

FUNCION DE COSECHA POR OVINOS DE LA PRADERA ANUAL MEDITERRANEA DE CHILE

ALFREDO OLIVARES E.¹ y JUAN GASTÓ C.²

Departamento de Ganadería y Producción Pratense
Facultad de Agronomía, Universidad de Chile
Casilla 1004, Santiago, Chile

RESUMEN

Se calculó una función de cosecha de forrajes por ovinos en una pradera anual mediterránea del centro de Chile, determinándose la disponibilidad de materia seca y de energía metabolizable previamente a la utilización por el ganado. Los resultados experimentales permitieron calcular una relación empírica entre la intensidad de cosecha, expresado en toneladas-horas/ha de la zoomasa cosechadora y el remanente de materia seca en la vegetación, además de cada uno de los componentes de la pradera. Se calculó, finalmente, las tasas acumuladas de consumo de materia seca y de energía metabolizable.

Se plantea al ecosistema pastoral como una unidad susceptible de almacenar y entregar materia, energía e información. La operación de cosecha en el caso de las praderas, es realizada por el ganado, que está regulado en su tasa de cosecha por mecanismo pratenses y del animal.

SUMMARY

A forage harvest function by sheep was calculated for a mediterranean annual range of central Chile. Dry matter availability and metabolizable energy was calculated previous to range utilization. Experimental results allowed to determine the empirical relationship between harvest intensity by grazing, expressed in ton-hour/ha of harvesting zoomass, and the remaining dry matter in the range. Finally, the accumulated dry matter and metabolizable energy consumption rates were calculated.

The range ecosystem is considered as a unit susceptible of storing and liberating mass, energy and information. The forage harvest under range conditions is accomplished by livestock. The rate of harvest is regulated by range and animal mechanisms.

INTRODUCCION

En el ecosistema, la arquitectura puede ser considerada como una unidad susceptible de almacenar y entregar materia, energía e información. Por lo tanto, el ecosistema debe caracterizarse por manifestar una capacidad de almacenamiento, una eficiencia de conserva-

ción de la carga, un costo de almacenamiento y una tasa de carga y descarga (Armijo, Nava y Gastó, 1976; Olson, 1963).

Carga ecosistémica es el contenido de materia, energía e información en un instante dado. Se entiende por carga Q al valor total de los diversos tipos de energía contenida en el ecosis-

¹ Ing. Agr. Mg. Sci. Prof. del Depto. de Ganadería y Producción Pratense, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

² Ing. Agr. Ph. D., Prof. del Depto. de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile.

tema. Un caso de este tipo de energía generalizada está dado por:

$$Q(t) = \sum c_i U_i(t), \text{ donde:}$$

U_i = energía del tipo i contenida en el ecosistema.

c_i = coeficiente del valor ecológico de la calidad de energía, que depende del contenido de información.

Se puede suponer que la densidad de carga de la arquitectura δQ se ajusta a la siguiente ecuación paramétrica:

$$\frac{d \delta Q}{dt} = f(\delta Q; C_Q, t) \text{ para } t \in (0, \tau)$$

de donde la función tiene una forma determinada de acuerdo con el tipo de proceso y C_Q representa la capacidad potencial de carga. Un caso especial de esta ecuación está dado por:

$$\frac{dQ}{dt} = AQ + BQ^2$$

que representa la ecuación logística de crecimiento en un ambiente limitado por la capacidad máxima de carga C_Q contenida en las constantes. En este caso, la capacidad de carga del arreglo topológico se mantiene constante (Nava, Armijo y Gastó, 1978).

El cambio de estado del ecosistema es un proceso continuo y cíclico que consta fundamentalmente de dos etapas, una de carga y otra de descarga. La etapa de carga consta de dos partes. En el sector correspondiente a $t_1 - t_0 = \tau$, la acumulación de carga se debe al proceso de transformación de los componentes topológicos, siendo la etapa de construcción del arreglo topológico $\sigma(\eta)$. La segunda parte del período de carga τ_2 corresponde al proceso de crecimiento del sistema, en el cual el cambio de carga ΔQ se origina principalmente en un incremento del valor de $\eta(t)$.

El cambio de $\eta(t)$ implica necesariamente una modificación de $\sigma(\eta)$, pues no puede haber crecimiento si no existe un cambio topológico de la arquitectura. El período de descarga consta a su vez de dos partes τ_3 y τ_4 . La primera parte corresponde a la cosecha de η , lo cual, al igual que el caso anterior, debe venir acompañado de un cambio en el arreglo topológico. La segunda parte de este período consiste en la desintegración de los componentes topológicos $\sigma(\eta)$, con-

cluyendo en la etapa final τ_4 donde alcanza su Q mínimo (Nava, Armijo y Gastó, 1978).

