

EVALUACION DE FORRAJES Y CALIDAD DE LOS ALIMENTOS PARA RUMIANTES

*Peter J. Van Soest*¹

INTRODUCCION

Los sistemas que predicen la calidad de los forrajes en el trópico, se fundamentan en los valores que presentan las tablas de Requerimientos Nutricionales del NRC (National Research Council) para ganado productor de leche o carne, mismas que se crearon con base en ecuaciones de predicción, con datos producto de la evaluación de los pastos que se producen en clima templado, por lo que sistemáticamente, se sobrevaloran las cifras reales de los componentes de los forrajes tropicales. El objetivo de esta presentación es entender los motivos por los que estas ecuaciones no son aplicables a las condiciones tropicales. Algunas razones ambientales incluyen factores tales como clima, temperatura, luz y humedad, mismos que necesitan ajustarse dentro de las ecuaciones para las condiciones del trópico.

En términos generales, los pastos tropicales tienen menos digestibilidad que los de clima templado. En el caso de las leguminosas, la digestibilidad es más o menos similar, ya que existe menos diferencia entre las leguminosas tropicales y templadas (Figura 1).

Con base en los diferentes procesos metabólicos por los que las plantas fijan el carbono a partir de la atmósfera, los pastos tropicales se clasifican como plantas C4 y los pastos templados como plantas C3, mientras que las leguminosas, tanto tropicales como templadas son C3. Debido a esta diferencia, las plantas C3 tienen una estructura adventicia más densa que conduce a un mayor valor nutritivo y tienen en general una diferencia en Total de Nutrientes Digestibles (TND) de alrededor de 15 unidades. El 52 % de los pastos tropicales está por abajo de 55 % de TND en contraste con solo 4 % de los pastos templados (Van Soest, 1982). Además, las plantas tropicales tienen una mayor tasa de lignificación, lo que también disminuye su digestibilidad.

¹ Profesor. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Cornell. Ithaca. Nueva York.

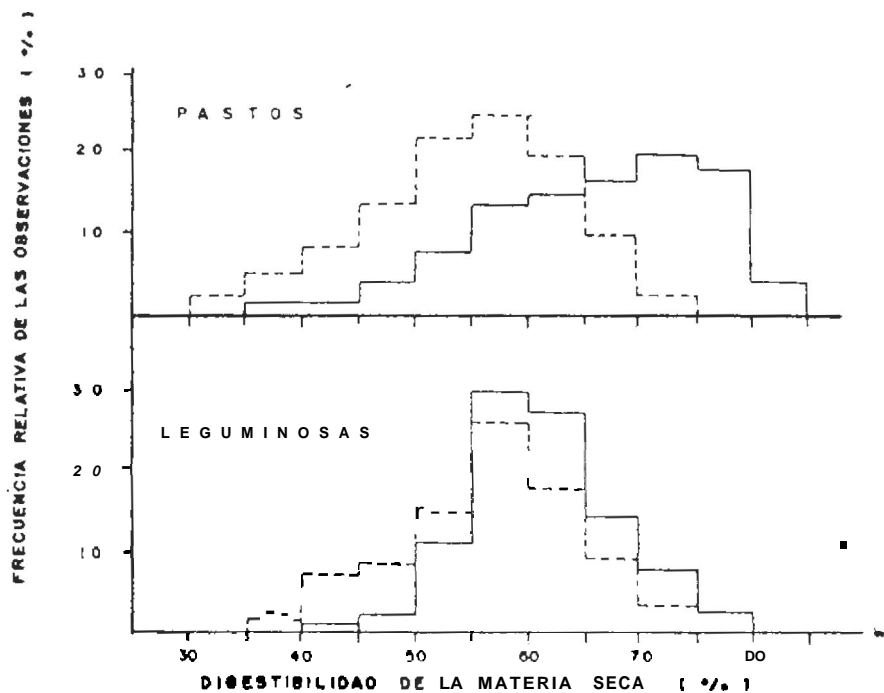


FIGURA 1. Frecuencia de la distribución de la digestibilidad de materia seca en pastos y leguminosas tropicales (---) y templados (—).

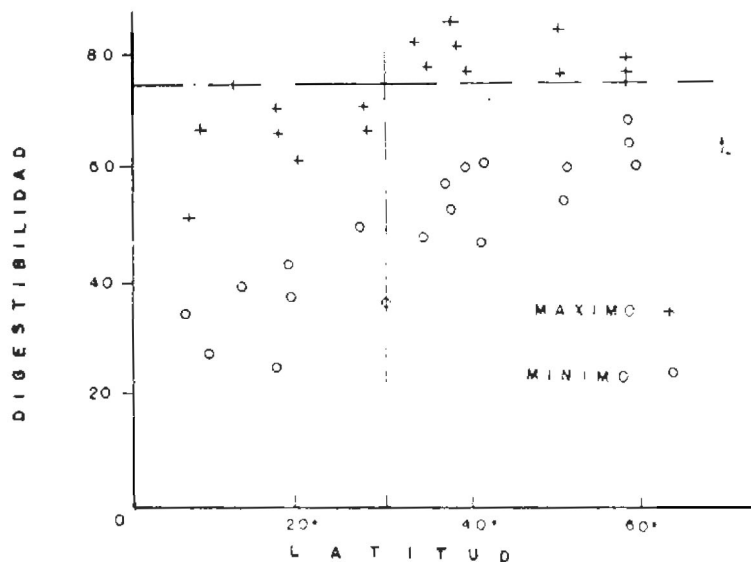


FIGURA 2. Relación entre la digestibilidad de los pastos perennes y la latitud.

Un resumen de la información mundial disponible, con datos colectados en diferentes experimentos en todo el mundo, desde el **Artico** hasta **Nigeria** (Figura 2) divide al mundo en dos **categorías**. La máxima digestibilidad que presentan los **forrajes** perennes ocurre principalmente en latitudes superiores a los 30°, a medida que **se** incrementa la latitud **la** digestibilidad aumenta, **por** eso estos pastos tienen mayor digestibilidad tanto en sus valores máximos (+) como en los mínimos (o). La **línea** vertical que se ubica en los 30° de latitud, es la frontera aproximada entre las regiones templadas y las tropicales. Las digestibilidades máximas no bajan **drásticamente** hasta llegar a la **línea** de los 30 ° de latitud y la razón de esto es que, en regiones templadas, ocurren heladas que limitan el **crecimiento** de las plantas, en cambio en los trópicos las **plantas** pese a sufrir con la sequía o recibir un corte, **continúan** su crecimiento en un ambiente **más cálido** y por tanto, su digestibilidad disminuye (Van Soest *et al.*, 1978a).

En la Figura 3 **se** presenta un recordatorio acerca de la **fisiología** de una planta, la cual tiene una regulación térmica diferente a la de un animal, pues la planta depende de la temperatura ambiental, a diferencia de los animales, cuya temperatura es constante. Si una planta crece en un ambiente **más cálido**, la reserva **metabólica** se acelera, con lo que el **calor** **se** disipa más rápido y el crecimiento de la planta aumenta. Los fotosintatos que fija **se** localizan en dos diferentes lugares: estructuras de resistencia (como lignina, celulosa y hemicelulosa) y reservas de la planta.

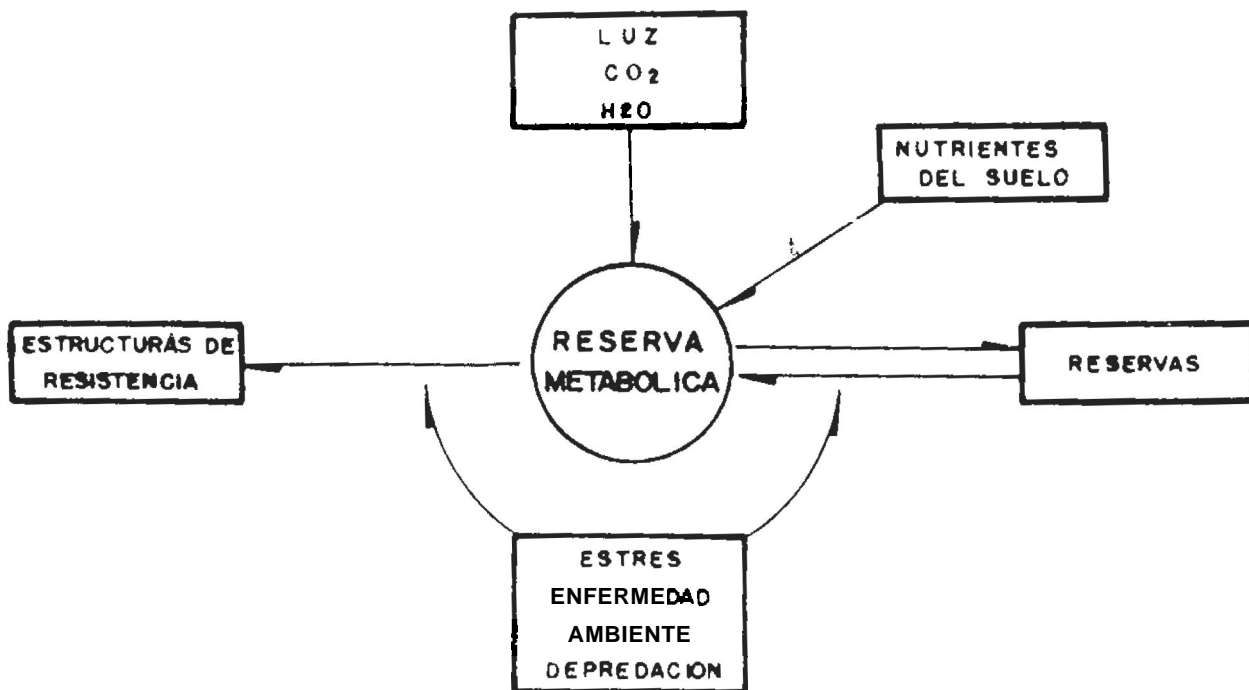


FIGURA 3. Relación de algunos factores **ambientales** con los componentes **metabólicos** de la planta.

