SEMINARIO DE UTILIZACION DE ANIMALES EN LA EVALUACION DE LA PRADERA

IICA ZONA ANDINA

MEDELLIN - COLOMBIA

Junio 7-8, 1972

INTRODUCCION

La investigación forrajera en los Países de la Zona Andina no tiene muy larga historia. Paradójicamente la ganadería es el gran recurso de extensas zonas de sus territorios y prometen enormes fuentes de ingreso para sus economías. Estas y otras razones impulsaron al IICA, a través de su Programa Cooperativo Regional de Ganadería y Pasturas, para apoyar la actividad de investigaciones en este campo.

Con este motivo, en forma conjunta, los Países y el IICA, han analizado la situación de las investigaciones forrajeras y abordado su solución a través de acciones mancomunadas. Estas acciones constituyen un fortalecimiento a la acción que cada País realiza por medio de sus Programas Nacionales de Pastos y Forrajes. Bien, se puede decir entonces, que, los Programas Nacionales han sido robustecidos y apoyados por el IICA como unidades nacionales y con programas regionales como el Banco de Germoplasma de Forrajes Tropicales.

Fruto de esos análisis realizados en Reuniones Regionales (Lima, 1968; Quito, 1970; Bogotá, 1971; Santa Cruz de la Sierra, 1972) se ha establecido el curso seguido por las investigaciones forrajeras. Estas se iniciaron en la Zona Andina con el estudio de especies forrajeras y la adaptación de especies foráneas. A esos trabajos pioneros prosigió una larga etapa de mejoramiento del microecosistema de la planta forrajera suministrándole los elementos necesarios para su naturalización. Los tratamientos culturales constituyeron una actividad largamente estudiada y experimentada. Posiblemente, esta etapa se prolongó mucho más de lo que convenía a una investigación destinada a servir al desarrollo ganadero. Algo más, esa etapa impidió aproximarse a una utilización de los forrajes producidos.

Justamente las Reuniones Regionales señalaron con claridad, fruto de meditados y conjuntos análisis, la necesidad de avanzar más rápidamente en los objetivos de la producción de forrajes. Los iniciales ensayos de digestibilidad debían ser incrementados y ante todo la utilización de forrajes por los animales, debían constituir una meta urgente para la producción animal. Esta última concepción implicaba la nueva filosofía de integrar la investigación forrajera en la producción animal como un sistema.

El enunciado último tenía escasas, aunque sobresalientes experiencias, realizadas principalmente por el ICA de Colombia. Con esos valiosos antecedentes los Países se sumaron a la política de acelerar la investigación forrajera utilizando animales como medio de evaluación. Para ello, se sugirió realizar un Seminario en el que se pudiera mostrar a los colegas investigadores forrajeros esta recopilación de los pasos caminados y una proyección. De esto versa el presente volumen. Son las exposiciones sobre el proceso agronómico y los análisis químico y de digestibilidad. Y se plantean las primeras proyecciones para utilizar masivamente los ensayos de pastoreo. Algo más, se intentó abrir los nuevos horizontes de la investigación planteando los aspectos económicos y sociales de la investigación. De este modo, este volumen se constituye en una historia compendiada de la metodología utilizada hasta ahora y su proyección. Es una revisión para los investigadores y también una tribuna para su discusión.

El Seminario en el que se presentaron los trabajos que se muestran a continuación fue organizado por el IICA y realizado en Medellín (Junio 7-8, 1972). Pero, no se habría logrado el éxito si no se hubiera contado con la leal y decidida cooperación del Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela, el ICA de Colombia, la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Bogotá y el Centro Interamericano de Agricultura Tropical (CIAT). Estas instituciones facilitaron que los Doctores Claudio Chicco, Jaime Lotero, Ing. Héctor Murcia y Dr. Osvaldo Paladines, expusieran sus vastos conocimientos sobre la materia. Los conferenciantes todos oriundos de los Países de la Zona Andina, mostraron el grado de madurez alcanzado por la investigación en esta área.

Al presentar a los colegas forrajeros de Colombia, Venezuela y Ecuador lapresente publicación se espera que ella constituya una obra de consulta y un material para discutir y promover nuevas y mejores metodologías que las que se proponen. Ojalá que este resumen pueda retratar el pasado y descubrir un futuro más próspero.

Armando Cardozo
Coordinador

INDICE

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.

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 eje plos de investigaciones realizadas en los trópicos y sólo en casos especiales se recurrirá a la literatura de las zonas templadas.

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 jardín de introducciones.

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.

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).

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.

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.

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.

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

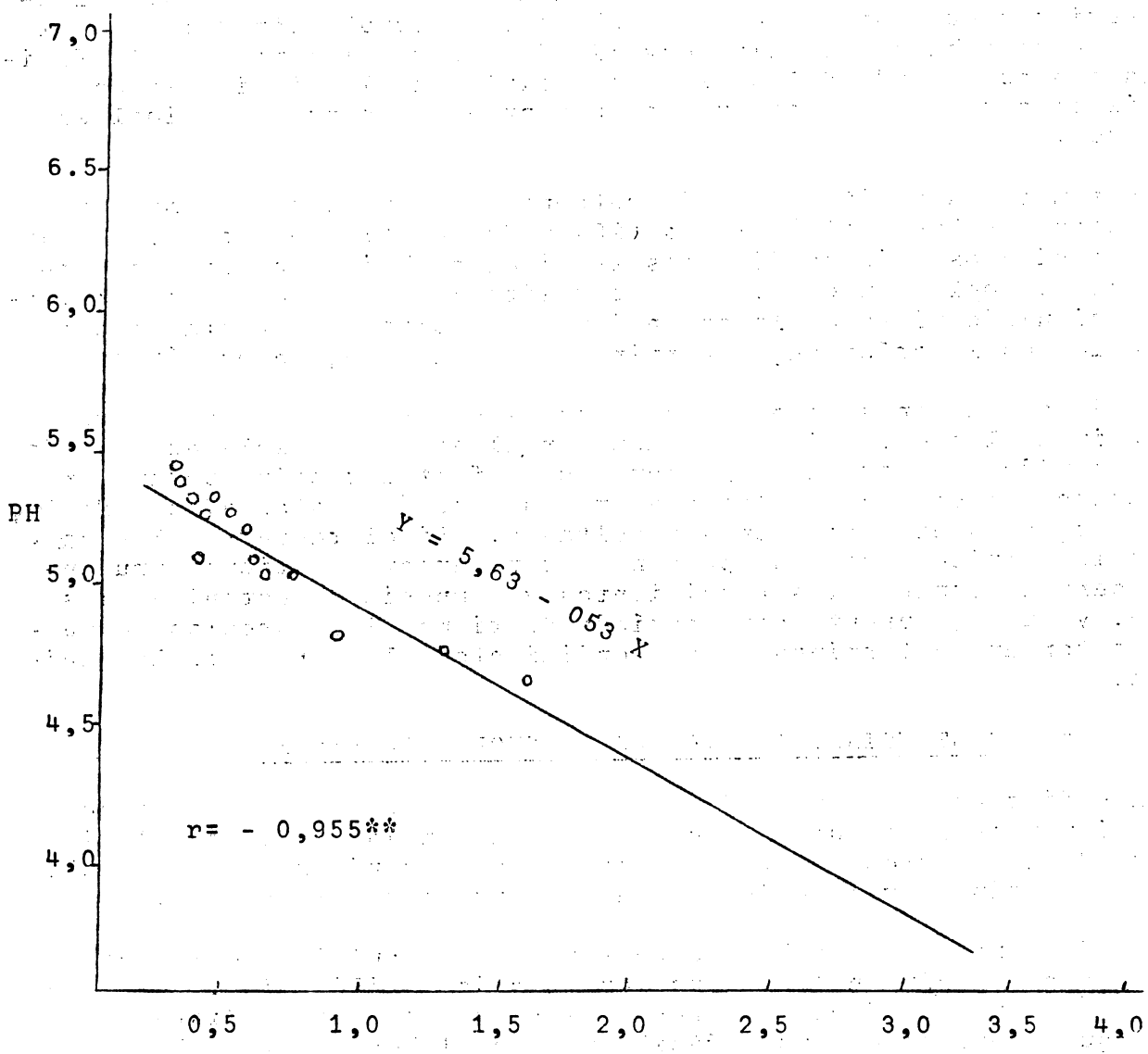
Fuentes de Nitrógeno	Dosis de N, kg./Ha. 0 (0)	50 (1250)*	100 (2500)	150 (3750)	200 (5000)	Promedio
Nitrato de Socio	6,08	6,54	6,80	7,03	6,85	6,66
Sulfato de Amonio	5,46	5,13	4,35	3,85	3,57	4,46
Urea	5,73	5,77	5,76	5,50	5,27	5,60
Promedio	5,75	5,81	5,64	5,46	5,20	

* 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.



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

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

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 ser 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.

Las distancias de siembra también deben acomodarse a la maquinaria de que 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*	8,38	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

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

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.

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.

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.

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.

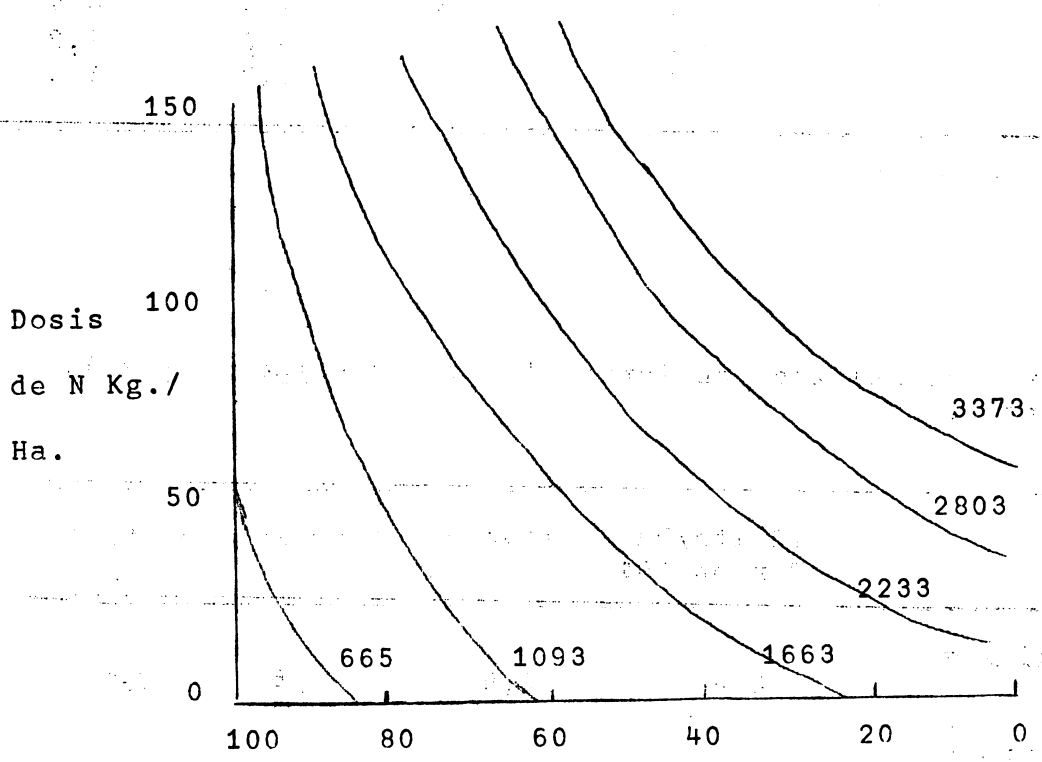
En zonas de ganadería intensiva en donde se presentan períodos de sequía limitantes para la producción y donde la tierra tiene precios tan altos, esta práctica debe involucrarse en los sistemas de explotación ganadera.

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.



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.

TABLA 8 Producción promedia 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.

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 o 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 axonoperis (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.

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 inundación; 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.

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.

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	6,0	12,0	9,8	5,0	10,6
Kudzú	5,0	3,2	4,2	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.

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.

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	47,4	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	62,6	37,4
200	15,0	46,1	70,6	43,9
Promedio	9,5	33,5	57,2	

* Ton/Ha. de forraje verde
** Promedio de 11 ciclos (cada ciclo comprende 18 semanas)

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.

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.

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".

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.

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.

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.

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.

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					
Nº	N	P_2O_5	K_2O	I	II	III	IV	Total	Promed.
	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.

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

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
	0	15,54	7,76	3,80	9,93	37,03	9,25
Nitrato de Sodio	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
S u b t o t a l		140,55	152,79	157,63	180,45	631,42	
	0	19,35	9,06	8,03	9,44	45,88	11,47
Sulfato de Amonio	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
S u b t o t a l		137,93	110,82	132,47	137,00	578,22	
	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
Urea	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
S u b t o t a l		116,51	81,98	96,31	114,09	408,89	
T O T A L		394,99	345,59	386,41	431,54	1558,53	

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

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=

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

D.M.S. fuentes x dosis =

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

D.M.S. dosis =

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

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.

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 An-al 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.

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.

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 Ó N D E L A S P R A D E R A S

Osvaldo Paladines

Centro Internacional de Agricultura Tropical

CIAT - 1972

I. INTRODUCCION

La cadena de producción ganadera que comienza con la disponibilidad de elementos nutritivos para las plantas en el suelo, el agua de lluvia o riego 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.

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.

III. ALGUNOS PRINCIPIOS DEL MANEJO DE PRADERAS

Se ha creído necesario incluir una sección corta en la cual se presenten una serie de ideas sobre los fundamentos técnicos de las prácticas de manejo de las praderas, por considerarse que así el estudiante tendrá una idea más ordenada de porque el investigador necesita usar los animales en sus experimentos de evaluación de praderas y del 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

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.

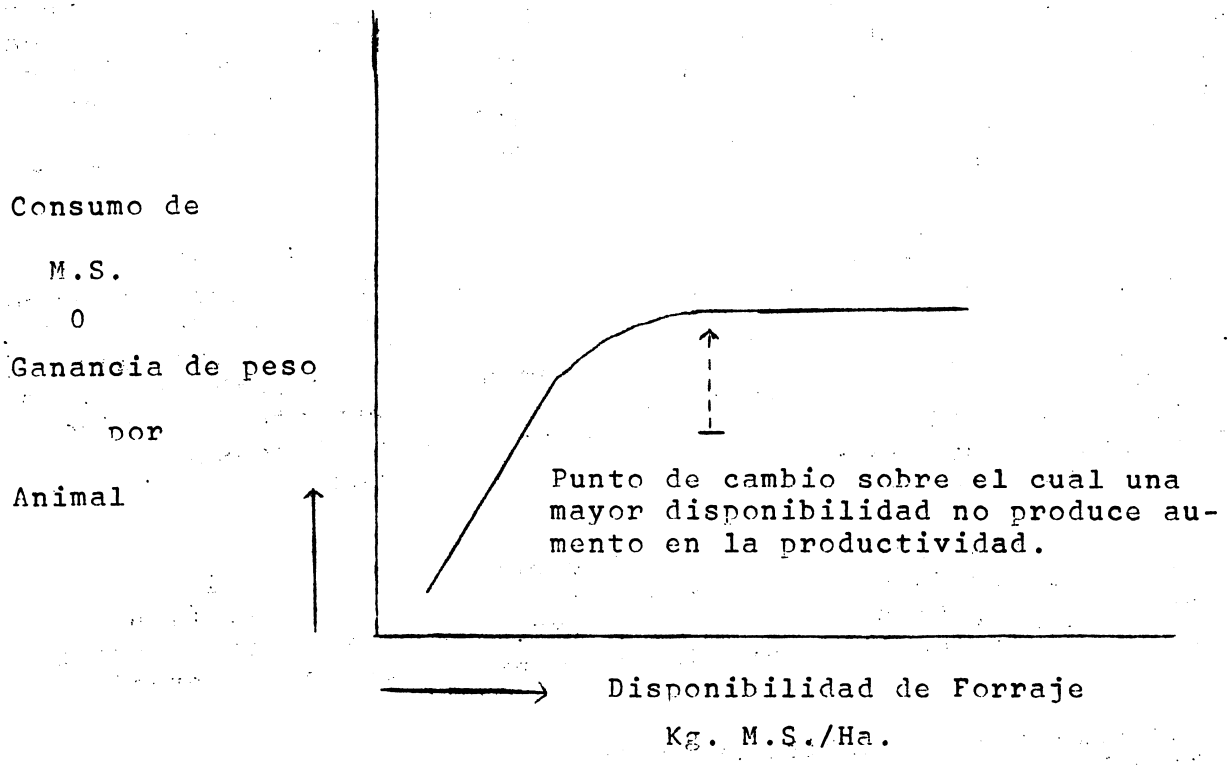


FIGURA III.1 Relación general entre Disponibilidad de Forraje y Producción por Animal.

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.

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,

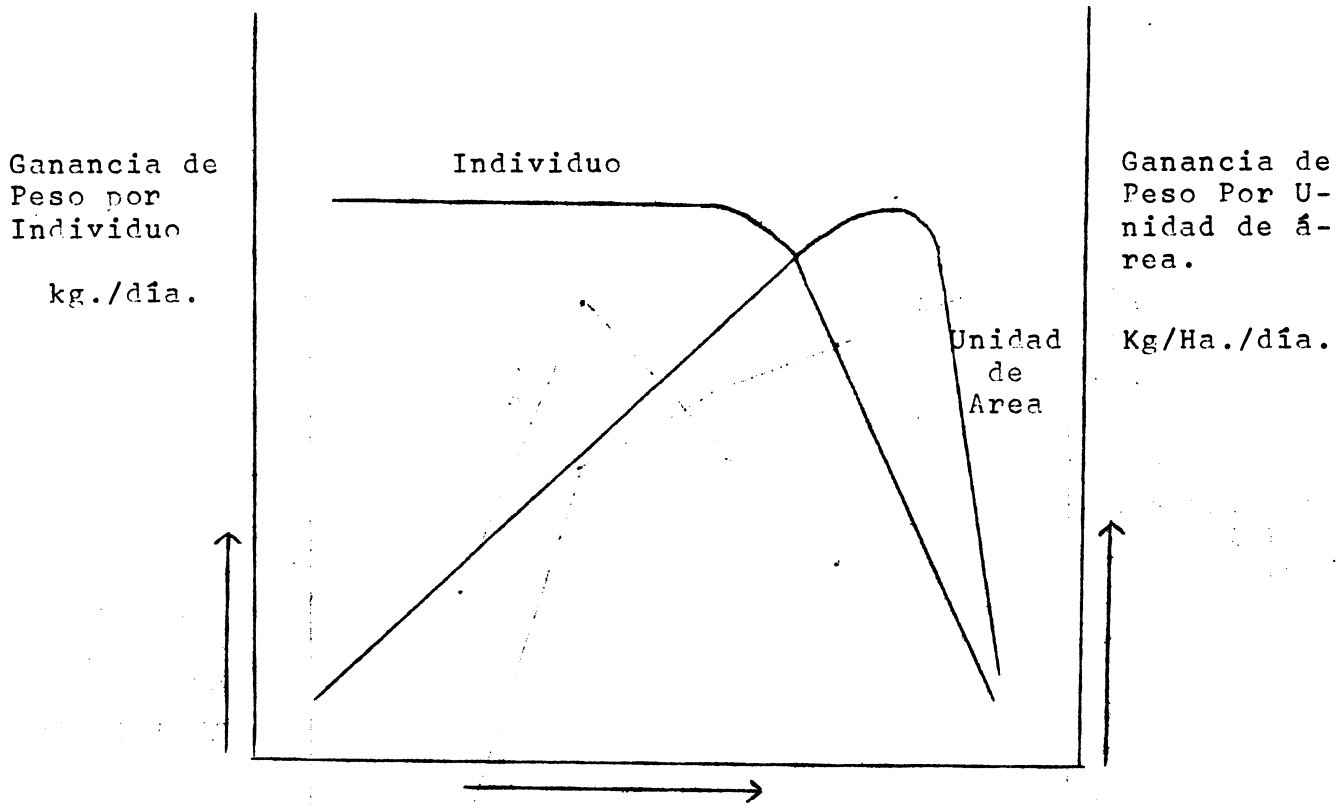


FIGURA III,2 Relaciones Generales entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Individuo y por Unidad de Area. Adaptado de Mott (1960).

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.

