruda} \times \frac{CD_P}{100}) + (\%\ \text{fibra cruda} \times \frac{CD_F}{100}) +$$

$$(\%\ \text{extracto etéreo} \times \frac{CD_{EE}}{100} \times 2.25) + (\%\ ENN \times \frac{CD_{ENN}}{100})$$

Se considera el factor 2.25 para el EE porque dicha fracción tiene un valor energético mayor que las otras fracciones, al ser mayormente conformado por grasas.

El conocer el contenido de NDT de un alimento es muy útil para la elaboración de raciones, no solamente porque muchas de las tablas de requerimientos del ganado incluyen recomendaciones en términos de NDT? sino que la medida de NDT representa un estimado del valor de energía digestible y metabolizable. Sin embargo se reconoce que el sistema de NDT tiene fallas, sobre todo en casos extremos de raciones muy toscas (valores muy bajos de NDT) y de raciones de muy alta concentración de energía (valores muy altos de NDT). Es por esta impresición del sistema NDT como indicador de la energía utilizable, que cada día con mayor frecuencia se están aplicando los sistemas de energía neta.

Digestibilidad *in vitro* - Dado que es costoso en términos de tiempo y dinero realizar ensayos de digestibilidad en animales, en muchos laboratorios se han desarrollado métodos *in vitro* en los cuales se haceuna incubación del alimento con una pequeña cantidad

Digitized by Google

de "licor ruminal" sacado directamente del rumen de un vacuno y ovino, a través de una fístula instalada quirúrgicamente. Los métodos en uso difieren en algunos detalles, pero en todos se realiza la incubación de una cantidad conocida de muestra, en condiciones controladas de tiempo, temperatura, pH, etc., luego se pesa el residuo no digerido de la muestra. La diferencia representa la parte digerida por los microorganismos y la parte soluble en el medio de fermentación. Obviamente no se puede reproducir exactamente las condiciones del reumen del animal en un "rumen artificial", por eso los valores de digestibilidad in vitro no corresponden exactamente a los valores obtenidos in vivo. Pero como opinan Tilley y Terry (1968) quienes desarrollaron uno de los métodos in vitro más frecuentemente usados, la digestibilidad in vitro representa en sí un parámetro muy útil para fines de comparación de alimentos, sin la necesidad de tratar de predecir valores in vivo a partir de los in vitro.

El método in vitro que podría denominarse el "clásico", aunque fue publicado originalmente hace apenas 10 años, es el de Tilley y Terry (1963; publicado en español por Tapia y Fries de Tapia, 1966). Se trata de un método de dos estapas, la primera es de incubación con licor ruminal por exactamente 48 horas y la segunda es una digestión del residuo de laprimera, con pepsina. El residuo de las dos fases es reportado como porcentaje de la materia seca o de la materia orgánica de la muestra original, valores que se restan de 100 para calcular los respectivos porcentjes de materia seca o materia orgánica digerida. El valor de materia seca digerida que se obtiene puede ser aplicado para predecir la digestibilidad aparente in vivo de la materia seca, empleando la ecuación:

% Dig. MS in vivo = (0.99 x % Dig. MS in vitro) - 1.01

Esta predicción es aplicable entre el rango de 46 a 83% de digestibilidad in vitro de la materia seca, con un error standard de ± 2.31.

El libro editado por Paladines (1967) presenta una discusión bastante completa del método de Tilley y Terry y las aplicaciones que tiene, junto con una consideración de otros métodos in vitro.

Van Soest, Wine y Moore (1966) han propuesto una modificación del método de Tilley y Terry, reemplazando la segundo etapa de digestión con pepsina, por una extracción en una solución de detergente neutro. Estos autores presentan evidencia que el residuo no digerido en el método de Tilley y Terry contiene una proporción significante de material de origen bacteriano, que no necesariamente corresponde a la materia metabólica fecal de los ensayos in vivo. En la segunda fase del método de Van Soest et al, los residuos bacterianos son extraídos por los detergentes y la única materia que escapa la digestión en las dos etapas es la parte indigerible de las paredes celulares. El residuo no digerido es expresado como porcentaje de la materia seca en la muestra, valor que se resta de 100 para obtener un estimado de la digestibilidad verdadera de la materia seca in vitro.

Digitized by Google

Van Soest y otros autores como Jarrige (citado por Van Soest et al., 1966) han reportado que de los ensayos in vivo con vacunos y ovinos, todo el residuo de forraje que queda en las heces (olvidándose por el momento de la materia metabólica fecal) tiene su origen en las predes celulares y consiste mayormente de celulosa, hemicelulosa y lignina. Es por esta razon que la digestibilidad in vitro con el método modificado por Van Soest corresponde cercanamente a la digestibilidad verdaera (y no a la aparente) in vivo.

Si el investigador quiere hacer un estimado aproximado de la digestibilidad aparente, partiendo del valor de digestibilidad verdadera in vitro, se puede restar 12.9 del último valor en el caso de ovinos (Goering y Van Soest, 1970). El valor de 12.9 es una constante que tiene su origen en la ecuación Y = 0.98 X - 12.9 publicado por Van Soest (1967), donde Y = contenido celular aparentemente digestible in vivo y X = contenido celular total, ambos expresados como porciento de la materia seca total. En el caso de vacunos el factor de corrección no es constante sino varía de acuerdo a la regresión M = 36.57 - 0.275 X, donde M = materia metabólica fecal y X = la digestibilidad verdadera de la MS, estimada in vitro, y que da valores aproximados para M de 23.20, 17, 14.5 y 12 cuando X = 50, 60, 70, 80 y 90, respectivamente.

Otros métodos de estimar la digestibilidad - Además de los métodos de in vivo e in vitro ya descritos, otros métodos han sido propuestos por varios científicos. Uno que se puede citar es la "técnica de la bolsa de nilón" que se introduce al rumen a través de una fístula, donde se mide la desaparición de la muestra por digestión directa. Johnson (1969) ha descrito este método y otros que también funcionan a base de un sistema semiaislado dentro del rumen.

Tomando en cuenta las ventajas y limitaciones de todos los métodos disponibles hasta ahora, sería aparentemente recomendable pensar en el uso de ensayos in vivo acompañado por uno de los sistemas de análisis de digestibilidad in vitro. Así se está estudiando la utilización del forraje como parte de un sistema biológico real. De los ensayos in vivo se obtienen valores de NDT directamente aplicables en el racionamiento del ganado, utilizando las actuales tablas de requerimientos. Con el método in vitro se aumenta enormemente la capacidad de trabajo, hasta varios centenares de muestras al año. Si algunos de los forrajes, seleccionados estratégicamente, son analizados por ambos métodos, se gana más confianza en la extrapolación de los resultados de un sistema al otro.

Al usar un método que no considera la utilización total del forraje se corre el riesgo de no saber si se están tomando en cuenta todos los factores importantes, si es que algún factor desconocido podría estar cambiando los resultados. Es un riesgo que probablemente no se debe correr, hasta que se entiendan mejor todos los

Digitized by Google

factores queinfluyen en la digestibilidad de los constituyentes de paredes celulares y específicamente la utilización de la holocelulosa.

Digestibilidad vs Utilización Neta

Como se ha visto antes, en el concepto de digestibilidad sólo se toman en cuenta las pérdidas de nutrientes en las heces, sin considerar las otras vías no productivas de salida de nutrientes del cuerpo. Las pérdidas en la orina, en los gases que escapan de la vía digestiva, y en el calor producido por los procesos de digestión y metabolismo, también tienen que tomarse en cuenta cuando se habla de la eficiencia de utilización productiva de un alimento. Tales pérdidas de nutrientes pueden ser medidos en los ensayos de balance: balance de nitrógeno, balance de energía, balance de calcio u otros minerales. En tales ensayos se colecta la orgina además de las heces, luego se hace un estimado de las otras pérdidas al igual que de la cantidad de nutriente que está incorporado en el producto final. En este sentido el producto puede ser leche, carne, lana, crecimiento del animal, desarrollo delfeto, trabajo, o el mantenimiento del animal (en confinamiento o al pastoreo).

La energía metabolizable representa la fracción de energía que queda al restar las pérdidas en las heces, la orina y los gases que escapan de la vía digestiva (principalmente metano y anhidrido carbónico). Al restar las pérdidas adicionales que escapan en la forma de calor, se obtiene un estimado de la energía neta del alimento. La metodología de la determinación de energía neta es bastante complicada y costosa, por lo que pocos laboratorios del mundo cuentan con las facilidades necesarias para hacerlo.

De acuerdo al producto animal bajo consideración (leche, carne, etc.) la eficiencia neta de utilización dela anergía metabolizable es diferente. Es decir que la cantidad de calorías utilizadas como calor de metabolismo es diferente. Para ganado de carne, los factores de eficiencia de utilización de la anergía metabolizable varía a medida que cambia la proporción forraje/concentrado en la ración, de acuerdo a los siguientes valores:

Por ciento de con centrados en la ración	Eficiencia para mantenimiento (%)	Eficiencia para ganancia (%)
0	58	32
30	61	37
50	63	40
75	65	44
95	67	48

Fuente: NAS-NRC (1970)

Digitized by Google

Se nota de estos valores quela eficiencia de utilización neta de una ración es menor con mayores proporciones de forraje en la ración, y también hay menos pérdidas de calor metabólico en un animal que sólo recibe una ración de mantenimiento, comparado con raciones de engorde.

Una de las grandes desventajas del uso del sistema de NDT para balancear raciones, es que no se toman en cuenta las diferencias en la utilizacoión neta de nutrientes digeridos. Es por eso que hoy en día hay una tendencia de reemplazar el sistema de NDT por uno de los sistemas que tienen como base la energía neta.

Lofreen y Garrett (1968) son los autores del sistema de energía neta para mantenimiento (EN_M) y energía neta para ganancia (EN_G) ahora aplicados por la NAS-NRC (1970) en los cálculos de requerimientos energéticos para ganado de carne y en la evaluación energética de los alimentos. En este sistema se calcula el requerimiento de EN_M como función del tamaño metabólico ($P^{0.75}$, donde P = peso vivo del animal). De igual modo se aplica una ecuación de regresión que incluye la ganancia diaria, el cuadrado de la ganancia, y el tamño metabólico como variables independientes, para calcular requerimientos de EN_G. Los constantes de regresión para calcular EN_G son diferentes para vaquillas y novillos.

En los grandes corrales de engorde en los EE.UU. se está aplicando el sistema de energía neta en lugar del sistema de NDT, sin embargo, los requerimientos en términos de EN_M y EN_G pueden ser convertidos a NDT al aplicar los factores de eficiencia de utilización de la energía metabolizable, arriba expuestos y el término constante de 3.6 Mcal* de energía metabolizable por cada kilogramo de NDG (Crampton y Harris, 1969). El uso de una constante es justificado en vista del hecho que las pérdidas en la orina y los gases de digestión se mantienen en promedio, en una proporción constante en relación a la energía digestible de la dieta. Para los forrajes, el valor de energía metabolizable es alrededor de 82% de la energía digestible, y se convierte NDT a energía digestible con el factor de 4.4 Mcal de energía digestible por cada kilogramo de NDT.

La aplicación delos conceptos de energía neta en la alimentación de vacunos de leche es aún más reciente, hace pocos meses la NAS-NRC (1971) ha publicado standars de alimentación de vacunos de leche, elaboradas a base de la energía neta para vacas lactantes

---

* La NAS - NRC (1970) aplica el factor más preciso de 3.6155 Mcal de energía metabolizable por cada kilogramo de NDT.

Digitized by Google

(EN_L). Los trabajos realizados en la Estación Experimental del Departamento de Agricultura en Beltsville, Maryland, EE.UU., son los que están dando mayor impulso a la posibilidad de expresar los requerimientos y el valor energético de alimentos en términos de EN_L (ver Moe y Flatt, 1969, Tyrrell et al., 1971, y Moe y Tyrrell, 1972).

Debido a la mayor precisión de los sistemas de racionamiento calculado a base de la energía neta específicamente medida para el sistema de producción en que se está trabajando, el uso de EN_M, EN_G y EN_L va a ser cada día más común. Lógicamente, el sistema ideal de evaluación nutritiva de alimentos, necesita tener la capacidad de predecir valores de energía neta, sino se les puede medir directamente. Hasta el momento no existe la posibilidad de hacer tales predicciones con un altogrado de precisión, sin embargo, el asunto es de tanta importancia que se puede estar seguro que la atención de muchos investigadores va a estar dirigida hacia ese fin en los años próximos.

Importancia del consumo voluntario de forrajes por los animales

Es obvio que el forraje más nutritivo desde el punto de vista de su composición de nutrientes tiene muy poco valor si por razones X o Y el ganado lo come muy poco. Por ello la importancia del concepto de consumo voluntario como una medida del valor nutritivo de un forraje.

Por consumo voluntario se entiende, la cantidad de materia seca de un forraje que el animal puede ingerir en condiciones normales y con un suministro ad libitum. El consumo voluntario de un forraje es influído por una serie de factores inherentes al animal y otros ajenos a él, entre ellos se puede mencionar el estado productivo del animal, el nivel de concentrados en la ración, la temperatura y humedad del medio ambiente, la palatabilidad del forraje y el contenido total de la fracción pared celular.

La metodología de la determinación del consumo voluntario fue el tema de un trabajo publicado en los anales de la Primera Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros (Johnson, 1970) por lo cual no es necesario repetirlo. Sin embargo, no está demás volver a enfatizar la importancia de tal tipo de estudio, sobre todo para los sistemas intensivos de producción animal a base de forrajes cultivados.

III. Interrelaciones entre Varios Aspectos del Valor Nutritivo

En el Acápite anterior se ha discutido los cuatro aspectos fundamentales de la evaluación nutritiva: la composición química, es decir el contenido de nutrientes o fracciones nutritivas que se encuentran en el forraje; la digestibilidad del alimento por el animal; el grado de utilización neta de los nutrientes digeridos; y el consumo voluntario del forraje, que dtermina la cantidad de cada nutriente que el animal puede ingerir. A continuación se discute

Digitized by Google

brevemente algunas de las interacciones más importantes que existen entre los varios aspectos del valor nutritivo, subrayando el peligro que existe al considerar sólo uno de ellos aislado de los otros.

En la categoría de "interrelaciones" se puede empezar con un hecho obvio, que si todos los nutrientes que el animal necesita no están presentes en la dieta, en las cantidades y proporciones óptimas, la eficiencia productiva es reducida. De una docena o más de los nutrientes esenciales, varios podrían estar presentes en niveles sub-óptimos, pero sólo uno puede ser el factor limitante en un momento determinado. Si se detecta y se corrige la deficiencia de todos los nutrientes menos el que más está limitando la producción, es muy probable que no se mejor la productividad del animal en forma significativa. En cambio si se corrige la deficiencia del factor más limitante sin cambiar los niveles de los otros nutrientes sub-óptimos, se mejorará la productividad en algo pero no hasta el máximo posible. En la nutrición de las especies rumiantes en el Perú, es la energía de la ración la que con mayor frecuencia causa problemas de este tipo.

Otra categoría de interrelación se manifiesta cuando la presencia o ausencia de un factor nutricional o constituyente químico determina una reducción en la digestibilidad o consumo del forraje. En rumiantes, son de suma importancia pero hasta el momento poco entendidas las interacciones que existen entre varios factores químicos presentes en los forrajes, el ritmo de pasaje del alimento por el sistema digestivo, la cantidad de forraje consumido, el ritmo de digestión del forraje ingerido y la proporción del forraje que llega a ser aprovechado por el animal. En las secciones que siguen se presenta una discusión de las interrelaciones más importantes que han sido reportadas con respecto a la digestibilidad y el consumo y los factores que podrían limitar estos dos aspectos de la utilización en el animal.

Factores que limitan la digestibilidad

De mucha significación en la utilización de forrajes son la lignina y la sílica, componentes cuyo efecto negativo sobre la digestibilidad de los otros constituyentes ha sido demostrado en ciertos casos. También tiene el mismo efecto la cutina, componente de la cáscara de semillas, cuya utilización es limitada por el efecto incrustante de la cutina que limita el acceso de las enzimas digestivas a las partes internas (demuy alto valor nutricional) de la semilla (Van Soest, 1969).