En pastos tropicales, la mayoría de los fotosintatos que se almacenan son irrecuperables, pero los pastos templados si pueden echar mano de ellos y este factor es sumamente importante en la selección evolutiva de estas plantas, debido a que modifican la distribución de los productos de la fotosíntesis y de los nutrientes minerales del suelo entre la reserva metabólica, las reservas de la planta y las sustancias protectoras y de resistencia de la misma.

La planta que crece en un ambiente frío no dispone de muchas reservas en su medio, por lo que sacrifica sus estructuras de resistencia y favorece los depósitos de reserva, ya que de otra manera no podrían sobrevivir a las heladas. Por otro lado, en el trópico donde no hay heladas, hay menos necesidad de esas reservas y más problemas por depredadores, plagas y enfermedades. por lo que las plantas tropicales, para poder sobrevivir, invierten sus reservas en estructuras de resistencia,

A continuación se revisarán algunos de los factores ambientales que influyen, en particular la temperatura, la luz y el agua, en dos diferentes sitios experimentales en Puerto Rico (Figuras 4a y b).

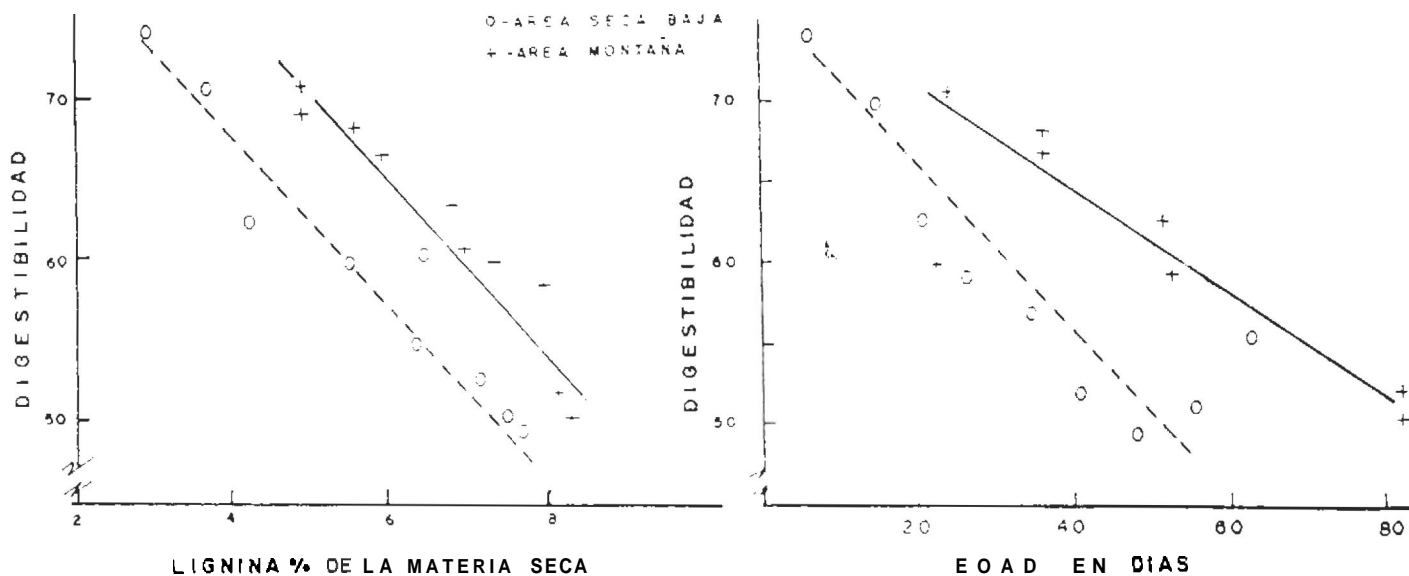


FIGURA 4a y 4b. Digestibilidad, lignina y edad de Pasto Estrella en tierras bajas (Lajas) y de montaña (Orocovis) en Puerto Rico.

El efecto de estas características climáticas es que cambian el porcentaje de la digestibilidad del zacate Estrella, pues el pasto en la montaña presenta menor contenido de lignina y mayor digestibilidad que en las partes bajas, lo que significa que las temperaturas más frías dominan sobre la humedad para promover una mayor digestibilidad.

En la Figura 4b se observa el efecto de la edad sobre la digestibilidad del zacate Estrella en estos dos lugares. El efecto de un ambiente más frío induce a la planta a depositar sus reservas y a mantenerlas por un periodo más largo, aunque con el paso del tiempo también tienden a disminuir. Por tanto, la edad afecta más a las plantas que viven en lugares tropicales que a las que viven en partes templadas.

En el Cuadro 1 pueden observarse tanto a los componentes que conforman la reserva metabólica, como a los que se localizan en las estructuras de resistencia.

CUADRO 1. BIODISPONIBILIDAD DE LOS COMPONENTES DEL FORRAJE

COMPONENTE	DIGESTIBILIDAD VERDADERA	FACTOR LIMITANTE
CLASE 1: Glúcidos solubles	100	Ingestión
Almidón	90	Paso con pérdida de heces
Acidos Orgánicos	100	Ingestión y/o toxicidad
Proteína	90	Fermentación
Pectina	98	Fermentación
CLASE 2: Celulosa	Variable	Lignificación, silificación y cutinización
Hemicelulosa	Variable	Lignificación, silificación y curinización
CLASE 3: Lignina	Indigestible	Límite de uso por la pared celular
Cutina	Indigestible	Límite de uso por la pared celular
Silice	Indigestible	Límite de uso por la pared celular
Taninos, aceites esenciales y polifenoles	No aplicable	Inhibidores de proteasas y celulasas

Entre los componentes que existen en las reservas de las plantas, se encuentran glúcidos estructurales, almidón, ácidos orgánicos, proteínas y pectina, todos con una digestibilidad muy alta (90 % o más). Hay que enfatizar que en la mayoría de las plantas lignificadas, la lignina afecta mucho la digestibilidad y las reservas metabólicas de las plantas. Por otro lado, a medida que aumenta la madurez de la planta, empieza a disminuir cierta proporción de las sustancias en la Clase 1 que son parcialmente responsables de la disminución en su valor nutritivo. Muchos de los componentes de la Clase 2, son también glúcidos como la celulosa y la hemicelulosa, los cuales tienen una digestibilidad muy variable que depende del grado de lignificación de la planta. Los componentes de la Clase 3, que comprenden lignina, sílice y otros materiales asociados son totalmente indigestibles. Algunos investigadores sostienen que cierta cantidad de lignina es digestible ya que algo de ella desaparece, pero existe evidencia de que no se obtiene energía de esa lignina, por lo que carece de utilidad.

EL Cuadro 2 presenta un resumen de los datos obtenidos en estudios de forrajes en Surinam, Países Bajos, Nueva York y otras partes del mundo. sobre el efecto que tienen la temperatura, la luz, el nitrógeno, el agua y la depredación que puede ser causada por la infestación de insectos o por el pastoreo que hacen los animales, pues ambos tienen el mismo efecto sobre la planta. En este cuadro se observa que a mayor temperatura, luz, nitrógeno o agua, aumenta la producción de forraje y obviamente la depredación lo disminuye. El efecto de la temperatura es altamente negativo sobre los glúcidos solubles en agua, porque al elevarse la temperatura en la planta el metabolismo se incrementa y esto resulta en un menor contenido de glúcidos. Por otro lado, la luz promueve la fotosíntesis y ello aumenta el contenido de glúcidos solubles. Es importante mencionar que la luz es el Único factor que aumenta tanto la producción de forraje como la calidad, pues el resto de los otros factores como temperatura, nitrógeno y agua tienen efectos negativos sobre los glúcidos solubles en agua. También hay que notar que, curiosamente, la depredación aumenta el contenido de glúcidos solubles como resultado de un mecanismo de protección a través de los procesos de regulación de la planta.

CUADRO 2. INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES SOBRE LA COMPOSICION Y VALOR NUTRITIVO DE UN FORRAJE.

FACTOR	TEMPERATURA	LUZ	NITROGENO	AGUA	DEPREDACION
Producción	+		+	+	
Glúcidos Solubles en Agua		+			+
Nitratos			+	ND	ND
Pared celular	+		=	+	-
Lignina	-	-	-	+	-
Digestibilidad	-	+	=	-	+

ND = No Determinado

Van Soest et al. (1978a).

Es bien sabido que el nitrógeno aumenta la producción de forraje y el contenido de proteína en la planta, sin embargo, es erróneo que mejore la calidad del forraje, ya que la energía que está en los glúcidos no se incrementa sino que disminuye. Al elevarse la temperatura los nitratos se metabolizan, por eso la temperatura reduce la cantidad de nitratos en la planta. Si existe más luz, los glúcidos se metabolizan y se fijan en las estructuras de la planta.

La acción del nitrógeno sobre las paredes celulares tiene un efecto confundido, se desconoce con exactitud que es lo que pasa, pero aumenta la cantidad de lignina porque la planta crece más y forma un mayor número de estructuras. En el renglón de la lignina se aprecia que la temperatura incrementa la actividad de la planta, sin embargo, la luz eleva los glúcidos, por lo que desciende el contenido de lignina. Menos nitrógeno y menos agua, disminuyen el crecimiento de la planta, por lo tanto, baja la lignificación y el consumo de la planta.