El diseño de acumuladores ecosistémicos significa organizar arreglos topológicos para tales propósitos, involucrando, por lo tanto, un costo de transformación, puesto que es necesario producir las unidades de almacenamiento y su cubierta protectora. Fuera de ello, es necesario construir el sistema conductor de los productos transformados a las unidades de acumulación. Dado que estas últimas significan, a menudo, una concentración de estímulos que pueden ser fácilmente cosechados o descargados, es necesario, además, incurrir en costos de producción de mecanismos defensivos que tiendan a evitar esta descarga, aunque su efectividad no sea total.

La descarga de un ecosistema, en general, no ocurre espontáneamente, pues existen mecanismos cibernéticos que operan evitando el proceso. La complejidad de estos mecanismos es muy variable, y en algunos casos se logra mantener almacenada la energía acumulada por períodos de años a siglos. En este caso, para descargar es necesario aplicar algún trabajo cuantitativamente igual a la diferencia entre la carga Q_0 y el nivel de la barrera Q^* ; normalmente la transición de un nivel de carga a otro se efectúa en cierto tiempo τ . Luego de alcanzarse el nivel Q^* el proceso de descarga entrega una carga equivalente a $Q^* - Q_0$ el cual incluye la energía de activación; sin embargo, la energía de activación normalmente se descarga en forma degradada.

La cosecha de forraje por el ganado que utiliza una pradera es sólo un caso de descarga de ecosistemas (Cañas y Gastó, 1974; Rozas *et al.*, 1978). El crecimiento de la pradera es la contraparte que permite acumular la carga en la fitocenosis para luego ser retirada por el animal (Zúñiga, 1973).

El objetivo del presente estudio es calcular, mediante resultados empíricos, una función de descarga ecosistémica. Este estudio puede ser integrado a otros anteriores que han medido experimentalmente el crecimiento o carga de la pradera (Zúñiga, 1973; Gastó y Contreras, 1978). La integración de ambos, dentro de un marco conceptual más general, permite aproximarse a una resolución general de problemas de productividad primaria y secundaria.

El conocimiento *a priori* de las tasas de cosecha de forraje por el ganado y de su costo ecoló-

gico de cosecha, permite predecir el cambio de peso del animal, lo cual concluye con el cálculo de la productividad secundaria de la pradera.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó durante el mes de octubre en una pradera del tipo mediterráneo con plantas maduras al inicio del período de sequía estival, donde predominaban especies anuales de crecimiento invernal y de autorresiembrado o terófitas. Entre las especies dominantes sobresalen: *Erodium cicutarium*, *Amsinkia hispida* y *Trisetobromus hirtus*. La precipitación media del lugar es de 290,3 mm y la mediana 295,6 mm (Valdivia, 1975).

Los suelos donde se realizó el estudio corresponden a terrenos aluviales de formación reciente, con escaso desarrollo del perfil. Las características más sobresalientes son su textura franco-arcillosa, gran profundidad, abundancia de piedras pequeñas angulosas, aunque ligeramente redondeadas; buen drenaje y pendiente inferior al uno por ciento.

La vegetación natural del lugar corresponde a la de matorral, la cual fue destruida en 1959 y el suelo ocupado por cultivos de cereales y pradera natural. Desde 1969 el sector ha sido utilizado rotativamente por ovinos, con una frecuencia de tres meses, durante períodos de una semana, en enero, abril, julio y octubre.

La disponibilidad de materia seca de la pradera se determinó previamente a la utilización por el ganado. El muestreo se hizo con diez cuadrantes de 0,50 m × 0,25 m, superficies donde se cosechó la fitomasa a nivel del suelo, se secó en horno con aire forzado a 65°C durante 48 horas. Luego se analizó y determinó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, porcentaje de materia orgánica y se calculó, además, su contenido de energía total.

La pradera fue luego utilizada con una densidad animal equivalente a 140 ovejas y 110 corderos. La superficie de la parcela de estudio fue de 900 m² lo que, transformado a unidades de superficie, da un equivalente a una densidad de 1.611 ovejas/ha y 1.222 corderos/ha. Transformada esta densidad en zoomasa, da un total de 98,88 ton/ha. Con el objeto de calcular una función general de cosecha donde se incluya el tiempo de permanencia del cosechador se transformó la zoomasa-hora, valor que se calcula luego de multiplicar la zoomasa en

pie que descarga la pradera por el tiempo de permanencia en horas. El objetivo de ello es presentar una función general de cosecha que relacione la fitomasa cosechada con la zoomasa cosechadora y su tiempo de cosecha.