Lignina - Químicamente la lignina es un polímero tri-dimensional modificado de unidades de fenilpropano aromático (Van Soest, 1969). Existe evidencia que prácticamente 100% de la lignina ingerida es recuperada en las heces, lo que implica coeficiente de digestibilidad de casicero (Van Soest, 1965). Antiguos reportes en la literatura de una digestión parcial de la lignina, podrían explicarse por la temperatura demasiado alta de secado de muestras y el resultante sobre-estimado del contenido de lignina en el forraje (pero no en las heces).

Digitized by Google

Además del hecho que la lignina en sí no se aprovecha, esta fracción tiene una influencia negativa sobre la digestibilidad de la fracción fibrosa de la planta. El mecanismo de acción de la lignina es todavía discutido, lo cierto es que existe interrelación entre la lignina y la utilización de otras fracciones.

Según Van Soest (1965) el parámetro importante es la proporción entre lignina y la fibra detergente ácido (L/FDA). El encontró una correlación de -.96 entre esa proporción y la digestibilidad in vivo de la fibra cruda. Posteriormente Van Soest (1967) encontró correlaciones altamente significativas entre la digestibilidad aparente de las paredes celulares y la proporción L/FDA (r = -.95) o el logaritmo de la proporción L/FDA (r = -.98). En el Perú se ha demostrado correlaciones relativamente altas entre la proporción L/FDA y la digestibilidad verdadera de la M.S. (estimada in vitro) en 53 muestras de pasto elefante (r = -.62; J. Guerrero, tesis en preparación, La Molina) y en 20 muestras de alfalfa verde de diferentes edades al corte (r = -.75; Maguiña, 1971) pero no en 23 muestras de heno de alfalfa (r = -.11; Ramos, 1971). Estos resultados en alfalfa verde y pasto elefante comparan favorablemente con las correlaciones publicadas por Van Soest y Jones (1968) entre la proporción L/FDA y la digestibilidad aparente in vivo de la M.S., en leguminosas (r = -.72) y gramíneas (r = -.61).

De estos resultados se concluye que la lignina es componente no deseable en los pastos, y tanto la selección de variedades como el sistema de manejo debe ser orientado hacia la minimización de su contenido.

Sílica - Van Soest y Jones (1968), en un estudio de cinco gramíneas de zona templada, reportaron que cada unidad de sílica en la materia seca era asociada con una correlación altamente significativa de -.78. El hecho que la reducción en la digestibilidad fuese mayor que el aumento en el contenido de sílica, indicaba un efecto limitante de la sílica sobre la digestibilidad de los constituyentes orgánicos, pero al igual que en el caso de lignina, no se sabe como opera tal efecto.

Smith et al. (1971a, b) han confirmado la importancia de la sílica, en dos estudios donde se demostró el efecto inhibidor de la sílica sobre la digestibilidad in vitro de la fibra.

En el análisis del contenido de sílica es importante distinguir entre la sílica que verdaderamente es constituyente de la planta y la sílica que procede de la contaminación de la muestra con suelo. La sílica que no es parte de la estructura de la planta no tiene el mismo efecto negativo sobre la digestibilidad. La apariencia física del residuo insoluble en detergente ácido, que queda del análisis para lignina y celulosa, es un índice de la posible presencia de contaminantes.

Otro aspecto del problema de la sílica es el hecho que una porción variable es soluble en el detergente neutro utilizado en el análisis de paredes celulares. Sin embargo esta fracción es insoluble al hervir la muestra con detergente ácido. Es posible que

Digitized by Google

los dos tipos de sílica tengan diferentes efectos sobre la utilización del pasto, hecho que podría tener especial significancia en algunas gramíneas tropicales de alto contenido total de sílica.

Algunas especies tienden a acumular sílica en proporciones mucho mayores que otros. El arroz es un buen ejemplo de una especie acumuladora. La paja de arroz contiene hasta 13-14% de sílica y la cáscara contiene más de 20% (base 100% M.S.; Van Soest, 1970). Factores de suelo pueden influir sobre el contenido de sílica en una misma especie forrajera, comoha sido demostrado en forrajes tropicales de Puerto Rico (Van Soest, Abruña y Caro Costas, datos no publicados).

Existe evidencia que una fase de crecimiento rápido de la planta es acompañada por una dilución del contenido de sílica (Van Soest, 1970 a, y J. Guerrero, tesis en preparación, La Molina). Por eso es de esperarse que el contenido de sílica no mostrará una relación uniforme con la madurez de la planta. Otra observación de Van Soest (1970 b) es que en muestras de gramíneas procedentes de diferentes lugares (la misma especie o diferentes), los bajos contenidos de sílica tienden a compensarse por altos contenidos de lignina, y que la suma de los dos componentes es un mejor indicador de la digestibilidad que cualquiera de ellos por separado.

Es obvio de esta discusión, que la sílica será objeto de estudios muchos más intensivos en el futuro.

Factores que limitan el consumo voluntario

Consumo y digestibilidad - Por muchos años se ha reconocido la interrelación entre la digestibilidady el consumo de forrajes. Uno de los varios experimentos que han demostrado esto, fue el de Stone et al. (1960) en que se obtuvo los siguientes resultados con forraje henificado, en el estado de New York (EE.UU). En este experimento el forraje fue más maduro a medida que avanzaban las fechas de corte.

Fecha de corte	Consumo diario de M.S. (Kg/100 kg peso	Digestibilidad de M.S. (%)
3 - 4 junio	2.7	67
9 - 10 junio	2.6	63
11-12 junio	2.4	66
14-15 junio	2.4	63
15-18 junio	2.3	58
1 - julio	2.3	53
5 - 8 julio	2.1	52
7 - julio	2.1	52
9 - julio	2.0	52

La estrecha correlación entre la digestibilidad de los henos y la cantidad voluntariamente consumida por los vacunos es muy notoria.

Digitized by Google

Conrad et al.(1964) y Montgomery y Baumgardt (1965) descubrieron que la correlación estrecha entre el consumo y la digestibilidad de la ración es más notable en raciones de baja y media concentración de energía utilizable, pero que en las raciones que contienen más de 56% (Montgomery y Baumgardt) ó 67% (Conrad et al.) de materia seca digestible, tal relación ya no existe. La explicación estaría en la limitación física del sistema digestivo para procesar las raciones que contienen menos de 60-65% de M.S. digestible. A medida que la digestibilidad declina por debajo de ese límite, la tasa de desaparición de los productos de la digestibilidad y la tasa de pasaje del material no digerido son reducidas, con el resultado de una menor disponibilidad de espacio en el rumen para acomodar un mayor consumo. En cambio, si la ración total es más de 60-65% digestible, el animal funciona más como un monogástrico, en el sentido de que otros factores controlan el apetito o consumo potencial, y el factor "capacidad física" ya no tiene tanta importancia.

Constituyentes de paredes celulares - Van Seoest (1965) publicó datos que cuantifican la relación entre el consumo voluntario y la concentración de varios constituyentes de pared celular (CPC). Lógicamente la correlación entre el total de CPC y el consumo voluntario fue negativa (r = -.72 y r = -.65 en los diferentes experimentos). Respaldando las conclusiones de Conrad et al.(1964) y Montgomery y Baumgardt, (1965) Van Soest encontró que la correlación era más estrecha en los forrajes de alto contenido de pared celular. El punto crítico es más o menos 60% de CPC (base 100% M.S.), encima de este valor la relación es más estrecha, o sea que el contenido de CPC influye más sobre el consumo. De esto se concluye que en lo posible se debe cosechar un forraje cuando el contenido de CPC no sea mayor de 55-60%.

Lignina - En algunos forrajes, sobre todo los de alta proporción de CPC, el contenido de lignina parece ser un indicador de la cantidad de forraje que el animal puede consumir. En el pasto sudan (Sorgo sudanensis) , por ejemplo, Van Soest (1965) encontró un alto grado de correlación (r = -.89) entre la lignina y el consumo voluntario. En Dactylis glomerata la correlacion encontrada también fue alta (r = -.76). En alfalfa, por otro lado, el coeficiente de correlación no fue significativo (r = -.02), lo que se explica por el relativamente bajo contenido de CPC total en la alfalfa (y en otras leguminosas), comparada con las gramíneas.

Proteína - Investigadores australinaos (Milford y Minson, 1963-64) han acumulado evidencia que niveles muy bajos de proteína en forrajes y pasturas muy maduras, están asociados con una reducción en el consumo. El punto crítico está alrededor de 7% de proteína (base 100% M.S.), nivel que corresponde a la necesidad mínima de proteína para mantenimiento del peso corporal del animal. Cuando la proteína está encima de 7% no existe correlación entre el consumo y el contenido protéico, pero por debajo de ese contenido se ha demostrado una correlación significativa. Una posible explicación sería que el animal no consume suficiente proteína para mantener un funcionamiento normal de la población microbiana del rumen. Otra

Digitized by Google

explicación, que tendría que comprobarse experimentalmente, es que los niveles bajos de proteína están asociados con niveles altos de CPC y que es esta última fracción la responsable en la limitación de la capacidad de consumo del animal.

IV. Métodos de Análisis Químicos, sus Ventajas y Desventajas y la Utilidad de los Datos Obtenidos

Habiendo discutido las diferentes medidas del valor nutritivo y algunas delas interrelaciones entre ellas, ahora se pasa a una consideración de los análisis químicos que se realizan con mayor frecuencia en la evaluación nutritiva, algunas de sus ventajas y desventajas y la utilidad de la información obtenida. Primero se discute los métodos más comunes de determinación de humedad, por ser la fracción que con mayor frecuencia se analiza. Luego se habla de los análisis de proteína y constituyentes de paredes celulares y de las predicciones del grado de utilización del forraje que se pueden hacer con los valores obtenidos.

Los análisis de humedad y materia seca

El contenido de agua en forrajes, puede varias desde 5 hasta 90 por ciento. En los pasos frescos, cosechados al óptimo estado de crecimiento, el contenido de humedad normalmente fluctúa entre 70 a 85%. Es el agua entonces, quien representa el componente químico mayoritario. Refiriéndonos a la materia seca, el rango de 15 a 30% representa una posible variación de 100% en la fracción que lleva todos los nutrientes y los factores que favorecen o limitan su utilización. Es poco sorprendente pues, que el primer análisis de laboratorio que se realiza en la investigación forrajera, sea la determinación de humedad. Son embargo, hay muchos factores que afectan los resultados de esta determinación, los que a veces no reciben la atención que merecen.

Se refiere al hecho que el forraje recién cosechado está sujeto a una serie de cambios en su composición, tanto de humedad como de los constituyentes de la materia seca. Esto es debido a que los procesos vitales no se detienen al momento de cortar el pasto, sino que los tejidos de la planta siguen "vivos" hasta que hayan perdido suficiente agua para "morir". Mientras tanto el catabolismo y la respiración continúan, con la correspondiente pérdida de carbohidratos. También el forraje comienza a marchitarse a un ritmo variable que depende de la temperatura y humedad relativa del aire y del movimiento del mismo alrededor de la muestra. Simultáneamente se inicia la deterioración gradual de los tejidos por fermentación y putrefacción.

Todos estos procesos determinan cambios significativos en el contenido de agua y la composición química de la muestra. Por ello la importancia de no perder tiempo en procesar las muestras para el análisis de humedad, y de tomar toda las precauciones para evitar cualquier cambio de composición en las muestras que van a someterse a otros análisis.

Digitized by Google

El método tradicional de determinar el contenido de agua es el secado de la muestra en una estufa a temperatura elevada, de preferencia con ventilación forzada. Según las indicaciones de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales de los EE.UU. (AOAC, 1960) la temperatura de secado debe ser a los 105°C y por suficiente tiempo para permitir a la muestra llegar a peso constante. Se pesa la muestra en su estado verde e inmediatamente después de sacarla de la estufa: la diferencia sirve como un estimado del contenido de agua.

La principal ventaja del método es su rapidez y sencillez. Por otro lado tiene la desventaja de que a una temperatura tan alta se pierden otras sustancias volátiles junto con el agua, lo que conduce a errores que en algunos casos (forrajes ensilados, por ejemplo) podrían ser graves. otro problema es la reacción química que ocurre entre parte de las proteínas y carbohidratos, lo que limita la precisión de los análisis químicos que se realizarían sobre el residuo de la misma muestra.

Cuando se piensa utilizar una sola muestra para la determinación de humedad en estufa y para posteriores análisis químicos, es recomendable utilizar una temperatura de secado de alrededor de 60°C. El tiempo de secado es mayor, sobre todo en estufa sin ventilación forzada, pero los resultados están sujetos a menos errores. Por otro lado no se llega a secar la muestra por completo, lo que hace necesario una segunda etapa en la determinación de humedad. Una reciente publicación de la Universidad de Florica (Harris 1970 a) incluye un resumen en español del método de determinación de humedad en dos etapas que ha sido publicado por Harris (1970 b). De manera breve, los pasos del método son los siguientes:

1. Se pesa la muestra fresca y se coloca en estufa ventilada a 60°C.

2. El tiempo de secado es lo suficiente para bajar el contenido de agua al punto de garantizar una buena conservación de la muestra (10-15%), guiándose por el tacto.

3. Al retirar la muestra de la estufa se deja orear por 48-72 horas para equilibrarse con la humedad del ambiente. Las muestras mientras orean tienen que ser protegidas de cualquier contaminación.

4. Se pesa la muestra oreada. Este peso se llama "secado al aire".

5. Se procede a la molienda y submuestreo. La submuestra es colocada en un recipiente herméticamente sellado hasta el momento de realizar las determinaciones de laboratorio.

6. Parte de la submuestra es sometida a la segunda etapa de la determinación de humedad, en estufa de vacío a la temperatura de 80°C o en estufa sin vacío de 105°C, por una noche. El porcentaje de materia seca obtenido sirve para corregir el primer

Digitized by Google

valor (el de"secado al aire") y así obtener el verdadero contenido de materia seca en la muestra fresca. El mismo porcentaje de M.S. del segundo secado sirve para expresar todos los otros análisis en base de 100% M.S.

Además del secado en estufa, otro método frecuantemente utilizado para determinar el contenido de M.S. en forrajes verdes es la destilación con tolueno, método que ha sido descrito por el autor en la publicación del Primer Curso de Megodología de Investigación en forrajes, La Molina (Johnson, 1970). La destilación con tolueno es bastante rápida y exacta y tiene la ventaja de que se mide directamente el volumen de agua en la muestra. La principal desventaja es que el tamaño de muestra es muy pequeño, lo que hace difícil el obtener una muestra representativa de los forrajes de tallo muy gureso. Además la destilación con tolueno no es muy exacto en forrajes ensilados, al menos que se corrija el resultado por el contenido de sustancias volátiles (ácidos grasos de cadena corta) que pasan con el agua.

El mejor procedimiento de secar muestras de forraje para análisis posteriores es la liofilización, un proceso de dos etapas que involucra una congelación de la muestra en vacío, con la consiguiente sublimación del agua, luego en la segunda etapa se aplica calor (siempre en vacío) para terminar el secado. Así se seca la muestra totalmente sin daño alguno a los otros componentes químicos. Desgraciadamente el equipo de liofilización es demasiado costoso para la mayoría de los laboratorios.

Existen otros métodos interesantes que no se pueden describir en detalle aquí. Sin embargo, tal vez cabe mencionar un método de campo, que consiste en hervir la muestra en aceite sobre una fuente de calor (leña, carbón, o también el motor de un tractor o camioneta). Se pesa la muestra (0.5-1.0 kg), luego se coloca en un recipiente con aceite de cocina. Se pesa el conjunto (recipiente, aceite y muestra) antes y después de hervido, El tiempo de hervido es corto (15-30 minutos) y es lo suficiente para llegar a peso constante. La pérdida de peso representa la cantidad de agua que contiene la muestra.

El análisis de proteína cruda

El método Kjeldahl, procedimiento clásico de análisis de proteína, es en realidad una determinación del contenido de nitrógeno. Dado que la proteína de tejidos vegetales contiene en promedio 16% de nitrógeno, se puede estimar el contenido de proteína al multiplicar el porcentaje de nitrógeno por 6.25. Así se obtiene el contenido de proteína cruda, en la que no se diferencia entre la proteína verdadera y las sustancias nitrogenadas no-protéicas.