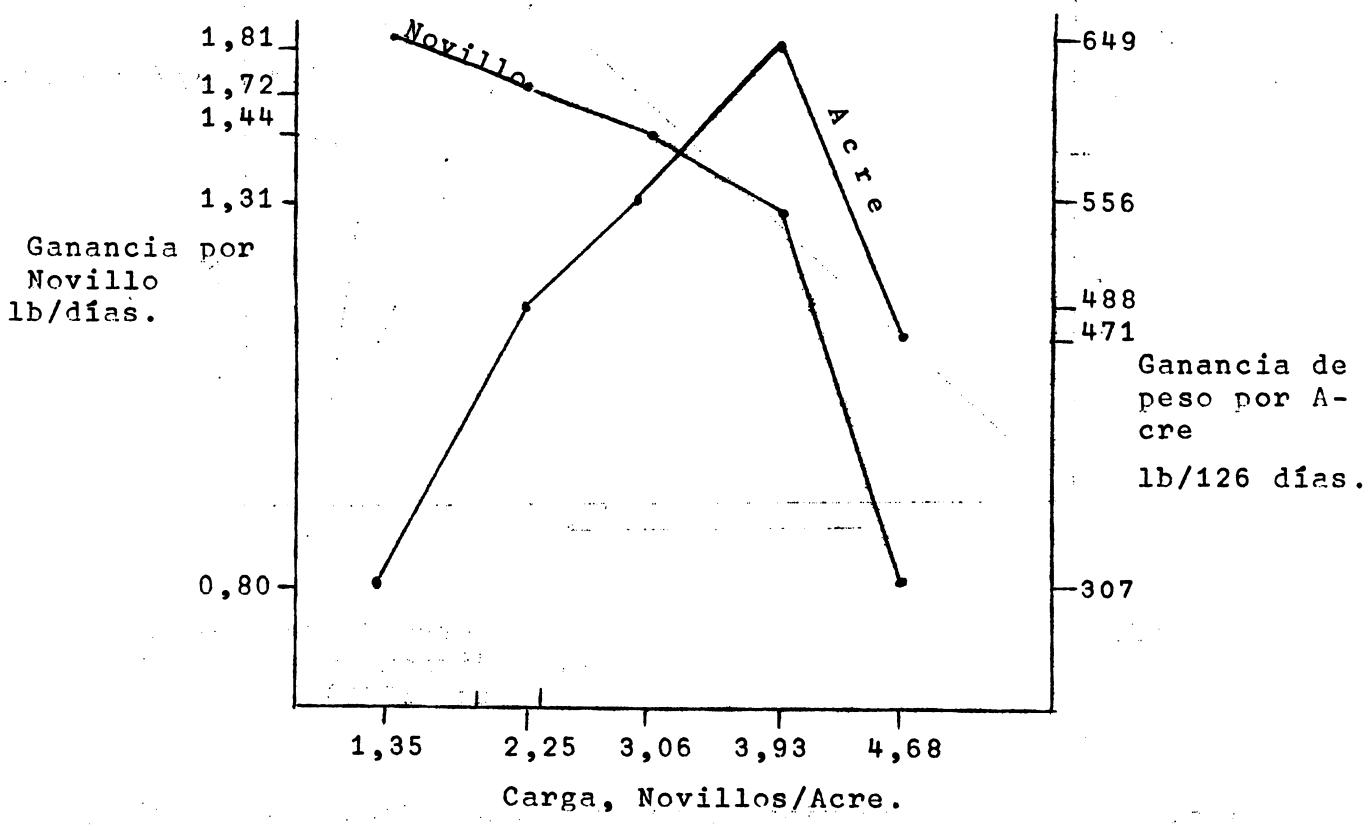


FIGURA III.3 Relaciones entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Novillo y por Acre. Adaptado de Hull et al. 1961.

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).

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 mantenèr 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-

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.

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 del potrero entre pastoreos. Cuando el número de potreros de la rotación es fijo, el período de descanso depende del período total fijado para la rotación. La figura III-4 presenta las curvas que relacionan el número de potreros asignados a la rotación y el período de descanso del potrero cuando el período completo de la rotación son 20, 40, 60 días. Obsérvese como el período de descanso disminuye logarítmicamente a medida que el número de potreros aumenta. Se puede observar 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.

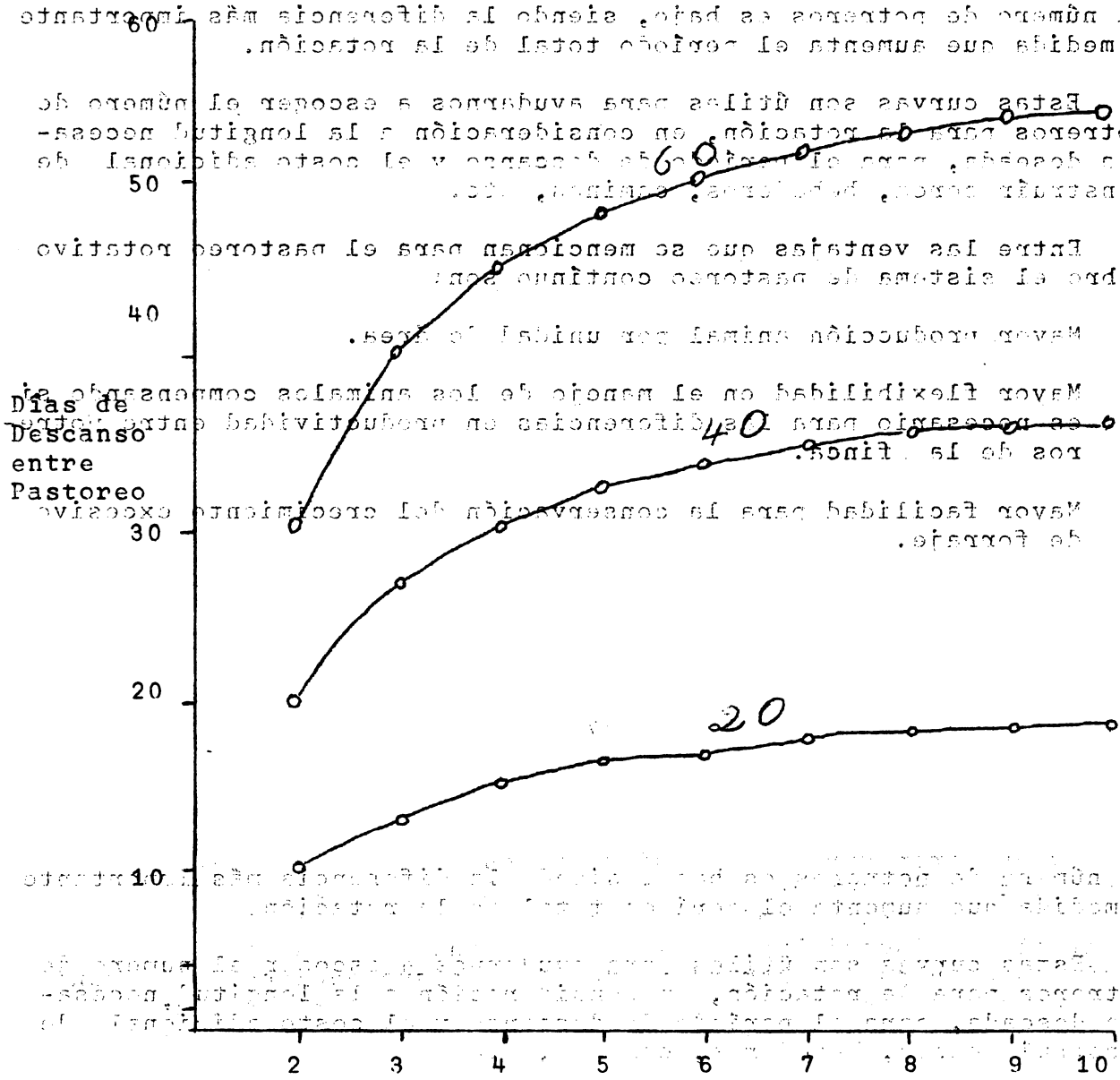


FIGURA III.4. Relación entre el número de Potreros en la Rotación y los días de Descanso entre Pastoreos cuando el período total de la Rotación es de 20, 40 y 60 días.

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 ce 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, incluvendo 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 estolonifero o rizomatoso, son capaces de resistir el pastoreo intenso mucho mejor que las erectas tropicales.

El aspecto significativo de esto radica en la aplicación práctica que se puede dar a los sistemas de pastoreo en el conjunto de la empresa ganadera. Veamos los puntos que deben entrar en el análisis.

1. Carga animal: por lo dicho antes, es el factor más importante. El ganadero comunmente tiene tendencia (particularmente en ganado lechero) a mantener una carga baja en su explotación: lo hace porque sabe bien que la capacidad de carga de sus praderas varía mucho dentro del año y aún cuando tenga mucha agua de riego a su disposición, no será capaz de mantener una perfecta uniformidad de 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.

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

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 entonees, 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.

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.

Pendiente

			BLOQUES
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 unifórmes 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

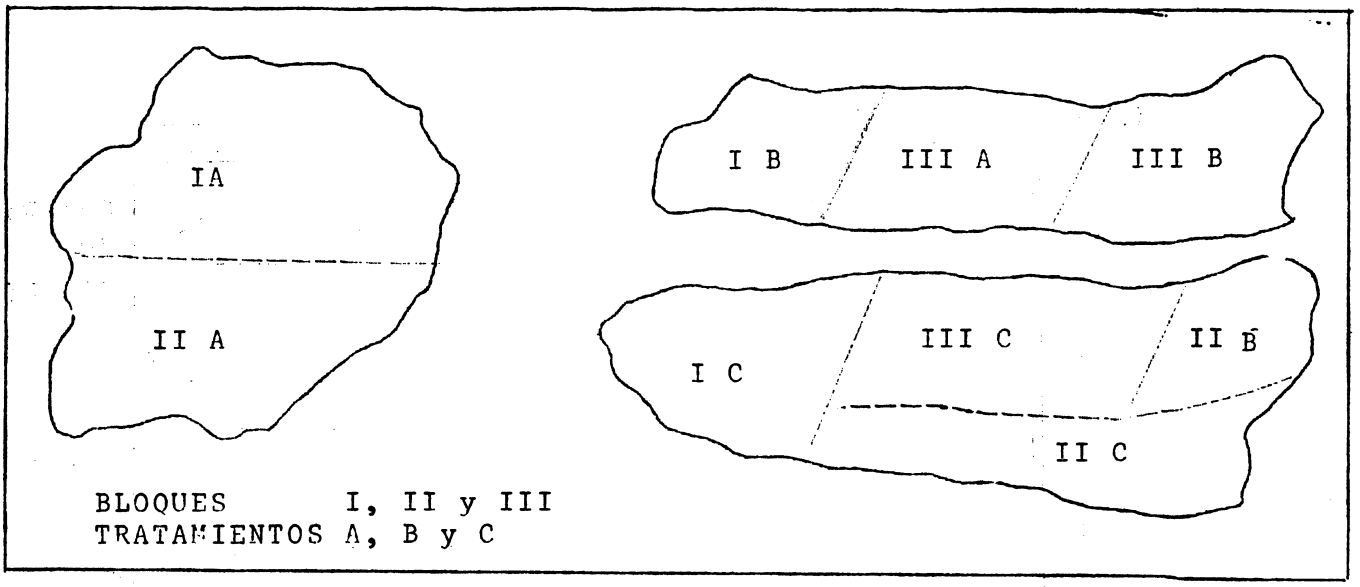


FIGURA IV.2 Distribución de un experimento de pastoreo de tres tratamientos y tres repeticiones en diseño de bloques completos al azar, cuando las parcelas que forman cada bloque no son contiguas. Adaptado de MOTT (1957).

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.

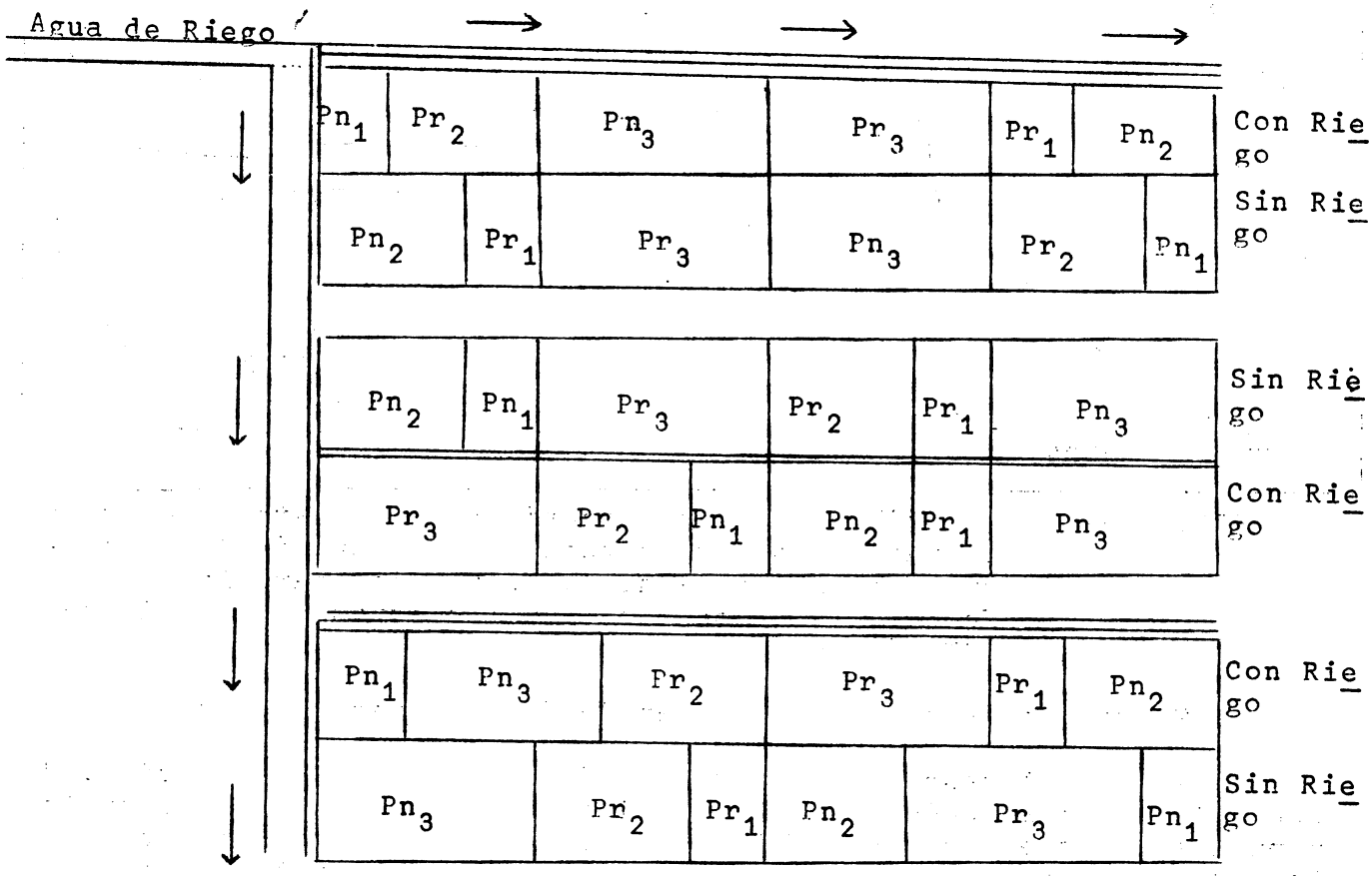


FIGURA IV.3 Diseño de campo de un experimento de pastoreo distribuído en factorial de 2 x 2 x 3 y en parcelas sub-divididas, con tres repeticiones. Parcelas mayores: Riego. Sub-parcelas: PN 1, 2 y 3 = Pangola en Cargas; 1, 2 y 3. v PR 1, 2 y 3 = Pará en Cargas: 1, 2 y 3.

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.

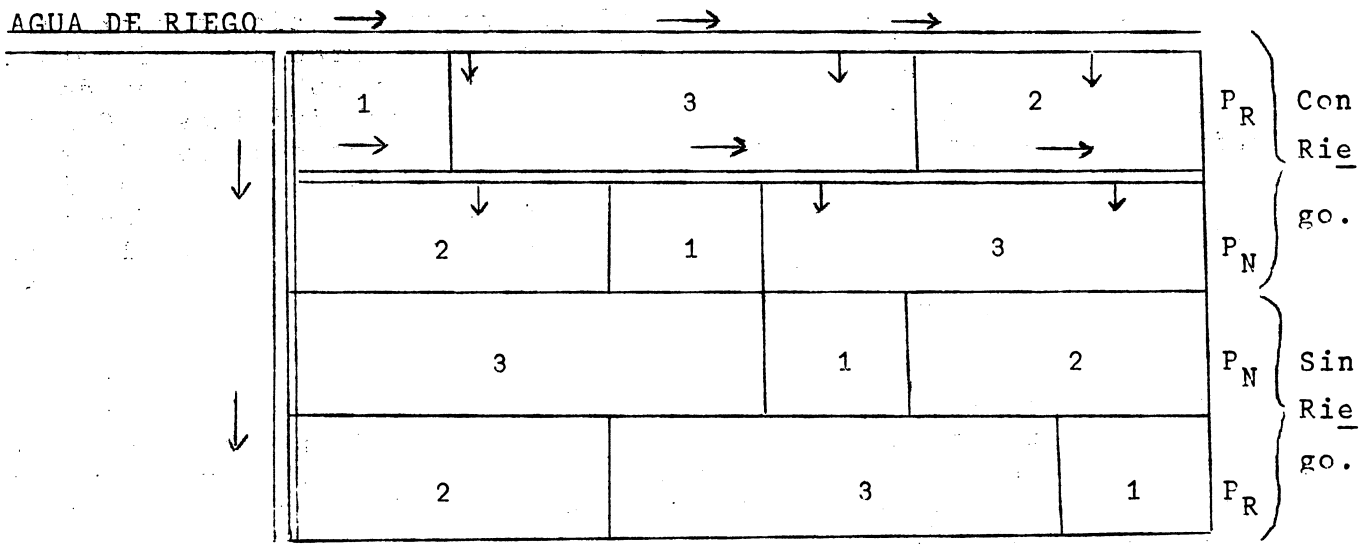


FIGURA IV.4 Diseño de campo del mismo experimento que la Figura 3 pero en parcelas sub-sub-divididas. Parcelas Mayores: Riego. Sub-parcelas: Pará (PR) y Pangola (PN). Sub-sub-parcelas: cargas animal 1, 2, 3. Una sola repetición indicada.

Este diseño tiene estadísticamente el inconveniente de que la sensibilidad con que se prueba cada factor no es igual. Así, la sensibilidad es mayor para los factores que se distribuyen en las sub-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

Comparativamente 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. Gradiente de producción en dos direcciones:

Menos empleado que los anteriores, pero útil en condiciones específicas es el uso del diseño "Cuadrado Latino". En este diseño existe una ordenación en la distribución de tratamientos dentro de columnas e hileras.

En pruebas de pastoreo se puede usar cuando existe marcada variación de la productividad de la pradera en dos direcciones. Un ejemplo se presenta en la Figura IV.5. En este caso la gran variación en fertilidad del suelo de Norte a Sur y la diferencia en disponibilidad de agua para el crecimiento de las plantas de Este a Oeste haría aconsejable el empleo del diseño de 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).

N

O < -> E

S

Gradiente de Fertilidad

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 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.

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.

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)

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.

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).

CUADRO 1. Producción de lana (Kg./Ha) por Capones Pastoreando una Pradera de Falaris + Trébol Blanco con Cuatro Cargas (Kachele, Comunicación Personal).

A ñ O	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 carga mayor a un sistema de pastoreo se medirá una mayor productividad que equivocadamente se adjudique al efecto del sistema de pastoreo. La única forma verdaderamente efectiva de medir el efecto de un sistema es emplear varias cargas para cada sistema dando oportunidad a cada uno de ellos de encontrar el nivel de pastoreo que mantenga el equilibrio antes anotado. Si el empleo de varias cargas no es factible, por lo menos de debería mantener la misma carga en todos los sitemas, 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 exclarecido en los últimos años como resultado de investigaciones realizadas por McMeekan y Walshe (1963) y Conway (1963), quienes encontraron ventaja en el pastoreo rotativo sobre el pastoreo contínuo cuando la carga animal es alta.

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) quien la ha descrito y popularizado.

El principio del método implica el ajuste periódico en el número de animales que pastorean la pradera para igualar la disponibilidad de forraje con el número de animales disponibles para consumirlo. El investigador selecciona un grupo de animales uniformes, los cuales deberán permanecer en la pradera constantemente por el periodo total de la prueba; a estos animales se denomina "testigos". El número de animales testigos que se coloca en cada parcela es determinado calculando el número que ésta estará en capacidad de mantener permanentemente por la duración de la prueba o la etapa determinada de la prueba. Por ejemplo, seleccionando el número de novillos que la pradera será capaz de mantener hasta cuando estos alcancen los 450 kgs. de peso, o seleccionando el número de vacas lecheras que podrá la pradera mantener en producción durante la estación de crecimiento del forraje.

La forma más efectiva y segura de determinar el número de testigos es calculando el número de animales que la pradera será capaz de mantener adecuadamente durante la época de menor crecimiento de forraje en el año. La producción de los animales testigos se acepta como una medida de la calidad del forraje disponible para los animales, ya que se asume que estos han tenido oportunidad de consumir forraje de la mejor calidad y en cantidad suficiente.

Para consumir el exceso de forraje que se presentará en épocas de mayor crecimiento debido principalmente al clima, será necesario ajustar la carga, aumentando, sobre el número de testigos, animales lo más parecidos a los testigos; a estos animales se les llama "Volantes" y son ellos los que dan el nombre de método de "quitar y poner" pues los "Volantes" serán quitados y puestos en la pradera, extrictamente de acuerdo a la disponibilidad de forraje.

El juicio sobre el número de animales que se quitan o ponen, debe ser basado en el mayor número posible de criterios objetivos para minimizar las subjetividad implícita en el método.

Los siguientes criterios pueden usarse:

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 Compañís Custom Scientific Electronics Pty. Limited, 48 Anneerley Road, Woolloongabba, Brisbane, Queensland 4102, Australia, fabrica un modelo comercial de medidor electrónico (Electronic Pasture Meter).

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 capones/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)

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.