El ganado, luego de ayunar durante la noche, se introdujo en la pradera, por lo cual comenzó a utilizarla de inmediato. A la media hora, una alta proporción del forraje había sido consumido, dada la densidad elevada del consumidor, por lo cual se procedió a efectuar el segundo muestreo, el cual corresponde a 49,44 toneladas-hora/ha. A las seis y media horas de pastoreo de toda la masa ovina, se procedió a efectuar un tercer muestreo, el cual corresponde a 642,72 toneladas-hora/ha. De manera similar se procedió a un cuarto y quinto muestreo a las 24 y 48 horas, respectivamente, lo cual corresponde a 2.373,12 toneladas-hora/ha y a 4.746,24 toneladas-hora/ha.

Dado que el objetivo del estudio fue establecer la relación existente entre el tiempo de permanencia de la zoomasa y la fitomasa remanente, se efectuó el estudio con una densidad animal elevada, de manera de utilizar el pastizal en un período breve y lograr así determinar la fitomasa de forraje remanente, cuando la función de descarga se hace asintótica.

La composición botánica de la pradera fue calculada con base a peso seco. Las determinaciones se hicieron con materia seca proveniente de la pradera en cada uno de los tiempos de muestreo. La proporción de materia seca fue luego multiplicada por la materia seca calculada por unidad de superficie, lo cual permitió determinar la fitomasa correspondiente a cada especie y su porcentaje. La energía metabolizable se calculó de acuerdo al procedimiento propuesto por Mc Donald, Edwards y Greenhalgh (1969).

RESULTADOS Y DISCUSION

La disponibilidad de materia seca remanente en la pradera disminuye a medida que el tiempo de utilización aumenta. Los resultados del muestreo indican que previo a la utilización, la materia seca presente en la pradera correspondía a 1.283 kg/ha. Dada la actividad del ganado y la elevada tasa de utilización debido a la densidad forrajera del pastizal el consumo de forraje en un comienzo, fue también alto (Cuadro 1). En esta forma se logró reducir a

Cuadro 4
 DENSIDAD DE CARGA (Q) DE LA FITOCENOSIS EXPRESADO EN MATERIA SECA POR HECTÁREA, ENERGÍA METABOLIZABLE Y PROPORCIÓN DE LA MATERIA SECA ORIGINAL EN LA PRADERA NO UTILIZADA, DE ACUERDO A INTENSIDAD DE UTILIZACIÓN POR OVINOS

Atributo	Unidades	Intensidad de utilización (toneladas-hora/ha)				
		0	49	643	2.373	4.746
Materia seca	kg/ha	1.283	838	534	454	174
Proporción remanente de la materia seca original	%	100	65	42	35	14
Energía metabolizable	Cal/m ²	191	149	74	76	22
Proporción de la energía metabolizable original	%	100	78	39	40	12

sólo 838 kg/ha la materia seca remanente luego de aplicarse 49 toneladas-hora de zoomasa/ha, lo cual corresponde a media hora de utilización, es decir, una reducción de 35% de la materia seca original.

La reducción de materia seca continuó al aumentar el tiempo de utilización, pero cada vez en tasas menores. En una intensidad de 643 toneladas-hora de zoomasa/ha, que corresponde a 6,5 horas de pastoreo sólo quedaban 534 kg/ha y así, sucesivamente, hasta que al término del estudio, a las 48 horas, con una intensidad de utilización de 4.746 toneladas-hora/ha, la materia seca remanente alcanzaba a sólo 174 kg/ha (Figura 1).

El consumo acumulado de materia seca por el animal se ajusta a una función de incrementos decrecientes. Dicho en otros términos significa que cuando la densidad de materia seca de la pradera es elevada, la función de consumo se aproxima a una recta, es decir, que el consumo es directamente proporcional al tiempo y la única limitante es la capacidad de consumo del ganado. A medida que transcurre el tiempo, esta capacidad de consumo puede que no varíe considerablemente; pero su capacidad de cosecha de fitomasa se reduce gradualmente a medida que el esfuerzo de captura se hace cada vez mayor.

La tasa de consumo de materia seca de la pradera por el ovino, en relación al tiempo de cosecha por la zoomasa ovina, aparece indicada en la Figura 2. Cabe destacar que en intensidades muy bajas de utilización, la función tiende a ajustarse a una asíntota superior que corresponde a aproximadamente 1,88 kg de materia seca por tonelada-hora/ha. Ello significa que, cuando existen disponibilidades elevadas de materia seca, la única limitante al consumo es el animal mismo. Al aumentar la intensi-

dad de utilización la tasa acumulada de consumo se reduce abruptamente siguiendo una función sigmoidea. Al continuar utilizando la pradera el consumo de materia seca por tonelada-hora/ha baja abruptamente, lo cual es una medida que expresa en alguna forma las dificultades crecientes que encuentra el animal para continuar cosechando el forraje presente en la pradera. Intensidades mayores de cosecha reducen sólo levemente la tasa de consumo, tendiendo finalmente a hacerse asíntótica en valores cercanos a cero kg de materia seca por tonelada-hora/ha.