Existen dos variantes del método Kjeldahl, el macro y el micro. Cualquiera de los dos métodos pueden ser empleados para el análisis del nitrogeno de forrajes, sin embargo el método de preferencia es

Digitized by Google

el macro porque en él se puede usar un mayor volumen de muestra. Por supuesto que el equipo es más costoso y que se gasta más en reactivos, pero esto se compensa por la mayor precisión que se obtiene. Si es necesario usar el micro Kjeldahl, se aconseja el análisis en triplicado para compensar en parte los posibles errores de muestreo debido al pequeño tamaño de sub-muestra.

En la preparación de las muestras para el análisis de nitrógeno se debe tomar en cuenta la posible presencia de compuestos nitrogenados no protéicos que se perderían por volatización al secar la muestra a altas temperaturas. Para los materiales en que puede presentarse este problema, es aconsejable realizar el análisis sobre muestras frescas, las que pueden conservarse en estado congelado. En las heces del ganado (colectadas en ensayos de digestibilidad) y en ensilajes, este tipo de pérdida puede llegar a niveles significativos, como ha sido indicado por Juko et al (1961) quienes calcularon una ecuación de regresión de $Y = 1.13X + 0.12$ entre la proteína cruda de heces húmedas (Y) y secas (X).

Existe mucha evidencia que la proteína cruda es una de las fracciones de "uniformidad nutritiva", es decir que el contenido verdaderamente digestible es una función constante del contenido total. La importancia de esto es que al saber el porcentaje de proteína cruda se puede predecir con bastante precisión el grado de aprovechamiento que tendrá.

Van Soest (1967) encontró una digestibilidad verdadera de 93% para la proteína cruda en 19 especies forrajeras, con una desviación estandard muy baja (± 3.1%) y una correlación muy alta entre la proteína total y la proteína verdaderamente digestible ($r = 0.99$). Meyer y Jones (1962) también encontraron una correlación de 0.99 entre la proteína cruda y proteína digestible, en 43 diferentes muestras de alfalfa.

Varios autores han publicado ecuaciones de predicción de la proteína aparentemente digestible (Y) en función de proteína total (X). Algunas de las ecuaciones son expuestas a continuación. En todas el coeficiente de regresión representa la digestibilidad verdadera de la proteína y el término constante representa el nitrógeno fecal endógeno x 6.25, expresado como por ciento de la materia seca consumida . La gran uniformidad del valor de estos parámetros en todas las ecuaciones es muy notoria:

1. $Y = 0.93X - 3.5$ (Holter y Reida, 1959)
2. $Y = 0.93X - 3.1$ (Elliott et al, 1961)
3. $Y = 0.93X - 3.6$ (Baumgardt et al., 1962)
4. $Y = 0.93X - 2.9$ (Lucas, citado por Stallcup y Davis, 1962)
5. $Y = 0.915X - 3.5$ (Stallcup y Davis, 1962)
6. $Y = 0.916X - 3.1$ (Meyer y Jones, 1965).

Stallcup y Davis aplicaron las ecuaciones 1, 4 y 5 a los datos obtenidos en un estudio de 30 gramíneas, encontrando desviaciones estandard de 2.9, 3.2 y 3.0, respectivamente. Los coeficientes

Digitized by Google

de correlación entre la proteína digestible observada y la calculada con el uso de las tres ecuaciones fueron: 0.96, 0.95 y 0.96, respectivamente.

No todos los informes en la literatura coinciden exactamente con las seis ecuaciones citadas, sin embargo la tendencia está claramente establecida. La poca variación que existe entre los coeficientes de regresión citados dan bastante respaldo a la conclusión que alrededor de 91-93% de la proteína cruda que el animal ingiere, es digerido. Alrededor de 7% o prácticamente toda la fracción no digerida, está representado por el nitrógeno que se encuentra en combinación con la lignina y que de ninguna manera estará disponible al animal (Van Soest, 1967).

Que la digestibilidad aparente de la proteína cruda es siempre menor de 90%, se debe al nitrógeno fecal de fuentes endógenas. La poca variación entre los valores del intercepto de las ecuaciones citadas (todos caen dentro del rango de 2.9 - 3.6) indica que el nitrógeno fecal endógeno es prácticamente constante. Gran parte del nitrógeno fecal tiene su origen en las bacterias del rumen y es de una forma tal que resiste a la digestión por pepsina que ocurre en el abomaso o estómago verdadero (Van Soest, 1967).

Todos estos resultados indican la factibilidad de usar el valor de proteína cruda como indicador del valor neto de la fracción protéica. Las situaciones donde esto no es cierto son debidas a factores ajenos al forraje, tales como la clase de animal que se está alimentando, el efecto complementario de otras proteínas en la ración, y la proporción entre proteína y energía. De todas maneras la proteína cruda es una determinación mucho más sencilla y menos sujeta a error que la proteína digestible. Estos factores han contribuído a la conclusión de muchos nutricionistas, que es tal vez preferible basarse en el criterio de proteína cruda que en la proteína digestible, en el balanceo de raciones para el ganado.

El análisis de constituyentes de paredes celulares

Contenido celular - Los solubles del análisis con detergente neutro constituyen la fracción llamada "contenido celular". Esta fracción es otro ejemplo de una entidad que posee "uniformidad nutritiva", es decir que su digestibilidad es constante, sobre todo en los pastos. La digestibilidad verdadera del contenido celular es prácticamente completa, porque consiste de sustancias que son digeridas por acción directa de las enzimas digestivas que el animal mismo produce. Van Soest (1967) en un estudio de 11 gramíneas, 8 leguminosas y 3 concentrados, demostró una digestibilidad verdadera (promedio) de 98%, con desviación estandard de + 2.5 y correlación de 0.99 entre el contenido celular total y la fracción digerida.

La digestibilidad verdadera es significativamente reducida sólo en casos muy especiales, por ejemplo en granos o semillas enteras cuya cáscara cutinosa los protege contra la digestión, o también

Digitized by Google

cuando hay un consumo elevado de raciones que contienen una alta proporción de concentrados. En este caso se provoca un acelerado pasaje de los alimentos por el sistema digestivo.

La digestibilidad aparente del contenido celular es menor de la verdadera porque hay materia soluble en detergente neutro en las heces. Pero no existe ninguna identidad química entre la materia fecal soluble y el contenido celular. En ovinos, la excreción de materia endógena soluble en detergente neutro es alrededor de 12.9% de la materia seca ingerida, una proporción que aparentemente se mantiene prácticamente constante. En bovinos la figura cambia y la excreción endógena es función del nivel de consumo, es decir que un mayor nivel de consumo es acompañado por una mayor proporción de materia soluble en detergente neutro en las heces.

Aceptando que el contenido celular es casi siempre aprovechado en su totalidad, suele prestarse mayor atención a los constituyentes de paredes celulares, algunos de los cuales son parcialmente digestibles en rumiantes debido a la acción de los microorganismos del rumen, y otros que son inaprovechables.

Lignina - La lignina, como ha sido mencionado, es prácticamente indigestible (Van Soest, 1967). La pendiente de regresión del contenido digestible de lignina sobre el contenido total es -2% con un error estandard de 3.7, lo que indica un grado de aprovechamiento no significativamente diferente a cero.

Varios investigadores han hecho el intento de utilizar la lignina como indicador de la digestibilidad de otras fracciones. En los estudios publicados, la correlación negativa entre lignina y el valor nutricional del forraje parece ser mayor cuando se trata de observaciones en una especie forrajera en un solo ciclo de crecimiento, lo que es lógico si se toma en cuenta que el contenido de lignina aumenta con el avance de madurez. El grado de asociación es menor cuando se incluyen observaciones de varios cortes del mismo pasto, o cuando se comparan varias especies. Evidencia para esta conclusión ha sido publicado por Allison y Osbourn (1970), quienes reportaron un coeficiente de correlación de -0.97 entre el contenido de lignina y la digestibilidad aparente de la materia seca (determinada en ovinos) en 8 muestras de *Lolium perenne* diploide tomadas de un solo ciclo vegetativo; una correlación de -0.89 entre los mismos parámetros en las mismas 8 muestras más 8 muestras de *Lolium* tetraploide también de un solo ciclo vegetativo; y una correlación de -0.79 cuando se reunieron las mismas 16 observaciones con 4 adicionales de *Lolium* y 9 que representaron dos leguminosas.

Similares resultados han sido obtenidos con la alfalfa en el Perú. Maguiña (1971) encontró una correlación de -0.84 entre la lignina y la digestibilidad verdadera de la materia seca (estimada *in vitro*) en 20 muestras de alfalfa cortadas desde 10 hasta 100 días de edad, en el mismo campo y durante la misma estación (verano). Ramos (1971), por el otro lado, reportó una correlación

Digitized by Google

de -0.55 entrelos mismos dos parámetros en 23 muestras de heno de alfalfa tomadas al azar de varios establos de Lima, muestras que fueron mucho más heterogéneas que las de Maguiña.

La mejor evidencia hasta el momento indica que la lignina juega un papel importante en la utilización del forraje y que su contenido es un indicador general de la calidad, pero será necesario realizar estudios mucho más profundos antes de poder cuantificar exactamente su influencia.

Sílica - Al igual que la lignina, la sílica (SiO_2) es un componente que aparentemente no cumple ninguna función positiva en la nutrición del animal y que tiene un efecto negativo sobre la utilización de otros componentes. Ultimamente se ha tratado de incluir la sílica como uno de los factores para la predicción de la digestibilidad.

La "ecuación sumativa" de Van Soest ha sido desarrollada con la idea de predecir la digestibilidad como función de los constituyentes de paredes celulares (ver Goering y Van Soest, 1970). Al incluir el término de -3.0 x % sílica, se elevó el coeficiente de determinación (R^2) de 0.46 a 0.79 en una regresión de la digestibilidad *in vivo* sobre la ecuación sumativa en 49 forrajes estudiados por Van Soest y Jones (1968). La ventaja de la corrección para sílica fue especialmente notable en gramíneas, no siendo importante en el caso de leguminosas de muy bajo contenido de sílica.

A pesar del hecho que la sílica ha sido olvidada hasta años muy recientes, y que todavía no se conoce la magnitud de su influencia, ni como actúa; sería conveniente incluirlo como uno de los análisis rutinarios, ya que representa una fracción que va a recibir mayor énfasis en el futuro.

Celulosa y hemicelulosa - Estas dos fracciones que representan el 40-60% de la materia seca de muchos forrajes, son parcialmente digeridas en rumiantes, por la acción de los microorganismos del rumen.

La celulosa y su digestibilidad ha sido objeto de mucha investigación (ver Rosoff *et al.*, 1961 y Keys *et al.*, 1969). La hemicelulosa no ha sido estudiada tan intensivamente, posiblemente porque su solubilidad en ácidos y bases de baja concentración ha hecho que tradicionalmente haya sido incluída mayormente en el extracto no nitrogenado. Sin embargo se ha demostrado que en algunos forrajes la hemicelulosa tiene una digestibilidad menor que la celulosa (Van Soest, 1967).

Que la celulosa y hemicelulosa no son fracciones nutricionalmente uniformes ha sido demostrado por Van Soest (1967) en un estudio de 19 gramíneas y leguminosas, en que se encontró una digestibilidad verdadera de 50 ± 13.5% para la celulosa y 79 ± 6.7% para la hemicelulosa. Los valores elevados de las desviaciones estandards indican la falta de homogeneidad. Sin embargo Van Soest ha propuesto que se considere la holocelulosa (suma de celulosa más hemicelulosa) como entidad de otra clase de uniformidad, en el sentido de que representa la fracción total de carbohidratos

Digitized by Google

estructurales parcialmente disponibles y cuya disponibilidad depende de la lignificación y otras características estructurales de la pared celular. Una de las "otras característica" podría serla naturaleza deuna unión química de algunos componentes de la hémicelulosa con la sílica.

La falta de uniformidad nutricional es particularmente notable en la celulosa. En el mismo estudio de Van Soest (1967) la correlación entre el contenido total de celulosa y el contenido de celulosa digestible era 0.67, demasiado baja para fines de predicción. Este resultado es un tanto sorprendente en vista que la celulosa es una entidad químicamente uniforme. La verdad es que hasta ahora no existe ningún método químico que sirva para distinguir entre la celulosa digestible y la celulosa indigestible.

En el mismo estudio se encontraron coeficientes de correlación de 0.93, 0.90 y 0.96 entre la digestibilidad aparente in vivo de la celulosa, hemicelulosa y holocelulosa, y el logaritmo de la proporción lignina/fibra detergente ácido, respectivamente. La alta correlación en el caso de holocelulosa ha contribuído a justificar el uso del log L/FDA como factor de predicción de la digestibilidad de las paredes celulares en la "ecuación sumativa" que Van Soest ha presentado en varias de sus publicaciones,

Fibra detergente neutro - La fibra detergente neutro (FDN o CPC) representa, en el sistema de Van Soest, el total de los constituyentes de paredes celulares. Su determinación es rápida y sencilla, en efecto más sencilla que el análisis de fibra cruda.

De la discusión presentada hasta el momento es obvio que ningún análisis químico puede servir como indicador único del grado de utilización de un forraje. Sin embargo es muy posible que la FDN reúna más características de indicador ideal que cualquier otra fracción química conocida hasta el momento. Por un lado, la diferencia entre la FDN y la materia seca total representa la única fracción completamente aprovechable (el contenido celular). La FDN en sí contiene todos los constituyentes que son parcial o totalmente no utilizables.

En una de las primeraspublicaciones de Van Soest (Van Soest y Moore, 1965) se presentó el concepto de un "índice de disponibilidad" que incluía el contenido celular y una medida de la lignificación de la pared celular. En regresiones dela materia seca digestible, la energía digestible y los NDT sobre el "índice de disponibilidad" de 39 forrajes (29 en el caso de NDT), se obtuvieron coeficientes de correlación de 0.94, 0.96 y 0.95, respectivamente. Posteriores aplicaciones dela "ecuación sumativa" han dado resultados casi tan buenos, pero todavía no perfectos. Por ejemplo en el informe de Van Soest y Jones (1968) se reportó un valor de R^2 de 0.86 en la regresión de la digestibilidad in vivo sobre la ecuación sumativa, en 17 gramíneas.

Digitized by Google

Las correlaciones entre la proporción L/FDA y la digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca (DVMS) de varios estudios realizados en el Perú han sido mencionados. Los valores de r fueron -.62, -.75 y -.11, respectivamente, en tres estudios (ver p. 18). Es interesante notar que en cada uno de los tres estudios la correlación era mayor entre los CPC y la DVMS, obteniéndose valores de r de -0.79, -.92 y -. 59, respectivamente, para pasto elefante (53 muestras), alfalfa verde (20 muestras) y heno de alfalfa (23 muestras). De estos resultados se ve que el contenido de CPC es un indicador no perfecto pero bastante bueno de la digestibilidad.

En uno de estos trabajos, el de alfalfa verde (Maguiña, 1971) se calculó una regresión lineal múltiple con la DVMS como término dependiente (Y) y la lignina (X_L), celulosa (X_2) y hemicelulosa (X_3) como términos independientes. La ecuación calculada fue:

$$Y = 99.5 - 1.83X_1 - 0.46X_2 - 1.06X_3$$

El coeficiente de determinación (R^2) fue 0.86 y la correlación múltiple (R), 0.93, comparado con una correlación simple de -0.92 entre los CPC total y la DVMS. Es de recordarse que en alfalfa, en que el contenido de sílica es insignificativo, la suma de lignina, celulosa y hemicelulosa es casi igual aritméticamente al valor de CPC.

Lo interesante de la ecuación calculada es que el término constante es muy cercano a 100, es decir que al asignar valores de cero a cada uno de los tres componentes de la pared celular, el valor resultante de Y sería prácticamente 100%. Este resultado soporta la teoría básica del método de constituyentes de paredes celulares y el concepto de la digestibilidad completa del contenido celular, porque según esta ecuación, una alfalfa teórica con un % de CPC igual a cero, sería 100% digestible.

En la misma ecuación el orden de importancia de los tres componentes de CPC fue hemicelulosa (más importante), lignina (segundo) y celulosa. La contribución de la celulosa fue de poca significancia, siendo la desviación estandard del coeficiente de regresión casi tan grande, aritméticamente, como el coeficiente mismo (-0.46 + 0.35) y el valor de "t" no significativo (-0.13). Este resultado está conforme con las conclusiones de Van Soest anteriormente citadas, respecto a la contribución relativa de celulosa y hemicelulosa en la predicción de la digestibilidad.