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.	Ganan 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						
Volan-	19	223	255	32	31										
tes	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			

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.

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.

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).

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		

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
Vacunantes	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		

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		

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.

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:

$$\frac{15.5 \text{ Mcal E.N.}}{0.15} = 103 \text{ Mcal. E. Cruda}$$

$$1 \text{ Kg. de Materia Seca de Forraje} = 4.4 \text{ Mcal. E. Cruda}$$

$$\frac{103}{4.4} = 23.4 \text{ Kg. de M.S. Forraje}$$

3) Energía de mantenimiento bajo pastoreo. Según se indica anteriormente, un punto muy importante para discusión es la cantidad en que debe ser elevada la energía utilizada para mantenimiento. Aceptaremos apriori que esta debe subir en un 50 %, sobre los requisitos de animales en confinamiento.

Siendo este el caso, la relación entre energía utilizada para mantenimientos y ganancia de peso en los tres 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.

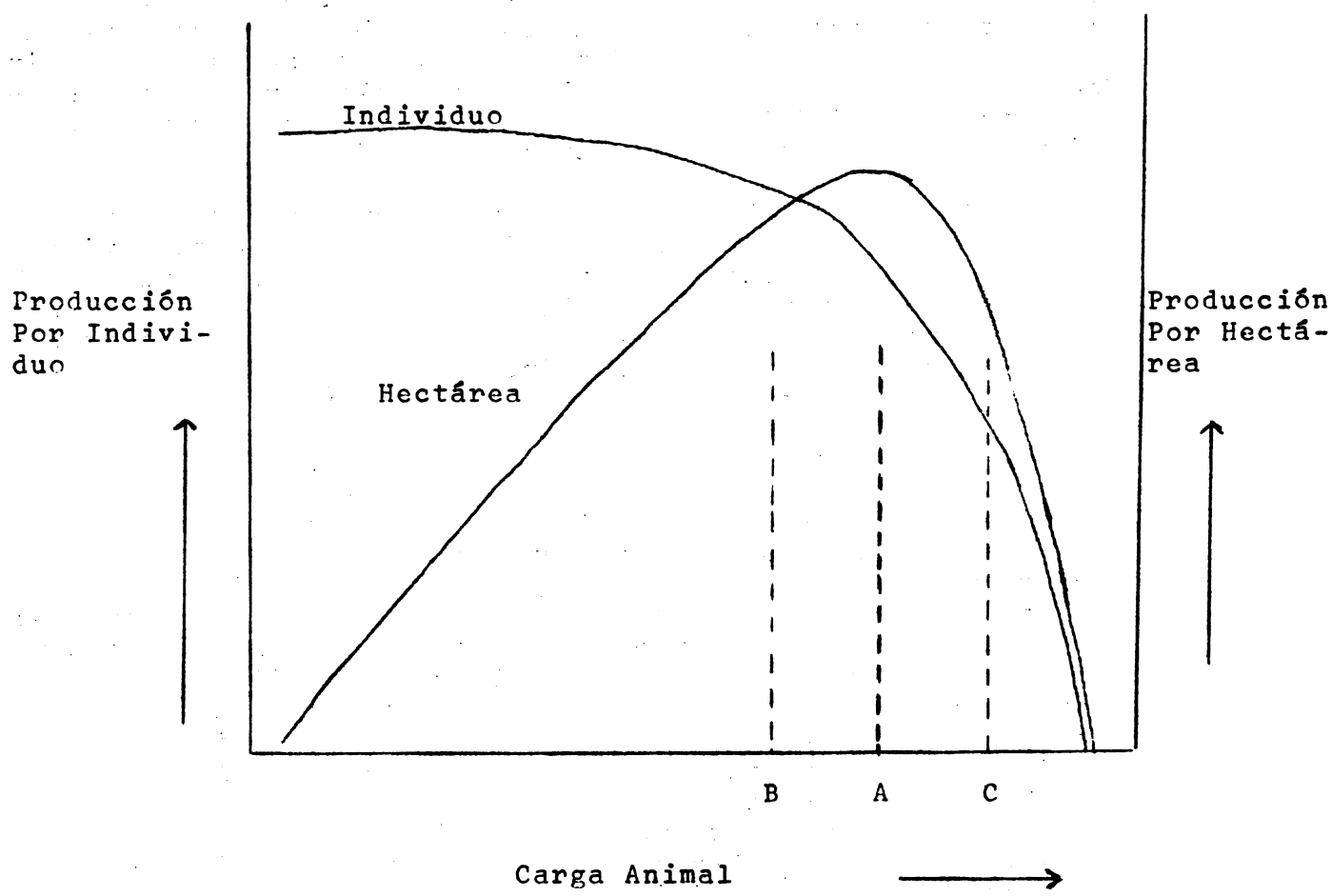


FIGURA V.1. Relación entre carga animal y rendimiento por individuo y por hectárea.

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.

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.

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.)

(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

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.

Pág. 1A

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.

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.

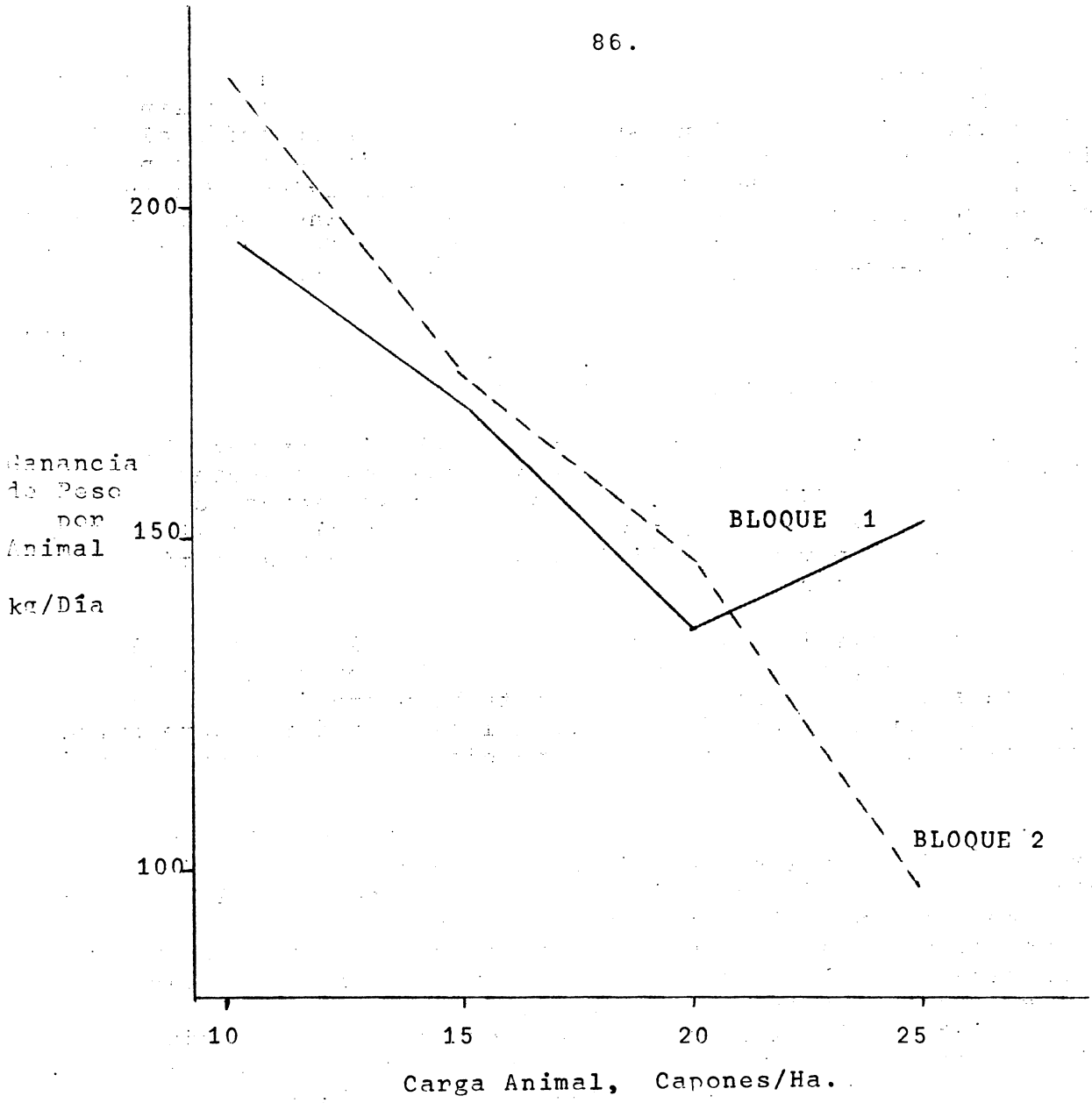


FIGURA V.2. Relación entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Individuo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay. Cañas, 1967.

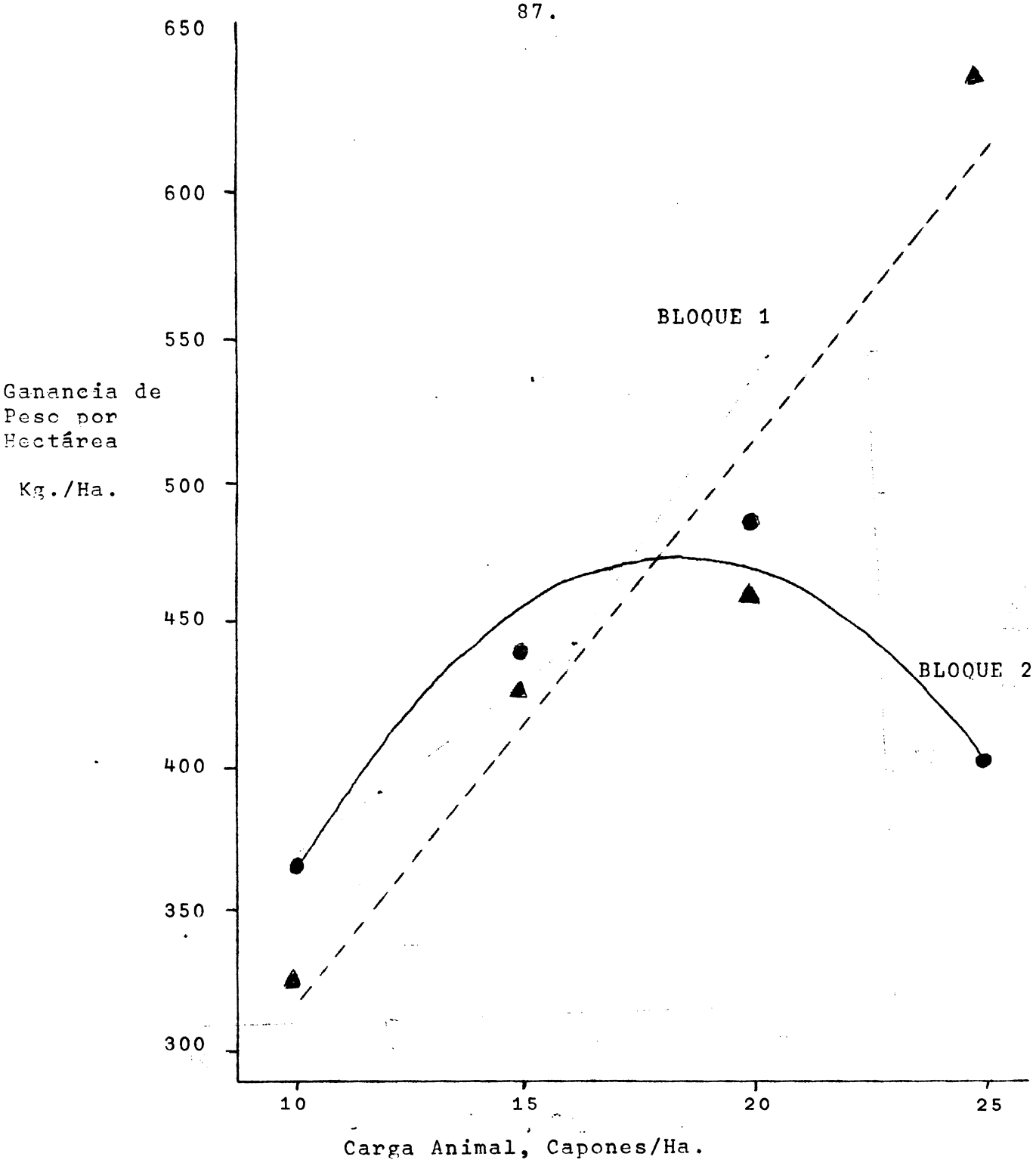


FIGURA V.3. Relación entre Carga Animal y Ganancia de Peso por Hectárea en 167 días de Pastoreo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay. Cañas, 1.967.

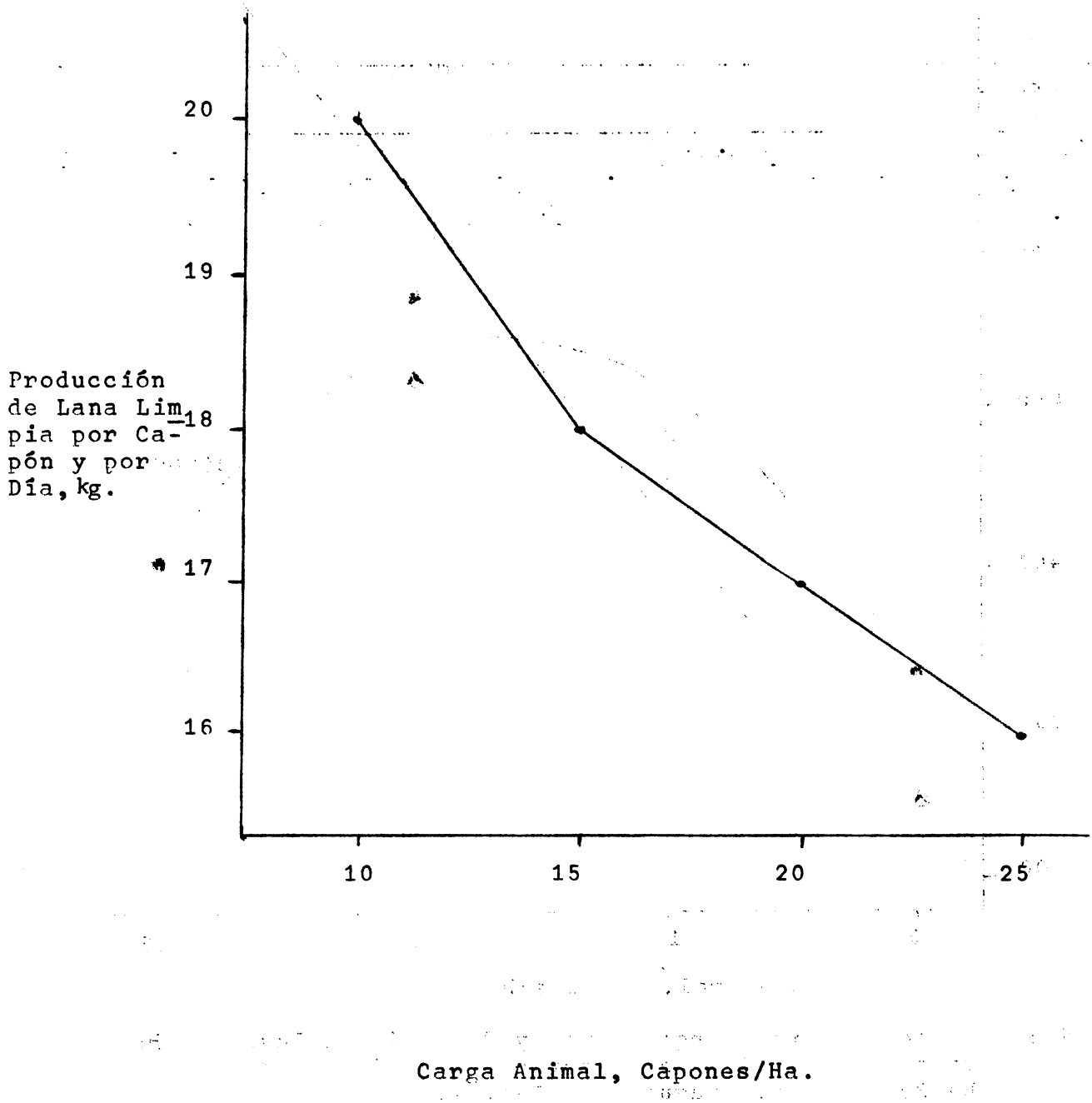


FIGURA V.4. Relación entre Carga Animal y Producción Diaria de Lana Limpia por Individuo. Experimento del CIA. - La Estanzuela, Uruguay. (Adaptado de Cañas 1.967).

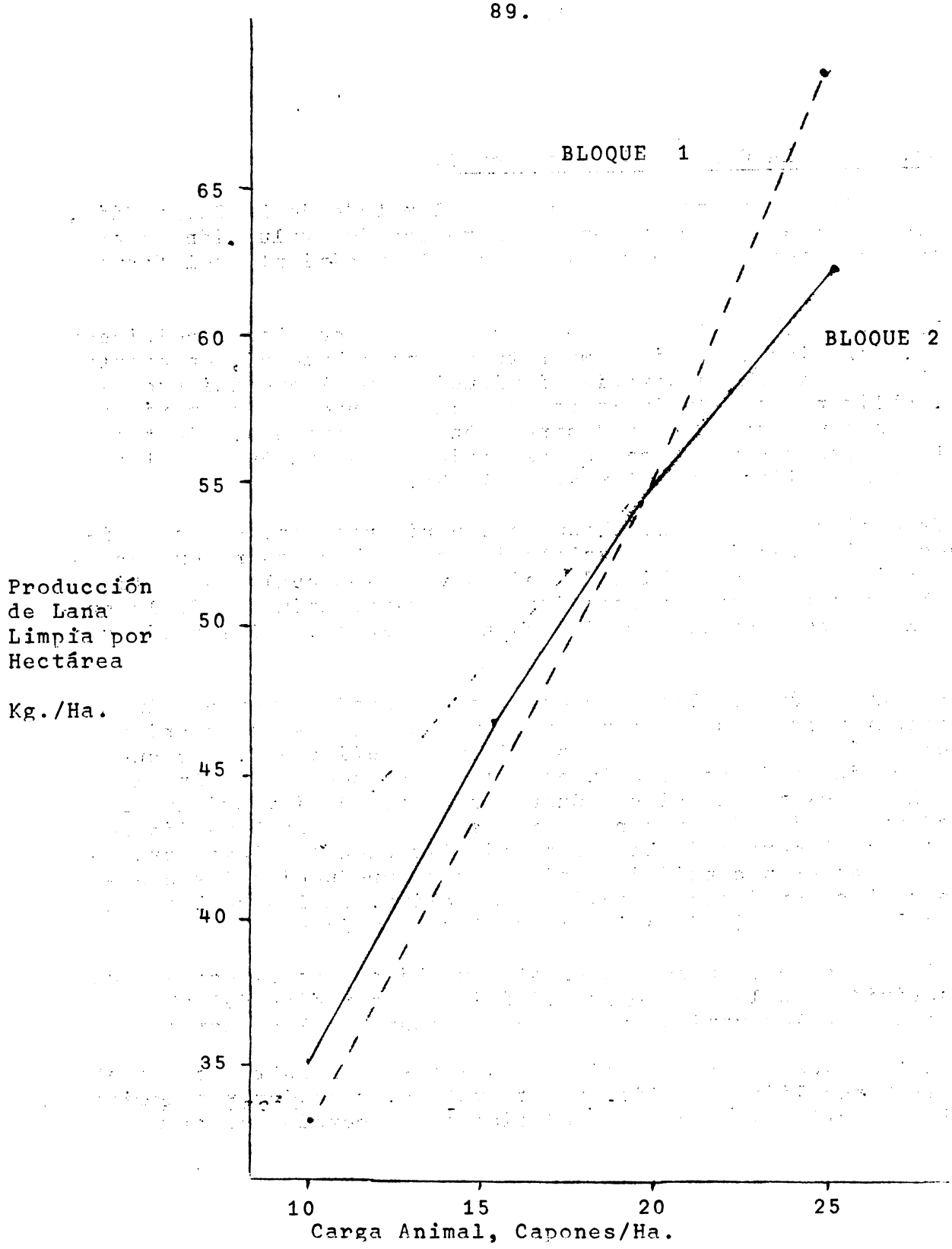


FIGURA V.5. Relación entre Carga Animal y Producción de Lana Limpia por hectárea en 167 días de pastoreo. Experimento del CIA - La Estanzuela, Uruguay. Adaptado de Cañas 1967.

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.

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.

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.

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.

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

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.

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 kg./Ha

ΣX_2 = 22.160

S^2 = 687.477

S = 829,14

CV = 29,9 %

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.

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.

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.

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.

11 a. 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.

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-

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 trabajodcres, 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-

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.

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.

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.

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.1964The voluntary Intake of the Lactating Dairy Cow and Its Relation to Digestion. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 24: 29 - 42.

Johnston - Wallace, D.B., and Kennedy, K. 1944. Grazing Management Practices and Their Relationship to the Behaviour and Grazing Habits of Cattle. Journal of Agricultural Science 34: 190 - 197.

Jolly, G.M. 1954. Theory of Sampling. In. Brown 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

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.

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.

INTERPRETACION DE LOS ANALISIS QUIMICOS Y DE DIGESTIBILIDAD.