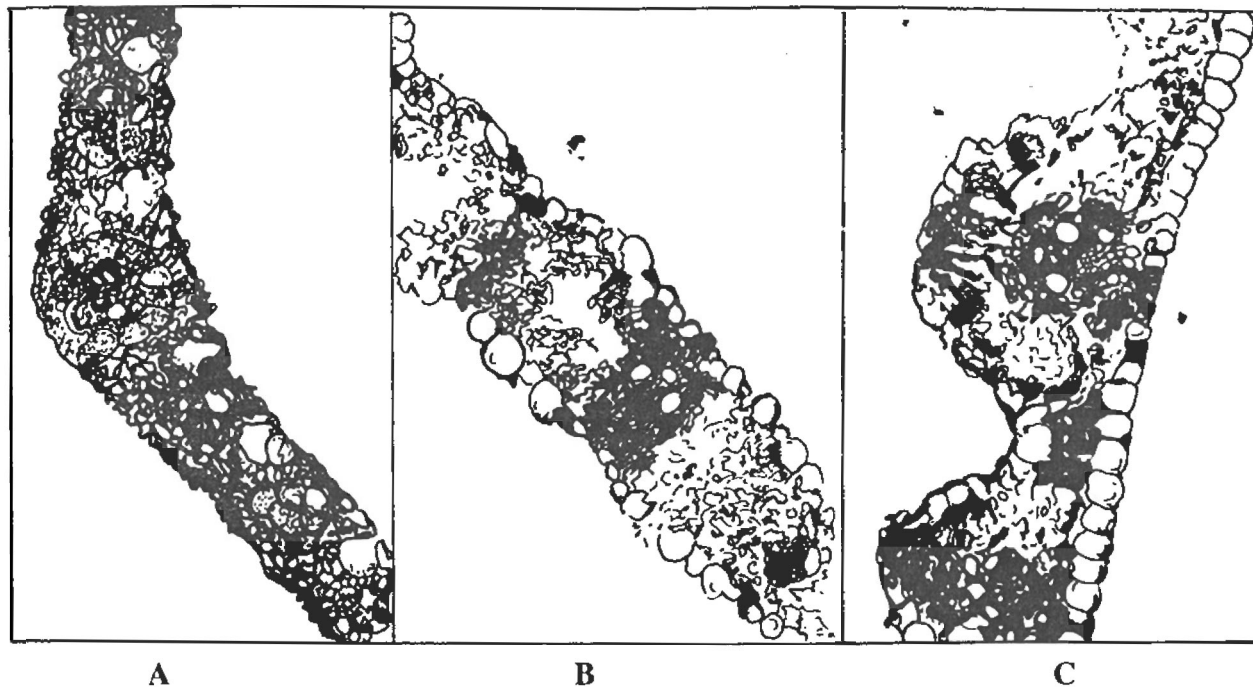


FIGURA 5. Micrografía electrónica del corte transversal de las hojas de algunos pastos. A. Pasto Bermuda de la Costa: Los haces vasculares están poco espaciados y tienen una pared densa y una cubierta vascular de parénquima rígido; el mesófilo se encuentra alrededor de los haces vasculares y tiene pocos espacios de aire, 144X. B. Zacate Orchard: Los haces vasculares están más espaciados que en el pasto Bermuda y la cubierta vascular de parénquima rígido es pequeña; el mesófilo se dispone de manera dispersa y los espacios de aire son mayores en este tejido, 144X. C. Ryegrass Annual: Los haces vasculares están muy espaciados y las cubiertas de haces del parénquima rígido son pequeñas; el mesófilo muestra una disposición dispersa con prevalencia de espacios de aire en el tejido, 144X. La comparación de A y B ilustra la diferencia entre un pasto semitropical y los forrajes templados más digestibles (Van Soest, 1982).

El consumo hace que la planta envíe un mensaje que indica la necesidad de **movilizar energía** a partir del contenido de glúcidos. El efecto sobre la **digestibilidad** es la combinación de todos los casos que se mencionan en el Cuadro. Este punto es importante pues una manera de regular la digestión es consumir la planta, utilizando buenos sistemas de manejo y de sin que llegue a su **madurez**, aunque ese efecto tiene un **costo** que es una reducción en la producción de forrajes.

En la Figura 5 se presentan tres **microfotografías** que comparan plantas **C3**, que serían forrajes templados como **Lolium** y **Dactylis**, con plantas **C4** que serían pastos tropicales como **Cynodon**. En la planta **C3**, los haces **vasculares** están más separados, por lo que hay mayor cantidad de **parénquima** o **mesófilo** en la planta, el cual es muy digestible; en consecuencia, existe una mayor proporción de partes digestibles en las hojas de las plantas de clima templado. En cambio, en las plantas **C4**, en este caso **zacate** Bermuda de la Cosia, aunque podría ser Guinea, **Estrella** u otro pasto **tropical**, hay mayor cantidad de haces **vasculares**, los cuales son de menor digestibilidad.

La Figura 6 muestra una planta completa y sus diferentes **porcentajes** de digestibilidad. La parte de arriba es mucho más digestible, porque las hojas y parte del **tallo** son más jóvenes. A medida que se desciende por la planta, la digestibilidad empieza a disminuir porque el material es más viejo. En un ejemplar de **Guinea** o Privilegio, el material más **digestible** lo constituyen las hojas de la parte superior (60-70 %) y en menor proporción las de la porción inferior (50-55 %). De igual modo, la digestibilidad del **tallo** disminuye de 45-55 % en el extremo más alto a 35-45 % en el punto más bajo.

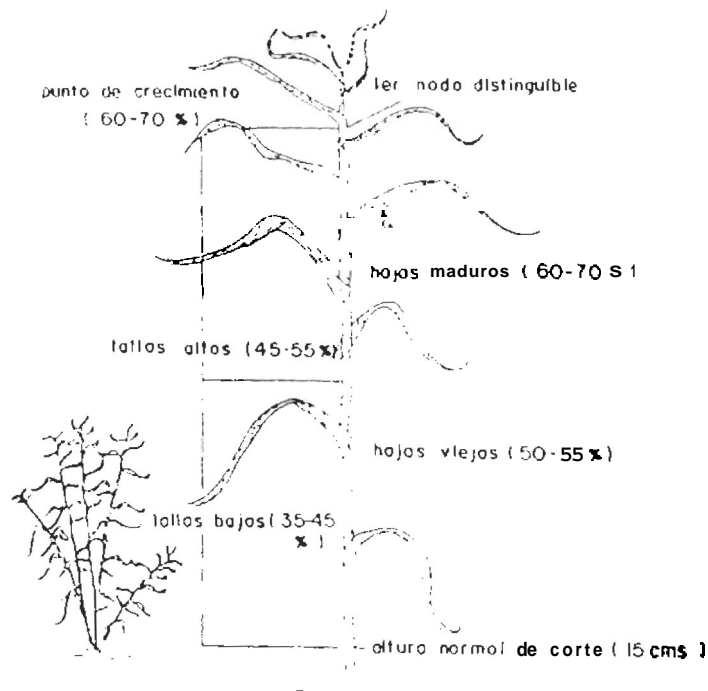


FIGURA 6. Esquema de las diferentes porciones de una planta y su digestibilidad.

Los datos corresponden a Pasto Guinea y el rango de **digestibilidad** va de 35 % en la **parte** de abajo a 70 % en la superior, un rango muy grande dentro de una misma planta que tiene una madurez de 60 días. Si se hace el mismo corte en una planta típica de clima templado, la digestibilidad en el extremo superior puede llegar hasta 80 % y va a disminuir **cuando** mucho en un 10 % en su punto inferior. Como se deduce, en climas **cálidos** existe mucha diferencia en la digestibilidad. En condiciones similares de crecimiento, las plantas tropicales tienen tres veces más variación en su digestibilidad que los pastos de clima templado y esto tiene un significado muy **importantes** en el manejo de estas plantas en las diferentes regiones. Por ejemplo, en los países del norte se acostumbra **cortar** la planta con maquinaria al ras del suelo y sin **haberla** sometido a pastoreo, con lo que **se** obtienen excelentes resultados de producción, porque toda la **planta** es de buena calidad. Por otro lado, si en las regiones tropicales se corta toda la planta, los animales **se** ven **forzados** a comer las partes de abajo que son de baja calidad, lo que puede traer resultados no satisfactorios en la producción de **carne** o **leche**.

En todos los lugares en que **se** pastorea con gran eficiencia, como **en** algunos lugares del África, se utiliza un pastoreo muy selectivo en donde los animales no consumen la porción de abajo de la planta (los tallos), sino la parte superior (las hojas), con lo que obtienen buenos resultados de producción. Otra solución para resolver este problema es el pastoreo **mixto** (ganado vacuno con borregos o con cabras), **para forzar** a estos otros **rumiantes** a que ingieran las **partes** menos digestibles. En África se utiliza una variación a este sistema que consiste en el pastoreo con cebras, las cuales consumen la parte de abajo que es menos digestible, y esto hace que el sistema **sea** eficiente.

Otra modalidad se observa en Irlanda, en donde las vacas lecheras sólo consumen la parte de mayor calidad del forraje y posteriormente se permite pastorear a los borregos, ya **sea** con cargas, de uno, dos y hasta tres **animales/ha**, sin ningún efecto negativo sobre la producción de leche, porque los borregos consumen las malezas y las partes menos digestibles de la planta, con lo que al **mismo tiempo mantienen** los pastos libres de malezas.

En el Pasto Guinea o Privilegio, la digestibilidad de los tallos es mucho menor que la de **las** hojas, **además** de que a medida de que aumenta la madurez de la planta, la cantidad de tallos **se** incrementa en proporción con la cantidad de hojas (Figura 7).

Las curvas **características** de la estación lluviosa o **monzónica** en los **tropicos** son similares, excepto para la respuesta en valor nutritivo (Figura 8). La humedad y la temperatura son probablemente las variables que más afectan la **producción** y la calidad. Otro punto importante es que a través del año, la variación en el valor nutritivo de los pastos tropicales y templados es muy diferente. En los pastos templados a medida que transcurre el verano y **se** inicia el invierno, **se** presentan las heladas, con las que aumenta la calidad de los pastos, ya que estos como una estrategia de sobrevivencia almacenan reservas para las bajas temperaturas.