En 1974, Jones y Sandland llegaron a la conclusión que en la literatura relacionada con estudios de carga animal y ganancia de peso existen tres hipótesis de funciones generales. Una de ellas es la que los autores denominan cóncava-convexa, a la cual se ajustan adecuadamente los resultados de este estudio. Los resultados de Carter (1966) se ajustan también a esta función.

Una relación muy similar fue descrita por Jameson (1967) para la función entre el porcentaje de cubierta de las estratas superiores de la vegetación y la productividad de forraje de la estrata pratense inferior, ecuación que corresponde a:

$$Y = H + A \left(1 - e^{-B \cdot X / G} \right) / M + 1$$

donde X es la variable independiente, que en este caso corresponde a la intensidad de utilización; Y es el valor estimado de la variable dependiente, que en este caso corresponde a los kg de materia seca consumida por tonelada-hora/ha; H y A corresponde a las asíntota superior e inferior, respectivamente; B, a la pendiente de la función; M, al punto de inflexión, y G, al ajuste del valor X; de manera que X = G = 0 cuando Y = H (Grosenbaugh, 1965). Esta

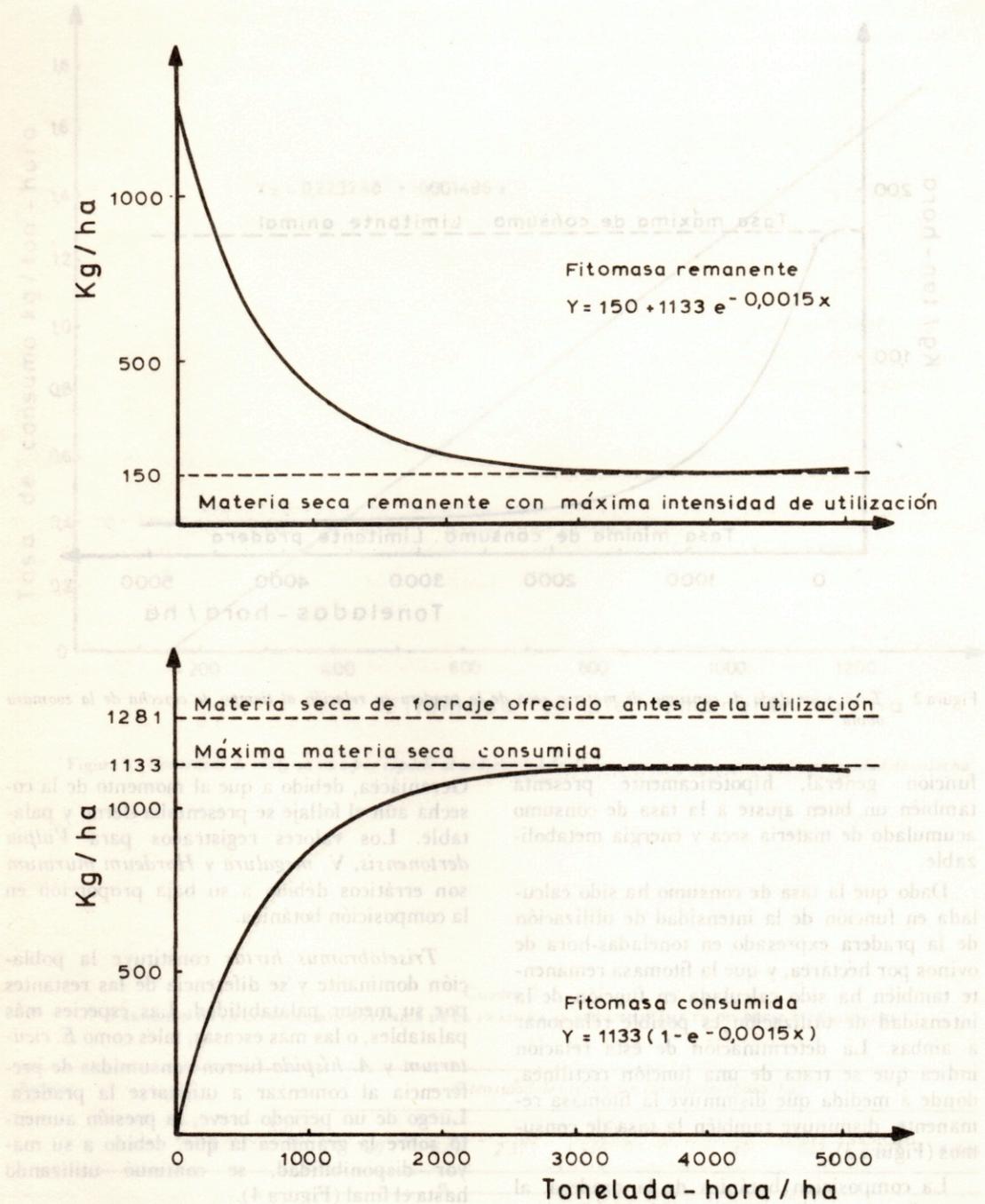


Figura 1. Densidad de carga de la fitocenosis (Q) expresado en materia seca y fitomasa consumida de acuerdo a la intensidad de utilización de la pradera.