Dr. Claudio Chicco.

Centro de Investigaciones Agronómicas
Ministerio de Agricultura y Cría
Maracay,Venezuela.

A. INTRODUCCION

La composición química y la digestigilidad son parámetros muy importantes en la determinación del valor nutritivo, por lo que es necesario ubicarlos previamente dentro del esquema para la evaluación de la calidad de los forrajes.

Si se considera el potencial del animal invariable y si al mismo tiempo no se suministra ningún tipo de alimentación complementaria al forraje, es evidente que la productividad del animal es una función del valor nutritivo del forraje y de la tasa de consumo. Es dentro de este orden de ideas como el concepto de calidad tiene un significado de importancia, relacionando todas las características del forraje con la producción del animal. Por lo tanto la calidad no debe ser considerado como un solo parámetro, sino constituída por un complejo de ellos, que según Mott (1969) se pueden esquematizar de la siguiente forma (Cuadro 1).

CUADRO 1. Esquema para la determinación de la calidad de los forrajes.

- Calidad del Forraje
  - Valor nutritivo del Forraje
    - Composición química (PC, FC, EE, ELN, Min y Vit.)
    - Digestibilidad
    - Naturaleza de los productos Digeridos
  - Forraje consumido
    - Aceptabilidad
    - Velocidad de pesaje
    - Disponibilidad

Desde el punto de vista general de la alimentación, el valor nutritivo se refiere a la composición del alimento, su digestibilidad y la naturaleza de los productos resultantes de la digestión. Los componentes tradicionales son aquellos comunmente incluídos en el análisis proximal. Debido a que se ha demostrado claramente que los alimentos toscos, como los forrajes, no encajan bien dentro del esquema tradicional, se ha introducido una

nueva serie de fracciones que más exactamente describen el valor nutritivo. Algunos de estos nuevos términos son: constituyentes de la pared celular, fibra detergente ácida, lignina detergente ácida, solubles detergentes neutros, solubilidad de la materia seca, digestibilidad de la celulosa in vitro, digestibilidad de la materia orgánica in vitro, etc. Algunos de estos componentes y su relación con el valor nutritivo serán discutidos en detalle.

La cantidad de forraje consumida depende de la aceptabilidad del forraje, la velocidad de pasaje en el tracto digestivo, y la disponibilidad. Es importante señalar que aproximadamente el 70% de la variación del potencial de producción entre forrajes puede ser atribuido a diferencias en el consumo voluntario, y el restante 30% a diferencias en composición y digestibilidad (Ingalls, et al, 1965). Estos aspectos serán discutidos en otro documento presentado en el seminario.

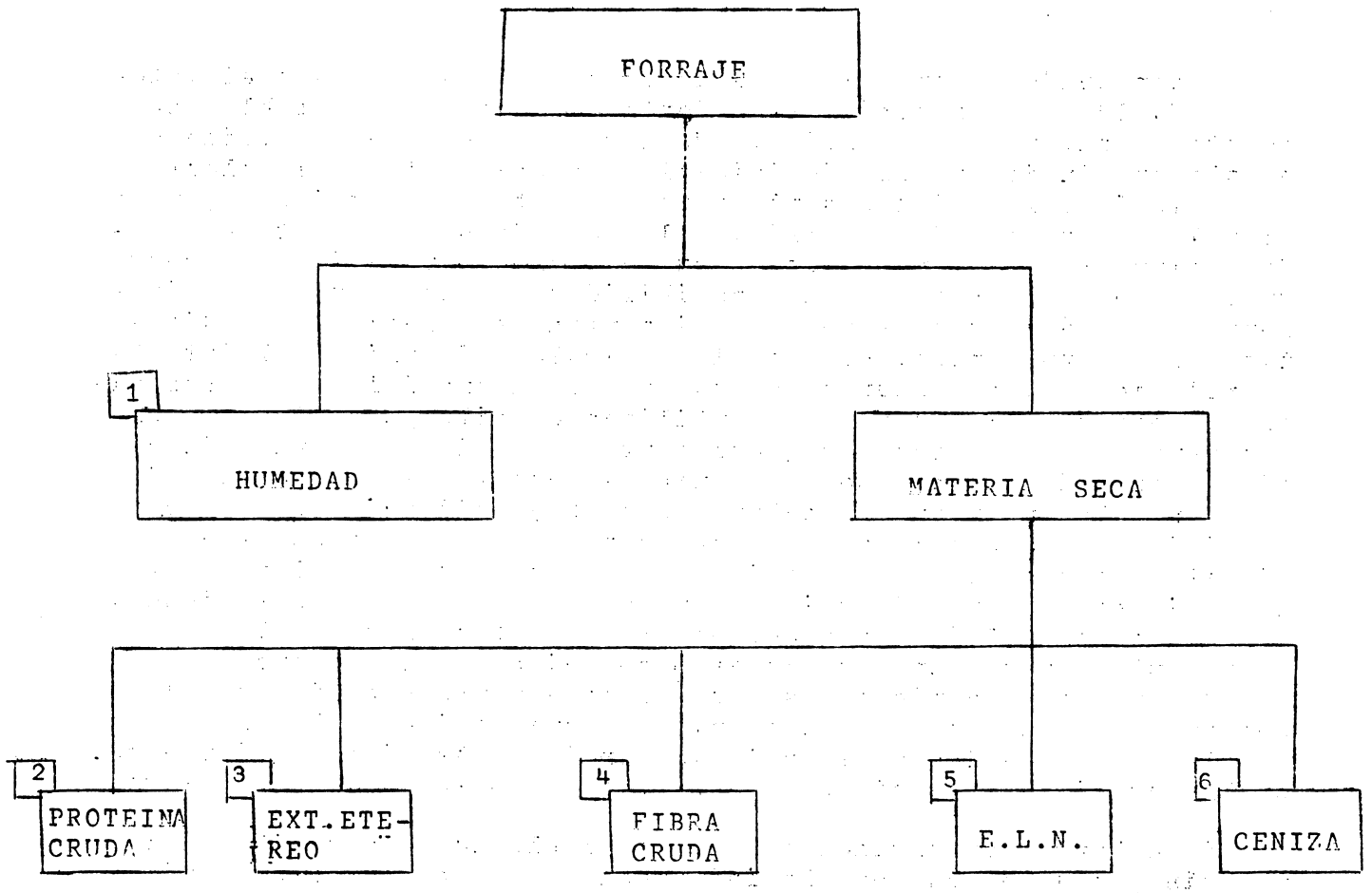
Es propósito de esta discusión presentar algunos conceptos y críticas sobre la interpretación del análisis químico y de la digestibilidad de los forrajes, en particular a la luz de los reciente métodos de laboratorio.

B. COMPOSICION QUIMICA

La evaluación química está esencialmente dirigida a obtener datos para control de calidad y evaluación nutritiva, como también para determinar propiedades nutritivas particulares de algún tipo específico de alimento. Estos datos analíticos deben permitir predecir el grado de utilización del alimento por el animal. Para ese objetivo, es necesario conocer no sólo la cantidad de nutrientes en el forraje, sino también el origen químico, ya que éste y la estructura física son los principales determinantes de la disponibilidad nutritiva.

De los distintos métodos que han sido publicados sobre la evaluación química de los alimentos, el del análisis proximal, también conocido como el método de Weende, desarrollado por Henneberg y Stohmann en 1860 sigue siendo aún el más empleado para todos los objetivos de estudios en nutrición humana, de rumiantes y no rumiantes y sigue siendo el oficial de la A.O.A.C. El método comprende la determinación de agua, proteína, extracto etereo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno y cenizas, (Cuadro 2), asumiendo que los componentes más solubles son aquellos fácilmente disponibles para el animal. Pero ninguna de estas fracciones son realmente entidades químicas, sino combinaciones de nutrientes con propiedades comunes que permiten una caracterización química del grupo. En este aspecto, la fibra cruda y el extracto libre de nitrógeno, como fracciones que dividen los carbohidratos del forraje, son probablemente el mejor ejemplo.

CUADRO 2. Esquematización del Análisis de Weende.



El contenido de humedad del forraje antes de la cosecha es el criterio de calidad menos conocido, aún cuando se ha encontrado una correlación de -0.8 entre el porcentaje de materia seca y la digestibilidad de la misma (Reid 1959). También se ha señalado que el contenido de humedad es característico de las diferentes especies de gramíneas y que está negativamente correlacionado con el contenido de lignina (Sullivan et al 1956). Finalmente hay informes (Archibald 1943) que señalan que el contenido de agua está positivamente correlacionado con la aceptabilidad del forraje por parte del animal. Por lo tanto, el contenido de humedad del tejido vegetal, libre de agua superficial, es mayor en aquellos forrajes de buena calidad en relación a quellos de pobre calidad. Su determinación, por medio de secado en el horno, es generalmente satisfactoria, aún cuando, se deben tomar algunas medidas en relación a la posterior determinación de algunas fracciones, como por ejemplo la lignina.

El contenido de proteína cruda de los forrajes, según el método de Kjeldahl, parecería estar dentro de límites aceptables en cuanto a criterios de calidad. Un alto contenido de proteína generalmente indica un estado inicial de crecimiento de la planta, o un suelo fértil y mientras más alto es el tenor proteíco mayor es el valor nutritivo del forraje. El hecho de que la proteína cruda incluye tanto el nitrógeno protéico como no protéico no constituye un serio problema, y la imposibilidad de distinguir los diferentes aminoácidos es también de importancia relativa. La digestión de los rumiantes, que son los animales de principal interés en relación a las pasturas, es un proceso microbiológico. Los microorganismos del rumen pueden utilizar el nitrógeno presente en los forrajes y no tienen requerimientos específicos para aminoácidos otros de los que son disponibles durante el proceso de digestión. Es importante señalar que no hay evidencias que la composición de aminoácidos de la proteína de los forrajes tenga un significado nutricional especial. Consecuentemente, el presente análisis para aminoácidos individuales no parece ser justificado. Los mismos aminoácidos parecen estar presentes en todos los forrajes más o menos en las mismas proporciones. La creencia popular de que las leguminosas son nutricionalmente superiores a las gramíneas no se debe a su contenido de aminoácidos. Por lo tanto, la determinación de la proteína cruda o más bien de nitrógeno, en la mayoría de las circunstancias, es todo lo que se necesita.

Sin embargo, en algunos casos, la simple tdeterminación de la proteína cruda no da toda la información. La proporción de nitrógeno no protéico es generalmente entre 10 y 15 % del total de nitrógeno y raramente supera el 20 %. Si supera el 30 % del total puede causar trastornos digestivos,(Greenhill, 1936). En estos casos sería aconsejable hacer una determinación separada de nitrógeno no protéico por el método de Kjendahl. Esto no debería

ser necesario si el contenido total de proteína está dentro de límites normales, pero si excede del 25 % en base a materia seca, particularmente en las gramíneas. En el caso de que se sospeche de altos contenidos de nitratos en los forrajes que han recibido una alta fertilización, se debería proceder a la determinación por separado del nitrógeno bajo forma de nitratos (Crawford, 1960).

El extracto etéreo contiene la fracción de lípidos de los forrajes. Sin embargo, solamente el 30 - 40 % del estracto etéreo es grasa verdadera. Debido a que el análisis de ésta fracción no es preciso y que la cantidad presente en los pastos es muy baja, su determinación es de importancia menor.

La determinación de las cenizas o del contenido total de la fracción mineral se realiza básicamente con dos propóstios: para la determinación de los nutrientes minerales específicamente y para la determinación del estracto libre de nitrógeno por diferencia. Se escapa al propósito de este trabajo discutir la composición mineral de los forrajes y determinar cual nutriente en especial debería determinarse. Sería deseable que la expresión de los parámetros que contribuyen al valor energético de los forrajes se hiciera en base a materia orgánica más bien que en base a materia seca.

La determinación de la fibra cruda en el análsis proximal de Weende se obtiene digiriendo una muestra en una primera fase con ácido sulfúrico al 1.25 % y en una segunda fase con hidróxido de sodio al 1.25 %. El residuo así obtenido es incinerado, y por diferencias se estima la cantidad de fibra cruda presente. De esta manera se trata de imitar a la digestión gástrica, seguida de la digestión intestinal que se realiza en el animal. La estimación del extracto libre de nitrógeno se obtiene por diferencia, a partir de los valores de las otras fracciones.

El efecto de los tratamientos con ácidos y álcalis diluídos sobre los constituyentes químicos de los alimentos se pueden apreciar en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Efecto ácidos y álcalis diluídos sobre los constituyentes químicos de los alimentos (Crampton y Maynard,1938)

Constituyente	Ebullición con H_2SO_4 (1,25%)	Ebullic.con NaO4(1,25%)
Proteína	Extracción parcial	Extrac.completa
Almidón y Azúcares	Hidrólesis y extrac.ligera	Extrac.completa
Celulosa	Extracción ligera	Extrac.ligera
Hemicelulosa	Extracción variable	Extrac.extensa pero variable
Lignina	Extracción ligera	Extrac. extensa pero variable

Todo el material insoluble que queda después de la ebullición se halla compuesto por: 1) casi toda la celulosa original; 2) proporciones variables de hemicelulosa; y 3) una porción pequeña y variable de lignina. Estas tres sustancias juntas constituyen la fibra cruda.

En el extracto libre de nitrógeno, figuran además de las cantidades variables de celulosa, hemicelulosa y lignina: 1) todos los demás azúcares (hexosas, diholosidos, algunos polisácaridos cristalizables, glucosanas); 2) derivados de los glúcidos (alcoholes polivalentes) y algunos ácidos orgánicos, resinas, taninos, pigmentos y vitaminas hidrosolubles. En el cuadro 4 se presenta un ejemplo de la composición de la fibra cruda y del extracto libre de nitrógeno en un heno de pobre calidad (soca de avena) y en un heno de buena calidad (heno de trébol). Se puede apreciar que hay pérdidas considerables de hemicelulosas (como pentosanas) y lignina de la fibra cruda y que la lignina, celulosa y las pentosanas constituyen la mayor parte del extracto libre de nitrógeno.

CUADRO 4. Composición de la fibra cruda y del extracto libre de nitrógeno (Nordfeldt, et, al, 1949).

Constituyente	% fibra cruda	% ELN	Fibra cruda % del total	ELN % del total
		SOCA DE AVENA		
Lignina	7.0	19.0	28.5	71.5
Celulosa	83.8	31.0	74.2	25.8
Pentosanas	11.6	45.6	21.2	78.8
	102.4	95.6		
		HENO DE TREBOL		
Lignina	11.5	9.8	40.6	59.4
Celulosa	80.1	20.5	69.3	30.7
Pentosanas	11.0	29.4	17.6	82.3
	102.6	59.7		

Además, la fibra cruda, contrariamente a lo que se había postulado originalmente, no representa necesariamente la parte menos digestible de un alimento. Efectivamente en algunos casos, particularmente con los pastos tropicales, la fibra cruda es más digestible que el extrato libre de nitrógeno como se ilustra en los cuadros 5 y 6.

CUADRO 5. Digestibilidad relativa de la fibra cruda y del extracto libre de nitrógeno (Crampton y Maynard 1938).

Alimentos	Digestibilidad promedio (%)		% casos donde digesti.de fibra es = 0 del ELN
	Fibra cruda	ELN	
Alimentos secos	52.4	59.5	30
Alimentos suculentos	63.5	76.3	20
Ensilajes	58.2	64.6	28
Concentrados	53.3	78.5	10

CUADRO 6. Digestibilidad (%) de la fibra cruda y del ELN en pasto Pangola (Chicco, 1962).

Pangola Días	Digestibilidad Fibra Cruda	ELN
28	70.8	51.6
42	74.3	63.8
56	71.8	65.6
70	65.5	61.2
84	67.7	62.3

Parcialmente la razón para explicar que la digestibilidad de la fibra cruda en los rumiantes sea relativamente alta se debe a que el principal componente es la celulosa. Los microorganismos del rumen pueden degradarla para satisfacer sus propias necesidades energéticas, produciendo en éste proceso ácidos grasos volátiles que son absorbidos en el rumen y proporcionan energía al huésped. La baja digestibilidad del extracto libre de nitrógeno resulta parcialmente de la extracción de la lignina que no es digerible y también a la baja digestibilidad de la hemicelulosa extraída. La fracción de xilanas de la hemicelulosa es menos digestible de la celulosa, y es retenida casi cuantitativamente en la fracción de la fibra cruda.

Por último, además de éstas variables, hay importantes diferencias en la composición de la fibra cruda y el grado de pérdida de lignina, debido a efectos de la especie de la planta. Así por ejemplo, la lignina de las gramíneas es más soluble en álcalis que las de las leguminosas. El bajo contenido de lignina de estos pastos es constante con una mayor digestibilidad de la fibra cruda en comparación con las leguminosas. La digestibilidad de la fibra varía también dentro de la misma especie, debido a un aumento de la lignificación concomitante con la maduración de la planta.

En vista de todas estas variables que hacen difícil la interpretación de la fracción de hidratos de carbono de los vegetales en el sistema de Weende, recientemente se han hecho esfuerzos para reemplazar el sistema, especialmente en nutrición animal, por la importancia particular que tiene la fracción de fibra en la alimentación de los rumiantes.

Han habido numerosos intentos para separar las partes más digestibles de las menos digestibles de la fracción de hidratos de carbono de los forrajes. Debido a lo numeroso de los procedimientos sugeridos, solamente se consideran algunos de ellos.

La porción de un forraje soluble en agua puede ser considerada bajo todo punto de vista como altamente digestible. Los mismo puede decirse con la fracción soluble en alcohol, el extracto etéreo y otras sustancias como la fructosanas y almidón. Sullivan, (1962) encontró que la porción soluble en alcohol está estrechamente relacionada con el contenido de lignina (R= -0.96) y que el coeficiente de digestibilidad puede ser estimado en base al contenido de lignina con una simple ecuación de regresión. Aún cuando esto permite una predicción más precisa de la digestibilidad de la materia orgánica, esta mejora no parece ser suficientemente para justificar el trabajo de análisis para el fraccionamiento, que además no permite corregir por las variaciones entre los diferentes tipos de forrajes. Se ha propuesto que la determinación

de la celulosa pudiera sustituir la de la fibra cruda y la celulosa junto con la lignina deberían incluirse en los datos para la determinación de la calidad del forraje (Crampton and Whiting, 1942). La celulosa es una sustancia mucho mejor definida que la fibra cruda y puede ser determinada con precisión. Sin embargo, el porcentaje de celulosa no es de por sí un criterio de calidad, debido a que no es completamente digestible y solamente la porción utilizable es de interés. La cantidad de celulosa digerible no se puede determinar por un simple análisis de la misma, pero si se podría estimar mediante la determinación combinada de celulosa y lignina.

Sería conveniente indicar que la literatura señala diferentes tipos de celulosa (Hansen et al, 1958). Una es la llamada celulosa verdadera, un polimero que tiene una alta proporción de glucosa, que puede ser determinada rápidamente y con precisión por el procedimiento de Crampton y Maynard, (1938). La otra es la celulosa natural, que es una entidad cuantitativamente mayor, que contiene además de la celulosa verdadera otras sustancias, principalmente polimeros inferiores de la xilosa y también de la glucosa. El método para la determinación de la celulosa natural es más complicado y de menor precisión, (Matron et al, 1946).

Otra entidad, la holocelulosa, constituída por celulosa y hemicelulosa ha sido propuesta como elemento para la evaluación de los forrajes. Según Sullivan (1962), esta sustancia no puede ser aislada sin grandes pérdidas, de tal forma que los porcentajes obtenidos son de poca precisión. Además, hay que considerar que el porcentaje de holocelulosa tomado por sí solo guarda poca relación con la digestibilidad.

Numerosas proposiciones se han hecho (Dougall, 1958; Common, 1952) para someter el forraje a un tratamiento ácido que permita dejar como resíduo la fracción menos digestible de los carbohidratos. El resíduo resultante de un solo tratamiento con ácido contendría teóricamente toda la celulosa y lignina y, dependiendo de la magnitud de la acción del ácido, parte de la hemicelulosa y de la proteína (Walker y Hepburn, 1955).

Recientemente (Van Soest y Moore, 1965) se ha desarrollado un nuevo método usando detergentes siempre basado en el principio que la materia seca puede ser fraccionada en una parte rápidamente disponible para el animal (contenido celular) y un resíduo fibroso parcialmente disponible (pared celular).

La clasificación de las fracciones químicas de los forrajes y alimentos de acuerdo a su disponibilidad nutritiva al animal es presentada en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Clasificación de las fracciones de los forrajes de acuerdo a sus características nutritivas (Van Soest, 1967).

Clase	Fracciones	Disponibilidad Nutritiva Rumiantes	No Rumiant.
Categoría A. (Contenido Celu)	Azúcares, H.C.solubles	Completa	Completa
	Almidón		
	Pectinas	Completa	Alta
	NNP	Alta	Alta
	Proteína	Alta	Alta
	Lípidos	Alta	Alta
	Otros solubles	Alta	Alta
Categoría B. (Pared celular)	Hemicelulosa	Parcial	Baja
	Celulosa	Parcial	Baja
	Proteína dañada por calor	Indig.	Indig.
	Lignina	Indig.	Indig.

Las fracciones de las categorías A son parcialmente bien utilizables tanto para los rumiantes como no rumiantes. Sin embargo, los componentes de la categoría B son ya sea parcialmente utilizables o completamente inutilizables. Su tilización es solamente posible a través de un proceso de fermentación microbiana.