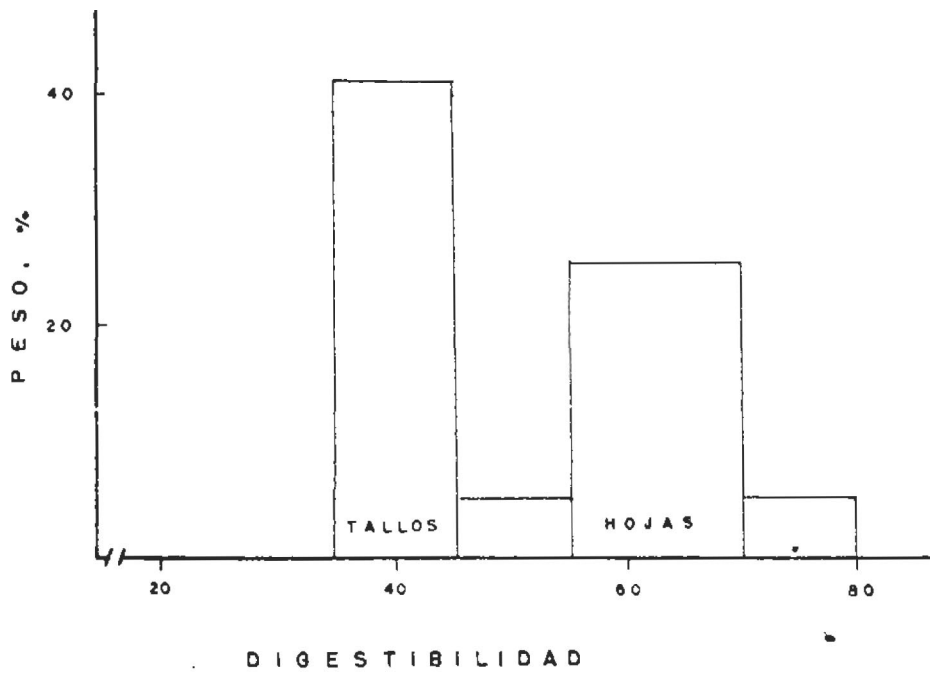
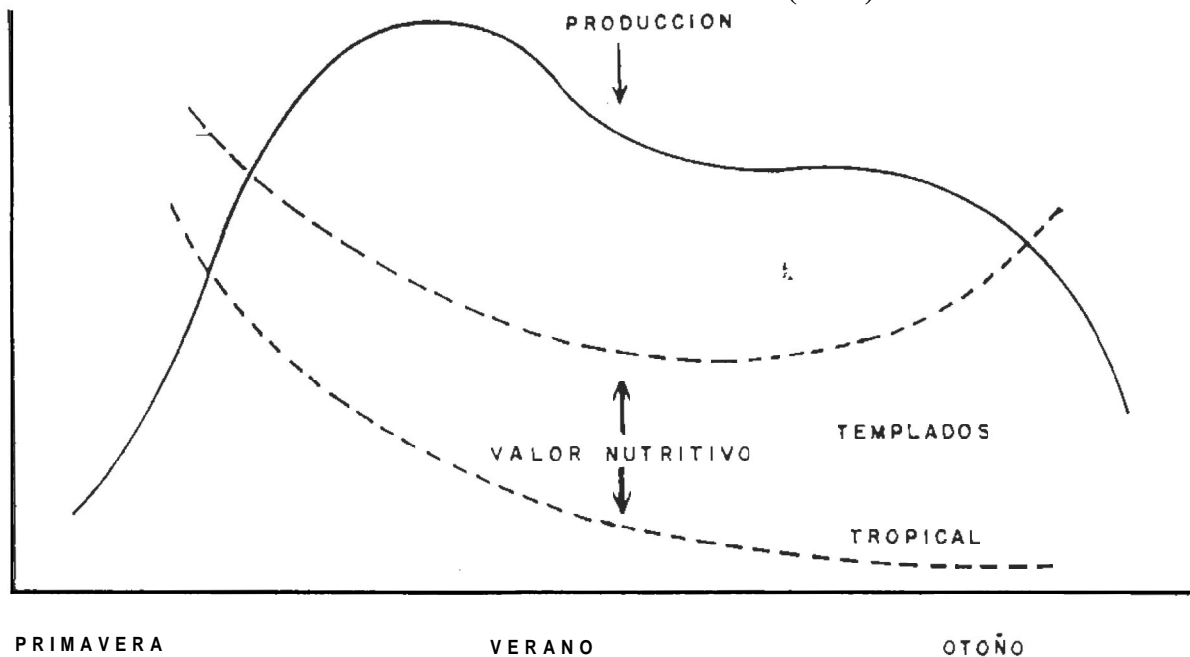


FIGURA 7. Distribución del peso en relación con la digestibilidad de las partes de la planta de Pasto Guinea (*Panicum maximum*) a 30 días de edad en Puerto Rico. Con base en datos de McDowell (1972).



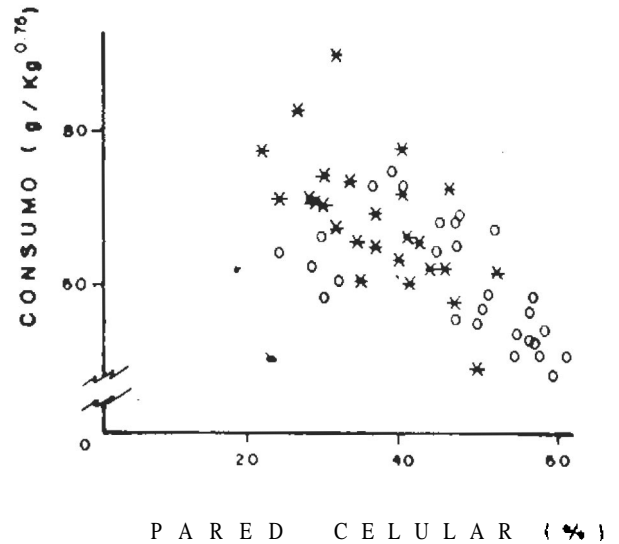
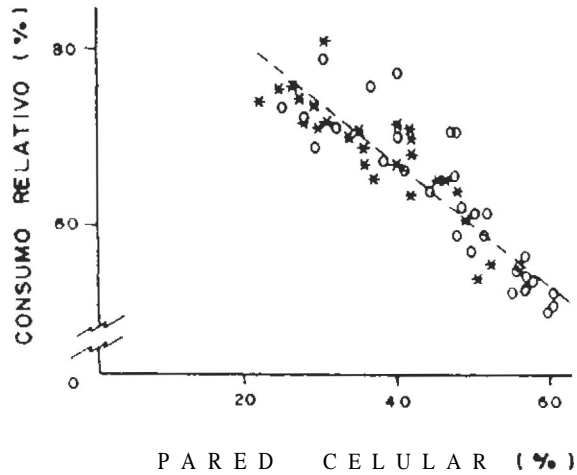
(INICIO DE LLUVIAS)

(FINAL DE LLUVIAS)

FIGURA 8. Curva de producción estacional típica y valor nutritivo de forrajes tropicales y templados.

LEGUMINOSAS *

PISTOS O



FIGURAS 9 y 10. Relación entre el consumo de materia orgánica y el contenido de paredes celulares.

En las Figuras 9 y 10 se observa la relación entre el consumo de materia orgánica y el contenido de paredes celulares de 56 forrajes ofrecidos a borregos. La Figura 9 muestra el efecto del consumo relativo corregido a un forraje **estándar** proporcionado a todos los animales (Osboum *et al.*, 1974). El consumo relativo de materia orgánica se calculó de acuerdo con Crampton *et al.* (1960), con la adición que el forraje de referencia **estándar** se proporcionó a todos los borregos incluidos en el experimento, ya que este **procedimiento** tiende a remover las diferencias entre animales. La dispersión más amplia cuando se tiene un bajo contenido de paredes celulares (Figura 10) indica la mayor expresión de los factores de saciedad animal con forrajes de mayor calidad.

La capacidad **animal** para expresar su potencial cuando hay pastos de baja calidad es mínima, a menos que se tenga la **opción** de aumentar el consumo de materia **seca** de ese forraje para que pueda producir más. La somatotropina que se emplea con **animales alimentados** con forrajes de baja calidad no les permite expresar su potencial, a **menos** que las condiciones nutricionales sean óptimas.

Al relacionar la edad de la planta y el contenido de lignina (Figuras 11 y 12) con el consumo de materia **seca**, se observa que son muy similares y no existe **significancia** en la relación (Van Soest, 1965a). La línea punteada representa la regresión entre especies con lignina y consumo, donde se ha removido la variación entre especies ($r = 0.90$, $P < 0.01$). Esta asociación positiva con el contenido de lignina resulta de la interacción de la alfalfa altamente **lignificada** (leguminosa) de alto consumo y la baja lignificación de la Festuca (**Festuca amndinacea**) que exhibe un pobre consumo. Los consumos de la Festuca y la Poa (**Poa spp.**) están asociados positivamente con el contenido de lignina y negativamente con la madurez del forraje, lo cual no tiene sentido. En resumen, las diferentes especies de pastos se comportan de manera muy diferentes entre sí. En la Figura 12, **Chloris** y **Phaseolus** no se relacionan con el consumo al aumentar la edad, sin embargo en **Cenchrus** y en **Digitaria** a medida que se incrementa la edad el consumo disminuye. Se ha observado también que en los pastos tropicales, la edad de la planta y el contenido de lignina tienen una estrecha relación.

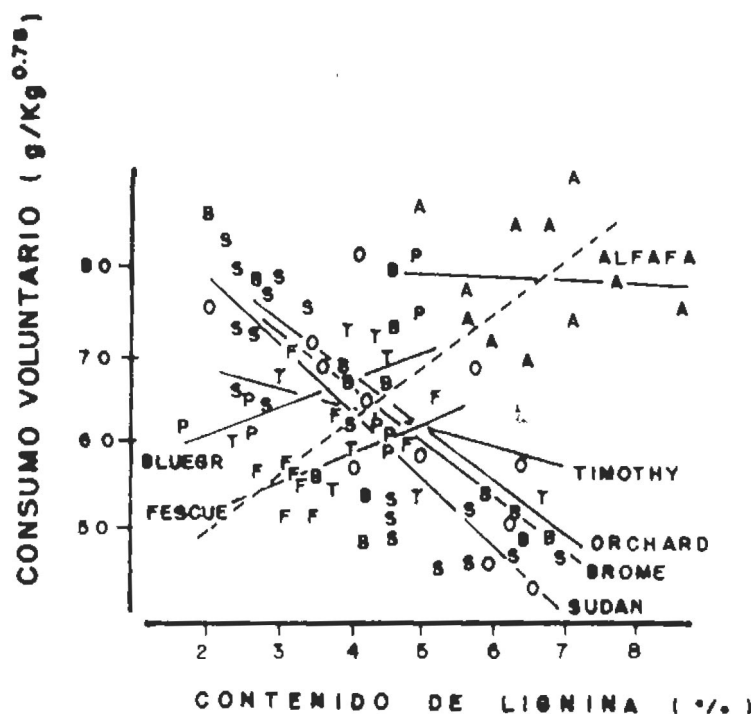


FIGURA 11. Relación entre el contenido de lignina y el consumo voluntario de 83 forrajes templados.