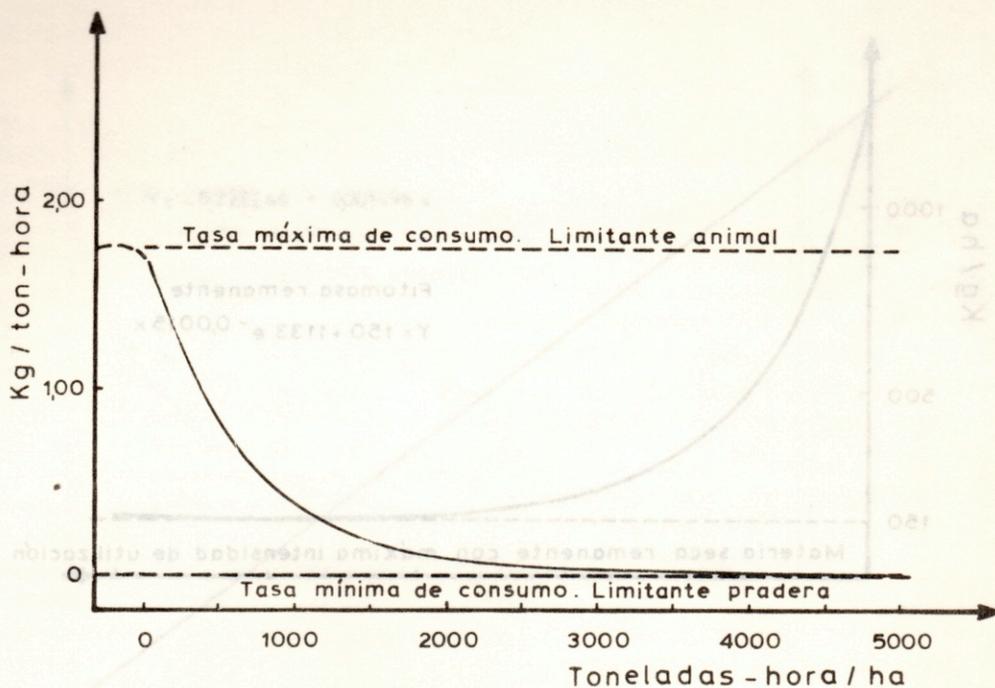


Figura 2. Tasa acumulada de consumo de materia seca de la pradera en relación al tiempo de cosecha de la zoomasa ovina.

función general, hipotéticamente presenta también un buen ajuste a la tasa de consumo acumulado de materia seca y energía metabolizable.

Dado que la tasa de consumo ha sido calculada en función de la intensidad de utilización de la pradera expresado en toneladas-hora de ovinos por hectárea, y que la fitomasa remanente también ha sido calculada en función de la intensidad de utilización, es posible relacionar a ambas. La determinación de esta relación indica que se trata de una función rectilínea, donde a medida que disminuye la fitomasa remanente, disminuye también la tasa de consumo (Figura 3).

La composición botánica de la pradera, al ser utilizada en diversas intensidades, demuestra algunas tendencias de cambio muy definidas (Cuadro 2). *Erodium cicutarium* debido a su palatabilidad y valor nutritivo es consumido con una alta preferencia por el ovino; por eso en breve tiempo reduce drásticamente su disponibilidad. *Amsinkia hispida* fue consumida preferentemente, luego de cosecharse la

Geraniácea, debido a que al momento de la cosecha aún el follaje se presentaba tierno y palatable. Los valores registrados para *Vulpia dertonensis*, *V. megalura* y *Hordeum murinum* son erráticos debido a su baja proporción en la composición botánica.

Trisetobromus hirtus constituye la población dominante y se diferencia de las restantes por su menor palatabilidad. Las especies más palatables, o las más escasas, tales como *E. cicutarium* y *A. hispida* fueron consumidas de preferencia al comenzar a utilizarse la pradera. Luego de un período breve, la presión aumentó sobre la gramínea la que, debido a su mayor disponibilidad, se continuó utilizando hasta el final (Figura 4).