Aplicando el método de Lucas et al (1961) para medir la digestibilidad verdadera sobre muestras de gramíneas y leguminosas, con digestibilidad de 45 al 80%, Van Soest (1967) encontró una digestibilidad verdadera (o disponibilidad nutritiva); para el contenido celular de 98 $\pm$ 2.5 % con un $r = 0.98$, que indica la uniformidad de ese caracter (Figura 1).

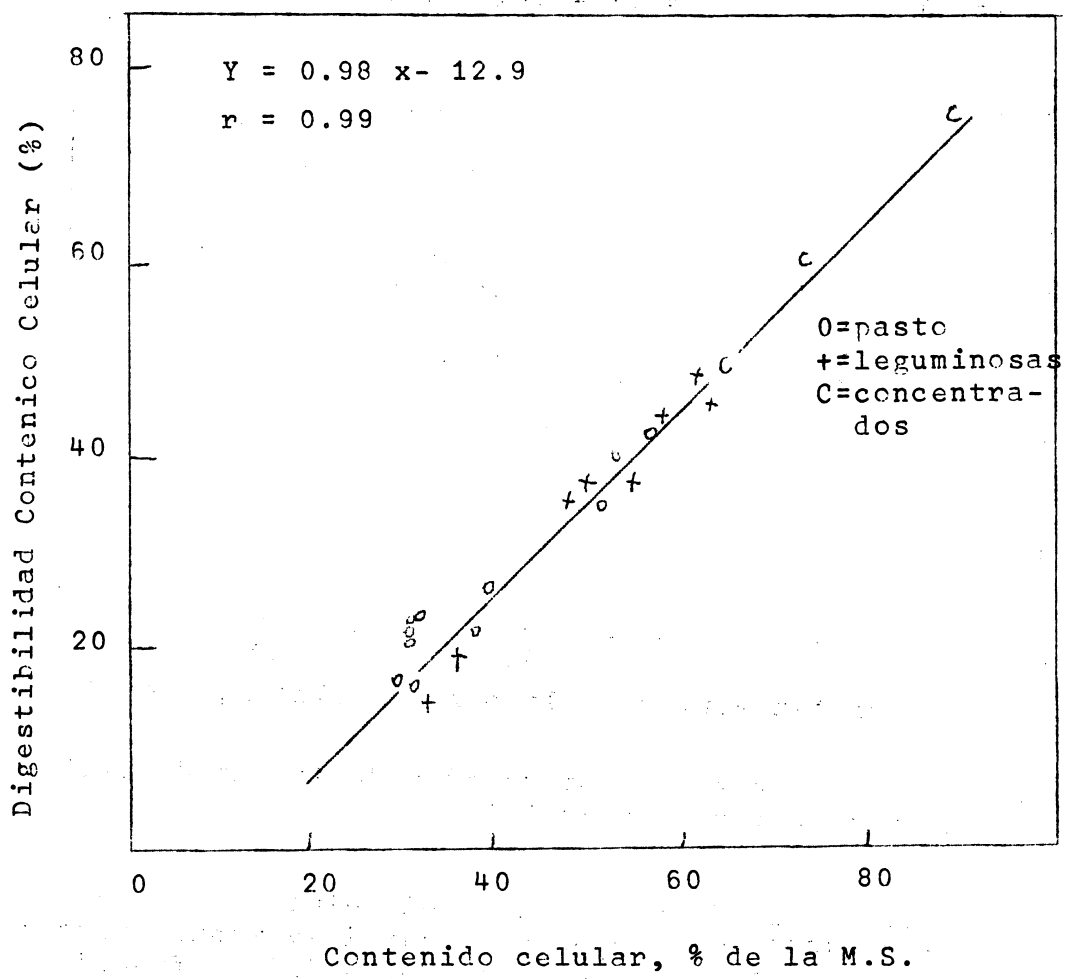


FIGURA 1. Relación entre digestibilidad del contenido celular y su cantidad total en la materia seca.

Mediante ésta prueba se determina si una fracción química tiene una disponibilidad nutritiva constante para distintas especies de forrajes, y a distintos períodos de crecimiento. Esta prueba es importante, pués si se logra separar la materia seca del forraje en componentes con disponibilidad uniforme se puede evaluar ese forraje, sumando las cantidades disponibles de cada componente Un resultado similar ha sido obtenido también por Colburn et al (1968).

La disponibilidad nutritiva de los constituyentes de la pared celular, en cambio, difiere considerablemente, dependiendo de la especie y del estado de madurez de la planta (Figura 2.)

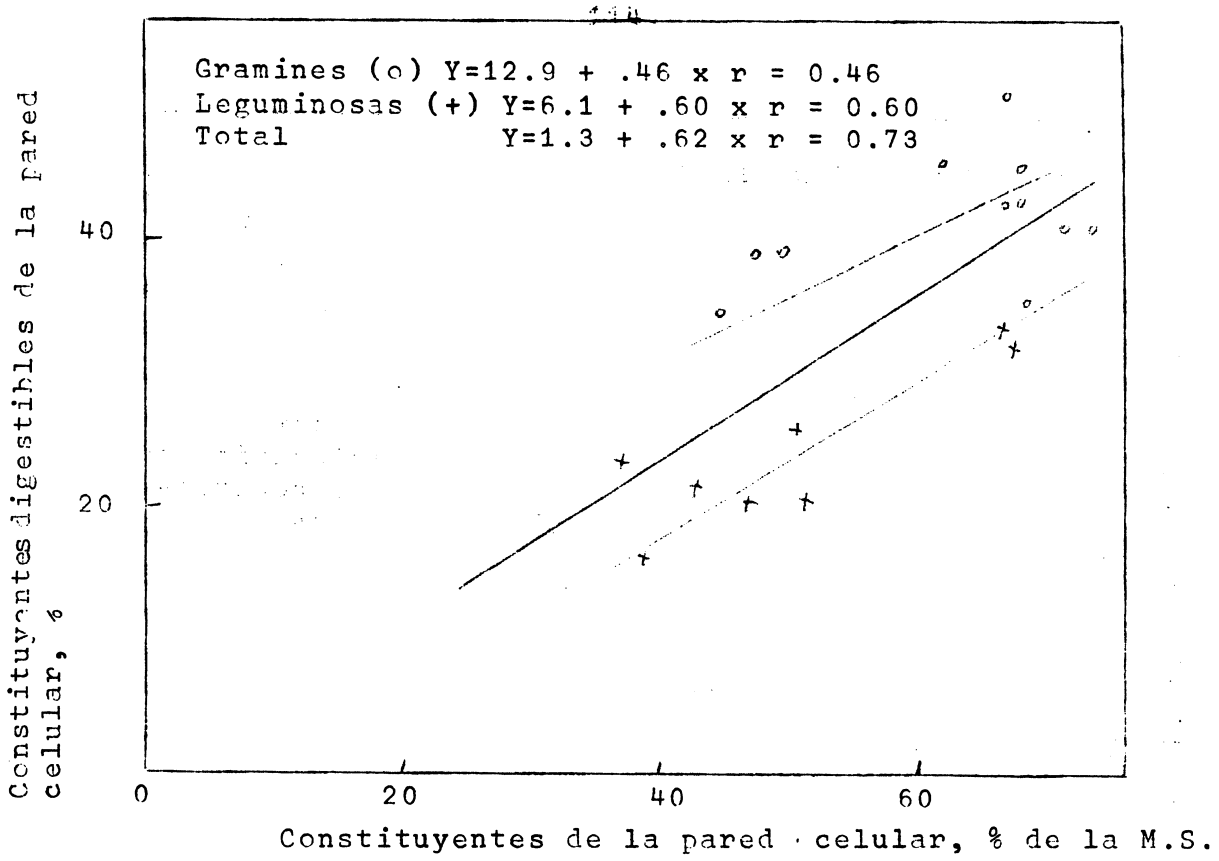


FIGURA 2. Relación entre digestibilidad de la pared celular y su contenido total en la M.S.

Estos resultados indican que la pared celular no puede ser considerada como dividida en componentes nutritivamente uniformes. Esta es la razón por la cual no se pueden utilizar fracciones simples para predecir la digestibilidad de la materia seca.

El procedimiento químico consistente en hervir la muestra en una solución "buffer" de pH conteniendo un detergente aniónico. El método divide la materia seca del forraje en dos partes (Van Soest y Moore, 1965): constituyentes de la pared celular (fibra detergente neutra) y contenido celular (solubles en detergentes neutros). Esto último consiste en almidón, carbohidratos solubles, pectina, nitrógeno protéico y no protéico, lípidos y componentes solubles en agua, incluyendo minerales y vitaminas, Los constituyentes de la pared celular comprenden los componentes solubles en agua, incluyendo minerales y vitaminas. Los constituyentes de la pared celular comprenden los componentes fibrosos de la planta, celulosa, hemicelulosa y lignina, solos o en combinación como nitrógeno hemicelulosa y lignocelulosa. Estos constituyentes de la pared celular pueden ser a su vez subidivididos por digestión con una solución ácida conteniendo un detergente catiónico (Van Soest, 1963) que disuelve los complejos nitrógeno-hemicelulosa dejando lignoce-

lulosa como residuo. El tratamiento de éste con ácido sulfúrico al 72 por ciento permite una ulterior división en lignina y celulosa (Van Soest, 1963).

Colbunr y Evans (1967) llevaron a cabo un extenso estudio para determinar la capacidad del nuevo método de fraccionar la materia seca del forraje. Sus resultados son resumidos en el Cuadro 8.

CUADRO 8. Porcentaje de Recuperación de las Diferentes Fracciones

Componentes Químicos	Gramíneas	Leguminosas
	Pared Celular	
F.D.A.	96.1	89.3
Celulosa	96.3	83.7
Lignina	90.0	97.4
N x 6.25	31.4	12.6
	Fibra Deterg. Acida	
Celulosa	92.2	88.8
Lignina	100.0	100.0
N x 6.25	5.4	5.4

Estas tasas de recuperación son muy superiores a los logrados para la fibra cruda del análisis proximal (Gaillard, 1958, Stallcup, 1958).

En el Cuadro 9 se presenta una comparación del sistema de Weende y el de Van Soest, en relación al fraccionamiento de la materia orgánica.

Del Cuadro se observa que la fibra cruda contiene únicamente parte de la lignina y la mayor parte de la celulosa, por lo que la fibra detergente ácida es aproximadamente un 30 % más elevada de la fibra cruda para las mismas muestras.

CUADRO 9. Relación entre el Sistema de Weende y el de Detergentes en el procesamiento de la materia orgánica.

Van Soest		Componentes del Forraje		Sistema Veende
		Nitrogenados	No Nitrogenados	
Contenido Celular (.C.)		N No Proteíco	Lipidos	Extracto Etereo
		Prot.Soluble	Solubles en Agua Pectina Almidón	E.L.N.
Pared Celular (F.D.N.)	Solubles en F.A.D.	Prot.Insoluble	Hemicelulosa	
	F.A.D. (Lignocelulosa)	N.Lignidicado	Lignina soluble en Alcali	
			Lignina Insoluble. Celulosa	Fibra Cruda

Del esquema del análisis por detergente se puede asumir que la fibra detergente ácida (F.D.A.) menos la lignina detergente ácida (L.D.A.) es una estimación del contenido de celulosa del forraje (Colburn y Evans, 1967). La fibra detergente neutra (FDN) o pared celular menos FDA es el cálculo utilizado para estimar el contenido del hemicelulosa (Van Soest, 1968; Colburn et al., 1968). Hay cierto riesgo en asumir que FDN - FDA es una estimación de la hemicelulosa ya que ciertos compuestos nitrogenados y una fracción de las cenizas se encuentran en la diferencia De

la misma manera la fracción,FDA - lignina, contiene compuestos nitrogenados y ciertas cenizas, pero estas cantidades son generalmente muy pequeñas.

C. DIGESTIBILIDAD.

El valor potencial de un alimento para proporcionar un nutriente en particular depende, además de la composición química, de su digestibilidad, lo que está representado por la porción que es disponible al animal, después de haber deducido las pérdidas inevitables que ocurren durante los procesos digestivos. Los ensayos de digestibilidad *in vivo* han sido el procedimiento clásico para estimar la calidad de los forrajes (Kennedy y Dinsmore, 1909; Christensen y Hopper, 1932; Briggs *et al*, 1948) y son bien conocidas la metodología, limitaciones e interpretación de este sistema, por lo que en este trabajo se discutirá únicamente los aspectos básicos para la predicción de la digestibilidad. Aún cuando se ha tratado de limitar el campo de discusión, es difícil elaborar un cuadro lógico de la gran cantidad de información sobre técnicas analíticas y de fermentación y nuevos parámetros del valor nutritivo, que se vienen utilizando para ese fin. Principalmente se analizarán los métodos químicos y biológicos en relación a la predicción del valor nutritivo, sus limitaciones y posibilidades.

D. METODOS QUIMICOS.

Básicamente consisten en establecer la relación entre el parámetro nutricional (digestibilidad) de los forrajes medido en experimentos controlados *in vivo*, y la composición química de los mismos forrajes. A partir de ésto se puede predecir el valor nutritivo de otros forrajes.

Aún cuando el proceso digestivo de los rumiantes es muy complejo, desde ya hace un siglo se viene tratando de predecir la magnitud de la digestión, en términos de los componentes del análisis de Weende. Sullivan (1962) y Kijkstra (1968) han demostrado que cuando este análisis es aplicado a un rango limitado de forrajes, existe una relación bastante estrecha entre digestibilidad y composición química. En el Cuadro 10 se presenta un ejemplo de predicción de nutrientes digestibles totales basados en el análisis proximal (González, 1970).

Cuando se comparan las ecuaciones individuales, las diferencias entre valores para la estimación de NDT y en particular son considerables; tanto en relación a la pendiente como para las constantes. Las diferencias entre pastos enfatizan las ventajas del uso de ecuaciones individuales para cada especie. Los valores de correlación indican que para muchas especies se pueden hacer predicciones bastante acertadas (Butterworth y Díaz 1963).

CUADRO 10. Correlación entre composición química y nutrientes digestibles totales y proteína digestible de pastos tropicales.

Pastos	NDT r	Prot.Dig. r
Pará	0.81	0.98
Rhodes	0.67	0.89
Bermuda	0.95	0.95
Estrella	0.86	0.97
Pangola	0.53	0.96
Yaraguá	0.89	0.96
Guinea	0.66	0.93
Elefante	0.39	0.98
Maíz ensilaje	0.31	0.97

A medida que los pastos maduran, el contenido de fibra aumenta y llega a ser menos digestible. En este caso se obtiene una estrecha y negativa correlación entre contenido de fibra y digestibilidad. Sin embargo, esta relación está sujeta a cambiar cuando se usan otras especies forrajeras, particularmente con pastos tropicales (Butterworth, 1963) o dentro de una especie a diferentes épocas del año. En ambos casos el forraje se hace menos digestible a medida que se hace más fibroso, pero a un determinado nivel de fibra, diferentes tipos de forrajes pueden tener diferentes grados de digestibilidad.

Se han propuesto diferentes alternativas al uso de la fibra: celulosa (Crampton y Maynard, 1938), holocelulosa (Ely y MOore, 1965) y fibra detergente ácida modificada (Clancy y Wilson, 1966). Cada uno de estos analiza una entidad más precisa de la fibra, pero reflejando siempre el concepto básico que el proceso complejo de digestión de un forraje puede ser cuantificado por un solo criterio químico.

Este enfoque asume que a medida que aumenta el contenido estructural disminuye su digestibilidad. Sin embargo, estudios detallados, in vivo de las diferentes fracciones de la fibra han demostrado que no hay disminución de la digestibilidad de la celulosa en el S-24 ryegras cuando esta aumenta de 14.1 a 19.0 %.

Asimismo Gaillard (1962) demostró que la celulosa en la Alfalfa es mucho menos digestible que la misma fracción en las gramíneas, al mismo nivel de concentración (Cuadro 11).

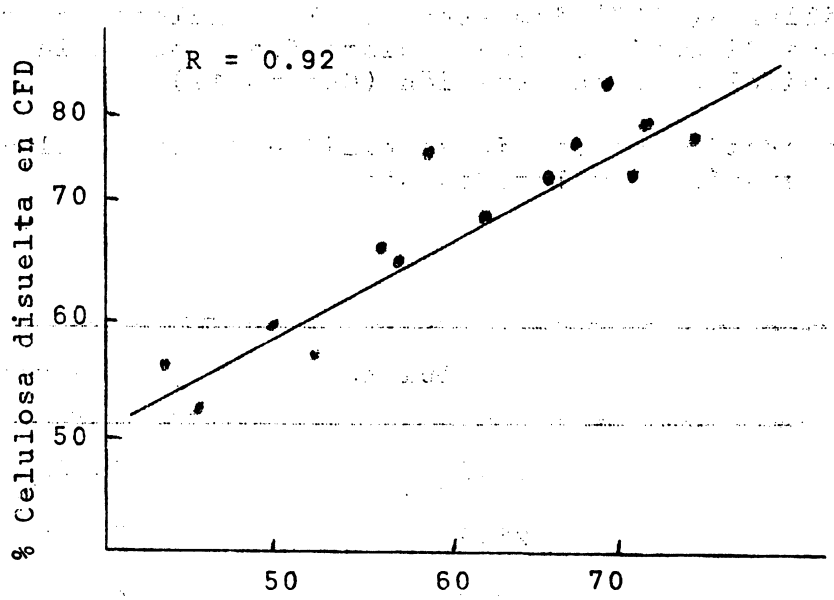
CUADRO 11. Comparación de la digestibilidad de la celulosa entre gramíneas y leguminosas.

Forraje	% Celulosa	% Digestibilidad
Gramínea I	18.2 \ 19.7	90.6 \ 84.9
Gramínea II	21.2 /	79.2 /
Leguminosa I	18.2 \ 20.2	60.4 \ 50.1
Leguminosa II	22.2 /	41.6 /

Esto condujo el desarrollo de técnicas de extracción gradual con reactivos en concentración creciente (Gaillard, 1958; Jarrige, 1961; Burdick y Sullivan, 1963) y de solubilidad de celulosa con cuprietilendiamina (Dehority y Johnson, 1963). Este método toma en cuenta el largo de la cadena y la resistencia a la digestión de las diferentes fracciones de polisacáridos.

Sin embargo, aparecería poco probable que una sola determinación pudiere dar resultados confiables con valores tan amplios en variación de lignina y polisacáridos comprendidos en la fracción fibrosa de los forrajes (Raymond, 1969). Por ello, un nuevo enfoque al problema ha sido introducido por Van Soest (1967), tomando en consideración la contribución del contenido celular a la digestibilidad total del forraje.

La comparación entre la solubilidad de la celulosa y su digestibilidad *in vivo* es ilustrada en la Figura 3.



% calulosa digerida *in vivo*

Como discutido anteriormente, estos investigadores han considerado que los forrajes contienen dos fracciones principales: los constituyentes del contenido celular, que son casi completamente digestibles (98 %), y los componentes de la pared celular, que son solamente parcialmente utilizables.

Van Soest (1967) considera que la digestibilidad aparente de la materia seca puede ser calculada en base a la siguiente ecuación:

$$\text{Dig.apar,mat.seca} = 0.98S + W\,(1.473 - 0.789 \log X) - 12.9$$

que comprende el contenido celular casi completamente digerible (S), más los componentes de la pared celular (W = FDN) que son utilizables dependiendo del grado de lignificación de la FDN (X), menos la excreción endógena, que ha sido calculada por el mismo autor en 12.9 % del peso seco del forraje ingerido. En una publicación anterior (Van Soest y Moore, 1966) se demostró que la digestibilidad de la FDN estaba negativamente correlacionada con el log de X (r = 0,98), donde X es el contenido de lignina de la fracción. Además del cálculo matemático para estimar la disponibilidad de la FDN, se puede incluir en la ecuación el valor real de digestibilidad *in vitro* de la pared celular, aumentando así la precisión de la estimación.

Aún cuando no se ha probado el método sobre un amplio rango de forrajes, particularmente tropicales, la consideración de las dos principales fracciones, contenido celular y constityentes pared celular, representa un avance importante en relación a los otros métodos.

Más recientemente se han introducido modificaciones en la ecuación original para corregir además por el efecto de la lignina artificial resultante del secado de la muestra, por el contenido de sílice presente como incrustación en la pared celular.

La inclusión del sílice como un componente adicional que puede influenciar la digestibilidad de un forraje ilustra la tendencia a buscar técnicas con pluricomponentes químicos para predecir la digestibilidad. Efectivamente este enfoque asume que un solo componente no puede cuantificar el proceso complejo de la digestión de los rumiantes, y que este debe ser considerado en una serie de fases, cada una cuantificada por una evaluación química lógica.