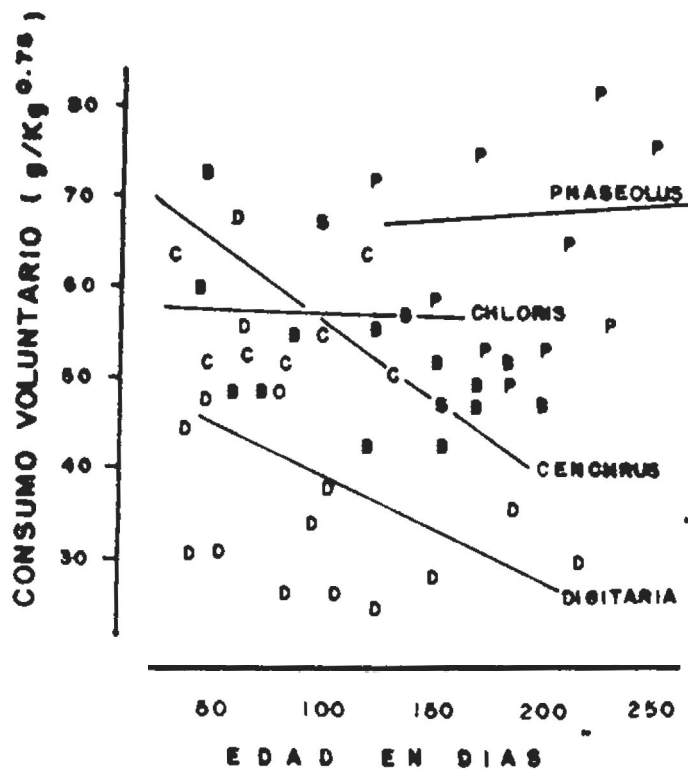


FIGURA 12. Edad de la planta y consumo voluntario de forrajes tropicales (Milford y Minson, 1965). Las especies son: (B) Pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*), (C) Pasto Rhodes (*Chloris gayana*), (D) Pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) y (P) Chícharo Gandul (*Phaseolus atropurpureus*).

La capacidad de los animales más grandes de consumir un mayor número de partes estructurales o de materia seca de las plantas, se observa en la Figura 13. En el ganado bovino, el volumen del rumen es más grande y por lo tanto poseen mayor capacidad para la ingestión de forraje tosco, lo que los hace más eficientes. Al comparar la cantidad de FDN de las plantas tropicales C4 con los pastos que están arriba, se aprecia que resultan similares a los templados, sin embargo, los pastos tropicales tienen mayor cantidad de FDN o de partes estructurales y presentan una densidad variable con menos calidad en el contenido de las células, de lo que deriva la diferencia en calidad de una planta tropical con una templada.

La capacidad de las ovejas para utilizar con eficiencia los pastos tropicales resulta inferior a la del ganado bovino, lo que se ha demostrado en todos los estudios realizados con borregos y cabras en África. Esto se debe a que las partes inferiores de la planta son de menor calidad y estos animales por su estatura no pueden pastorear las partes superiores de las plantas altas. Casi todos los rumiantes del mundo son selectivos debido a que tienen una baja capacidad ruminal (volumen de rumen), pero el ganado bovino es menos selectivo porque tiene mayor capacidad del rumen, lo que le permite una mejor fermentación del forraje.

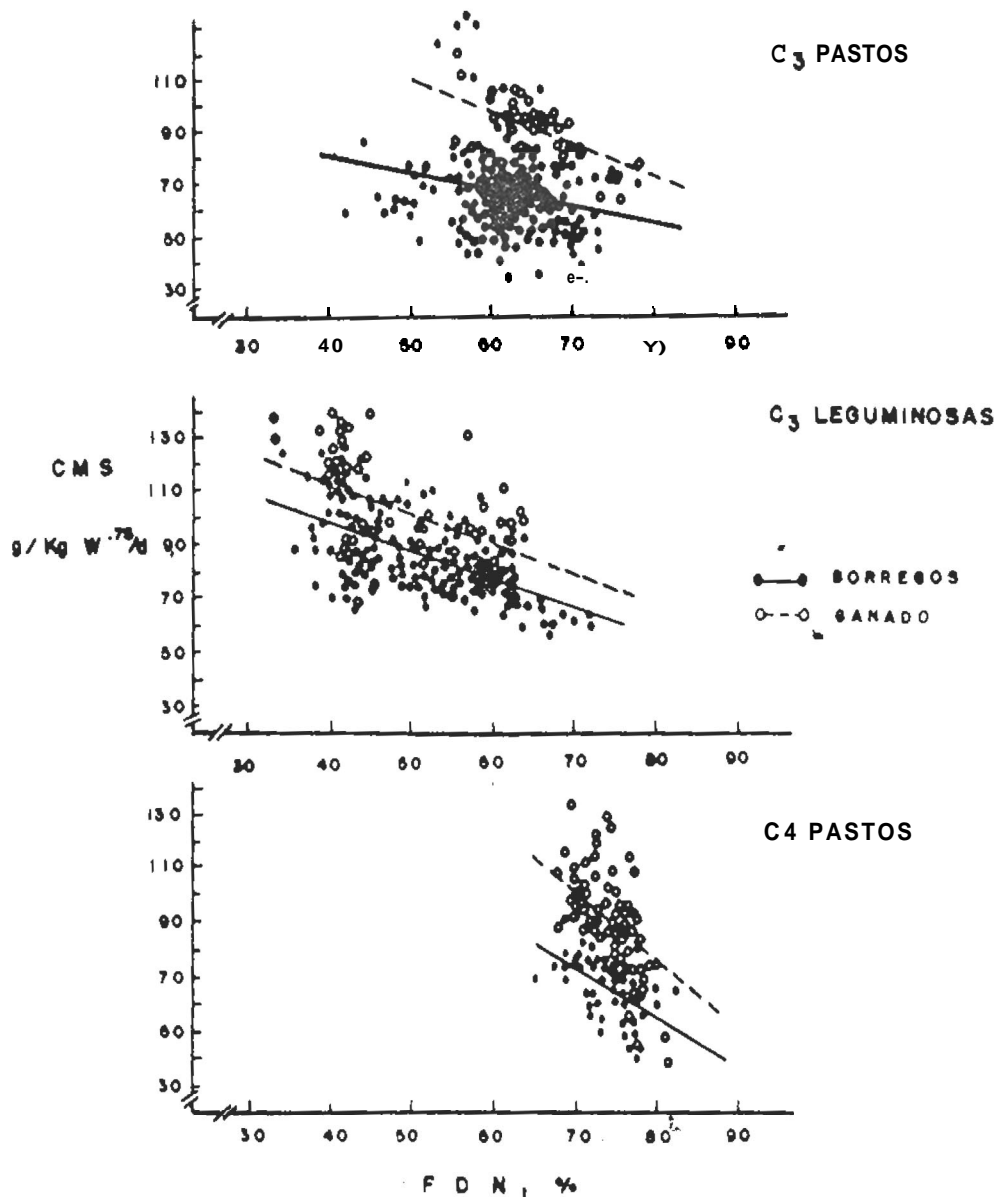


FIGURA 13. Regresiones del consumo diario de materia seca (CMS) por borregos y bovinas sobre la concentración de Fibra Detergente Neutro (FDN) en diferentes clases de forrajes (Reid et al., 1988). Observese el estrecho rango entre los pastos C4.

Algo que es importante mencionar es que el Dr. Minson, un famoso investigador Australiano en Forrajes crítica el uso de FDN, porque no puede apreciarse una correlación significativa en los pastos tropicales. La razón de ello es que el rango de FDN es muy bajo (65 a 80 % FDN), y resulta muy difícil hacer una correlación con un rango tan pequeño. En cambio, en el caso de los pastos templados el rango va de 35 a 80 %, por lo que es más fácil que haya correlación para pastos templados que para los tropicales.

PROTEINAS

El rango en la proteína de pastos tropicales y templados es menor que la digestibilidad. En lo que se refiere a la digestibilidad de leguminosas tropicales y templadas también existen diferencias, pero son mínimas, lo más importante en las leguminosas tropicales es que estas contienen **taninos**, un compuesto similar a la lignina que disminuye la digestibilidad. Por el contrario, **las** leguminosas templadas no contienen **taninos**. Al elevarse la temperatura, aumenta la lignina y los taninos en las leguminosas tropicales. Se incurre en un error cuando se seleccionan leguminosas tropicales que persisten bajo condiciones de pastoreo, ya que pueden contener taninos y es por **ello** que dichas plantas no son consumidas por el animal. Esto representa un gran problema que deben considerar los agrónomos y los mejoradores de plantas.

El Cuadro 3 presenta la solubilidad de las proteínas en hojas y tallos. En la parte superior se encuentran los pastos tropicales y en la inferior las leguminosas. El rango para los pastos templados va de 20 a 40 % dependiendo de la cantidad de nitrógeno o de fertilizante nitrogenado que se aplique. En los pastos tropicales el rango es mayor y la solubilidad puede alcanzar hasta 66 %; esto significa que hay menos proteína de sobrepaso porque toda es muy soluble y se degrada completamente en el rumen. Algunas leguminosas como el *Desmodium* tienen solubilidades muy bajas, por lo que hay una gran cantidad de proteína de sobrepaso. el problema es que el sobrepaso lleva la proteína hasta las heces y el animal no la aprovecha.