El consumo de materia seca, expresado en energía metabolizable no difiere mayormente de las tendencias determinadas para la primera (Figura 5). La razón de ellos es que los porcentajes de digestibilidad y contenido de energía difieren sólo levemente entre los tratamientos. Las tendencias generales se mantienen, tanto

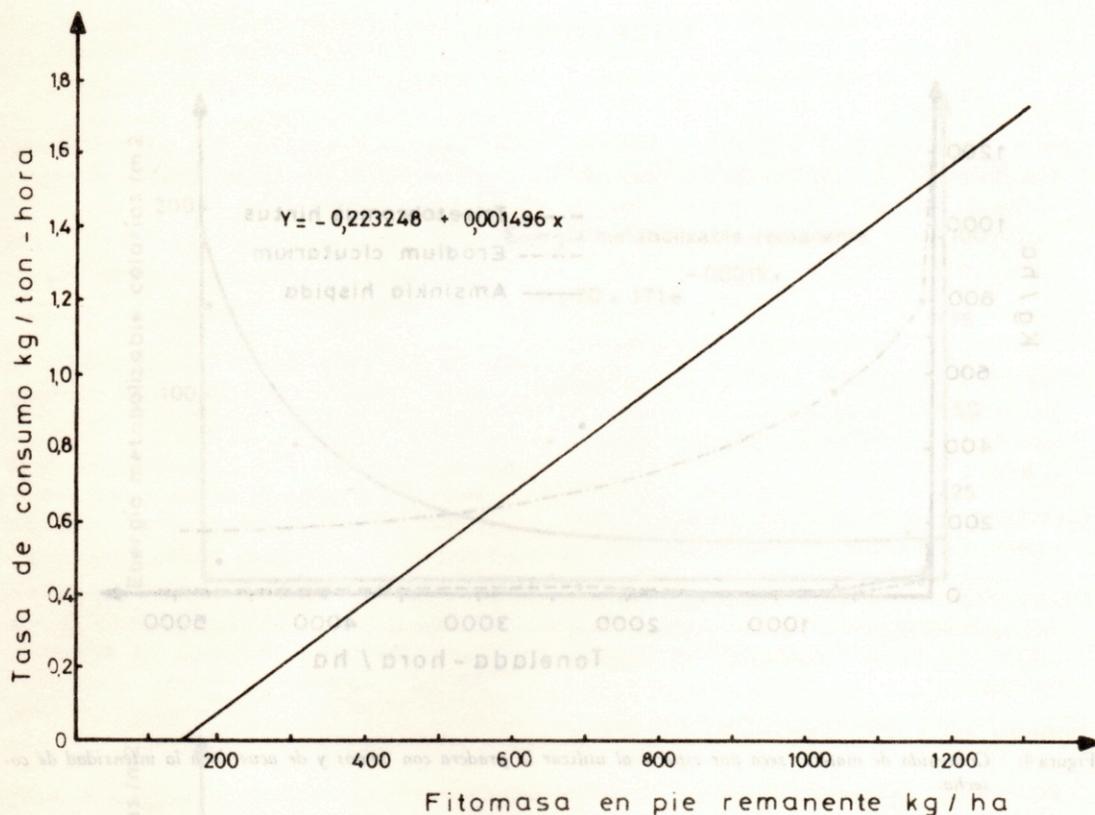


Figura 3. Contenido de materia seca por especie al utilizar praderas con ovinos y de acuerdo a la intensidad de cosecha.

Cuadro 2
VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA PRADERA AL SER UTILIZADA EN DIVERSAS INTENSIDADES

Especie	Intensidad de utilización (toneladas/hora/ha)									
	Sin uso		Sin uso							
	49	643	2.373	4.346	0	0	49	643	2.327	4.746
	%									
	kg/ha									
<i>Erodium cicutarium</i>	10,38	4,84	1,61	4,68	2,00	144,8	44,2	9,4	23,2	3,7
<i>Amsinkia hispida</i>	6,34	6,75	0,29	2,44	0,00	88,4	61,6	1,7	12,1	0,0
<i>Vulpia dertonensis</i> y <i>V. megalura</i>	0,24	0,10	0,23	0,11	0,00	3,3	0,9	1,4	0,6	0,0
<i>Hordeum murinum</i>	0,09	0,55	2,45	1,08	0,00	1,3	5,0	14,2	5,4	0,0
<i>Trisetobromus hirtus</i>	82,94	87,51	94,74	91,82	98,00	1.157,0	799,3	551,4	456,4	183,0
Otras especies	—	0,24	0,68	—	—	—	2,2	3,9	3,9	—