E. METODOS BIOLOGICOS

El problema de los métodos químicos para la evaluación del grado de utilización del forraje es que si la predicción es adecuada en una población forrajera, posiblemente no solo sea en otra. Según Raymond (1969) esto se debe a dos causas: a) la relación inicial no incluye todos los componentes que ejercen un efecto significativo sobre la digestibilidad: y b) los métodos químicos miden la concentración de los diferentes componentes de los forrajes pero no la distribución física y la organización de estos compuestos en la planta, que, en cierta medida, determinan en que magnitud las fracciones fibrosas son digeridas por los microorganismos en el rumen. El enfoque químico tiende a considerar los forrajes como un material homogéneo, como por ejemplo, un aumento de la lignina debería considerarse como un incremento del grado de lignificación de toda la planta. Sin embargo, en la práctica, la planta está constituída por fracciones morfológicamente diferentes, cada una de las cuales puede cambiar de composición y digestibilidad en una forma no necesariamente relacionada con las otras fracciones. Esto indica que el análisis químico de una planta, no representa siempre la suma de las diferentes fracciones que determinan la digestibilidad del forraje.

Por lo tanto, paralelamente con los métodos químicos para la evaluación, ha habido un desarrollo de los métodos biológicos, y más precisamente los de digestión <u>in vitro</u>. Básicamente estos métodos tratan de replicar el proceso de digestión en el rumen tomando en cuenta tanto la composición química de toda la planta y la distribución e interrelaciones físicas de los componentes químicos en las diferentes partes morfológicas.

Reconociendo que la digestibilidad de la fracción fibra sería la más afectada por las características físicas, las investigaciones iniciales se basaron sobre la determinación de la digestibilidad de la fibra, y particularmente con la fracción de celulosa. Aunque los detalles de las técnicas usadas son diferentes, estos métodos se basan en la incubación, bajo condiciones controladas, de muestras de forraje con microorganismos tomados del rumen de un animal alimentado con forraje. La idea es de estandarizar las condiciones de incubación de tal manera que la fibra del forraje, sea digerida en la misma magnitud como en los experimentos *in vivo* (Quicke *et al*, 1959; LeFevre y Mamstra, 1960; Karm *et al*,1967).

Estas técnicas se usan también para medir la digestibilidad de la materia seca (Clark y Mott, 1960), materia orgánica (Reid *et al*, 1960) y el contenido de energía (Reid *et al*, 1960; Baumgardt *et al*; Noga y el-Shazly, 1963).

En la mayoría de los casos la magnitud de la digestión *in vitro* es menor que la *in vivo* y según lo ilustra los datos de Chicco *et al* (1970) presentados en el Cuadro 12.

CUADRO 12. Comparación entre diferentes tiempos de fermentación de la celulosa *in vitro* y la digestibilidad de la celulosa *in vivo* del pasto Pangola

Pangola Kg.$SO_4(NH_4)_2$/ Hectárea	Dig. celulosa in vitro 6h.	12h.	24h.	36h.	48h.	Dig.celulosa in vivo. (%)
0	2.2	11.1	28.4	32.4	37.2	52.9
200	3.1	13.7	33.7	39.6	44.4	60.2
400	5.7	16.7	35.8	39.5	46.5	62.3

La desaparición de la materia seca es indudablemente el criterio mayormente usado. Es la más simple determinación analítica y está sujeta a la menor variabilidad. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca se correlaciona bien con la digestibilidad *in vivo* de la materia seca y de la energía digestible como se ilustra en el Cuadro 13 (Barnes 1966).

CUADRO 13. Relación entre digestibilidad de la materia seca *in vitro* (X) e *in vivo* (X).

x	y	r	NºMuestra	Referencia
DMS*	DMS	0.71	11	Asplund *et al*, 1.958
DMS	DMS	0.94	6	Bentley, O.S., 1.959
DMS	DMS	0.98	--	Reid *et al*, 1.959
DMS	DMS	0.77	11	Clark y Mott, 1.960
DMS	DMS	0.49	11	Clark y Mott, 1.960
DMS	DMS	0.93	8	Bowden y Church, 1.962
DMS	DMS	0.73	39	Bowden y Church, 1.962

* DMS = Digestibilidad de la materia seca.

Otro sistema comúnmente utilizado es la digestibilidad *in vitro* de la celulosa en diferentes tiempos de fermentación. La digestibilidad de la celulosa *in vitro* con períodos largos de fermentación (30 - 48 horas) generalmente está significativamente correlacionada con la digestibilidad *in vivo* de la celulosa y de la materia seca, pero no con el consumo voluntario. (Johnson y Dehoroty, 1.968; Cuadro 14.

CUADRO 14. Relación entre la digestibilidad de la celulosa *in vitro* (X) y la celulosa, materia seca y energía digestible *in vivo* (y).

x	y	r	Nº de muestras	Referencias
DC	DC	0.97	35	Hershberger *et al*, 1959
DC	DC	0.84	16	LeFevre y Kamstra, 1960
DC	DC	0.40	22	LeFevre y Kamstra, 1960
DC	DMS	0.81	11	Baumgardt *et al*, 1962
DC	DMS	0.87	8	Bowden y Church, 1962
DC	DMS	0.49	39	Bowden y Church, 1962
DC	DE	0.80	11	Baungardt *et al*, 1962
DC	DE	0.78	31	Baungardt *et al*, 1962
DC	DE	0.85	31	Baungardt *et al*, 1962

DC = Dig. celulosa *in vitro*; DMS = dig, materia seca *in vivo*

DE = Energía digestible.

La digestibilidad *in vitro* de la celulosa durante períodos cortos de fermentación ha probado estar altamente correlacionada tanto con la digestibilidad como con el consumo voluntario (Donefer *et al*, 1960; Johnson *et al* 1962). Esta relación se mejora notablemente combinando las 12 horas de fermentación con una segunda fase de solubilidad de la materia seca (Dehority y Johnson, 1964; Johnson y Dehority, 1968).

Este enfoque de la predicción mediante sistemas de fermentación *in vitro* en cierto modo es análogo a los primeros métodos químicos que trataban de estimar los procesos complejos de la digestión de los forrajes por medio de un solo parámetro. Como

en el caso de los métodos químicos, la precisión de la predicción disminuye a medida que el rango de variabilidad de los forrajes bajo estudio aumenta.

Particularmente, se han registrado marcadas diferencias entre los resultados obtenidos con gramíneas y leguminosas (Shelton y Reid, 1960). Tilley y Terry (1963) sugieren que estas discrepancias posiblemente se deban a correlacionar datos de una simple fermentación con microorganismos con aquellos de la digestión en el animal, que incluye, además de la digestión bactérica en el rumen, una digestión enzimática en el resto del tracto digestivo. Por lo tanto, el resíduo indigerible de la digestión in vitro, contiene, además de la fracción no digerible del forraje, los microorganismos del rumen, que in vivo son digeridos enzimáticamente en el estómago y resto del tracto digestivo.

Tilley y Terry (1963) han propuesto que esta segunda fase pudiera ser reproducida sometiendo el resíduo de la fermentación bactérica a una siguiente digestión enzimática con pepsina ácida. Este método permitió una correlación de 0.97 entre los valores in vitro e in vivo sobre un amplio rango de forrajes y leguminosas. Resultados similares han sido reportados por un gran número de investigadores: (O'Shea y Wilson, 1965; Wedin et al, 1966 etc.).

A continuación en el Cuadro 15, se señalan los valores de las correlaciones simples entre la digestibilidad in vivo e in vitro de la materia seca de 61 muestras de forrajes y concentrados divididos en seis grupos de características similares (Buzzy y Paladines, 1969)

CUADRO 15. Coeficientes de correlación entre las disgetibilidades in vivo e in vitro de la materia seca

Ración	Nº muestras	r
Ryegrass (verde)	5	0.97**
Pasto Sudan (verde)	18	0.77**
Henos	20	0.98**
Ensilajes	6	0.86*
Concentrados	4	0.94*
Mezclas (verdes)	8	0.96**

Las mejores correlaciones se consiguieron con las poblaciones de ryegrass, con los henos y con las mezclas de forrajes verdes. En el caso del pasto Sudan y ensilaje las correlaciones no fueron suficientemente altas para tener valor predictivo.

Hay que aceptar, sin embargo, que éste método in vitro de dos fases, desarrollados para forrajes de zonas templadas, puede no ser directamente aplicable a otras especies, como por ejemplo los pastos tropicales, y siempre el sistema debe ser comprobado con muestras de conocida digestibilidad. Así Raymond y Terry (1966) reportaron valores bajos de digestibilidad cuando los pastos eran bajos en contenido de nitrógeno. Los niveles más altos de digestibilidad que se obtienen con los animales se deben probablemente a la capacidad del rumiante de recircular úrea al rumen, mientras que la digestión in vitro puede ser limitada por una deficiencia de nitrógeno.

Aún cuando algunas modificaciones puedan ser necesarias en situaciones particulares, un estudio de Barnes (1967) enfatiza la importancia de la adaptación de un método standarizado de digestibilidad in vitro, sin el cual los resultados de diferentes laboratorios no serían comparables.

Al interpretar los errores en base a la relación in vitro vs in vivo, es importante reconocer que estos no derivan únicamente de deficiencias de las técnicas de laboratorio, pero que también en la medida real de la digestibilidad in vivo se introducen errores, además del hecho que la digestibilidad in vivo no es un parámetro constante para un forraje en particular.

En conclusión, la digestibilidad in vitro en dos fases es la técnica de mayor precisión en la predicción de la digestibilidad de un forraje in vivo en comparación a los diferentes métodos químicos analizados. Se trata de una técnica integrada, siendo el valor de digestibilidad la suma de las digestibilidades parciales de las diferentes fracciones químicas del forraje. Por lo tanto, sin el concurso de las determinaciones químicas, ésta técnica puede únicamente describir, y no explicar las diferencias en digestibilidad observadas entre diferentes muestras de forrajes. Esto significa que los métodos in vitro y los métodos químicos deben considerarse como técnicas complementarias, los primeros para establecer que los forrajes difieren en digestibilidad y los segundos para aportar las probables razones para esas diferencias.

Bibliografía.

Archibald, J.G., E. Bennett and W.S. Ritchie. 1943. The composition and palatability of some common grasses, J.Agr.Res. 66:341.

Association of Official Agricultural Chemists. 1960. Chemist Methods of Analysis Wash. D.C.

Barnes, R.F. 1966. Collaborative in vitro rumen fermentation studies of forages substrates. J. Anim. Sci. 26:1120.

Barnes, R.F. Collaborative in vitro rumen fermentation studies on forages substrates. J. Anim. Sci. 26:1126.

Baumgardt, B.R., M.W. Taylor and J.J. Carson. 1962. Evaluation of forages in the laboratory. II Symplified artificial rumen procedure for obtaining repeatable estimates of forages nutritive value. J. Dairy Sci. 45:62.

Briggs, H.M., W.D. Gallup and A.E. Darlow. 1948. Yield and feeding value of prairie hay cut at different stages of maturity. Okla. Expo.

Burdick, D. and J.T. Sullivan. 1963. Ease of hidrolysis of the hemicelluloses of forage plants in relation to digestibility. J. Anim. Sci. 22:444.

Butterworth, M.H. 1963. Digestibility trials of forages in Trinidad and their use in the prediction of nutritive value. J. Agr. Sci. 60:341.

Butterworth, M.H. and J.A. Díaz. 1970. Use of equations to predict the nutritive value of tropical grasses J. Range Manage. 23:55.

Buzzy, Alba y O. Paladines. 1968. Precisión de los métodos de fermentación in vitro para predecir la digestibilidad y el consumo de forrajes por los rumiantes. Turrialba. 8:393.

Chicco, C.F. 1962. Estudio de la digestibilidad de los pastos en Venezuela. IV. Valor nutritivo del pasto Pangola (Digitaria decumbens) en varios estados de crecimiento. Agron. Trop., 12:57

Chicco, C.F., S. Rodríguez Carrasquel y C.E. Fuenmayor. 1971. Efecto de la fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento, consumo y digestibilidad del heno de Pangola. Agron. Trop, 21:215.

Christensen, F.W. and T.H. Hopper. 1936. Effect of weathering and stage of maturity on the palatabiblity and nutritive value of prairie hay. N. Dak. Agr. Exp. Sta. Bull. 260.

Clancy, M.J, and R.K. Wilson. 1966. Chemical methods for predicting digestibility and intake of herbage. Proc. 10th Intern. Grassland Congress, Helsinski. pp. 445 - 453.

Clark, K.W. and G.O. Moot. 1960. The dry matter digestion in vitro of forage crops. Can. J. Plant. Sci. 40:123.

Colburn, M.W. and J.L. Evans. 1967. Chemical composition of the cellwall constituent and acid detergent fiber fractions of forages. J. Dairy Sci. 50: 1130.

Colburn, .W., J.L. Evans, C.H. Ramage. 1968. Apparente and true digestibility of forage nutrients by ruminant animals, J. Dairy Sci., 51:1450.

Dehority, B.A. and R.R. Johnson . 1963. Cellulose solubility as an estimate of cellulose digestibility and nutritive value of grasses. J.Anim. Sci., 22:222 and 1134.

Dehority, B.A. and R.R. Johnson. 1964. Estimation of the digestibiblity and nutritive value of forages by cellulose and dry matter solubility methods. J. Anim. Sci., 23:203.

Dijkstra, N.D. 1968. Evaluation of different fodders derived from pasture according to starch value and digestibility. Wirschaftseigene futter 1: 71-83. (Nutrition Abstract and Reviews. Vol. 38: 3-4).

Donefer, E., E.N. Crampton and L.E. LLoyd, 1960. Prediction of the nutritive value index of a forage from in vitro rumen fermentation data. J. Anim. Sci. 19: 545

Ely, R.A. and L.A. Moore. 1965. Holocellulose and the summative analysis of forage. J. Anim. Sci. 14:718.

Gaillard, B.D.E. 1958. A detailed summative analysis of the crude fiber and nitrogen free extractives fractions of roughages. I. Proposed Scheme of analysis. J. Sci. Food. Agric. 9:170 and 346.

González, E. 1970. Ecuaciones de predicción del valor nutritivo de los forrajes. Agron. Trop. 20:405.

Henneberg, W. and F. Stohman. 1860. Beitrage zur Begrundung einer rationellen Futterung der Wieder-Kauer, Vol I, II Schwetscheke U. Sohn, Brunswich. 1860, 1865.

Ingalls, J.R., J.W. Thomas, E.J. Benne and M. Tesar. 1965. Comparative response of wether lambs to several cutting of Alfalfa, Birds foot trefoil Bromegrass and Red Canarygrass. J. Anim. Sci. 22:1159.

Jarrige, R. 1961. Analyse des constituants glucideques des plants forragenes II. La Lingnocellulose composition, dosage et comparaison avec la cellulose brute. Ann. Biol. Animale, Biochim. Biophys 1:163.

Jarrige, R. and D.J. Minson. 1964. Digestibility of the constituents of S-24 perennial ryegrass and S-37 Cooksfoot with special reference to the carbohydrates. Ann. Zootech. 13:117 (Annales de Zootech)

Johnson., R.R. and B.A. Dehority. 1968. A comparison of several laboratory techniques to predict digestibility and intake of forage. J. Anim. Sci., 27:1738.

Johnson., R.R., B.A. Dehority, J.L. Parsons and H.W. Scott. 1962. Discrepancies between grasses and alfalfa when estimating nutritive value from in vitro cellulose digestibility by rumen microorganism. J. Anim. Sci., 21:892.

Karm, J.F.., R.R. Johnson and B.A. Dehority. 1967. Rates of in vitro cellulose and dry matter digestion at 5, 8 and 11 hours as predictors of forage nutritive value. J. Anim. Sci. 26:381.

Kennedy, P.P. and S.C. Dinsmoore. 1909. Digestion experiments on the range. New Agric. Exp. Sta. Bull. 71.

Le Fevre, C.F. and L.D. Kamstra. 1960. A comparison of cellulose digestion in vitro and in vivo. J. Anim. Sci. 19:867.

Lucas, H.L. Jr., W.W.G. Smart, Jr., Mary Ann Cipolloni and H.D. Gross. 1961. Relation between digestibility and composition of feeds and foods, Report. S-45. N. Car. Sta. College.

Mott, G.O. 1969. Forage evaluation techniques in perspective. National Conference on forage quality evaluation and utilization. Nebraska, September 3, 1969.

Matrone, G., G.H. Ellis and L.A. Maynard. 1964. A modified Norman-Jenkis method for the determination of cellulose and its use in the evaluation of feed stuffs. J. Anim. Sci., 5:306.

Naga, M.M.A. and El-Shazly. 1963. The use of the in vitro fermentation technique to estimate the digestible energy content of some Egiptian forages. J. Agric. Sci. 61:73.

Norfeldt., S., O. Svanberg and O. Claesson. 1949. Studies regarding the analysis of crude fiber. Acta Agr. Suecana. 3:135.

O'Shea, J. and R.K. Wilson. 1965. Relationship between in vitro and in vivo dry matter digestibility. Irish. J. Agr. Res. 4: 235.

Quicke, G.V., O.G. Bentley, H.W. Scott and A.L. Moxon. 1959. Cellulose digestion in vitro as a measure of the digestibility of forage cellulose in ruminants. J. Anim. Sci. 18:275.

Raymond. W.F. and R.A. Terry. 1966. Studies of herbage digestibility by an in vitro method. Outlook Agric. 5:60.

Raymond, W.F. 1969. The nutritive value of forage crops. Advances of Agronomy 21:1.

Reid, R.L., B. Clark, J.A. Welch. G.A. Jung. and D.C. Shelton.1960. Relationship of forage digestibility intake data to in vitro and in vivo fermentation indices. J. Anim. Sci. 19:1312 (Abstr.).

Shelton, D.C. and R.L. Reid. 1960. Measuring the nutritive value of forage using in vitro rumen techniques. Proc. 8th. Intern. Grassland Crongr. Reading. Engl. pp. 524.

Stallcup, O.T. 1958. Composition of crude fiber in certain roughages. J. Dairy Sci. 41:963.

Sullivan, J.T. 1962. Evaluating of forage crops by chemical analysis. A critique. Agronomy J. 54:511.

Terry, R.A. and J.A.M. Tiley. 1964. The Digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cooks foot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an in vitro procedure. J. Brit. Grassland Soc. 19:363.

Tiley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two stage techniques for in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassland Soc. 18:104.

Van Soest, P.J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Assn. Official Agr. Chem. 46:829.

Van Soest, P.J. 1946. Symposium in nutrition and forages and pasture. New chemical procedures for evaluating forages. J. Anim. Sci. 23:838.

Van Soest. P.J. and L. A. Moore. 1966. New chemical methods for analysis of forages for the purpose of predicting nutritive value. Proc. 9th. Intern. Grassland Cong., Sao Pulo, pp. 783.

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

Van Soest, P.J. 1968. Chemical estimates of the nutritional value of feeds. Proc. Cornell Nutr. Conf. p. 38.

Van Soest, P.J. 1968. The chemical basis for the nutritive evaluation of forages. National Conference on forage quality evaluation and utilization. Cornel Univ. Ithaca, N.Y.

Van Soest, P.J. and L.H.P. Jones. 1968. Effects of silica in forages upon digestibility. J. Dairy Sci. 51:1644.

Wedin. W.F., I.T. Carlson and R.L. Vetter. 1966. Estimation of feeding value of autumn forage by artificial rumen and from chemical composition. Proc. 10th. Intern. Grassland Congr. 18:424.

LA INTEGRACION DE LOS ANALISIS ECONOMICOS A LA INVESTIGACION, EXPERIMENTACION Y PRODUCCION AGROPECUARIA

Ing. Héctor Murcia C.

Facultad de Agonomía
Universidad Nacional de Colombia.

INTRODUCCION

I. El papel de la Investigación en el Desarrollo Agrícola.

A. El concepto general de Investigación.

B. La Investigación Agrícola y sus impactos en la producción.

II. Los diversos componentes del proceso de la producción agrícola.

A. Elementos biológicos y físicos.

B. Elementos socio - económicos.

C. Interacción entre el hombre y sus instituciones y el medio físico - biológico.

III. Los conceptos y análisis económicos en la Investigación y Experimentación Agropecuaria. Ejemplos.

A. La importancia básica de los Análisis Económicos.

B. Conceptos mínimos de Economía Agrícola que el Investigador debería conocer.

INTRODUCCION.

En estas conferencias se trata de hacer referencia al papel fundamental que debe cumplir la investigación agrícola dentro del proceso de la producción y a su importancia dentro de un sistema integral de desarrollo económico y social.

No se trata de presentar simplemente un conjunto de informaciones generales sobre los impactos logrados por la investigación agrícola en la producción, sino que se pretende complementar este panorama global con el análisis de conjunto de factores que el investigador tiene que tomar en cuenta en la visión de la problemática compleja de la vida rural y que debe considerar para lograr una completa utilización de las soluciones que debe proponer.

En este orden de ideas se mostrará cómo la investigación no es ni debe ser un simple ejercicio especulativo, puesto que el mejoramiento real de la vida del campesino agricultor o ganadero depende de múltiples consideraciones, razones las cuales indican que el esqueña básico del investigador debe ser bastante amplio.

Dentro de este enfoque general, se hará referencia a los aspectos económicos de mayor interés que el investigador agropecuario debe contemplar en la realización de sus experimentaciones.

Todos estos conceptos deben complementarse con amplias discusiones sobre los temas básicos planteados y con la produndización en el análisis de las referencias bibliográficas que se presentan y de múltiples lecturas adicionales basadas en estos aspectos.

I. EL PAPEL DE LA INVESTIGACION EN EL DESARROLLO AGRICOLA

A. EL CONCEPTO GENERAL DE INVESTIGACION.

La investigación en general desempeña un papel preponderante dentro del concepto integral del desarrollo, y es elemento esencial para permitir a la ciencia y a la técnica alcanzar los fines básicos que se proponen.