CUADRO 3, LA SOLUBILIDAD DE LA PROTEINA EN LAS HOJAS Y TALLOS DE ALGUNOS PASTOS Y LEGUMINOSAS TROPICALES, %

E S P E C I E S	SOLUBILIDAD DE PROTEINA	
	H O J A	T A L L O
PASTOS		
<i>Setaria sphacelata</i> cv. Kazungula	19.3	29.0
<i>Digitaria decumbens</i> cv. Pangola	24.4	22.7
<i>Pennisetum clandestinum</i>	24.0	66.0
<i>Chloris gayana</i>	29.7	48.2
<i>Brachiaria mutica</i>	33.5	53.0
LEGUMINOSAS		
<i>Desmodium uncinatum</i>	5.3	36.3
<i>Desmodium intortum</i>	7.6	15.9
<i>Aeschynomene indica</i>	21.0	48.5
<i>Macroptilium atropurpureum</i> cv Siratro	40.8	52.9
<i>Macrotyloma uniflorum</i>	44.7	54.5

CUADRO 4. COMPARACION DE FORRAJES TROPICALES Y TEMPLADOS.

	B A S E S E C A								
	Dig	PC	FC	FDN	C	H	L	ELN	CS
TEMPLADOS									
Alfalfa	60	17	30	40	24	8	7.5	43	33
Ensilaje de maíz	70	09	24	45	26	16	3.0	61	40
Zac. Orchard, joven	70	15	27	55	26	25	4.3	49	21
Timothy, maduro	52	7	34	68	31	29	7.3	54	20
TROPICALES, zacates									
Pangola	54	11	30	70	34	29	7.0	50	10
Guinea	54	9	34	70	35	26	8.0	49	9
Bermuda	50	9	30	77	32	38	7.0	56	8
Elefante	50	9	31	72	36	28	8.0	50	9

Dig = Digestibilidad; PC = Proteína cruda; FC = Fibra cruda; FDN = Fibra detergente neutro; C = Celulosa; H = Hemicelulosa; L = Lignina; ELN = Extracto Libre de Nitrógeno; CS = Componentes solubles.

En el Cuadro 4, el contenido de extracto libre de nitrógeno de las plantas se calculó de la manera tradicional utilizando fibra cruda, en tanto que los componentes solubles se calcularon utilizando FDN (Van Soest, 1965b). Si se eliminan estos componentes, queda sólo el contenido soluble, mismo que tiene digestibilidades muy altas: esto ofrece mejores resultados que la técnica tradicional. Los valores de los componentes solubles, mismos que tienen mayor digestibilidad y valor nutritivo en la planta, son hasta tres veces más altos en pastos templados que en los tropicales.

Si se quiere aumentar la cantidad de forraje o de materia seca aplicando nitrógeno, estos valores de contenido celular se reducen aún más. Si se aplica fertilización al pasto, se aumenta el nitrógeno soluble y se disminuye el contenido celular de las plantas, lo que provoca un desbalance nutricional en el rumen. Una solución para resolver este problema de bajo contenido de glúcidos en el rumen es proporcionar melaza, pero los animales en pastoreo necesitan la melaza al mismo tiempo que consumen el pasto.

La Figura 14 muestra la correlación que existe entre la digestibilidad de la proteína y el contenido de proteína cruda de las leguminosas y los pastos. Para cualquier punto, por ejemplo 15 % de proteína cruda, las leguminosas tienen menos digestibilidad de proteína que los pastos.

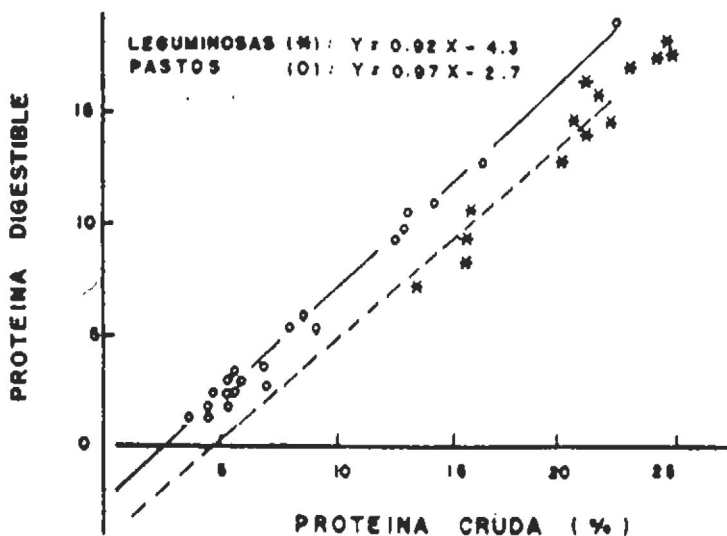


FIGURA 14. Relación de la proteína **digestible** y contenido de proteína de forrajes tropicales en Venezuela (Combellas et al. 1971).

La pendiente de la regresión representa digestibilidad verdadera, la cual es similar para los pastos templados y para las leguminosas; en cambio, la digestibilidad en leguminosas tropicales es algo menor por el mayor contenido de taninos.

En la Figura 15 se **observa** que el efecto de la suplementación está **restringido** a niveles menores de 7 % de proteína cruda en el forraje (línea vertical punteada). Las limitaciones que una dieta inadecuada en nitrógeno impone sobre la digestibilidad y el consumo son similares y están determinadas por los requerimientos microbianos y la eficiencia en reciclar el nitrógeno.

El efecto sobre el consumo de materia seca con respecto a la proteína cruda sin **suplementación** se presenta en la Figura 16. El contenido de las paredes celulares en los pastos tropicales es más constante y por tanto, es una variable menos importante para afectar el consumo de esas especies de plantas (Milford y Minson, 1965). No existe relación entre el consumo y el contenido de proteína cruda del **forraje** cuando se sobrepasa el 7 %, sin embargo, una **disminución brusca** en el consumo de forraje ocurre cuando se está por abajo de este nivel. La influencia de la **suplementación proteica** sobre la digestibilidad de la materia seca en los forrajes de pobre calidad muestra una correlación positiva. En consecuencia, el efecto de la **suplementación** cuando el forraje tiene buena calidad es mínimo.

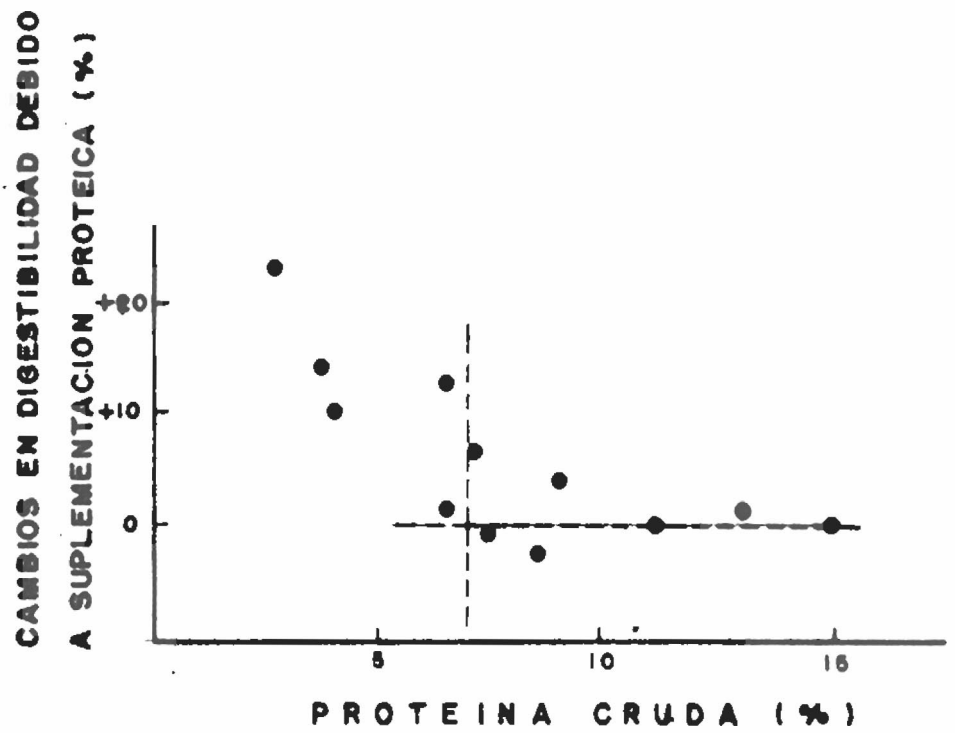


FIGURA 15. Efecto de la suplementación proteica sobre la digestibilidad del forraje (Ellis y Lipke, 1976).

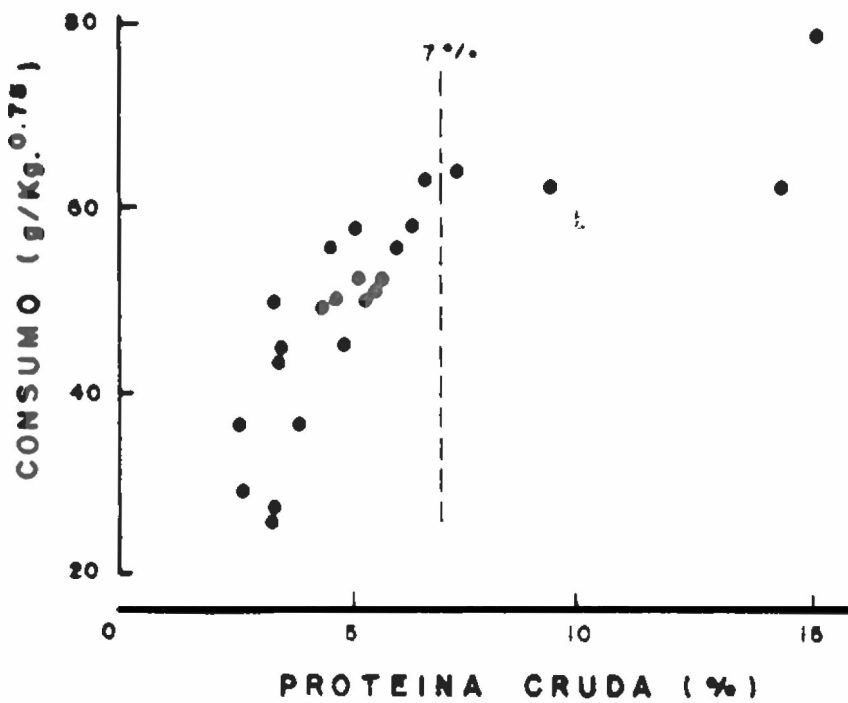


FIGURA 16. Relación entre consumo y contenido de proteína cruda de forrajes tropicales*