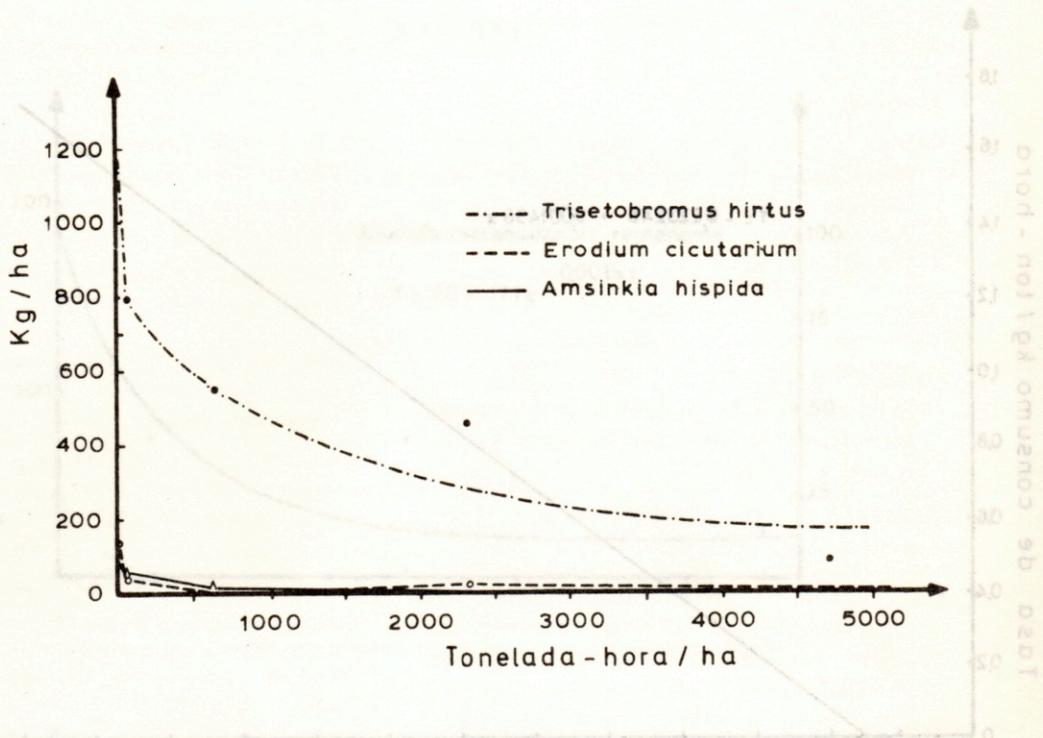


Figura 4. Contenido de materia seca por especie al utilizar la pradera con ovinos y de acuerdo a la intensidad de cosecha.

en lo que se refiere al remanente de fitomasa en pie como al consumo.

Los resultados del estudio indican que la capacidad de cosecha del animal varía de acuerdo a la disponibilidad y densidad de carga del forraje ofrecido en la pradera, además de las características del animal. La ganancia de peso es función del consumo, del costo ecológico de cosecha y de las características del animal. Dado que el consumo se reduce al disminuir la densidad calórica de la pradera, no es posible ni conveniente pretender una utilización in-

tegral de la pradera con un solo tipo de animal. El pastoreo liviano permite una mayor tasa de consumo que el más intenso, por lo cual la pradera puede ser utilizada por ganado más exigente en un comienzo y menos exigente con posterioridad. A manera de ejemplo, la pradera en una primera instancia, puede utilizarse como campo engordero, y a medida que la densidad calórica se reduce, puede transformarse en campo criancero y así, sucesivamente, hasta destinarse para el ganado aun menos exigente en su consumo.