El proceso de la investigación comprende el planteamiento de interrogantes y la búsqueda de respuestas verdaderas a ellos: este procedimiento general tiene en cuenta, por lo tanto, la fijación de objetivos claros y la determinación de medios o elementos de análisis que permitan cumplir estos lineamientos básicos.

Según el Agricultural Development Council (1969), cualquier programa de investigación y específicamente en el campo agrícola, debe tener como mínimo, tres características necesarias: Ser comprensivo, por cuanto por ejemplo, el solo cambio de una variedad o práctica de cultivo, representa poco individualmente y debe ser complementado con el análisis de otros factores: Continuo, teniendo en cuenta que hay constantes variaciones en ellos y Amplio, debido a que estos programas de investigación deben diferir según la localidad en la cual se piensen utilizar. 1/.

Además y de acuerdo a conceptos básicos de Metodología de la Investigación, el proceso investigativo está compuesto de diversas fases, pero esencialmente de las siguiantes: Bases en la realidad, análisis teórico y análisis de comprobación.

Conviene tener muy en cuenta estas características esenciales de la investigación, puesto que a ellas se harán contínuas referencias en los temas posteriores.

Así mismo y dentro de este marco general, es necesario dejar muy en claro que para la comprensión total del concepto de Investigación, se debe hacer referencia a los diversos tipos de Investigación, así como a tratar de suscitar el análisis de los conceptos de Ciencia, Técnica y Tecnología.

De acuerdo con R. Cortázar (1967), la Investigación Agrícola se clasifica dentro de tres tipos principales:

1. Investigación básica

Investigación básica, la cual parece que a primera vista no tuviere relación con problemas específicos de la agricultura, pero que sin embargo es esencial para afrontarlos. Tal es el caso de los inventarios de plagas existentes, los estudios botánicos sobre las especies existentes en el país, etc.

1/ The Agricultural Development Council. La aceleración del Desarrollo Agrícola, Report for 1.967. Memeografiado N° 124. IICA - CIRA, Bogotá, Septiembre de 1.969.

2. Investigación necesaria como base para estudios aplicados.

Como es el caso del estudio de razas de enfermedades que tengan incidencia en programas de mejoramiento de cultivos.

3. Investigación de problemas aplicados directamente a la agricultura.

Como la obtención de nuevas variedades, mejores dósis de abono, rotaciones más adecuadas, etc, 2/.

Para comprender el concepto de Investigación Científica, en general no se debe dejar de contemplar también el estudio de los conceptos de Ciencia, Técnica y Tecnología, los cuales están claramente diferenciados e históricamente es posible establecer sus vínculos.

El Consejo de Investigación y Desarrollo Científico de la Universidad Nacional de Colombia (1970), al realizar un análisis sobre los principales y objetivos de la investigación en este centro docente, presentó los siguientes elementos de análisis sobre los conceptos de Ciencia, Técnica y Tecnología:

" Si hasta el siglo diecisiete la técnica predomina sobre la ciencia y de todas maneras la precede, a partir de Newton se invierte, como es sabido, la relación. Desde entonces el predominio y la precedencia del saber científico vienen determinando el desarrollo técnico. Newton está por eso, en el fundamento de la Revolución Industrial. Si, está allí: pero exactamente por que?. Ante todo porque los instrumentos y procesos de trabajo experimentan, a partir de la generalización de Newton, un campo cualitativo, Max Weber diría que, desde el diecisiete, el hombre abandona los aparatos y trabaja con máquinas. Y estas máquinas en su complejidad encarnan literalmente, diriamos detalle por detalle, la complejidad de la ciencia. No es por azar por lo que el pensamiento científico es elemento integrante del proceso industrial en todos sus planos.

Si lo anterior es correcto, podemos ver en la historia del diecisite hasta hoy el acercamiento de la ciencia y la técnica.

2/ Cortázar, René. Que espera el Investigador del Economista Agrario. En Investigación y Experimentación Agrícola, IICA-Zona Sur. Universidad Católica de Chile, 1967.

En el día, no hay quizás movimiento en la esfera de la ciencia que no altere, así de inmediato y con mayor frecuencia de inmediato, el campo de la técnica. La ciencia viene a ser ahora, así, un instrumento de producción de que no puede privarse el país que inicie su etapa industrial o se encuentre en alguno de sus puntos avanzados. Por supuesto, los procedimientos de la ciencia y la técnica son distintos y sus problemas y objetivos, por eso, diferentes; pero hay entre ellas la relación de identidad de que hablan los dialécticos.

En el habla corriente, aún cuanto sea culta, se suelen confundir la técnica y la tecnología. Ello no ocurre, sin embargo, en los medios de la gran industria o de la planeación, donde se emplea el concepto de tecnología en correspondencia con los procedimientos -psicológicos, físicos, etc.,- que llevan a la organización de la técnica y determinan su productividad. El técnico no es, entonces, el tecnólogo; y basta mencionar el nombre de Taylor o hablar de las relaciones humanas o de la Ingeniería Industrial para que se entienda la diferencia". 3/.

La Ciencia es, por lo tanto, una explicación o mejor conocimiento de lo existente; la Tecnología es la acción sobre lo real o la manera de aplicación de la ciencia.

Es evidente que la Investigación Científica se debe realizar dentro de estos campos de la Ciencia, la Técnica y la Tecnología y que todo cuanto se realice en investigación científica básica tiene tanta importancia y valor como la investigación aplicada directamente a la solución de problemas agropecuarios concretos o de actualidad.

Así mismo es de vital importancia promover en cada país la realización de investigaciones aplicadas a sus condiciones específicas, puesto que esto evita el estar supeditados a investigaciones de base que se efectúen en países más desarrollados y con características muy diferentes. Al respecto se puede citar un texto de Sunkel, Economista de la CEPAL (1969) el cual presenta la situación en el campo ciertífico - tecnológico en el sistema industrial internacional: "En este sistema, los países céntricos producen los nuevos diseños y productos, las nuevas tecnologías, insumos corrientes y máquinas necesarias para fabricarlos así como las imágenes necesarias para introducirlos en los mercados -actividades-todas que exigen una elevada proporción de trabajo científico y técnico altamente especializado.

3/ Consejo Provisional de Investigación y Desarrollo Científico de la Universidad Nacional de Colombia. Informe Preliminar. Tomo I. Julio-Diciembre de 1.970.

En los países periféricos, según su grado de subdesarrollo, dichos productos solamente se consumen, o se llegan a ensamblar, o incluso, cuando están considerablemente industrializados (Brasil, Australia, Canadá), se producen los insumos y los bienes de capital de los productos manufacturados que ya están en vías de obsolencia y sustitución. La creación de nuevos productos y de todos los elementos necesarios para fabricarlos queda en cambio reservada para las economías centrales. De ahí que la capacidad de creación científico-tecnológica sólo sea funcional en estas últimas, mientras que las economías dependientes sólo requieren del traslado, copia, incorporación o "transferencia" de las tecnologías existentes para lo cual basta con aprender a usar o consumirlas rutinariamente, sin mayores requisitos de investigación". 4/

El tema de importación de tecnología en el campo agrícola ha sido acertadamente analizado por Marzocca, Director del Departamente de Especialización del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), quien en una reunión sobre Investigación y Enseñanza organizada por el IICA, en San José de Costa Rica (Abril de 1968), expresó:

"Si bien conviene usufructuar las experiencias que nos brindan los países desarrollados debemos fundar y desarrollar nuestra propia investigación científica, puesto que donde ésta florece, la tecnología no es engendrada".

Todos estos planteamientos quieren significar, además, que ningún descubrimiento de la investigación agrícola puede adoptarse sin estudiar previamente las consecuencias de su aplicación bajo el gran número de diversas situaciones ecológicas que se presentan en cada lugar.

Es conveniente ahondar en el análisis de todos estos conceptos planteados, los cuales no debe perderse de vista al tratar de comprender el principio básico de desarrollo de la Investigación en el campo agrícola.

B. LA INVESTIGACION AGRICOLA Y SUS IMPACTOS EN LA PRODUCCION

La investigación agrícola tiene múltiples impactos en la producción; como se ha mencionado anteriormente, ella constituye el elemento básico para descubrir nueva tecnología en el proceso de desarrollo de la agricultura.

4/ Sunkel, Osvaldo. "Ciencia y Tecnología en una Sociedad Dependiente". Editorial Universitaria, Santiago, 1969.

A través de la investigación se pueden cumplir objetivos básicos dirigidos hacia el aumento de la productividad de los insumos utilizados, o hacer más económico su uso, incrementar el ingreso real de productores o de consumidores, lograr un mejor uso de los recursos de producción, u obtener metas sociales a favor de regiones con bajos ingresos. Múltiples pueden ser los objetivos de la investigación de acuerdo con el problema real que se afronta.

En el campo de las realizaciones y resultados pueden mencionarse datos que ilustran sobre el impacto de la investigación agrícola en algunos países. Al respecto, Griliches (1958) cita el caso de la tasa de retorno a la investigación que produjo el maíz híbrido en los Estados Unidos, afirmando que es del 700%, o sea que cada dólar invertido en investigación proporciona un retorno anual de 7 a perpetuidad. 6/

Para el caso de México, Valdés (1967) presenta la situación del trigo, cultivo para el cual hasta 1962 por cada dólar invertido durante todo el programa se obtenían 8 dólares por año, o sea 800%.

Este mismo autor presenta la conclusión de otro estudio realizado, en el cual se demostró que la tasa de retorno a toda la investigación en trigo y maíz hecha en este mismo país llega al 400% anual. Sobre la experiencia del Japón presenta también la situación cómo "siendo este un país con una agricultura intensiva en el uso de la mano de obra, ha experimentado notables progresos tecnológicos, como es el aumento de 177 a 2.363 variedades de arroz utilizados en los campos". 7/

Borlaug (1969) muestra también el resultado de la investigación en trigo en México: en 1943 los rendimientos promedios nacionales estaban cerca de 750 kilos por hectárea; después de un incremento acelerado y debido principalmente a la investigación, en 1969 llegaron dichos rendimientos a 2.800 kilos por hectáres. 8/

Otros interesantes resultados, así como la historia de la investigación agrícola y su organización actual en otros paí-

---

6/ Griliches. "Research Costs and Social returns: Hybrid corn and related innovations" Journal of Political Economy, Vol. 66. Octubre 1958.

7/ Valdés, A. Determinación de prioridades en investigación Agrícola. En Investigación Económica y Experimentación Agrícola- IICA-ZONA Sur. Montevideo, 1967.

8/ Borlaug, N.E. Mejoramiento del trigo: Su impacto en el abastecimiento mundial de alimentos. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México (Serie de traducciones y sobre tiros Nº2).

ses es presentada en la obra "Organización y Administración de la Investigación Agrícola" realizada por I.Arnon y recientemente editada por el IICA - ZONA Andina (Enero de 1.972).

Para el caso Colombiano, el Instituto Colombiano Agropecuario ha logrado buenos resultados en cultivos y empresas pecuarias. Sus fuentes de investigación abarcan muchos campos y en general se puede considerar como positiva su labor en la investigación. Nuevas variedades con altos rendimientos han sido obtenidos en cultivos como arroz, maíz, trigo, papa y otros, los cuales demuestran el papel que la experimentación agrícola ha jugado en el incremento de la productividad de estos renglones. Datos concretos sobre estos incrementos se pueden observar en las distintas publicaciones de esta entidad, sobre cada actividad específica.

Aunque los aumentos en la productividad logrados en distintos países con la investigación son evidentes, es conveniente presentar atención a los múltiples obstáculos que hacen que los resultados experimentales difieran de los que se obtienen al tratar de llevarlos a condiciones comerciales. Al respecto y como ejemplo, se puede mencionar un estudio sobre "La Factibilidad de Introducir Maíz Opaco - 2 para el Consumo Humano en Colombia", realizado por el Dr. Per Pinstrup Andersen (Mayo de 1971). Consiste este trabajo en el análisis de varios factores que podrían inhibir los esfuerzos para estimular la producción e introducción del maíz Opaco -2 entre los agricultores; entre estos factores se mencionan:

1. Bajos rendimientos de Maíz Opaco-2 comparados con los de otros híbridos disponibles, 2. Actitudes negativas de los agricultores con respecto a este maís y 3 . dificultades para almacenarlo en la finca.

El ejemplo es gráfico sobre los múltiples factores a considerarse en la investigación y en la medida que ellos se vayan aclarando harán posible la introducción de este tipo de maíz, valiosísimo en cuanto a contenido nutritivo.

Otro importante aspecto a considerar es el de la diferencia que se observa entre los rendimientos obtenidos por las estaciones experimentales y los rendimientos logrados por los agricultores debido a la lenta difusión de los avances de la tecnología de la producción agrícola. Sobre el tema existe un trabajo llamado "La Brecha en la Productividad agrícola en Colombia" preparado por Lopera y Hildebrand (ICA, Junio de 1970) el cual estudia las razones por las cuales se presenta esta "Brecha tecnológica" en diversos cultivos. Como causas principales de esta situación citan: La diferencia entre la calidad y cantidad de recursos controlados por los diversos participantes (los agricultores comerciales tienen ma-

yor acceso a los insumos modernos que los agricultores de subsistencia, y á su vez las estaciones experimentales más que los agricultores comerciales), la calidad distinta de suelos de que dispone cada grupo, el bajo nivel de educación y las limitadas capacidades del campesino para absorber la tecnología, la tradición y el mal manejo. Concluyen el trabajo haciendo notar que lo que debe preocupar no es la exitencia de esta Brecha, la cual "siempre hará de existir", sino más bien su magnitud puesto que a mayor diferencia se indicará un desbalance más grande entre la investigación y las necesidades del país.

Estos aspectos y otros más que se analizarán adelante indican que el investigador agrícola debe tener una visión amplia sobre los diversos factores que hacen que su trabajo tenga plena utilización y que el hecho de producir una nueva variedad de cultivo, aumentar la cantidad de proteína en una ración u otros resultados experimentales, tiene múltiples implicaciones en diversos campos.

II. LOS DIVERSOS COMPONENTES DEL PROCESO DE LA PRODUCCION AGRICOLA.

Una breve referencia a los distintos elementos que intervienen en el proceso productivo, permite comprender la razón por la cual la investigación agrícola tiene múltiples relaciones con diversos aspectos.

El proceso de la producción agrícola en general, tiene conexiones con bastantes componentes, los cuales se pueden sintetizar en: Elementos biológicos y físicos, elementos socio-económicos, e interacción entre el hombre y sus instituciones con el medio físico y biológico. Todos estos elementos están plenamente clasificacos en diversos textos que presentan las teorías generales del diagnóstico sobre problemas del sector agropecuario.

A continuación se hará una corta mención a los distintos aspectos que comprende cada uno de los factores anteriores citados.

A. ELEMENTOS BIOLOGICOS Y FISICOS.

El proceso productivo está relacionado con varios factores biológicos y físicos, los cuales influyen primordialmente en el tipo de actividad que se desee adelantar. Dentro de esta clasificación se pueden citar como ejemplo los siguientes elementos:

1. Características Ecológicas.

Clima, topografía, suelos, precipitación y en general factores relacionados con el medio ambiente en que se adelante la producción.

2. Características Fisiológicas

Resistencia a plagas o enfermedades, o aspectos inherentes a cada cultivo o actividad ganadera en particular.

3. Distintas relaciones entre los factores de producción (insumos)y el producto obtenido.

Para conocer a fondo estos diversos tipos de relaciones entre producto e insumo, se debe hacer especial referencia al concepto de Función de Producción. Este término indica la relación física entre el Producto (y) y el insumo (x) por unidad de tiempo.

La función de producción indica que para la obtención del producto se necesita de la combinación de factores fijos y variables a la vez, lo cual se puede expresar de la siguiente forma:

$$Y = f\ (x\ 1,\ x\ 2/\ x\ 3,\ x\ 4,\ x\ 5)$$

la cual muestra que la producción de un cultivo, por ejemplo, depende de cantidades variables de fungicidas (x 1) e insecticidas (x 2), aplicados a unidades fijas de tierra (x 3) y otros insumos. La línea vertical en la expresión significa que los insumos x 1 y x 2 son variables y que los demás factores de producción permanecen fijos.

Para la representanción gráfica de una función de producción, en el eje vertical de un sistema de coordenadas se coloca el producto (Y) y los insumos (x) en el horizontal.

De acuerdo a la relación entre insumo y producto y a su representación en la función de producción es posible encontrar un óptimo punto físico-biológico el cual corresponde al momento en el cual fisiológicamnte la actividad biológica empieza a verse afectada por un exceso de insumos.

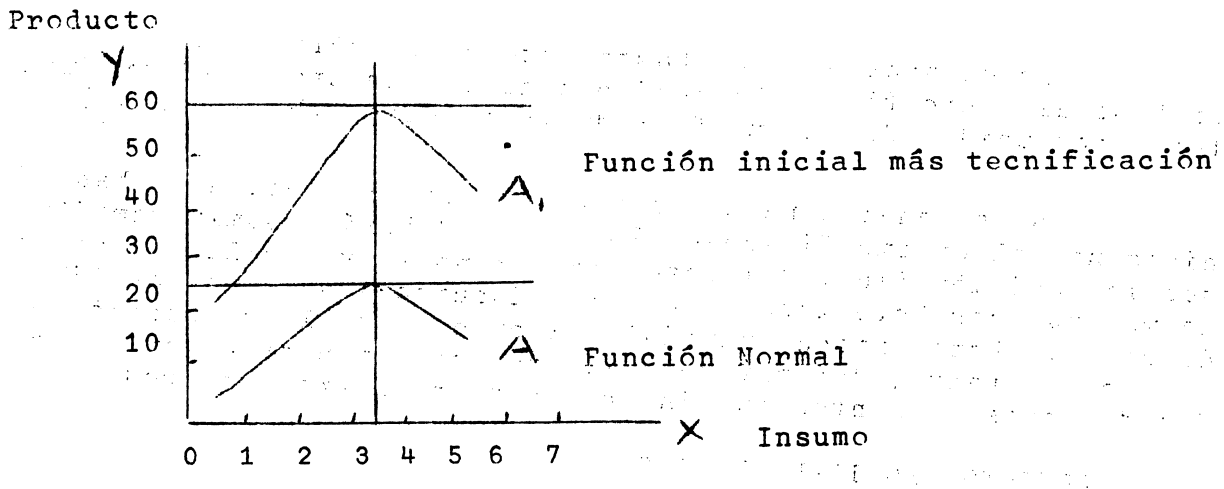
Este punto óptimo bioloógico según se ha mencionado, no ha tenido en cuenta hasta ahora los precios de producción y los costos de insumos.

4. Pueden presentarse dos niveles distintos de modificación por parte del hombre, mediante la investigación, en estos elementos físicos y biológicos

a, Investigación que se efectúa para lograr límites ecológicos más amplios (variedades con mayores rangos de adaptación) o modificaciones en características fisiológicas (variedades resistentes a plagas o enfermedades).

b. Investigación que se realizar para lograr puntos óptimos mayores a través de mejores métodos de manejo o de realización de las distintas actividades (coordinación de la época de siembra, tiempos adecuados para realizar las labores, cambios de métodos en la ejecución de las actividades, mejores alternativas de producción, etc.).

Estos dos niveles de modificación hacen que varíe la función de producción original. Si por ejemplo, se supone una situación inicial como la planteada en la función A, el primer efecto de una mayor tecnificación es el de elevar todos los puntos de la función a A_1:



Para sintetizar en términos de función de producción, lo que quiere significar el óptimo punto físico-biológico se puede observar el siguiente ejemplo:

Se supone una función de producción del tipo $Y=a+b_1x_1-b_2\ x1^2$, la cual expresa la relación entre Y (nivel de producción de leche) y X (nivel de concentrados). El punto óptimo para esta función de producción, sin tener en cuenta los precios, se obtiene en el punto en que el producto total es máximo; matemáticamente se puede demostrar que este punto equivale a aquel en que la pendiente de la función (o producto marginal) es igual a o. Para este caso, se puede obtener entonces la pendiente calculando la primera derivada de la función.

$$\frac{d\,y}{d\,x_1} = b_1 - 2\,b_2\,x1$$

y al igualar la a o y resolver para x_1:

$$b_1 - 2\,b_2\,x_1 = 0$$

$$b_1 = 2b_2\,x_1$$

y, $x_1 = \frac{b1}{2b_2}$ (Punto óptimo para el uso del insumo concentrado)

Es de anotarse que hasta este punto sólo se ha trabajado en base al punto físico-biológico o al incremento en el producto total por unidad de insumo ó producto marginal ($b_1 - 2b_2\,x_1$).

Si se analizara el problema de la producción en base únicamente al óptimo físico-biológico se debería asumir también que la decisión final del investigador no se ve influenciada nada más que por éste marco y que los insumos son obtenidos libres de costo. Este enfoque parcial del proceso de la producción no es, por lo tanto, definitivo hasta no complementarse con el estudio de otros elementos que intervienen en el proceso productivo.

B. ELEMENTOS SOCIO-ECONOMICOS.

Al analizar el proceso de la investigación y extensión agrícola se supone la aceptación de la mejor tecnología, disponible y adaptable a las condiciones de cada región, y la selección de la actividad agropecuaria más rentable de acuerdo a las preferencias de los agricultores.