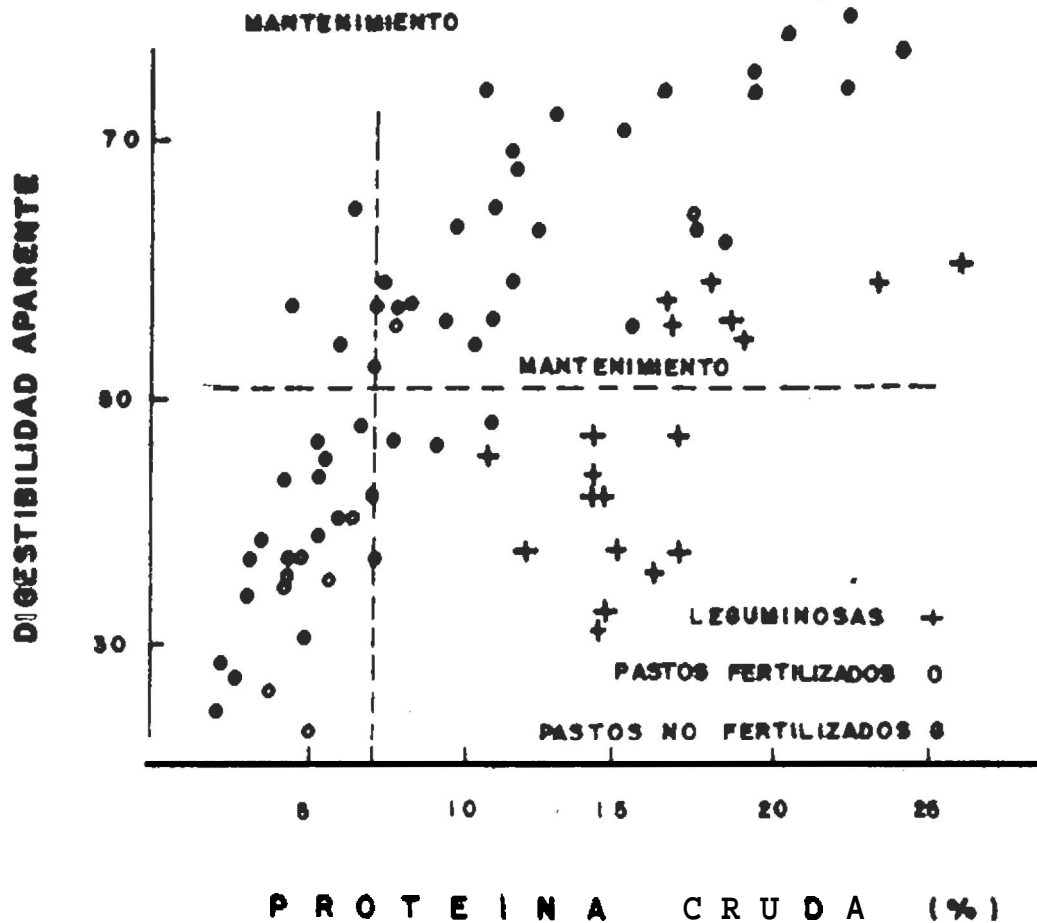


FIGURA 17. Digestibilidad y contenido de proteína en forrajes tropicales.

Al **comparar** las Figuras 15 y 16, se aprecia que el valor de 7 % de proteína **cruda**, es el punto **crucial** y está determinado por los requerimientos de **proteína** de los **microorganismos** del rumen. El valor real que necesitan los **microorganismos** del rumen en cantidad de **proteínas** es de 12 %, pero la **saliva** reciclada adiciona alrededor de un 5 %, por lo que un pasto con un contenido de proteína de 7 % ya **es** suficiente para cubrir los requerimientos. En consecuencia, el objetivo mínimo que se debe considerar, **es** mantener los pastos con más del 7 % de proteína para no afectar el consumo de materia seca de los animales y no **alterar** con ello la **fermentación** de **ese** forraje dentro del rumen.

En la Figura 17 se aprecian los valores de proteína cruda y de digestibilidad aparente. La línea **punteada horizontal** (50 % de digestibilidad) es el mínimo nivel de energía que requiere el ganado para su mantenimiento. Esto resulta similar a lo descrito anteriormente (la cantidad mínima de proteína cruda que debe haber en el pasto es 7 %). La **línea vertical** es el nivel de proteína de mantenimiento. La Figura se divide en cuadrantes: los forrajes en el cuadrante A son deficientes en proteínas, los forrajes en el cuadrante D son deficientes en energía y la proteína disponible no será usada, eliminándose como urea en la orina. **Sólo** el **cuadrante B** muestra un balance adecuado.

Los círculos abiertos representan los forrajes fertilizados y los negros los que permanecen sin fertilizar (Figura 17). La mayoría de los no fertilizados están hacia la izquierda de la línea vertical y son los deficientes en proteína, mientras que otros pastos que recibieron más cantidad de fertilizante tienen la proteína, pero carecen de digestibilidad. Esta es una de las razones del porque el grupo de investigadores en Nutrición Animal de la Universidad de Cornell diseñó un modelo para determinar los requerimientos de proteína y la digestibilidad simultáneamente. En estos forrajes no es muy relevante la proteína de sobrepaso, ya que es más importante enfocarse en la eficiencia fermentativa del rumen. Se ha puesto mucho énfasis en las investigaciones de la proteína de sobrepaso y se ha descuidado el funcionamiento de la fermentación en el rumen.

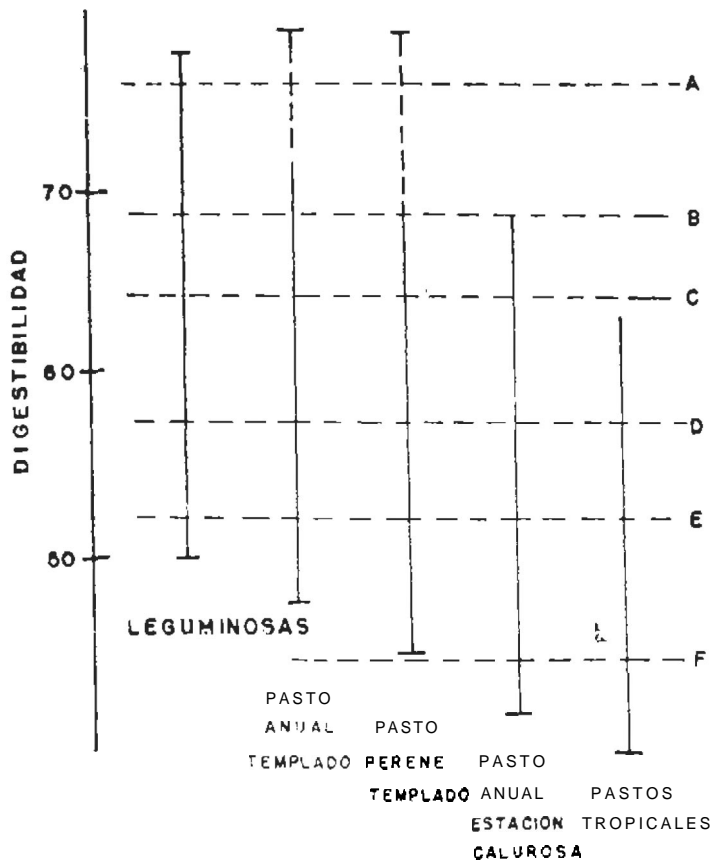


FIGURA 18. Relación entre la digestibilidad de forrajes y requerimientos nutritivos de bovinos y borregas: A. una vaca que produce 22 kg de leche por día; B. un novillo de 200 kg con 0.700 kg de aumento diario; C. una borrega en lactación; D. una vaca de carne con su becerro al pie; E. una vaca seca en el proceso de ganar condición física y F. un bovino en mantenimiento.

En la Figura 18 se aprecia la **digestibilidad** de diferentes clases de pastos: tropicales, como el Guinea o el **Pangola**; pastos anuales de clima **cálido**, como maíz o sorgo; pastos perennes y anuales de clima templado; las leguminosas y los requerimientos para diferentes clases de ganado. Los pastos de clima caliente, tanto tropicales como anuales, no tienen la calidad para cubrir las necesidades mínimas y hacer que una vaca produzca 22 kg de leche, o que un novillo logre una ganancia de 0.700 kg/día; sólo tienen la capacidad para mantener a una oveja en **lactación**.

En general, la **suplementación** permite aumentar la calidad de los pastos para que los animales **puedan** producir más leche. Sin embargo, existen algunos problemas **por** el efecto de la FDN, la **hemicelulosa**, la celulosa y la **lignina** con respecto a la producción de leche.