Cabe subrayar que la regresión fue calculada con datos obtenidos en un solo forraje y en una sola época del año. Es de esperarse que se encontraría mayor variabilidad al aplicar la ecuación a otros forrajes.

Smith *et al.* (1971 a) hicieron un estudio de la composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de 76

Digitized by Google

muestras de ocho diferentes especies de forrajes. Del análisis de regresión lineal de los resultados salió una ecuación de predicción de la digestibilidad de la materia orgánica como función de CPC, lignina, sílica y extracto etéreo, con un valor de R^2 de 0.72. El contenido de CPC explicó 48% de la variación total y la lignina el 19%. La contribución de la sílica y el extracto etéreo fue pequeña (3% y 2%) pero significativa según la prueba de "t".

Una regresión similar fue hallada por Guerrero (tesis por publivarse) en el estudio de 53 muestras de pasto elefante en el Perú, con lignina y CPC como variables independientes y la digestibilidad verdader in vitro de la materia seca como variable dependiente, obteniéndose valores de R y R^2 de 0.89 y 0.79, respectivamente. Los coeficientes de regresión indicaron una declinación de 0.45 unidades de porcentaje en la digestibilidad por cada incremento de 1.0% en el contenido de CPC, al mismo tiempo que la digestibilidad bajó en 2.9% por cada incremento de 1.0% en el contenido de lignina.

Se ha llegado un paso más en la aplicación de los datos de CPC, en el trabajo de Van Soest (1971) donde se trata de predecir la energía neta (EN_L) en una ecuación que incluye la materia orgánica digestible, el extracto etéreo y el contenido celular (100 CPC). Una vez calculado la EN_L se puede hacer la conversión a EN_M y EN_G con otras regresiones. La precisión de estos estimados todavía no ha sido probado, pero de todas maneras representan un esfuerzo de sintetización de los sistemas más modernos de la evaluación química del forraje y la expresión de los requerimientos energéticos del ganado.

También se ha hecho intentos por aplicar los resultados de análisis químicos a la predicción del consumo voluntario del forraje por el animal, pero con menos precisión que las predicciones de digestibilidad. En una sección anterior (pág. 20-21) se ha mencionado algunas correlaciones reportadas para el consumo con los CPC y la lignina. Van Soest (1965) calculó una ecuación de regresión del consumo voluntario (por unidad de peso metabólico, peso 0.75) sobre el contenido de CPC, pero la variación fue demasiado grande para tener un alto grado de confianza en las predicciones.

Allison y Osbour (1970) calcularon una regresión del consumo voluntario sobre la proporción de celulosa digerida en la materia seca digerida (in vivo), usándose esta proporción como índice del porcentaje de materia digerida originario de la pared celular. El coeficiente de correlación fue negativo y numéricamente alto (-0.92) cuando se tomaron 20 muestras de Lolium perenne, únicamente, pero la confianza de la predicción fue reducida (r = -0.61) cuando se incluyeron 9 muestras de leguminosas con las 20 de Lolium. Estos resultados confirman el efecto negativo de los componentes de la pared celular sobre el consumo, y es más, dan cierto respaldo a la idea de que existe estrecha interrelación entre estos dos factores y el ritmo de digestibilidad de la pared celular, sobre todo en raciones de contenido relativamente alto de CPC.

Digitized by Google

El análisis de fibra cruda, ENN, extracto etéreo y cenizas

La gran desventaja del sistema de Weende, como se ha visto, es que no divide la materia seca de la planta en fracciones ni química ni nutricionalmente uniformes. Tradicionalmente la fibra cruda ha sido tomada como indicador de baja calidad y el extracto no nitrogenado ha sido considerado como fracción de alta digestibilidad. Pero ya por muchos años los nutricionistas han sabido que tales asunciones no son necesariamente ciertas. En una publicación de Van Soest (1966) se presenta los siguientes datos de digestibilidad promedio de la fibra cruda y del ENN en casi 200 forrajes:

Clase de Forrajes	Número de ensayos de digestibilidad	Digestibilidad Promedio		% de los casos donde dig. de FC es mayor que dig. de ENN
		Fibra cruda	ENN	
		%	%	
Secos	110	52.4	59.5	30
Verdes	61	63.5	76.3	20
Ensilados	25	58.2	64.6	28

Excepto en los pastos verdes, la digestibilidad del ENN no es mucho mayor que la fibra cruda. Además en más de la cuarta parte de los forrajes la digestibilidad de la fibra cruda es mayor que la del ENN.

En el mismo artículo se presentan datos que demuestran la forma en que la lignina, la celulosa y las pentosas se distribuyen entre la fibra cruda y el ENN, y que esta distribución no es uniforme de un alimento a otro.

En un heno de gramínea y trébol asociados, por ejemplo, 40% de la lignina se encontró en la fibra cruda y 60% con el ENN. En la paja de avena, en cambio la distribución fue de 28% y 72%. Para la celulosa la situación fue semejante: 69% en la fibra cruda y 31% en el ENN, en el caso de heno y 74% y 26%, respectivamente, en el caso de la paja de avena. Para las pentosas, las respectivas distribuciones fueron de 18 y 82% (heno), y 21 y 79% (paja de avena).

Evidencias de este tipo condujeron a muchos investigadores a decidirse por abandonar la fibra cruda aún antes de que se hubiera encontrado un sistema satisfactorio para reemplazarlo. Por ejemplo, a veces en el cálculo del % NDT se ha usado la fracción de carbohidratos totales (encontrado por diferencia en el análisis proximal) en lugar de separarla en fibra cruda y ENN como es normal (p. 11). Al aplicar esta simplificación en un estudio de pasto castilla (*Panicum maximum*), Johnson (1966) obtuvo los siguientes resultados:

Digitized by Google

Edad del forraje	% NDT Experimental	% NDT Calculado
Estación de lluvias:		
28-42 días	53.5	53.4
43-50 "	50.6	50.4
51-60 "	51.5	52.1
61-90 "	52.3	52.5
Estación seca (inicio):		
28-42 días	56.2	56.9
48-50 "	49.9	49.5
51-60 "	48.3	48.3
61-90 "	46.4	47.3
Estación seca (avanzada):		
70-125 días	47.9	47.9
Promedio	50.7	50.9

Es obvio que los valores calculados no difieren significativamente de los obtenidos experimentalmente. Es decir que en ensayos de digestibilidad *in vivo* de un forraje como la grama castilla, se puede omitir el análisis de fibra cruda tanto del forraje como de las heces, sin perder apreciable precisión en los estimados de NDT.

Sin embargo en otros casos se ha utilizado el porcentaje de fibra cruda para predecir el contenido de NDT. Como ejemplo se tiene la publicación de Meyer y Jones (1962) de California, en que se presentan cuadros muy completos de predicción de NDT en alfalfa, partiendo del contenido de fibra cruda (modificada para tomar en cuenta la sílica contaminante del suelo). Weir (1970) ha presentado la ecuación de regresión entre NDT (Y) y fibra cruda modificada (X), $Y = 81.07 - 0.8558X$, con un error estandard del estimado = 2.52 y $r = -0.89$.

En otros estados norteamericanos se han desarrollado ecuaciones de predicción propias que se aplican rutinariamente en servicios de extensión en análisis de forrajes para ganaderos. Es posible lograr una precisión aceptable en situaciones muy específicas, por ejemplo para una sola especie forrajera cultivada en condiciones de suelo y clima muy uniformes. Sin embargo, la precisión de tal tipo de predicciones es muy baja en la amyoría de los casos. Se tiene el ejemplo de los resultados se Stallcup y Davis (1965) quienes trabajaron con un grupo heterogéneo de 30 forrajes, encontrando una correlación de -0.64 entre la fibra cruda y los NDT. De una ecuación de regresión lineal calculada de los mismos datos, sólo en 5 de los 30 forrajes se obtuvieron valores estimados de NDT que coincidieron

Digitized by Google

con los valores reales, con una diferencia menor de dos unidades en porciento. Van Soest y Moore (1965) también encontraron una correlación no muy alta (-0.77) entre la fibra cruda y la energía digestible en 39 alimentos (muestras de nueve diferentes especies forrajeras, varias mezclas forrajeras y algunos concentrados). En el mismo grupo de alimentos la correlación entre la energía digestible y la proporción lignina/contenido celular, fue 0.95. Este resultado indica la posibilidad que en el futuro se podrá encontrar un método de predicción del valor energético, empleando los resultados de análisis de constituyentes de paredes celulares, el cual puede tener una precisión mucho mayor que las predicciones hechas a base de la fibra cruda.

Qué análisis químicos deberían realizarse?

Es raro que un investigador tenga suficientes recursos para hacer todos los análisis químicos que desearía. Cuáles entonces, son los análisis más importantes y cuáles son de importancia secundaria? A continuación se ofrece una opinión al respecto.

Humedad - De todas maneras se debe obtener un estimado del contenido de humedad y materia seca del forraje, sea cual fuere el tratamiento experimental. Los rendimientos de diferentes tratamientos tienen que ser comparados en términos de materia seca y no solamente en materia verde. Esto no quiere decir que una determinación de M.S. es necesaria en todas las repeticiones, ni en muestras de todos los tratamientos, si es que el investigador sabe de antemano que la variación entre repeticiones o entre tratamientos es insignificante. Pero en términos generales, la determinación de humedad es el análisis más importante que se puede realizar.

Proteína - De segunda prioridad después de humedad es la determinación de nitrógeno (y proteína cruda, N X 6.25). Pero no es necesario ni aconsejable analizar el contenido protéico en todos los experimentos, por ejemplo cuando se sabe que el forraje a estudiarse no es fuente importante de proteína para el ganado que lo utiliza, También existen casos donde se sabe que los diferentes tratamientos del experimento no tienen influencia alguna sobre el contenido protéico (por ejemplo en la aplicación de herbicidas, la fertilización fosfórica, etc.) Otrocaso donde la determinacion de proteína no es muy necesario es en las primeras etapas de comparación de variedades o especies. Se debe hacer una primera selección de las entradas promisoras sólo a base del rendimiento de materia seca, sin considerar la proteína ú otros nutrientes, hasta una fase más avanzada.

Donde sí tiene mucha importancia el análisis de proteína es en los estudios de manejo, por ejemplo, con diferentes épocas de corte o frecuencias de cosecha. Se sabe que el estado de madurez es uno de los principales factores que determina el contenido protéico del forraje. Igualmente cuando el estudio incluye diferentes niveles de fertilización nitrogenada, el contenido de proteína del forraje podría variar.

Digitized by Google

Fibra detergente neutro - De igual importancia que la proteína y en algunos casos aún más importante, es la determinación de los constituyentes de paredes celulares (fibra detergente neutro) Ya se ha visto como esta fracción sirve como un índice bastante preciso de la digestibilidad del forraje, sobre todo en diferentes muestras de la misma especie. También los CPC pueden dar una indicación general del nivel de consumo voluntario.

Los laboratorios que cuentan con el equipo de análisis de fibra cruda pueden cambiar al análisis de CPC sin mucho problema. El boletín de Goering y Van Soest (1970; traducido al español por Pezo, 1972) da una relación completa de los materiales y reactivos necesarios, junto con una descripción del método. Para los laboratorios que no cuentan con el equipo de fibra cruda, se puede armar un equipo para el análisis de CPC sin una inversión muy fuerte. Los materiales adicionales necesarios para análisis de fibra detergente ácido, celuloaa, lignina y sílica son mínimos.

El análisis de CPC debería realizarse en prácticamente las mismas situaciones para las que se ha recomendado la determinación de proteína. Sobre todo en los ensayos de diferentes épocas o intervalos de cosecha, un conocimiento del efecto de éstos sobre los CPC es de mucha utilidad.

En los laboratorios que disponen del equipo necesario para la digestibilidad *in vitro*, esta determinación puede sustituir al análisis de CPC. Los resultados de ambas determinaciones tienen prácticamente la misma utilidad como índices del valor del forraje para el ganado.

Lignina y sílica - Estos dos componentes son de menor prioridad que los CPC, porque el contenido total de CPC parece ser mejor índice del valor energético del forraje que los componentes individuales de la pared celular. Por otro lado la lignina y la sílica sirven para explicar en parte, las variaciones que existen en la digestibilidad.

En gramíneas se debe analizar ambos componentes, la sílica y la lignina, mientras en leguminosas la determinación de sílica normalmente puede ser pasada por alto (previo conocimiento general de su contenido).

Si los métodos de Van Soest son aplicados para la determinación de lignina y sílica, el análisis de fibra detergente ácido es paso previo y dá una información adicional interesante por sí misma y de utilidad para el cálculo del contenido de celulosa. Si al mismo tiempo se realiza el análisis de CPC se puede calcular por diferencia (% CPC = % FDA) un estimado del contenido de hemicelulosa.

En especies de que no se dispone de muchos datos de CPC, celulosa, hemicelulosa, lignina y sílica, sería recomendable ir acumulando tal tipo de información. Para gran parte de las especies tropicales y los pastos nativos, la carencia de tales datos es notoria.

Digitized by Google

Minerales - Los análisis de macro y microelementos tales como calcio, fósforo, magnesio, cobalto, cobre, molibdeno, manganeso y selenio, son de mucha importancia en zonas donde el estado general de los suelos no es bien conocido y donde podrían existir problemas de deficiencia de minerales en el ganado.

Al principio el tipo de estudio necesario es el muestreo sistemático de las diferentes regiones del país, tales como los iniciados en el Perú por investigadores de la Universidad Nac. Agr. (ver Echeverría et al., 1970, y las publicaciones anteriores de la misma serie). Si se detecta problemas de deficiencias francas o de contenido sub-óptimo de uno o varios minerales , el segundo paso es hacer estudios más profundos para ver el efecto del manejo, fertilización o variedad sobre el contenido de los minerales deficientes. En el Perú, se ha detectado deficiencias de fósforo en los pastos de Arequipa (Gómez et al., 1967), Pucallpa (Gómez et al., 1969) y Puno (Kalinowski et al., 1970); cobre en Puno (Kalinowski et al., 1 70); cobre y cobalto en la zona de Huallaga Central (Gómez et al., 1966). Los experimentos que se llevan a cabo en los sitios mencionados podrían incluir análisis de los respectivos minerales citados, con el fin de profundizar los conocimientos de la magnitud de los problemas y su posible solución.

Otros análisis - El investigador a su propio criterio puede optar por algunos análisis adicionales, por ejemplo de caroteno; de ácido cianhídrico en el sorgo forrajero o pasto sudán de tierna edad; de ácido tánico en el sorgo grano; y de cutina en sorgos u otros granos. El nutricionista y el agrónomo, trabajando en equipo pueden llegar a una decisión sobre cuáles análisis podrían ser indicados en cada caso.

V. La Determinación de la Digestibilidad In vivo e In Vitro

La metodología de las pruebas de digestibilidad in vivo e in vitro ha sido descrito ampliamente en la literatura mundial. Sin embargo hay algunos puntos referentes al planeamiento y ejecución de trabajos de digestibilidad que vale la pena recalcar en la presente discusión.

Estudios de digestibilidad con animales

En los ensayos in vivo de digestibilidad se puede escoger entre la medición directa o indirecta (por diferencia), la colección total de heces o la colección parcial acompañado por el uso de indicadores, y otras variaciones más. La metodología de ensayos de digestibilidad in vivo ha sido presentado por varios autores, incluyendo los investigadores del Instituto de Investigaciones en Praderas de Hurley, Inglaterra (Members of the Institute Staff, 1961), los investigadores del Laboratorio Cunningham de la CSIRO, Australia (Staff, Cunningham Laboratory, 1964) y por Crampton y Harris (1969), Maynard y Loosli (1969) y Bateman (1970).

Digitized by Google

Número de animales - Un punto a veces muy discutido y que no ha sido tocado explícitamente por los mencionados autores, es el número óptimo de animales con que se debe trabajar en un ensayo *in vivo*. Raymond *et al.* (1953) realizaron un estudio al respecto, llegando a las conclusiones que se muestran en el siguiente cuadro, que se refiere al caso de comparar dos alimentos.