1. Por lo tanto, la realidad de la decisión de producción en el aspecto económico debe considerar que tanto producto como insumo tienen precios, lo cual significa que no sólo se debe conocer la relación funcional entre insumos y productos (expresada por la función de producción) sino complementar el análisis con el conocimiento de lo que es un punto de óptima ganancia.

No siempre, el punto de máxima ganancia es igual al de la máxima producción física, diferenciación que se basa principalmente en los precios de insumos y productos. A continuación se presenta un sencillo análisis matemático que conduce a la obtención del punto de máxima ganancia, a partir de la relación básica de ganancia:

Ganancia = Ingreso Total - Costo Total

Ingreso Total = Y.Py (Producto Total x precio unitario del producto).

Costo Total = Costos de los Factores Fijos + Costos de los Factores Variables.

Costos de los F. Fijos = C F F (Constante)

Costos de los F. Variables = C F V = x_1 - Px_1 (Insumo Variable x precio por unidad de Insumo).

Reemplazando estos valores en la primera relación:

Ganancia = Y. P y - (C F F + C F V)

= Y. P y - C F F - X1. Px_1

Al incrementar el uso del Factor variable, habrá un cambio en los términos expresados anteriormente. Esta variación equivale a incrementar los valores que se pueden variar en la anterior ecuación, debido a un incremento en x_1. Este cambio se puede representar así:

$$\frac{A\ G}{A\ X_1} = \frac{A\ Y}{A\ X_1}\ P\ y - \frac{A\ C\ F\ F}{A\ X_1} - \frac{A\ X_1}{A\ X_1}\ Px_1$$

Anteriormente se ha expresado la siguiente relación:

$$\text{Producto marginal} = PM = \frac{A\ Y}{A\ X_1} = \frac{d\ y}{d\ x_1}$$

(El producto marginal es igual, matemáticamente, a la primera derivada de la función de producto Total).

También se sabe que el incremento en los Costos Fijos, por ser este término una constante, tiende a ser cero; por lo tanto, la ecuación de ganancia quedaría de la siguiente forma:

$$\frac{A\ G}{A\ X_1} = P\ M.\ P\ y - PX_1$$

Al llevar a términos de derivación, e igualando la primera derivada de esta ecuación a cero, con el fin de hallar el punto máximo, se encuentra que:

$$\frac{d\ G}{d\ X_1} - 0 = P\ M.\ P\ y\ -\ P\ X_1$$

En el punto de Máxima Ganancia se debe cumplir entonces que:

$$P\ M.\ P\ y = P\ X_1$$

o sea:

$$\frac{A\ Y}{A\ X_1}\ .\ P\ y = P\ X_1 \quad ; \quad \frac{A\ Y}{A\ X_1} = \frac{P\ X_1}{P\ y}$$

ó

$$A\ Y.\ P\ y = A\ X_1.\ P\ X_1$$

Ingreso marginal = Costo Marginal

Volviendo al caso de la función de producción presentada en el punto anterior de óptimo físico biológico, la relación quedaría:

$$\text{Optima Ganancia} : b_1 - 2b_2\ X_1 = \frac{P\ X_1}{P\ y}$$

Lo cual significa que el óptimo económico de la decisión de producción depende de buscar el punto en que se igualen el Producto Marginal y la relación de precios de insumos y productos, o también cuando el Producto Marginal multiplicado por el precio del producto (P y) es igual al precio por unidad de insumo (P X).

Este análisis anterior demuestra que en el caso de la decisión se debe trabajar paralelamente en ambos lados de la ecuación: tanto en el óptimo físico-biológico, como en la óptima combinación económica.

2. Se mencionan a continuación, algunos de los múltiples factores de índole socio-económica que influyen también en la decisión de producción, los cuales se pueden analizar, por ejemplo, en cuanto a la manera que afectan los precios $P\ X_1$ o P y:

a. Nivel de Oferta o Demanda. El nivel de demanda, por ejemplo, está influenciado por:

i. Cantidad de consumidores (población)

ii. Ingreso de los consumidores - medidas de ingreso per cápita y su relación con el Producto Nacional (P N B)

iii. Distribución del Ingreso.

iv. Gustos y preferencias de los consumidores.

v. Productos substitutos y complementarios.

vi. Nivel de precios de los productos.

b) Estructura del sistema de provisión de insumos, en cuanto a su eficiencia, costo y disponibilidad. De la misma manera se debe conocer la estructura de la comercialización o mercadeo del producto, pues al medir su efecto en el costo, éste afectará el precio de venta. Estas situaciones debe analizarse desde el punto de perfecta o imperfecta competencia que caracteriza la esturctura del mercado en análisis.

c) Estructura Socio-Política:

i. Características de tenencia o de distribución del factor de producción tierra. La concentración o mala distribución del uso de éste factor, denominador común en la economía agraria latinoamericana, tiene infinidad de repercusiones tanto en los costos de uso de la tierra, como del capital. El análisis profundo sobre este punto permitirá comprender la razón por la cual se debe desarrollar un tipo de investigación adecuado a estas condiciones o la necesidad de atacar a fondo este problema estructural.

ii. Política crediticia o esfuerzos de inversión que se hagan en la agricultura en general, o en cada actividad agropecuaria en particular. El efecto de ciertas políticas puede ser nocivo; por ejemplo, un esfuerzo concentrado en un sector puede facilitar las actividades en el mismo y dificultarlas en otros. Esto indica la importancia que los planes de acción gubernamentales tienen en la decisión del productor individual, por lo cual se debe analizarlos íntegramente en todas sus implicaciones.

iii. Características tributarias y fiscales, aspecto de esencial importancia si se considera que muy comúnmente se recurre a éste tipo de incentivo cuando se quiere estimular o desistimular el desarrollo de cualquier actividad.

iv. Capacidad administrativa y técnica de los organismos del sector agropecuario. Cuando se analizó el tema de los elementos físicos y biológicos que intervienen en la producción se vió la importancia de este factor, por lo cual se nota la gran necesidad de contar con buenos especialistas en estas áreas.

v. Sistemas de infra-estructura y su relación con las las posibilidades de producción del país. Este elemento es esencial si se trata de ver por ejemplo, la gran importancia que juega la estructura de vías y carreteras en el desarrollo de un adecuado sistema de mercadeo, así como las múltiples implicaciones que ella tiene en el avance integral de una región.

Estos y otros aspectos de carácter económico y social, permiten ampliar el horizonte que el investigador agrícola debe tener en cuenta en el planeamiento y desarrollo de su trabajo.

C. INTERACCION ENTRE EL HOMBRE Y SUS INSTITUCIONES Y EL MEDIO FISICO-BIOLOGICO

Cualquier actividad agropecuaria a realizar no debe descuidar que las relaciones entre el hombre y su medio son complejas y que en la medida que se afronta integralmente el problema, se estará tratando de brindar adecuados elementos de juicio para resolverlos.

Es así como un diagnóstico de la actividad humana debe considerar que hay varios elementos que en ella influye: Físicos y biológicos, económicos, sociales institucionales y tennológicos. Ninguno de ellos por sí solo resolverá el problema bajo análisis y sólo en la interacción y apropiada cuantificación de todos se estará actuando con el carácter integral básico que debe tener cualquier actividad de investigación o producción en el campo agrícola.

Una breve revisión sobre los interrogantes generales que todo productor debe responder permitirá complementar la comprensión de la necesidad de afrontar integralmente todo problema que se presente en el campo agropecuario:

(1) Qué producir?

El productor debe decidir qué cultivo, ganado o combinación de cultivos o empresa ganadera conviene adelantar. Es necesario considerar, por lo tanto, los principios técnicos (físico-biológicos), económicos y sociales que le muestran la bondad de una actividad en relación con otra.

(2) Cómo producir?

Es necesario contemplar diversos aspectos todos como: qué equipo y maquinaria emplear, qué prácticas agropecuarias deben seguirse, qué cantidad de insumos a utilizar, etc. El investigador debe prestar atención, por ejemplo, a las características de la región en que piensa adelantar su labor en cuanto a niveles de desempleo, si trata de recomendar el uso de determinada maquinaria o equipo; esta situación es clara cuando se analiza el "transplante" de tecnología de países con diferentes condiciones a la nuestra, en cuanto a proporción de factores como capital y mano de obra en el sector rural.

(3) Cómo distribuir la producción?

Este interrogante corrobora la importancia de tener en cuenta los principales canales de comercialización y las bases que el área de mercadeo de productos agropecuarios ofrece al productor o investigador para determinar la manera más efectiva para vender la producción obtenida.

(4) Cómo mantener la producción através del tiempo?

Se debe buscar la utilización adecuada y combinación de los recursos con un criterio dirigido hacia el largo plazo, aspecto en el cual se confirma la importancia de los principios técnicos y de manejo que deben orientar la producción.

III. LOS CONCEPTOS Y ANALISIS ECONOMICOS EN LA INVESTIGACION Y EXPERIMENTACION AGROPECUARIA

Dentro de los aspectos mencionados anteiormente, como componentes a tener en cuenta dentro del proceso de la producción agrícola, se contempló la importancia de determinar la rentabilidad de cada actividad.

A continuación se hará mención específica a los principales conceptos y análisis económicos que deben considerarse en la investigación y experimentación agropecuaria, haciendo claridad en que su completa comprensión necesita de mayor tiempo adicional dedicado al estudio de cada aspecto en particular.

A. LA IMPORTANCIA BASICA DE LOS ANALISIS ECONOMICOS.

De acuerdo al análisis hecho en el capítulo anterior, cuando se adelanta cualquier labor dentro del campo de la producción agropecuaria, además de hacer referencia al determinado aumento en producción o productividad que se logrará con una utilización específica de insumos, se debe hablar al agricultor en términos de dinero, tanto en cuanto a los gastos extras que debe efectuar como en lo relacionado con los nuevos ingresos que puede obtener.

Este indica que además del conocimiento básico que se debe tener sobre los aumentos físicos en producción y productividad, es esencial el conocer también los costos de producción y los precios del producto para así poder determinar cual decisión es más rentable.

Dentro del proceso para tomar decisiones se contempla el de la evaluación de varias alternativas de producción a fin de seleccionar la mejor; para ilustrar este aspecto, se presentan seguidamente algunos interrogantes y ejemplos que confirman la importancia del estudio de los aspectos económicos.

El productor agrícola o pecuario se encuentra siempre ante preguntas como las siguientes:

1. En mi finca se está sembrando maíz, pero por falta de agua está dando pérdidas. Conviene sembrar más bien sorgo, cultivo el cual en mi región tiene menor rendimiento por hectárea, pero necesita menos agua? Para responder preguntas como ésta, de comparación de dos planes agrícolas, se nota la importancia fundamental de disponer de datos básicos como: Rendimientos por hectárea de cada cultivo, precios por unidad de producto y costos de producción del cultivo (los cuales deben comprender tanto los gastos fijos, como los variables). El investigador además afronta aquí el problema si vale la pena desarrollar nuevas variedades o adelantar mejoras prácticas de manejo.

2. Es aconsejable, económicamente, cambiar ganado criollo por ganado mejorado en una explotación pecuaria determinada? Se deben conocer todos los ingresos y gastos de cada una de estas dos alternativas y compararlos utilizando el concepto de Ingreso Neto. Al respecto y sobre esta pregunta, se puede observar un sencillo ejemplo explicativo sobre la comparación de este tipo en una empresa ganadera de los Llanos Orientales en la revista del ICA: Ganadería, Estudios Económicos; Separata de la revista Agricultura Tropical, Volumen XXV, N°11, Noviembre de 1.969, Páginas 729 a 732.

3. Cuál es el sistema más eficiente de alimentación de vacas lecheras en una región específica? Conviene más el sistema de pastoreo continuo o el pastoreo racional a otros métodos como el de pastoreo más ensilaje en Establo o Pastoreo más heno en Establo? Qué sistema de producción de forraje es más económico entre pradera mejorada, avena forrajera, maíz y alfalfa? Sobre los distintos aspectos a considerar en este tema existe un ejemplo ilustrativo elaborado por Díaz en el Departamento de Economía Agrícola del ICA, Noviembre de 1969, en relación con el "Análisis Económico de algunos sistemas de alimentación de vacas lecheras en la Sabana de Bogotá".

Otro ejemplo sobre vacas lecheras fué elaborado por Rincón y Avalos en el folleto "Aspectos Económicos de la Producción de Leche" (ICA, Programa de Administración Rural del Departamento de Economía Agrícola).

4. Es rentable el sistema de ceba de novillos en confinamiento como método para reemplazar sistemas de producción extensivos, con bajas capacidades de carga por hectárea? Entre los trabajos elaborados sobre este tema, se puede citar el de "Análisis Económico de la Ceba de Novillos en Confinamiento", realizado por Escobar, Gómez y otros en Noviembre de 1971 (ICA-Programas de Ganado de Carne y Economía Agrícola). En este estudio se muestran a través de los análisis de Funciones de Producción, Costo y Utilidades, y utilizando métodos estadísticos como el de la Regresión, la real eficiencia económica y alimenticia de varias raciones en novillos cebú pringados.

Estos y otros ejemplos, así como múltiples interrogantes que el productor y el investigador agrícola deben responder, hacen ver el porqué de considerar completamente los diversos aspectos económicos que influyen en la producción.

Además y si se sigue adelantando en el proceso de tomar decisiones se puede observar que es necesario hacer periódicas evaluaciones sobre la real efectividad de la alternativa o actividad que se recomiende. Para el efecto, se deben calcular además de índices de resultado físico, las medidas de Resultado Económico que nos pueden indicar la rentabilidad de los distintos planes de producción. Varios ejemplos sobre este tema se pueden encontrar en las referencias que se citan al pié de esta página. 9/

9/ Aguirre, Juan. Economía, Tecnología y Rentabilidad de la Producción de Carne en los trópicos de América Central, San Carlos Costa Rica. IICA - Turrialba. Publicación Miscelánea N°69, Abril 1970.

Instituto Colombiano de la Reforma Agraria. Resultados Económicos, técnicos y Financieros de la ganadería en el muestreo de fincas de crédito Supervisado del Proyecto Magdalena Medio (año 1969).

Murcia. H. Principios Generales de Administración de Empresas Agropecuarias Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá. 1972. Págs. 110 a 120.

B. CONCEPTOS MINIMOS DE ECONOMIA AGRICOLA QUE EL INVESTIGADOR DEBERIA CONOCER.

La Economía Agrícola ofrece al investigador y planificador una serie de instrumentos y conceptos que le ayudan a tomar adecuadas decisiones, tanto a nivel de unidad de producción como en el campo regional y nacional.

El alcance de la Economía Agrícola es bastante grande, mucho más cuando se reconoce su importancia como un conjunto de disciplinas que constituyen a la ampliación del campo de acción de la investigación y educación agrícola. Con la ayuda de estas ciencias es posible tener una visión integral del proceso de la producción, mediante el conocimiento de aspectos esenciales tales como: principios para obtener mayor eficiencia en el uso y combinación de los recursos existentes a fin de cumplir con los objetivos buscados por el productor, lograr mejores resultados en el mercadeo o comercialización del producto obtenido, y aún más, conocer las bases que rigen la correcta formulación de políticas agrarias a nivel nacional.

Debido al limitado espacio de tiempo es bastante difícil entrar en muchos detalles al enfocar los distintos conceptos económicos, únicamente se presenta una lista general de algunos de los conceptos mínimos de Economía Agrícola sobre los cuales debería conocer el Investigador. No se pretende que su conocimiento en estas áreas sea demasiado prefundo, pero sí que los tenga en cuenta al desarrollar su trabajo.

Básicamente, se pueden citar los sigueintes conceptos, dentro de una clasificación tentativa de áreas dentro de la Economía Agrícola:

1. Economía de la Producción Agropecuaria

Es la ciencia que trata de aplicar los principios y conceptos de teoría económica, con el fin de facilitar al agricultor o productor la selección entre diferentes alternativas en el uso de los recursos existentes en la empresa agropecuaria.

Heady 10/ establece los siguientes principios como objetivos básicos de la Economía de la Producción Agropecuaria:

a) Determinar y señalar las condiciones óptimas para el uso de los recursos (tierra, trabajo, capital y administración) en la producción de cultivos o empresas ganaderas.

10/ Heady, Earl O. Economics of Agricultural Production and Resource use. Prentice - Hall, Inc. 1972. Séptima Edición. 850 p.p.

b) Calcular la desviación que existe entre la actual utilización de los recursos y el uso considerado óptimo.

c) Analizar las fuerzas que condicionen los planes de producción y utilización de los recursos.

d) Señalar los medios para alcanzar el nivel óptimo.

Entre los conceptos y relaciones principales de Economía de la Producción Agropecuaria que el investigador agrícola debe considerar se pueden mencionar:

a) La Función de Producción. Tipos generales de Funciones de Producción.

b) La ley de los rendimientos decrecientes.

c) Relación Insumo - Producto ó Factor Producto.

Los tres estados de la producción. El punto máximo ganancia. Eficiencia técnica y económica.

d) Relación Insumo - insumo ó factor. Diferentes formas de combinación de Insumos.

e) Relación Producto - Producto. Empresas competitivas, complementarias, suplementarias, co-productos, etc.

f) Los Costos de Producción. Las curvas de Costos Totales.- Los costos unitarios o promedios. Minimización de pérdidas por parte de un productor.

2. La Administración de Empresas Agropecuarias

Esta disciplina trata de lograr un mejor uso y combinación de los factores de producción existentes en la finca ó empresa agropecuaria, en tal forma que el resultado de su manejo esté de acuerdo con los objetivos del administrador generalmente representados en máximos ingresos netos continuados.

Aunque esta ciencia está dirigida básicamente a la finca o unidad de producción, es necesario hacer claridad en que la necesidad de planear y reorganizar las explotaciones agropecuarias surge dentro del cumplimiento de cualquier política agraria a nivel nacional, como es el caso de la Reforma Agraria, y para el desarrollo de actividades necesarias como los planes de crédito, parcelación o colonización.

Algunos aspectos de Administración de Empresas Agropecuarias que son de gran utilidad al productor o al investigador agropecuario pueden ser los siguientes:

a) La Contabilidad Agropecuaria. Sistemas de registros de datos. Inventarios Balances, etc. Conceptos de inversión de capital, depreciación, costos de operación, etc.

b) Medición de los resultados físicos y económicos, Bases económicas de la minimización de ingresos. Indices de rentabilidad y beneficios a cada uno de los factores de producción.

c) Técnicas de planeación y de evaluación de planes alternativos. El presupuesto total. El presupuesto parcial. La programación lineal. La programación planeada. Métodos de planeación regional: El análisis de grupos, etc.

3. Mercadeo y Comercialización de Productos Agropecuarios

El mercadeo y comercialización de los productos agropecuarios incluye todas las operaciones, servicios y actividades empleados en la movilización y transformación de estos productos desde el productor inicial hasta el consumidor final.

Esta ciencia se fundamenta en la agregación de utilidades a los productos, a fin de que estos satisfagan adecuadamente las necesidades del consumo. Los productos agrícolas se caracterizan por la estacionalidad de su producción, por su más o menos rápida fungibilidad y, algunos de ellos, porque no están en capacidad de satisfacer la demanda en la forma en que se cosechan u obtienen.

Por lo tanto, la teoría económica considera varios tipos de utilidades (de forma, de tiempo, de lugar y de posesión) que contribuyen a adicionar condiciones al producto para transformarlo en el artículo solicitado por el consumidor.

Los principios básicos de mercadeo no deben ser desconocidos por el productor, a fin de tratar de afrontar eficazmente las situaciones que se presentarán al sacar su producción al centro de mercado. Es obvio que no todo es producir o aumentar considerablemente los rendimientos sino también ver que se hace con lo que se obtiene en la empresa agropecuaria, observando cuidadosamente el aspecto del Consumo.

Algunos aspectos de interés para el investigador agrícola en este campo serían:

a) Oferta, demanda y precios para el producto.
b) La competencia perfecta e imperfecta (Monopolios, Oligopolios, barreras para ingresar al mercado)
c) Subsidios y ayudas en precios. Precios de sustentación.
d) Calidad de productos y precios, concurrencia para el mercado.
e) Disponibilidades de créditos.
f) Factores de mercados internos vs. Exportación; barreras de comercio en el exterior. Las políticas de excedentes agropecuarios.

4. Política y planeación Agropecuaria

Las bases de política y planeación agraria son determinadas principalmente por el sector gubernamental, como elementos de la política general del país. Esta determinación está basada en el análisis y aplicación a nivel nacional de las ciencias y actividades que se consideran como instrumentos complementarios de la política agraria (mercadeo, administración, crédito, asistencia técnica, etc.).

De acuerdo con Franco 11/, los objetivos generales de la política agraria deben ser los siguientes:

1. Aumento de la capacidad de empleo rural e incremento de los ingresos agrícolas.

2. Redistribución de ingresos y recursos productivos.

3. Aumento de la producción de ciertos artículos de consumo interno y externo, con miras al mantenimiento de precios estables o ligeramente decrecientes de los productos agrícolas para los consumidores.

Lógicamente, la política y planeación agraria está íntimamente relacionada con las políticas de abastecimiento al sector urbano, de exportaciones e importaciones y con el desarrollo industrial.

11/ Franco, Alberto. Bases para una política agraria y de abastecimiento para Colombia. IICA-CIRA. Mimeografiado. Material Didáctico N°48. 1968. 14 pp.