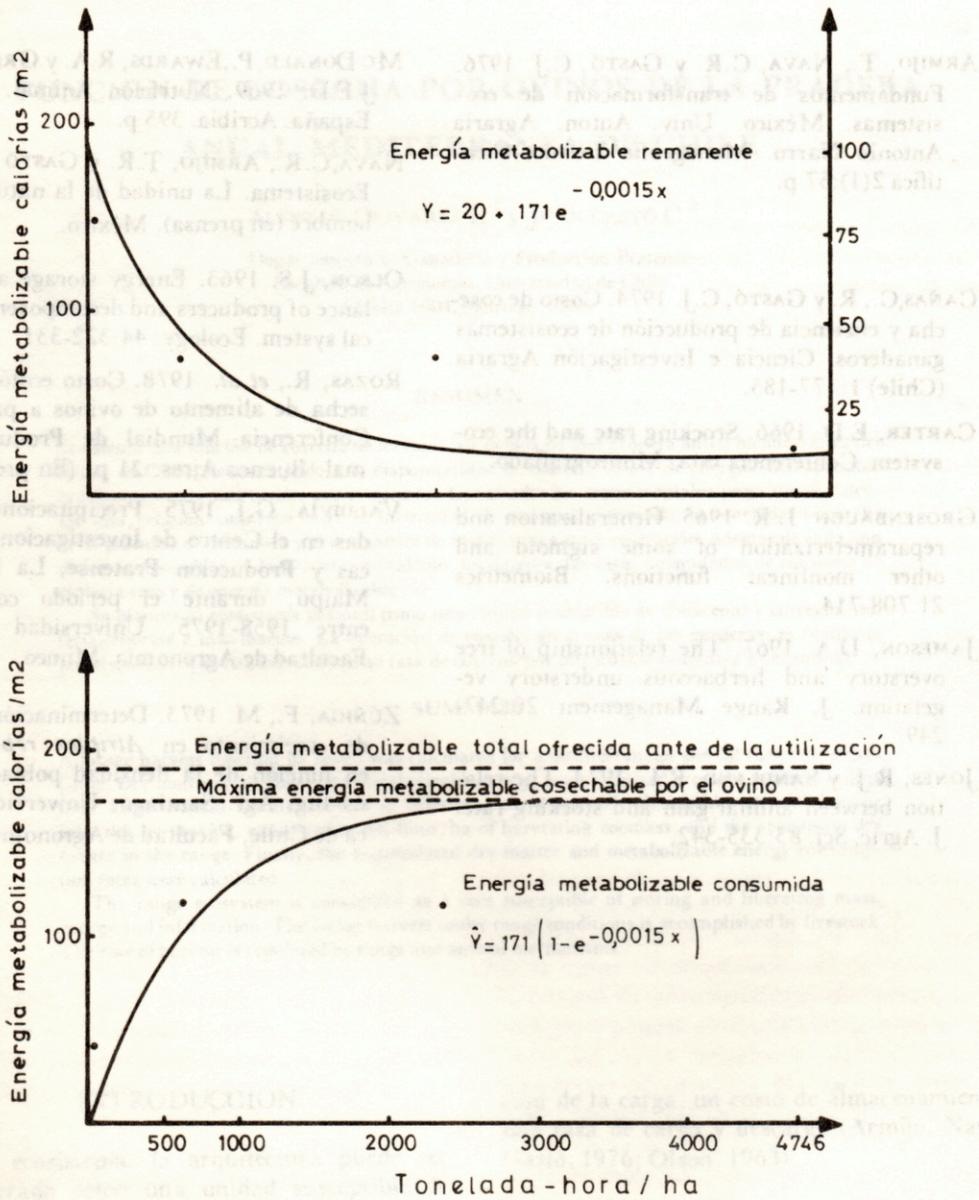


Figura 5. Densidad de carga de la fitocenosis expresado en energía metabolizable y consumo de acuerdo a la intensidad de utilización de la pradera.

LITERATURA CITADA

- ARMIJO, T., NAVA, C.R. y GASTÓ, C.J. 1976. Fundamentos de transformación de ecosistemas. México. Univ. Auton. Agraria Antonio Narro. Monografía Técnico-Científica 2(1):57 p.
- CAÑAS, C., R. y GASTÓ, C.J. 1974. Costo de cosecha y eficiencia de producción de ecosistemas ganaderos. Ciencia e Investigación Agraria (Chile) 1:177-185.
- CARTER, E.D. 1966. Stocking rate and the ecosystem. Conferencia INIA. Mimeografiado.
- GROSENBAUGH, J.R. 1965. Generalization and reparameterization of some sigmoid and other monlinear functions. Biometrics 21:708-714.
- JAMESON, D.A. 1967. The relationship of tree overstory and herbaceous understory vegetation. J. Range Management 20:247-249.
- JONES, R.J. y SANDLAND, R.L. 1974. The relation between animal gain and stocking rate. J. Agric. Sci. 83:335-342.
- Mc DONALD, P., EDWARDS, R.A. y GREENHALGH, J.F.D. 1969. Nutrición Animal. Zaragoza, España. Acribia. 395 p.
- NAVA, C.R., ARMIJO, T.R. y GASTÓ C.J. 1978. Ecosistema. La unidad de la naturaleza y el hombre (en prensa). México.
- OLSON, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposer in ecological system. Ecology: 44:322-331.
- ROZAS, R., et al. 1978. Costo ecológico de cosecha de alimento de ovinos a pastoreo. IV Conferencia Mundial de Producción Animal. Buenos Aires. 21 p. (En prensa).
- VALDIVIA, G.J. 1975. Precipitaciones observadas en el Centro de Investigaciones Ecológicas y Producción Pratense, La Rinconada, Maipú, durante el período comprendido entre 1958-1975. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. Mimeo.
- ZÚNIGA, F., M. 1973. Determinación de curvas de crecimiento en *Atriplex repanda* Phil. en función de la densidad poblacional. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 80 p.