Diferencia verdadera (D) entre coeficientes de digestibilidad	Número de repeticiones (animales) necesarios para detectar D con una significancia de 5%	
	p = 0.8	p = 0.9
1	28	38
1.5	14	17
2	8	11
2.5	6	7
3	4	6
4	3	4
5	3	3
10	2	2

Es costumbre de muchos investigadores el usar cuatro animales en cada tratamiento. De acuerdo al cuadro, con cuatro animales se tiene 80% de seguridad de poder detectar una diferencia de 3% en la digestibilidad de dos forrajes, ó 90% de certeza de poder detectar una diferencia de 4% ($p < 0.05$).

Al incrementar el número de animales a seis por tratamiento (número que se emplea en la mayoría de los ensayos en La Molina) se mejora la precisión en 0.5 unidades ($p = 0.8$) ó 1.0 unidad ($p = 0.9$), logrando la posibilidad de detectar diferencias de 2.5 y 3.0% de digestibilidad, respectivamente.

Al emplear sólo dos o tres animales por tratamiento se pierde precisión hasta el punto de poner en duda el valor del ensayo. Al otro extremo se necesitarían hasta 38 animales en cada tratamiento para tener 90% de seguridad de poder detectar una diferencia de 1% en la digestibilidad, con una probabilidad de no más de 5% de equivocarse. Obviamente el emplear tal número de animales es práctico ya que no se puede justificar el mayor costo de lograr tanta precisión en un ensayo *in vivo*.

Duración del ensayo - Otro punto de bastante importancia práctica es la duración del ensayo, en vista del alto costo en términos de mano de obra, procesamiento de muestras, provisión de alimentos etc. Raymond *et al.* (1953) presentaron evidencia que seis días eran suficientes cuando se emplean ovinos con un nivel uniforme de consumo (de un día a otro), y que al prolongar el ensayo por más días se gana poca precisión adicional. En cambio cuando a los ovinos se les permite un nivel variable de consumo, como en el caso de querer obtener un estimado del consumo voluntario del alimento, se necesita un mínimo de 10 días en el período de colección, y la precisión del estimado se mejora aún más al prolongar el ensayo hasta 18 días.

Digitized by Google

Tal vez más importante que la duración del período de colección es el período de adaptación a que se sujetan los animales antes de iniciar la colección de heces. La necesidad de permitir la adaptación a una nueva dieta antes de medir su digestibilidad radica en el hecho que la población microbiana del rumen cambia de acuerdo a la dieta, es decir que algunas especies de bacterias prosperan más con un tipo de dieta que con otro. El tiempo necesario para el ajuste de la población bacteriana depende en parte de la severidad del cambio en la ración, es decir que al cambiar de una gramínea a otra que se encuentra en igual estado de madurez, los cambios al nivel del rumen serían mínimos, mientras al cambiar una gramínea por una leguminosa o al cambiar drásticamente el estado de madurez del forraje ofrecido, se necesitaría más tiempo de adaptación. Según Kitner (1965) el ajuste de las bacterias celulolíticas podría hacerse dentro de una semana en algunos animales pero en otros puede demorar hasta cuatro semanas.

En la práctica se podría considerar un período de adaptación de siete a diez días como mínimo cuando el cambio en la ración es muy ligero, quince días para la mayoría de cambios de un forraje a otro, y 20-25 días en los casos de un cambio muy extremo, por ejemplo si la dieta anterior al ensayo es a base de una alfalfa de alta calidad (40-50% CPC) y el alimento a estudiar es muy fibroso, como es el caso de una gramínea madura o un residuo del tipo de la paja o de la panca (> 70% CPC).

Procedimientos de muestreo - Las precauciones que se tomen en el muestreo delos alimentos y heces son básicas para el éxito del ensayo. En cuanto a los alimentos se tiene que distinguir entre el forraje tal como crece en el campo, tal como es ofrecido al animal y tal como el animal lo consume. El muestreo tiene que hacerse de manera que se mida la composición química de la ración consumida, no de la ofrecida. Igualmente el porcentaje de materia seca tiene que ser determinado en el alimento en el momento de pesarlo para su distribución a los animales y no en otro momento. Para las heces, se ha visto la conveniencia de utilizar muestras no secadas para el análisis de proteína (Juko et al., 1961), lo que indica la necesidad de guardar submuestras diarias de heces en congelación hasta terminar el ensayo.

Digestibilidad de pastos verdes - Los forrajes frescos (verdes) presentan un problema especial, relacionado con el hecho de que su composición química cambia diariamente con el crecimiento en el campo. Una solución es cosechar en un mismo día suficiente cantidad de forraje para abastecer a los animales durante todo el ensayo, el cual luego se henifica o se seca artificialmente, otra solución es el almacenamiento del forraje verde en una cámara frigorífica, técnica utilizada en Hurely (Members of the Institute Staffa, 1961). Sin embargo estas técnicas no siempre son prácticas, en tal caso la única solución que queda es el cosechar diariamente una cantidad suficiente de forraje verde. En ciertas condiciones, donde el clima y otros factores son bastante uniformes, se puede preparar el campo con siembras (especies anuales) o cortes previos (especies

Digitized by Google

perennes) escalonados, de tal forma que se consiga forraje en el mismo estado de madurez para cada día del ensayo. La aplicación de una de estas técnicas es más indicada cuando se piensa utilizar el forraje en un estado muy tierno, porque es en este estado cuando los cambios de composición son más acentuados. En un estado avanzado de madurez la digestibilidad no cambia tan rápido y se puede utilizar forraje fresco de un solo campo, sin preparación escalonada, durante el período normal de un ensayo (20-25 días), tal como ha sido indicado por Milford en el libro de la CSIRO (Staff, Cunningham Laboratory, 1964).

Uso de indicadores - En lo que se refiere al uso de indicadores en un ensayo de digestibilidad, es necesario hacer estudios previos para determinar las características del indicador que se piensa utilizar bajo las condiciones específicas del ensayo. Curvas diurnas de excreción, tasas de recuperación, y otros factores pueden variar de una circunstancia a otra. En el Perú, se ha hecho un estudio sobre el uso del óxido crómico como indicador en ensayos de digestibilidad de maíz y sorgo forrajero y pasto elefante en vacas lecheras estabuladas (Johnson y Seoane, 1972). Se determinó que en esas condiciones, al suministrar el forraje dos veces al día (mañana y tarde), si se suministraba 10 g de óxido crómico una vez al día (3:30 pm) se podía tomar muestras de heces directamente del recto a las 4 p.m. y entre las 6-8 a.m., obteniéndose la misma concentración promedio del indicador en las heces que la que se consiguió con muestras tomadas cada dos horas durante todo el día y la noche.

Ensayos de digestibilidad y consumo - Muchas veces el investigador quiere obtener un estimado del consumo voluntario de un forraje al mismo tiempo que se determina su digestibilidad. En tal caso, el consumo debe ser determinado en la especie y clase de animal a que se espera aplicar los resultados. Además es necesario aumentar el número de animales en un ensayo de consumo, dado que existe mayor variabilidad entre animales en cuanto al consumo voluntario, comparado con la digestibilidad. Los detalles de como conducir un ensayo de consumo fueron tema del trabajo de Johnson (1970).

En general existen dos alternativas para el investigador que quiere conseguir datos de consumo y digestibilidad simultáneamente, para aplicación en vacunos. La más sencilla es determinar la digestibilidad en ovinos, en la manera normal y conducir otro ensayo paralelo en vacunos para la estimación del consumo voluntario. La otra alternativa es hacer todo el ensayo en vacunos, utilizando parte de los animales escogidos al azar para la colección de heces. La segunda técnica ha sido empleada en el Perú por Seoane et al (1972) en un estudio de tres pastos ensilados en la Costa Central.

Pruebas de digestibilidad in vitro

La finalidad de los procedimientos in vitro para estimar la digestibilidad es proveer al investigador un método más rápido y menos costoso que los ensayos con animales. El uso de los métodos in vitro es justificado siempre y cuando los resultados representen con

Digitized by Google

bastante precisión el grado de digestibilidad que se lograría en animales. La técnica in vitro no es difícil, sin embargo el investigador tiene que preocuparse por todos los detalles del método y no fallar en ninguno, si es que espera lograr precisión y constancia en los resultados.

El animal donante de licor ruminal - La esencia de la técnica in vitro es la incubación de la muestra de forraje en un medio inoculado con microorganismos del rumen, por lo tanto la primera preocupación del investigador es por el animal o los animales que sirven como fuente del fluído ruminal. Normalmente se colecta el licor ruminal a través de una fístula que se instala en el ijar del lado izquierdo del animal. Los procedimientos quirúrgicos para la preparación de una fístula e instalación de la cánula han sido descritos por Johnson (1969).

Diferentes animales pueden tener poblaciones microbianas ruminales muy diferentes, a pesar de recibir la misma ración y manejo (Warner, 1965). Por esta razón algunos investigadores prefieren mezclar el fluído ruminal de dos o más animales, sin embargo, consideraciones prácticas muchas veces limitan la posibilidad de mantener más de un animal fistulado, sobre todo en el caso de vacunos.

La ración que recibe el animal también puede incluir sobre la población microbiana (Kistner, 1965 y Warner, 1965), por eso es esencial mantener el animal donante con una ración estandard. La cantidad de almidón en la ración debe mantenerse al mínimo, lo cual supone que la dieta consista mayormente de forraje y muy poco de concentrados. Tampoco es aconsejable que el forraje sea únicamente una leguminosa, que tiene un contenido relativamente bajo de CPC. Una gramínea de buena calidad, tal vez mezclada con un poco de alfalfa y otra leguminosa y un poco de concentrado para balancear las necesidades de proteína y minerales, provee una dieta adecuada para favorecer la población de bacterias celulolíticas. No es necesario incluir el forraje substrato de la prueba in vitro en la dieta del animal donante.

Lo que sí es importante es que la ración debe ser balanceada, sobre todo con adecuada proteína, y no debe variar mucho ni cuantitativa ni cualitativamente. La frecuencia de suministro también debe ser estandarizada, siendo preferible el suministro dos o más veces al día.

Las diferencias que se presentan en la población microbiana, debidas a la variación entre animales o dietas, son mayormente cambios en la concentración de microbios y la proporción entre especies y no la desaparición de una u otra especie (Kistner, 1965). Es muy posible que el desarrollo de la población de microbios en el sistema in vitro es hasta cierto punto independiente de las condiciones prevalentes en el rumen del animal donante, sin embargo esta posibilidad ha sido poco estudiada.

Digitized by Google

Manipuleo del licor ruminal - Uno de los pasos en el que es muy fácil fallar, es el manipuleo del licor ruminal entre la colección y la inoculación en el tubo o frasco que contiene la muestra. Siendo anaeróbicas las especies que producen la enzima celulosa, es de suma importancia mantenerlas en un ambiente libre de oxígeno, lo que se logra con el gaseado contínuo con gas carbónico. La temperatura no debe variar fuera del rango 38 39°C. La oscuridad no es esencial, pero se debe evitar el alcance directo de los rayos solares.

En algunos laboratorios se pasa el licro ruminal por una licuadora para lograr una mayor homogenización y al mismo tiempo promover la suspensión de un mayor número de bacterias que de otra forma quedarían pegadas a las partículas no digeridas de forraje.

El ambiente in vitro - El objetivo en la creación de un ambiente artificial in vitro es favorecer el máximo desarrollo de los microorganismos introducidos en el inóculo. Los factores que tienen que ser controlados son la temperatura, pH, nutrientes para los microorganismos, anaerobiosis, tiempo y agitación.

La temperatura debe mantenerse a 39 ± 0.5°C, lo que se logra mediante el uso de un baño maría o estufa incubadora. El pH se mantiene a 6.9 mediante el uso de una solución buffer a veces llamada "saliva artificial". Los macro y microelementos que las bacterias y protozoas necesitan para su desarrollo óptimo son proporcionadas en soluciones cuya composición ha sido descrita por Goering y Van Soest (1970). Los mismos autores recomiendan el uso de tripticasa, un producto de la digestión pancreática de la caseína, y cisteína, un aminoácido sulfurado, para asegurar la síntesis normal de proteína bacteriana.

Se introduce el anhidrido carbónico a todos los tubos o frascos con el fin de mantener un ambiente anaeróbico. Algunos investigadores prefieren la provisión de un flujo contínuo de gas carbónico, con una presión ligeramente positiva, para evitar cualquier posible introducción de oxígeno; sin embargo una vez que la fermentación comienza, hay una producción contínua de gas carbónico dentro del mismo recipiente.

El tiempo de incubación es crítico en vista de que no se pretende llegar a la digestión completa de la muestra, sino sujetarla a una proceso estandarizado. Un período de incubación de 48 horas ha sido casi universalmente aceptado. Durante ese período es necesario mover los recipientes dos o tres veces al día para asegurar el contacto directo de los microorganismos con todo el substrato.

A pesar de las precauciones a veces se falla en el control de todas las posibles variables, por lo tanto se emplean muestras estandards en cada grupo de muestras (cada "corrida"), que sirven para indicar si la "corrida" ha dado resultados similares a otras "corridas" anteriores en el mismo laboratorio. Igualmente es

Digitized by Google

práctica recomendable intercambiar muestras con otros laboratorios para chequear la repetibilidad de los resultados "entre laboratorios".

La aplicación de los resultados *in vitro*

Uno de los trabajos de Tilley y Terry (1963) consistió de una comparación de la digestibilidad *in vitro* e *in vivo* de 148 forrajes, encontrándose una correlación de 0.97 entre las dos medidas de la calidad del forraje. Se calculó la siguiente ecuación de regresión:

% Dig. *in vivo* = 0.99 X % Dig. *in vitro* - 1.01

El error estandard del estimado fue ± 2.31. Otros autores han confirmado una estrecha correlación entre los resultados *in vitro* e *in vivo*. Sin embargo Tilley y Terry (1968) subrayan que la digestibilidad *in vitro* es una medida útil en sí sin tratar de transformar los resultados a valores *in vivo*. Esta conclusión es especialmente válida si el propósito del investigador es comparar un gran número de muestras para conseguir un ordenamiento relativo de su valor nutritivo.

Si un centro de investigación cuenta con las facilidades para conducir ensayos *in vivo*, es muy recomendable que se invierta un poco de dinero adicional para armar un laboratorio de digestibilidad *in vitro*. Así, cada vez que se realiza un ensayo con animales se puede analizar muestras del mismo forraje en el sistema *in vitro* y así ir acumulando datos para calcular correlaciones entre las dos medidas. Simultáneamente se puede procesar una cantidad mucho más amplia de muestras por el método *in vitro*, ganando información muy útil sobre otras variedades de la misma especie forrajera, otros estados de crecimiento y madurez del mismo forraje, efecto de otros régimenes de manejo, etc.

Ha sido enfatizado por Raymond (1969) y Goering y Van Soest (1970) que la digestibilidad *in vitro* es una medida integrativa, que mide la suma de las digestibilidades de las diferentes fracciones químicas del forraje sin explicar por qué la digestibilidad total puede variar entre un forraje y otro. Esta última tarea explicativa se logra solamente al realizar análisis químicos simultáneamente, sobre todo de los componentes de pared celular que pueden ser factores limitantes de la digestibilidad. La información de digestibilidad *in vitro* (o *in vivo*)es necesaria porque hasta el momento no existe un sistema de análisis químicos que pueda dar una predicción perfecta del grado de aprovechamiento en el animal, sin embargo, los análisis químicos son necesarios para ayudar en la interpretación y aplicación de los datos de digestibilidad.

Digitized by Google

VI. Procedimiento de Muestreo

No es posible en el presente trabajo entrar en todos los detalles de los diversos procedimientos recomendados para el muestreo, sin embargo es un aspecto muy importante que con frecuencia se descuida. La pequeña muestra que se analiza tiene que guardar la misma composición promedio que el lote total del alimento, si los resultados de análisis van a tener utilidad práctica.

Igualmente el procedimiento que se sigue en la preparación de la muestra para análisis tiene que realizarse en tal forma que no se altere su composición química. Algunos de los procedimientos que se recomiendan para el secado, molienda, etc. de muestras de forrajes verdes, henos secos y ensilajes han sido presentados por los investigadores del Instituto de Investigaciones de Praderas en Hurley (Members of the Institute Staffa, 1961) y por Goering y Van Soest (1970).