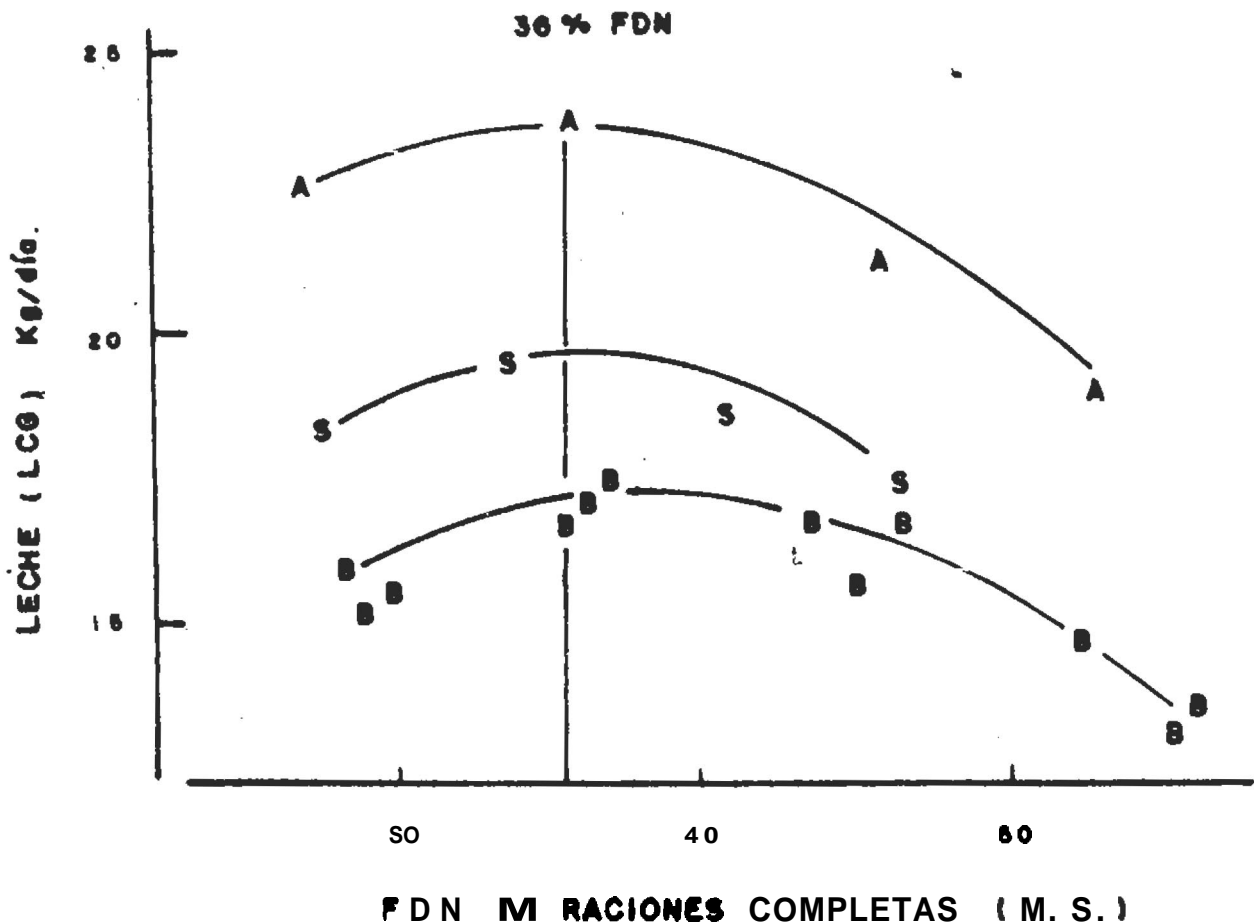


FIGURA 19, La relación curvilínea entre producción de leche y el contenido de fibra detergente neutro de raciones completas proporcionadas a ganado lechero (A = Alfalfa, S = Ensilado de maíz, B = Pasto Bermuda).

En la Figura 19 se observa que la producción de leche óptima se obtiene con un 36 % de FDN en raciones completas. Todas las dietas fueron isonitrogenadas, intercambiando maíz por pasta de soya con un contenido similar de FDN y se utilizaron diferentes cantidades de concentrado para diluir la cantidad de FDN en la dieta total. La máxima producción en general se obtuvo cuando había 36 %, pero si se suplementa con más concentrado y se reduce la cantidad de fibra a un nivel menor, se observan problemas de acidosis. En la parte de la izquierda se observa que disminuye la producción de leche debido a acidosis y a la derecha se reduce la producción, porque los animales comen alimento de menos calidad, esto es, se llenan con paredes estructurales.

En el Cuadro 5 se presenta una comparación de las tres raciones. La cantidad de concentrado que se tuvo que ofrecer para bajar a 36 % de FDN en la ración fue de 30 % con alfalfa; en el caso del ensilado se tuvo que incluir 45 % y en el de Bermuda que tiene aún más FDN, se requirió un 60 % para obtener el nivel de 36 % de FDN. El efecto sobre el consumo de materia seca fue de 24 en alfalfa y disminuyó en forma progresiva hasta llegar a 19 kg/día en Pasto Bermuda. El TND estimado fue de 65, 72 y 71 % respectivamente, de acuerdo con los valores de las tablas del NRC.

CUADRO 5. COMPARACION DE LA PRODUCTIVIDAD DE RACIONES CON BASE EN ALFALFA, PASTO BERMUDA Y EKSILADO DE MAIZ, IGUALANDO EL CONTENIDO DE FDN (36 %)

	ALFALFA	ENSILADO DE MAIZ	PASTO BERMUDA
Concentrado, % de la dieta total	30	45	60
Ingestión. kg/día	24	20	19
TND estimado (ración mixta), %	65	72	71
Descuento a 3M ^b	61	65	62
Energía Neta, KJ/kg	6.28	6.74	6.40
Ingestión de EN, KJ/kg	148	131	122
Leche (LCG) kg/día	23	20	18

^a Alfalfa con 46 % de FDN y 58 % de TND, ensilaje de maíz con 55 % de FDN y 65 % de TND, Pasto Bermuda con 70 % de FDN y 55 % de TND. El concentrado que se balanceó tenía grano de maíz con 12 % de FDN y harina de soya con 14 % de FDN.

^b Se usó un descuento de 4.5 % para el concentrado y el ensilaje de maíz, un descuento de 2.5 % para la alfalfa y un 10 % para el Pasto Bermuda, por unidad de ingestión para mantenimiento.

Si esto se ubica en el modelo que está desarrollando la Universidad de Cornell, debido a la velocidad de pasaje, el TND baja a 61, 65 y 62 % (Cuadro 5). La energía de las raciones es de 6.28, 6.64 y 6.40 kilojoules/kg, la que al multiplicarse por la materia seca ingerida, proporciona consumos de energía de 148, 131 y 122 kilojoules/día. La producción de leche corregida a grasa (23, 20 y 18 kg/día) correlaciona con la cantidad de energía ingerida. Parece ilógico que la ración con menor digestibilidad (alfalfa) sea la que produjo más leche, pero ello se debió a un mayor consumo. Se puede concluir entonces que la ración que incluía Pasto Bermuda, necesitó emplearse más concentrado para maximizar la producción, y por lo tanto fue la menos económica. Este es el caso típico de la situación que se tiene con los pastos tropicales, donde es más costosa la producción debido a las condiciones climáticas como las que se han mencionado (altas temperaturas, humedad, etc.). En Filipinas, esta situación ha impedido la competencia por razones económicas.

El estudio anterior se realizó con vacas Holstein puras, pero animales con menor potencial genético como el ganado de doble propósito, pueden tener producciones más económicas, debido a que tienen menor estrés nutricional. Las vacas lecheras europeas se desarrollaron especialmente en climas templados con pastos de buena calidad y nunca se adaptarían a condiciones tropicales con este tipo de pastos. Existen muchas publicaciones que mencionan que el problema de estas vacas en el trópico es resultado de la alta temperatura ambiental, pero se ha comprobado que el problema en realidad es el efecto nutricional. Como consecuencia, los animales de doble propósito en las regiones tropicales están, desde el punto de vista nutricional, mucho mejor adaptados a las condiciones ambientales. Debe enfatizarse que no es posible tener una vaca de buena calidad genética, por ejemplo una vaca Holstein pura alta productora de leche, alimentarla con forrajes tropicales y tratar de compensar el efecto de la baja calidad de los pastos tropicales con concentrado. Esto no se puede lograr porque el problema está dentro de la estructura de los pastos tropicales, que son de baja calidad, dado que tienen problemas de lignificación y el proceso de deslignificación es muy costoso.

LITERATURA CITADA

- COMBELLAS, J., GONZALEZ E. and PARRA, R., 1971. Composición y valor de forrajes producidos en el trópico, I. Digestibilidad aparente y verdadera de las fracciones químicas. *Agronomía Tropical* 21: 483.
- CRAMPTON, E.W., DONEFER E. and LLOYD, L.E., 1960. A nutritive value index for forages. *J. Anim. Sci.* 19: 538.
- ELLIS, W.C. and LIPPKE, H., 1976. In: *Grasses and legumes in Texas: Development, Production and Utilization*. Holt, E.C. and Lewis, R.D. (eds.). *Texas Agr. Exp. Sta. Res. Monog. RMGC*, p.26.
- MCDOWELL, R.E., 1972. *Improvement of Livestock Production in Warm Climates*. W.H. Freeman Co., San Francisco.

- MERTENS, D.R., 1973. **Application of theoretical models to cell wall digestion and forage intake. Ph.D. Thesis. Cornell University, Ithaca, New York.**
- MERTENS, D.R., 1985. Factors influencing feed intake in lactating dairy cows: From theory to application using FDN. In: **Proc. Georgia Nutr. Conf., University of Georgia, Athens, Georgia.**
- MILFORD, R. and MINSON, D.J., 1965. **Proc. IX International Grassl. Cong. Sao Paulo, Brazil. p. 815.**
- OSBOURN D.F., TERRY, R.A., OUTEN G.E. and CAMELL, S.B., 1974. The significance of a determination of cells walls as the rational basis for the nutritive evaluation of forages. **Proc. XII Internat. Grassl. Congr., Vol III (Pt. 1): 374. Moscow.**
- REID, R.L., JUNG, G.A. and THAYNE W.V., 1988. Relationships between nutritive quality and fiber components of cool season and warm season forages: a retrospective study. **J. Anim. Sci. 66: 1275.**
- VAN SOEST, P.J., 1965a. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **J. Anim. Sci. 24: 834.**
- VAN SOEST, P.J., 1965b. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. **J. Assoc. Off. Anal. Chem. 48: 785.**
- VAN SOEST, P.J., 1973a. Estimations of nutritive value from laboratory analysis. **Proc. Cornell Nutr. Conf., Ithaca, New York, p. 106.**
- VAN SOEST, P.J., 1973b. Collaborative study of acid-detergent fiber and lignin. **J. Assoc. Off. Anal. Chem. 56: 781.**
- VAN SOEST, P.J., MERTENS, D.R. and DEINUM, B., 1978a. Preharvest factors influencing quality of conserved forages. **J. Anim. Sci. 47: 712.**
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON J.B., ROE, D.A., RIVERS. J., LEWIS, B.A. and HACKLER, L.R., 1978b. The role of dietary fiber in human nutrition. **Proc. Cornell Nutr. Conf., Syracuse, New York, p. 5.**
- VAN SOEST, P.J., 1982. **Nutritional Ecology of the Ruminant. 2d. ed., O & B Books, Inc., Corvallis, Oregon.**