En el caso de forrajes verdes que se secan en estufa, la temperatura de secado es muy crítica, porque ha sido demostrado que las altas temperaturas pueden cambiar la composición del alimento. Por ejemplo Alexander (en Paladines, 1967) presenta evidencia que al secar muestras de forrajes a los 115°C, la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica baja en 3 unidades comparándose con otra muestra del mismo forraje secada a 100°C. Al elevar la temperatura de secamiento a 129°C la digestibilidad baja en 9 unidades.

Van Soest (1964) estudió el efecto de la temperatura de secamiento sobre el contenido aparente de lignina y fibra detergente ácido en trébol ladino, obteniéndose los siguientes resultados:

Temperatura, °C	% Lignina	% FDA
20	5.5	31.8
40	5.4	31.9
50	5.6	31.6
60	6.6	32.1
80	7.0	32.2
100	9.4	35.8
100 (cubierto para reducir escape de humedad)	14.4	41.4

El autor explica el incremento en el contenido aparente de lignina y FDA por la llamada "reacción de enmarronamiento no enzimático" que ocurre entre la proteína y ciertos carbohidratos, a altas temperaturas y en la presencia de agua. La "lignina artificiosa" así producida puede afectar también otros análisis, por ejemplo, la fibra cruda, hemicelulosa, azúcares y la digestibilidad *in vitro* (Van Soest, 1964), por lo tanto no es recomendada una temperatura de secado muy por encima de 50°C cuando se piensa hacer tales análisis sobre la muestra.

Digitized by Google

Los resultados de análisis y pruebas del valor nutricional de forrajes muchas veces están sujetos a diferentes interpretaciones de acuerdo a las condiciones de muestreo y manipuleo de las muestras, por eso es importante que el investigador proporcione información completa sobre estos detalles en sus reportes.

VII. Reporte de los Datos de Valor Nutritivo

Una vez terminado el ensayo de digestibilidad o los análisis de laboratorio, el investigador tiene la responsabilidad de publicar los resultados rápidamente y en forma fácil de interpretar y aplicar.

Esto quiere decir en primer lugar que se debe incluir una descripción completa del forraje con que se trabajó, haciendo mención de la especie, variedad, procedencia, estado de madurez y presencia de malezas u otras impurezas, las condiciones del suelo y clima, los tratamientos de fertilización y riego, los procedimientos de secado de muestras, los métodos de análisis empleados.

Luego todos los datos deben ser referidos a la base de 100% de materia seca, para facilitar comparaciones con otros alimentos y eliminar las diferencias debidas a diferentes contenidos de humedad. Si se reportan datos a base de "tal como ofrecido", "materia fresca", "secado al aire", etc. se debe indicar el porcentaje exacto de materia seca.

Otra consideración es el grado de precisión que se pretende con los datos publicados. Es costumbre de algunos investigadores el publicar valores tales como 32.58% ó 16.897 mg/kg, sin darse cuenta que los errores inherentes al método de análisis y la variación natural entre muestras diferentes del mismo alimento (error de muestreo) son de tal magnitud que de ninguna manera es justificado pretender tanta precisión en los resultados. Una regla general es que se debe limitar el reporte de los resultados a tres cifras significativas, al menos que exista una buena justificación para incluir más.

Debido a la variación natural entre diferentes muestras del mismo forraje, es aconsejable indicar la desviación estandard o coeficiente de variación junto con el promedio, en el caso de publicar promedios de un gran número de análisis. Así el lector sabrá si las muestras sucesivas del mismo forraje pueden tener un valor nutritivo muy cercano a los valores publicados (desviación estandard numéricamente baja) o si es alta la probabilidad de encontrar diferencias importantes (desviación estandard numéricamente alta).

Los criterios que han sido usados por la Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU. (NAS-NRC, 1969) y que han sido adoptados para la primera publicación de tablas de composición de alimentos en América Latina (Harris, 1970 a) pueden servir de guía para todos los investigadores forrajeros, para el reporte de nuestros datos de valor nutritivo.

Digitized by Google

VIII. Conclusiones

En la Ina. Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros que tuvo lugar en La Molina hace poco más de un año, fueron presentados 25 trabajos que trataron sobre el valor nutritivo de los forrajes. Durante la presente reunión se ha escuchado 24 informes de investigación sobre el mismo tema, incluídos los trabajos de agronomía y manejo en que algunos de los criterios de evaluación eran los análisis nutricionales. Esta gran preocupación de parte de los investigadores forrajeros peruanos para tomar en cuenta el potencial que tienen los forrajes par mejorar la eficiencia de la producción pecuaria, a través de una alimentación más perfecta del animal, representa una tendencia saludable en la investigación nacional.

A través de la presente dicusión se ha reiterado algunos conceptos sobre la metodología de estudiar la composición química y digestibilidad de los forrajes, con el objeto de ayudar en la interpretación de tal clase de datos y al mismo tiempo proveer al estudiante e investigador joven, un punto de entrada a la literatura mundial que trata sobre temas afines. En lo referente a composición química se presenta una discusión amplia de los métodos de fibra detergente (constituyentes de paredes celulares) de Van Soest, en suficiente detalle para dejar en claro las ventajas de estos métodos frente al antiguo análisis proximal. Los sistemas *in vitro* de determinar la digestibilidad de forrajes son mencionados, comparándose esta metodología con los ensayos tradicionales en animales. Las interrelaciones entre los varios criterios del valor nutritivo son discutidos, al igual que algunas consideraciones en el muestreo de forrajes para su análisis y el reporte de los datos que se obtienen a través de ellos.

Tomando en cuenta que el sistema ideal de evaluación nutritiva de forrajes debe ser rápido, barato, preciso y bien representativo de la utilización que el forrraje recibirá al ser consumido, es aparente que hasta el momento no se ha alcanzado una metodología "perfecta". Sin embargo hay varias herramientas muy buenas de evaluación nutritiva, de manera que mucha información muy útil puede ser obtenida a muy bajo costo. Sin peligro de equivocación se puede pronosticar que en futuras reuniones forrajeras del Perú, la cantidad y calidad de los datos de valor nutritivo será cada vez mayor. La oportuna aplicación de esta información al nivel comercial ha de reflejarse en forma positiva en la productividad ganadera del país.

Agradecimiento

El autor quiere expresar su profundo agradecimiento al Ing. Danilo Pezo, al Dr. Arturo Flórez y a la Sra. Dora Navas, por sus respectivas contribuciones al presente trabajo.

Digitized by Google

LITERATURA CITADA

AOAC. 1960. Official methods of the Association of Official Agricultural Chemists. 9a. edición. AOAC, Washington, D.C., EE.UU.

Allison, D.W., y D.F. Osbourn. 1970. The cellulose -lignin complex in forages and its relationship to forage nutritive value. J. Agric. Sci. (Cambridge) 74:23.

Bateman, J.V. 1970. Nutricion Animal: Manual de Métodos Analíticos. Herrero Hermanos, Sucesores, S.A., México.

Baumgardt, B.R., M.W. Taylor y J.L. Cason. 1962. Evaluation of forage in the laboratory. Parte II. J. Dairy Sci. 45:62.

Conrad, M.R., A.D. Pratt y J.W. Hibbs. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. J. Dairy Sci. 47:54.

Crampton, E.W., y L.E. Herris. 1969. Applied Animal Nutrition: The Use of Feedstuffs in the Formulation of Livestock Rations. 2da. edición. W.H. Freeman, San Francisco, EE.UU.

Echeverria, M., R. Soikes, K.C. Beeson y J. Kalinowski. 1970. Interrelación suelo-planta-nutrición. X. Composición química de los forrajes de Junín. Anales Científicos 8:179.

Elliott, R.C., C.H. French y K. Folkerston. 1961. Protein biological values for beef cattle. Parte II. Rhod. Agric. J. 58:181.

Goering, H.K. y P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber analyses (Apparatus, reagents, procedures, and some applications). United States Department of Agriculture Handbook Nº 379.

Gómez, G., T. Aguilar y K.C. Beeson, 1966. Interrelaciones suelo-planta-nutrición. II. Calidad nutritiva de los forrajes del valle del Huallaga Central. Anales Científicos 4:147.

Gómez, G., L.N. Herrera y K.C. Beeson. 1969. Interrelaciones suelo-planta-nutrición. VI. La composición química de los forrajes en el valle del río Ucayali. Anales Científicos 7.93.

Gómez, G., J. Kalinowski y K.C. Beeson. 1967. Interrelaciones suelo-planta-nutrición. IV. Calidad nutritiva de la alfalfa de Arequipa. Anales Científicos 5:183.

Digitized by Google

Harris, L.E. 1970a. Compilación de datos analíticos y biológicos en la preparación de cuadros de composición de alimentos para uso en los trópicos de América Latina. Centro para la Agricultura Tropical, Universidad de Florida, Gainesville, Florida, EE.UU.

Harris, L.E. 1970b. Nutrition research techniques for domestic and wild animals. Publicado por L.E. Harris, 1408 Highland Drive, Logan, Utah, EE.UU.

Holter, J.A., y J.T. Reid, 1959. Relationships between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages. J. Animal Sci. 18:1339.

Johnson, R.R. 1969. Techniques and procedures for in vitro and in vivo rumen studies. En: Techniques and procedures in animal science research. American Society of Animal Science, EE.UU.

Johnson, W.L., 1966. The nutritive value of Panicum maximum (Guinea grass) for cattle and water buffaloes in the tropics. Tésis, Universidad de Cornell, Ithaca, N.Y., EE.UU.

Johnson, W.L., 1970. Métodos de estudiar el consumo voluntario de pastos al corte. Ira. Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú. Vol. II (En prensa).

Johnson, W.L., y Alberto Seoane, 1972. Una nota sobre el uso de óxido crómico en la medición indirecta de la digestibilidad de forrajes en vacunos. Anales Científicos (en prensa).

Juko, C.D., R.M. Predon y B. Marshall. 1961. The nutrition of Zebu cattle. II. The techniques of digestibility trials with special reference to sampling preservation and drying of faeces. J. Agric. Sci. 56:93.

Kalinowski, J., G. Gómez y K.C. Beeson. 1970. Interrelaciones suelo-planta-nutrición. VII. Composición química de algunas gramíneas forrajeras del altiplano del Departamento de Puno. Anales Científicos 8:30.

Keys, J.E., Jr., P.J. Van Soest y E.P. Young. 1969. Comparative study of the digestibility of forage cellulose and hemicellulose in ruminants and nonruminants. J. Animal Sci. 29:11.

Kistner, A. 1965. Possible factors influencing the balance of different species of cellulolytic bacteria in the rumen. En: Physiology of Digestion in the Ruminant, R.W. Dougherty et al., editores. Butterworths, Washington.

Lofgreen, G.P. y W.N. Garrett. 1969. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. J. Anim. Sci. 27:793.

Digitized by Google

Maguiña, José. 1971. Valor nutritivo de la alfalfa (Medicago sativa) en la estación de verano, Costa Central. Tesis, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Perú.

Maynard, L.A., y J.K. Loosli, 1969. Animal Nutrition. 6ya. edición. Mc Graw Hill, New York y México.

Members of the Institute Staff. 1961. Research techniques in use at the Grassland Research Institute, Hurley. Commonwealth Agricultural Bureaux Bol. 45, Farnham Royal, Bucks., Inglaterra.

Meyer, H.H., y L.G. Jones. 1962. Controlling alfalfa quality. Bol. 784 de la Estac. Exper. Agric., Univ. California, EE.UU.

Milford, R., y D.J. Minson. 1963-64. Pasture evaluation and animal nutrition. Division of Tropical Pastures, CSIRO, Australia, Informe Anual, p. 57.

Moe, P.W., y W.P. Faltt. 1969. The net energy value of feedstuffs for lactation. J. Dairy Sci. 52:928.

Moe, P.W., y H.F. Tyrrell. 1972. Net energy value for lactation of high-and low-protein diets containing corn silage. J. Dairy Sci. 55:318.

Montgomery, M.J., y R.B. Baumgardt. 1965. Regulation of food intake in ruminants. Parte 2. J. Dairy Sci. 48:1623.

NAS-NRC. 1969. United States-Canadian Tables of Feed Composition. 2da. Revisión. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C., EE.UU.

NAS-NRC, 1970. Nutrient requirements of beef cattle. 4a. edición. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C., EE.UU.

NAS-NRC, 1971. Nutrient requirements of dairy cattle. 4ta. edición. National Academy of Sciences -National Research Council,Washington, D.C., EE.UU.

Paladines, O.L. 1967. Métodos in vitro para determinar el valor nutritivo de los forrajes. Memoria deun simposio. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Sur, Montevideo, Uruguay.

Pezo, Danilo. 1972. Análisis de fibra en forrajes. Traducción de USDA. Handbook N° 379 por Goering y Van Soest. Univ. Nac. Agraria La Molina, Programa de Forrajes, Boletin N° 10.

Ramos, Julio. 1971. Inspección visual, análisis quimicos y digestibilidad in vitro del heno de alfalfa. Tesis, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Perú.

Digitized by Google

Raymond, W.F. 1969. The nutritive value of forage crops. En: Advances in Agronomy, N.C. Brady, editor. Academic Press, New York y Londres.

Raymond, W.F., C.E. Harris y V.G. Harker. 1953. Studies on the digestibility of herbage. I. Technique of measurement of digestibility and some observations on factors affecting the accuracy of digestibility data. J. Brit. Grassl. Soc. 8:301.

Rusoff, L.L., A.S. Achacoso, C.K. Mondart Jr. y F.L. Bonner. 1961. Relationship of lignin to other chemical constituents in sudan and millet forages. Bol. 542, Univ. Louisiana, EE.UU.A.

Seoane, Alberto, W.L. Johnson, R. Zeppilli, J. Lozano y H. D. Gross. 1972. Digestibilidad y consumo de ensilajes de maíz forrajero, sorgo forrajero (sordán) y pasto elefante en vacas lecheras. Anales Científicos (en prensa).

Smith, G.S., A.B. Nelson y E.J.A. Boggino. 1971a. Digestibility of forages in vitro as affected by content of "sílica". J. Animal Sci. 33:466.

Smith, G.S., E.C. Smith, R. de la Torre y A.L. Neumann. 1971b. Soluble sílica in rumen cultures. J. Animal Sci, 33:246.

Staff of the Cunningham Laboratory, CSIRO, Brisbane, Australia. 1964. Some concepts and methods in sub-tropical pasture research. Commonwealth Agricultural Bureaux Bol. 27, Farhham Royal, Bucks, Inglaterra.

Stallcup, O.T. y G.V. Davis. 1965. Assessing the feeding value of forages by direct and indirect methods. Bol. 704 de la Estac. Exper. Agric. Univ. Arkansas, EE.UU.A.

Stone, J.B., G.W. Trimberger, C.R. Henderson, J.T. Reid, K.L. Turk y J.K. Loosli, 1960. Foraje intake and efficiency of feed utilization in dairy cattle, J. Dairy Sci. 43:1275.

Tapia, M., y A.M. Fries de Tapia. 1966. El método de la digestibilidad in vitro de dos etapas. Anales Científicos 4:180.

Tilley, J.M.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18:104.

Tilley, J.M.A., y R.A. Terry. 1968. Procedure for the in vitro digestion of herbage samples. Notas mimeografiadas de trabajo, Grassland Research Institute, Hurley, Inglaterra.

Tyrrell, H.F., P.W. Moe y R.R. Oltjen, 1971. Use of energy by growing vs lactating cattle. J. Animal Sci. 33:302.

Digitized by Google

U.S. Plant, Soil and Nutrition Laboratory. 1958. Methods for determination of mineral elements in plant Asissue. Mimeografiado, Universidad de Cornell, Ithaca, N.W., EE.UU.

Valdivia, Ricardo. 1970. Sistema de análisis químico de los forrajes basado en el uso de detergentes (sistema de constituyentes de pared celular). 1ra. Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú. Vol. II (en imprenta).

Van Seest, P.J. 1964. Symposium on nutrition and forage and pastures: New chemical procedures for evaluating forages, J. Animal Sci. 23:838.

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

Van Soest, P.J. 1966, Nonnutritive residues: A system of analysis for the replacement of crude fiber. J. Assoc. Off. Agricultural Chemists 49:546.

Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages, J. Animal Sci. 26:119.

Van Soest, P.J. 1969. Chemical properties of fiber in concentrate feedstuffs. Proceedings, 1969 Cornell Nutrition Conference, Ithaca, N.W., USA, p. 17.

Van Soest, P.J. 1970a. The chemical basis for the nutritive evaluation of forages. Proceedings of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization. Nebraska Center for Continuing Education, Lincoln, Nebraska, EE.UU.

Van Soest, P.J. 1970b. The role of silicon in the nutrition of plants and animals. Proceedings Nutrition Conference for Feed Manufacturers p.103. Universidad de Cornell, Ithaca, N.Y., EE.UU.

Van Soest, P.J. 1971. Net energies from detergent fiber analyses. J. Animal Sci. 33:303.

Van Soest, P.J., y L.H.P. Jones. 1969. Effect of silica in forages upon digestibility. J. Dairy Sci. 51:1644.

Van Soest, P.J., y L.A. Moore, 1965. New chemical methods for analisis of forages for the purpose of predicting nutritive value. Anales, IX Congreso Internacional de Pasturas, Sao Paulo, Brasil, p. 424.

Van Soest, P.J., R.H. Wine y L.A. Moore. 1966. Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. Proc. 10th Internat'l Grassl. Congr. p. 438.

Digitized by Google

Warner, A.C.I. 1965. Factors influencing numbers and kind of microorganisms in the rumen. En: Physiology of Digestion in the Ruminant, R.W. Dougherty et al., editors, Butterworths, Washington.

Weir, W.C. 1970. Basis for the use of simplified techniques to evaluate alfalfa for hay and brush for browse in California. Proceedings of the National Conference of Forage Quality Evaluation and Utilization. Nebraska Center for Continuing Education, Lincoln, Nebraska, EE.UU.

Digitized by Google

LOS SISTEMAS INTEGRALES DE PRODUCCION

Edmundo Gastal*

*Ingeniero Agrónomo especialista en Economía Agrícola dentro de la Línea de Investigación Agrícola de la Zona Sur del IICA.

Digitized by Google

Digitized by Google

Los sistemas integrales consisten en la aplicación conjunta de un grupo de conocimientos interrelacionados para la obtención de un determinado producto. El proceso de la investigación, debido a su propia característica, tiende a ir generando conocimientos aislados y parciales que identifican la influencia de cada uno de los factores que intervienen en el proceso productivo. Pero como se sabe, siempre existe una interacción, más o menos intensa, entre las distintas variables, lo que impide la determinación precisa de la influencia aislada de cada uno de los factores.

Es indispensable ir agregando el conocimiento acumulado con relación a las distintas variables, llamadas independientes, en los modelos integrales, y verificar la influencia del sistema como un todo en el producto final. Basándose en esta forma de proceder, las instituciones de investigación agrícola pueden proporcionar, además de las recomendaciones sobre prácticas y técnicas aisladas, información sobre sistemas integrales de producción de determinados bienes agropecuarios. En este trabajo, los investigadores biológicos y los especialistas en economía agraria, juntos, actúan como sintetizadores de los nuevos conocimientos obtenidos por la investigación relacionada con un determinado producto agrícola.

LOS SISTEMAS Y LA INVESTIGACION AGRICOLA

No es común que la institución de investigación agropecuaria se preocupe por el esfuerzo de sintetizar los sistemas integrales de producción. La investigación agropecuaria, en general, se caracteriza por una orientación típicamente analítica, orientada en el sentido de una disgregación cada vez mayor, de algunos aspectos particulares del complejo sistema bio-económico vinculado a los diversos productos agropecuarios.

En la figura Nº 1 aparece representado el esquema más común de la investigación biológica

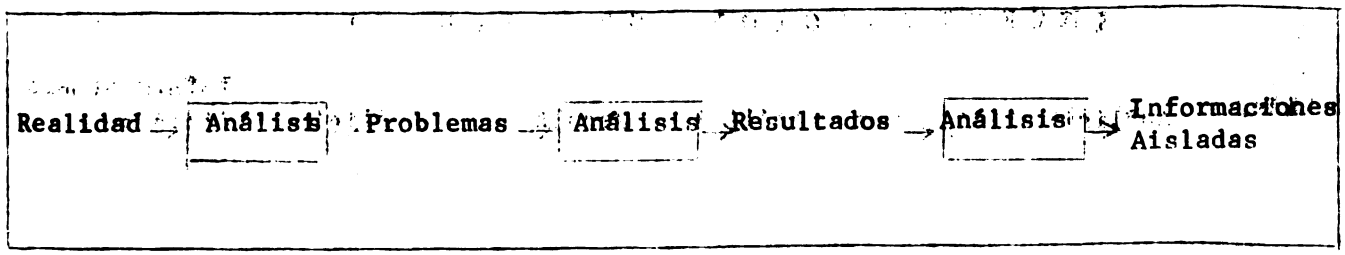


FIGURA Nº1 - Esquema simplificado de la Investigación Analítica

Digitized by Google

El esquema simplificado arriba mencionado, presenta inconvenientes, tanto por la pequeña posibilidad de ofrecer informaciones que produzcan un impacto de gran magnitud a nivel de las unidades de producción agropecuaria, como por el distanciamiento progresivo de la realidad.

Es común y altamente positivo que a partir del análisis de los resultados se identifiquen nuevos problemas, que servirán de punto de partida para nuevos esfuerzos en la investigación. Sin embargo, cuando no se toman ciertas precauciones, el proceso de investigación puede encerrarse en sí mismo, de forma tal que pasa a buscar soluciones para problemas generados por el propio proceso de investigación, disvinculándose gradualmente de la realidad sobre la cual le compete actuar. Esta es una situación que, por paradójica que pueda parecer, se agrava cuando simultáneamente con la identificación de nuevos problemas, surgen nuevas informaciones que se difunden a través de instrumentos como información agrícola, extensión, crédito, etc., y, en consecuencia, alteran la realidad inicial.

Es fácil comprender tal desajuste; la investigación se va dedicando cada vez más a los problemas generados por ella misma, a partir de la interpretación de una realidad inicial que ella misma está contribuyendo a modificar a través de las informaciones que proporcionó. En la figura N° 2 se representa esta situación.

Conviene destacar que el circuito es normal, e inclusive, debe ser estimulado este movimiento de retro-información en la programación de la investigación. Lo que se debe evitar es que tienda a transformarse en un circuito cerrado y que, por la falta de comunicación, la investigación pierda sus vínculos con la realidad en términos de fuente de problemas, aunque pueda proporcionar algunas informaciones que se puedan aplicar sobre la misma.

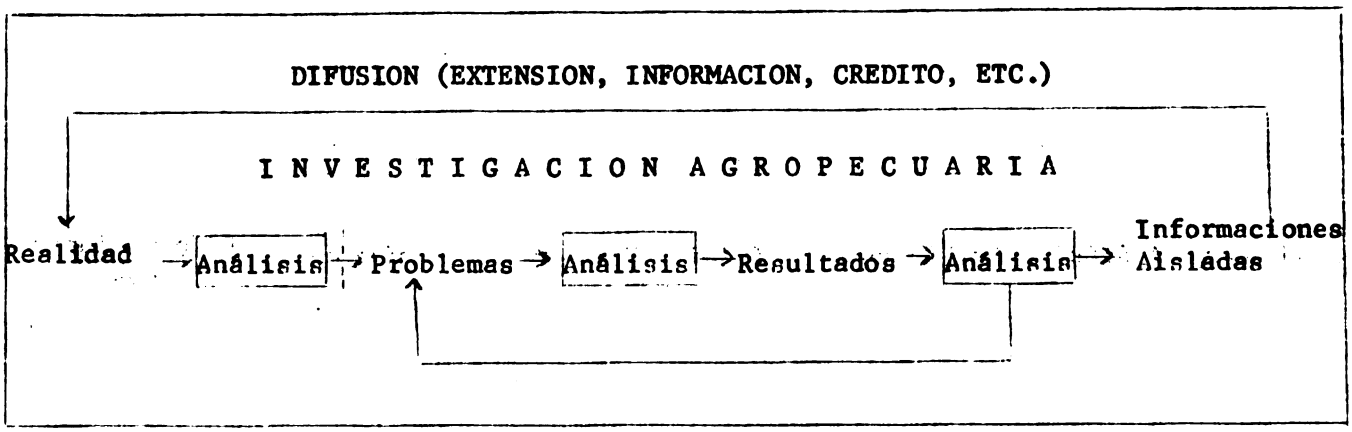


FIGURA N° 2 - Esquema de la Investigación Analítica con "Pequeño circuito cerrado".

Digitized by Google

También en los casos en los cuales ya se desarrolla un esfuerzo de síntesis al integrar la información acumulada por la investigación sobre distintas variables que intervienen en la obtención de un determinado producto, puede darse otro circuito cerrado que, para distinguirlo del anterior, se denomina 'gran circuito' y está representado en la Figura N°3.

Este circuito no solamente es conveniente; debe ser considerado indispensable para una programación objetiva de la investigación, que realmente esté orientada en el sentido de producir informaciones que tengan mayor relevancia y prioridad en la conformación de los modelos integrales de producción de determinados bienes agropecuarios.

Sin embargo, cuando tiende a transformarse en un circuito cerrado, igual que el anterior, lleva a la investigación a desvincularse de la realidad y puede provocar la situación de que los problemas investigados y los modelos formulados se constituyan en meros ejercicios y elucubraciones académicas, totalmente apartadas de las soluciones necesarias para el aumento de la eficiencia del proceso productivo.

El esfuerzo de síntesis debe ser realizado a partir, no solamente del volúmen de las informaciones acumuladas por la investigación, sino también del que resulte de la confrontación de estas informaciones con la situación actual de las unidades de producción que se dedican a producir el producto considerado, incluyendo en la descripción de éstas últimas, la experiencia y los conocimientos acumulados por productores y técnicos; tal esfuerzo aparece esquematizado en la Figura N° 4.

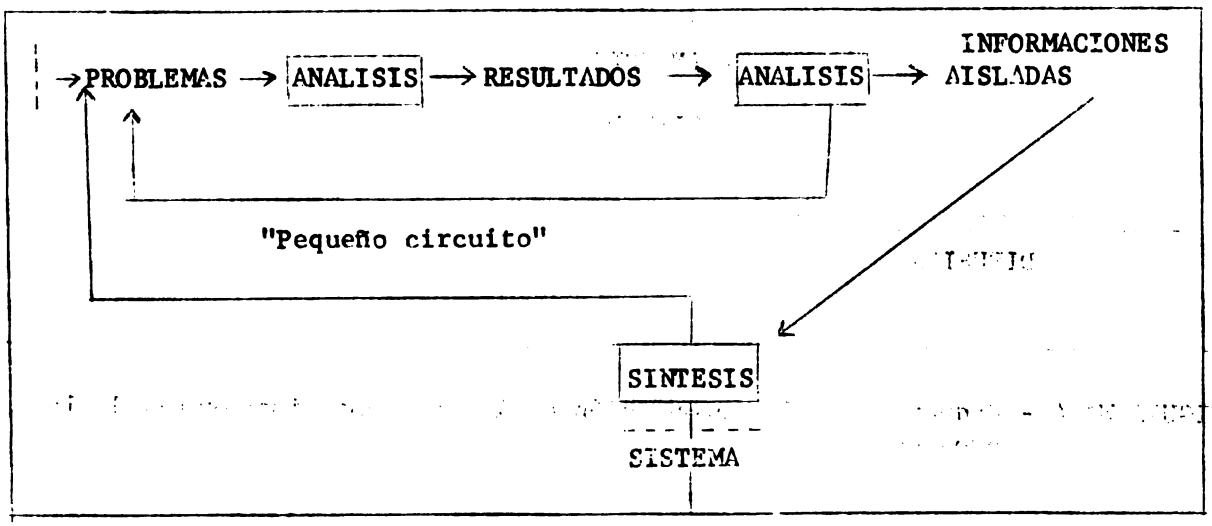


FIGURA N° 3. Esquema representando el "Gran circuito cerrado" de la investigación agrícola

Digitized by Google

Nótese que la sintetización de los sistemas no elimina la investigación sobre problemas específicos. Por el contrario, ofrece un medio más objetivo para la programación de la investigación analítica, a través de la identificación de problemas cuya solución constituye un aspectos realmente relevante para el perfeccionamiento tecnológico del proceso productivo. Además de esto, puede constituirse en un medio de renovación permanente del contacto de la investigación con la realidad, en vista de que una información actual y detallada con relación a lo que ocurre en el mundo de la producción, es de tanta importancia en la formulación de sistemas mejorados de producción, como las informaciones sobre las distintas variables obtenidas en la investigación física y biológica.

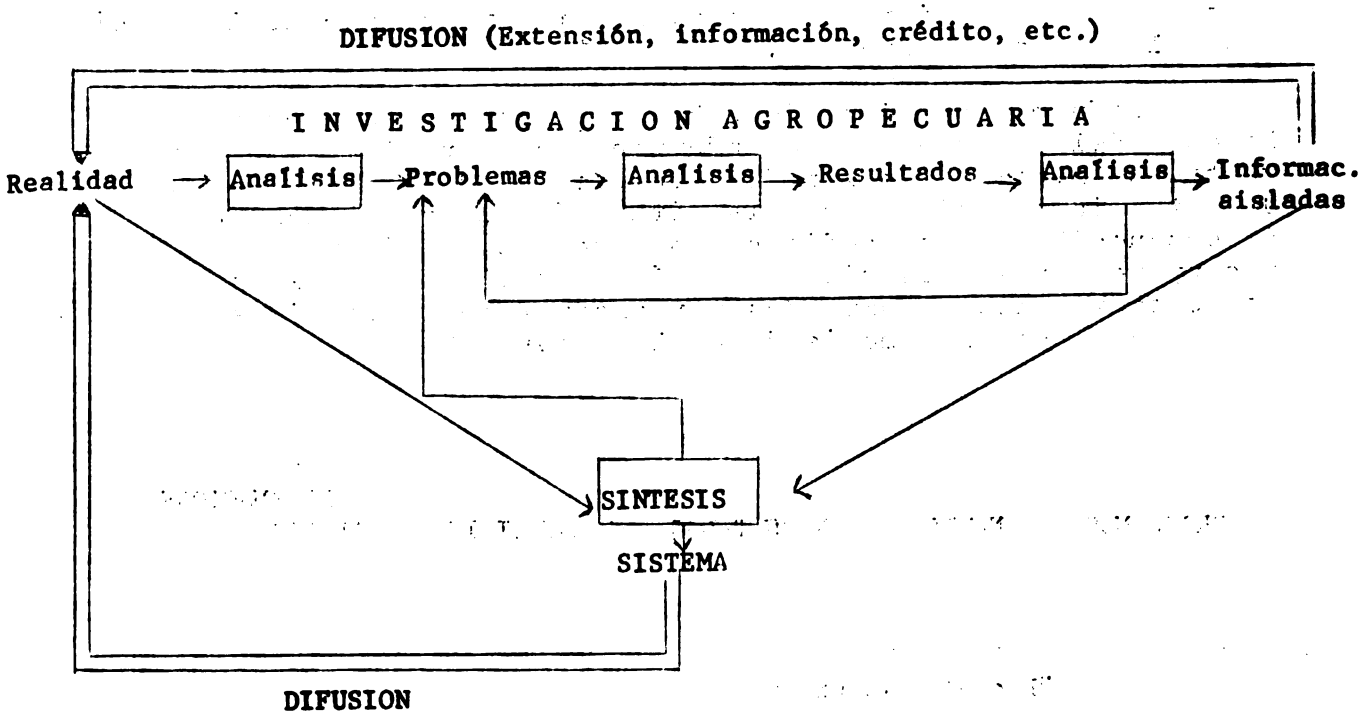


FIGURA N° 4 - Esquema para la formulación de los sistemas integrales de la producción

Digitized by Google

METODO DE LOS MODELOS

En el trabajo con sistemas integrales de producción es indispensable el uso del "Método de los modelos" del cual el "Método de aproximaciones sucesivas" (presupuesto total) es el ejemplo menos complejo y sofisticado. El modelo es la representación de un sistema y puede ser físico o matemático. En el primero caso están las representaciones gráficas, las descriptivas, las maquetas en escala, etc. Las representaciones matemáticas pueden ser tanto lineales como modelos de regresión, incluyendo aquellos que presentan un número elevado de ecuaciones cuya solución sólo es factible con el uso de la computadora electrónica.

El método de los modelos se basa principalmente en las relaciones físicas y de precios entre insumos y productos. Las relaciones físicas insumo-producto son obtenidas tanto de las explotaciones reales y de las condiciones actuales de la tecnología, como sobre la base de investigaciones de laboratorio y de campos experimentales, de modo de disponer de determinaciones más rigurosas y menos sujetas a los factores no controlables de la naturaleza, no obstante, siempre ajustadas a las características físicas, naturales, económicas y sociales de la región a que se refieren.

Se pueden formular sistemas integrales o identificar conjuntos de técnicas, con distintos grados de tecnificación, a fin de cuantificar el comportamiento de cada uno y determinar los más adecuados para las condiciones imperantes en un momento determinado. Se trata de analizar el sistema como un todo, resultado que depende, entre otras cosas, de las interrelaciones entre las distintas variables y técnicas y no sólo de cada técnica por separado.

El trabajo para la formulación de modelos involucra, necesariamente, además de la vinculación íntima con la realidad dada para las unidades de producción que se dedican a la obtención de los productos objetivos del sistema, el esfuerzo conjunto y el trabajo de equipo en un ambiente de cooperación interdisciplinaria. Permite también identificar las "lagunas" de conocimientos, constituyéndose en un instrumento de gran utilidad en la programación de la investigación, además de estimular la creación de una conciencia colectiva sobre la importancia de las distintas especialidades en el contexto total del proceso productivo, abriendo así una vía más amplia para que fluya una ejecución coordinada de la investigación y, en consecuencia, mucho más eficiente.

Desde el punto de vista de la investigación, es posible identificar dos momentos bien definidos en el trabajo con sistemas: la formulación y la prueba.

Digitized by Google

La formulación consiste en la identificación de las distintas variables que componen el modelo y sus relaciones, así como la cuantificación de los parámetros. La investigación analítica aislada sobre las diversas variables que intervienen en un sistema, puede ser considerada como un componente de la formulación del modelo. Cuando el sistema, por su complejidad, por la preocupación de analizar distintas alternativas o debido a la necesidad de mayor riqueza de detalles y precisión, justifica su estudio por simulación, el modelo deberá ser transformado en un modelo matemático. La simulación es, por lo tanto, un instrumento para la formulación.

En la simulación se pueden usar modelos matemáticos rígidos que pretendan obtener el mejor sistema, esto es, que permitan alcanzar los resultados considerados "óptimos". Es el caso de la programación lineal y de ciertas funciones de la producción. También pueden usarse modelos que no están subordinados a formatos patrones, sino que están constituídos por formulaciones matemáticas que no son de optimización, pero que procuran obtener alternativas mejores que las actuales.

Sin duda, en general, estos últimos resultan más adecuados para representar situaciones dinámicas, en las cuales intervienen factores exógenos y aleatorios, como es el caso de la producción agropecuaria , bastante condicionada por factores naturales, económicos y sociales, que presentan un margen de variación bastante amplio.

El sistema formulado debe ser suficientemente flexible para resistir, dentro de ciertos límites, las variaciones de comportamiento de las citadas variables, y debe ser suficientemente dinámico de modo que permita fácilmente la introducción de modificaciones a medida que se hacen necesarias.

Formulado el modelo -con o sin uso de la simulación- corresponde probar su validez para determinar si realmente se dispone de un nuevo sistema integral de producción, en condiciones de ser difundido y aplicado en las unidades de producción agropecuaria. Para esto pueden adoptarse procedimientos que van desde los tests estadísticos corrientes y métodos de evaluación económica y social, hasta el ensayo en condiciones y en escala de producción para mercado, pasando por el método de exponer el sistema sintetizado y sus resultados al juicio y a la crítica de especialistas en las materias incluídas en el modelo elaborado y que, al mismo tiempo, estén familiarizados con la región en la cual se quiere difundir el nuevo sistema.

Es conveniente realizar el análisis de sensibilidad, que consiste en verificar el comportamiento de los resultados del sistema con valores diversos para las variables que lo conforman. Tal procedimiento, además de servir como prueba para el modelo elaborado, sirve para identificar cuáles de los factores presentan una

Digitized by Google

relación más directa con el producto final y, en consecuencia, proporciona valiosos aportes para la programación y coordinación de investigaciones futuras.

El método de ensayo de campo para verificar el comportamiento del modelo en condiciones reales, es caro y complejo. Por esto, generalmente, a través de métodos más simples y rápidos, se selecciona apenas una o algunas de las alternativas más promisorias para llevarlas a la práctica, en prueba final del modelo formulado.

Es importante no confundir el ensayo de campo del modelo elaborado con la demostración de resultados, método usado con frecuencia por la extensión agrícola. El ensayo del sistema puede ser considerado como la última etapa del proceso de investigación, en la cual se verifica la validez de un modelo elaborado. Siendo un ensayo, está implícito un margen de duda en cuanto al comportamiento y los resultados. Desde el punto de vista de la extensión agrícola, la demostración de resultados, conforme lo indica el propio nombre, se constituye en un medio para demostrar prácticas o sistemas ya probados, con los cuales se obtienen resultados conocidos de antemano. Por lo tanto, el ensayo de sistemas sólo podría ser confundido con la demostración de resultados cuando las posibilidades de éxito son casi absolutas, caso que dispensa la realización del ensayo de campo como prueba para el sistema formulado.

Por lo tanto, la superposición de la demostración de resultados con el ensayo de sistemas, solamente puede ocurrir cuando el ensayo llegó a un momento de su realización en que las bondades del sistema en prueba ya son evidentes e irreversibles. Lo más común es que el ciclo completo de un sistema sea del tipo presentado en la figura N° 5.

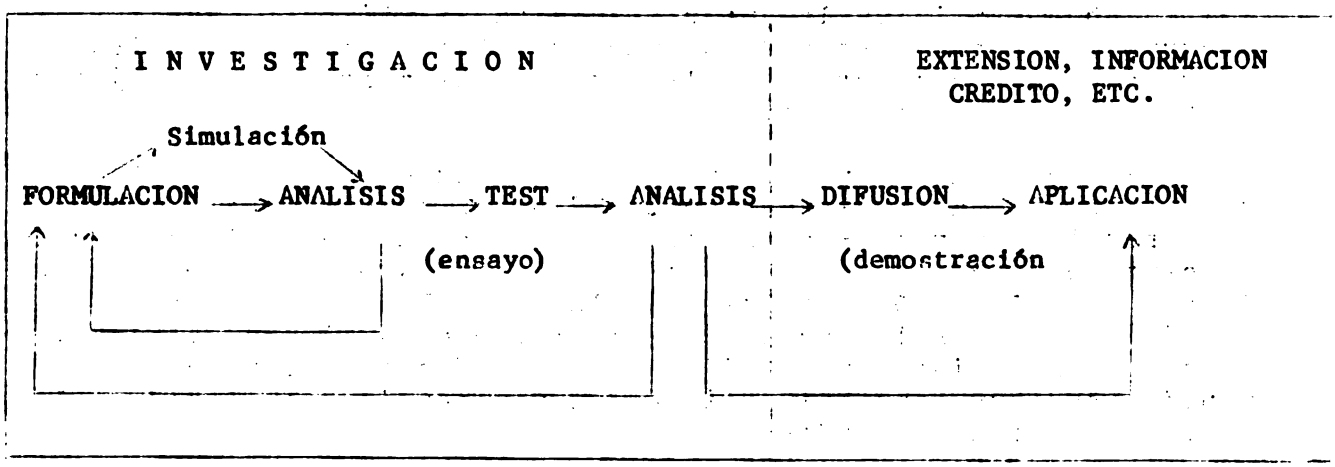


FIGURA N° 5 - Ciclo normal de un sistema desde su formulación hasta su aplicación

Digitized by Google

En el esquema que aparece en la Figura N° 5 puede parecer que la extensión agrícola y otros instrumentos de difusión y cambio sean marginalizados de la elaboración del modelo; hecho éste que no ocurre, una vez que estos servicios son parte importante de la realidad que sirve de marco de referencia para la formulación del sistema.

EJEMPLO

A continuación se presenta el esquema básico de un sistema mixto bovinos de carne y ovinos, que ha sido formulado para una región en el Sur del Brasil (Ver la Gráfica que sigue).

Del análisis de la situación actual y teniendo en cuenta las posibilidades ofrecidas por los resultados de la investigación, surgió la identificación de las principales variables que intervienen en el sistema, así como sus relaciones y la formulación del sistema mejorado.

Como se puede ver en la gráfica, las variables que en último término determinan que se cumpla el objetivo fundamental en lo que se refiere al rol de la tecnología son: tasa de producción, estructura de los rebaños y carga animal.

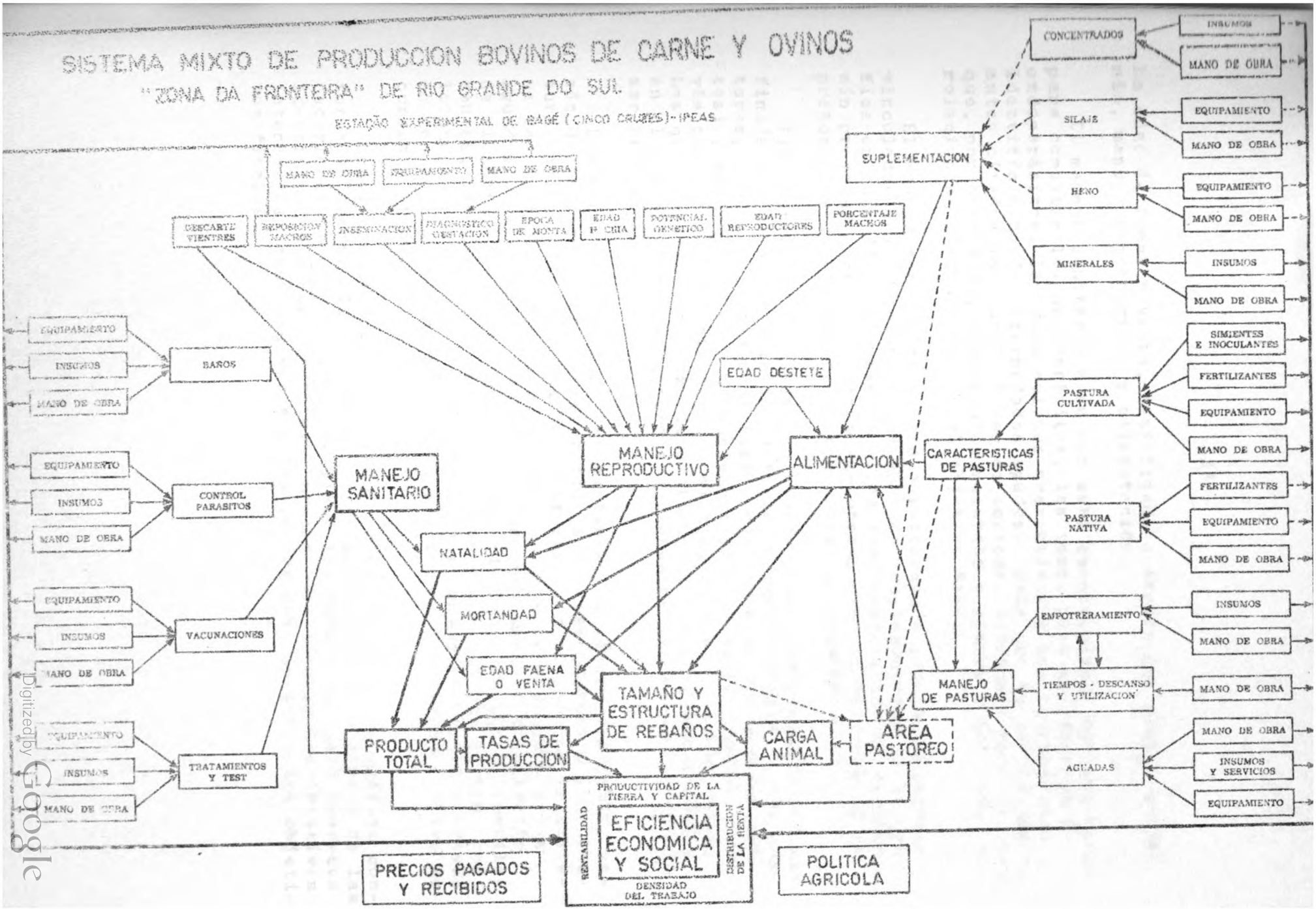
La tasa de producción (tasa de faena + tasa de venta de animales para reproducción + tasa de crecimiento) es una relación entre el producto y el tamaño del rebaño. El producto total a su vez, como responsable del ingreso final, está relacionado directamente con el objetivo final.

La carga animal depende de la relación entre el tamaño del rebaño y del área de pastoreo. El área de pastoreo está representada por líneas interrumpidas porque en este caso se fijó en 870 Has., pero se puede variar, y entonces estará determinada por el tamaño del rebaño, por la suplementación, características y manejo de las pasturas. Como se trata de un recurso básico, puede constituirse en un costo, y por esto se relaciona directamente con el objetivo final. Lo mismo ocurre con el tamaño de los rebaños.

Volviendo al producto total, vamos a encontrar que éste es determinado por la natalidad, mortalidad y edad de faena o venta de los animales (también podría ser el peso de los animales). En el presente caso se ha fijado el peso en 430 a 450 kgs. para los novillos y en 380 a 420 para las vaquillonas. Un último factor que está directamente relacionado con el producto es el descarte de vientres. La natalidad, mortalidad, edad de faena en conjunción con el manejo reproductivo y la alimentación, determinan el tamaño y la estructura de los rebaños.

Observando la natalidad, encontramos que está determinada por el manejo reproductivo y la alimentación. La mortalidad está condicionada por el manejo sanitario y la alimentación. Finalmente

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

la edad de faena o venta, está fijada a partir del manejo sanitario, manejo reproductivo y alimentación.

El manejo sanitario a su vez está caracterizado por los baños para combatir los ectoparásitos, las tomas para eliminación de endoparásitos, las vacunaciones preventivas y los tratamientos e identificación de enfermedades agudas. Cada uno de los elementos antes citados involucra el uso de equipos, insumos y mano de obra que, por otro lado, representan recursos y gastos y por esto, se relacionan directamente con el objetivo final.

El manejo reproductivo está caracterizado por las decisiones vinculadas a las variables que aparecen representadas en la gráfica en cuestión. Algunas de ellas involucran sólo una decisión, sin provocar gastos, mientras que otras, como el diagnóstico de preñez, involucran uso de mano de obra, instrumentos, etc.

Finalmente, la situación en cuanto a la alimentación está definida por la superficie de pastoreo, características de las pasturas, manejo de las mismas (estos dos factores son interactuantes) y suplementación. La suplementación puede realizarse a través del uso de concentrados, de silaje, de heno y de minerales. Los que aparecen con trazo discontínuo no han sido considerados en el sistema formulado, pero son elementos que se pueden utilizar en ciertos casos.

Las características de las pasturas, en líneas generales, están determinadas por la proporción de pastura cultivada y de pastura nativa. El manejo de las pasturas es definido por el sistema de empotreramiento, los tiempos de reposo y ocupación y las aguadas. Cada una de estas variables involucra la utilización de elementos tales como equipos, mano de obra, semillas, fertilizantes, insumos, etc. que son recursos que ocasionan gastos, por lo que se relacionan directamente con el objetivo básico a través de los costos, remuneración de los factores y relaciones entre recursos y producto.

Resumiendo, se puede decir que la periferia de la gráfica conforma la tecnología utilizada. Esta será definida a partir de las decisiones de cómo y cuándo realizar las tareas que allí aparecen identificadas y que constituyen medios para alcanzarlos objetivos intermedios, que a su vez son los medios para llegar a los objetivos finales.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

II REUNION DE ESPECIALISTAS E INVESTIGADORES FORRAJEROS DEL PERU. Tomo II. Arequipa, Perú, 1972

FECHA DEVOLUCION	PRESTADO A

IICA - CIRA
BIBLIOTECA
BOGOTA

Digitized by Google

IICA

Digitized by Google