

METODO PARA ESTIMAR EL CRECIMIENTO DE PRADERAS DE SECANO, POR MEDIO DE CORTES EN AUSENCIA DE PASTOREO¹

Method to estimate, through cuttings, the growth of dryland pastures not being grazed

Hernán Acuña P.², Patricio Soto O.² y Pedro Melín M.³

SUMMARY

A method to estimate, with cuttings, growth and productivity of a pasture when grazed is proposed. During the growing season, with series of data starting at different cutting dates, dry matter accumulation is measured periodically. The function $y = A/(1 + be^{-ax})$ is adjusted with the least square method, where A is the maximum accumulated dry matter in each series, x is the time expressed in number of days from the start of regrowth, and a and b are the coefficients obtained from the adjustment. Growth rate is calculated from the derivative dy/dx of the function with respect to time. Since there are differences in the starting date of each series, daily dry matter increase, for a given total dry matter accumulation, can be determined for different dates.

Data from phalaris (1980 and 1981) and fescue (1981), in the Biobío Andes Foot—hills, and from the mixtures white clover + grasses and sub—clover + fescue (1981), in the Arauco Province, are presented. The results show high determination coefficients and significant regressions at the 50/o level, for all series (except one), and at 10/o, for most of them.

The maximum growth rates occurred between October 15 and November 25, ranging between 60 and 200 kg D.M./ha/day and were dependent on the year, type of pasture, zone, and amount of actual photosynthesizing material.

INTRODUCCION

El período de crecimiento de las praderas de secano en la área Mediterránea de Chile, se inicia con las primeras lluvias de otoño y termina cuando la humedad aprovechable del suelo se hace limitante, al llegar la sequía estival. Las variaciones, en relación al comienzo de este período, entre las distintas zonas ecológicas que comprenden el sector subhúmedo de esta área (Región del Maule y del Biobío), o debidas a la latitud o proximidad del litoral, son pequeñas y dependen de la primera lluvia efectiva.

Las bajas temperaturas de invierno restringen el crecimiento en toda esta área, aunque la limitación es más fuerte en el interior que en la zona costera. Luego viene un período de crecimiento muy activo, que comienza más temprano hacia el norte y presenta una longitud media mayor a medida que se avanza hacia el sur, debido a que el término de las lluvias se hace más tardío. Por esta razón, la fecha de término del período de crecimiento varía latitudinalmente (Acuña y otros, 1982).

Lo anterior y la tendencia general de la variabilidad climática, sumados a las diferencias de suelo, topografía y características de las especies y variedades, determinan la necesidad de conocer las curvas de crecimiento de éstas en las diferentes zonas de mayor adaptación. Estas especies y variedades son anuales, o bien perennes, con latencia de verano o que resisten la sequía estival, aun cuando en esa época no tienen crecimiento.

¹ Recepción de originales: 10 de octubre de 1983.

Trabajo presentado a la IX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), Santiago, Chile, 25 al 29 de julio de 1983.

² Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

³ Escuela de Agronomía, U. de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

La concentración de un alto porcentaje de la producción anual en un período corto (fines de invierno—comienzo de primavera), dificulta el uso de estos recursos bajo un esquema de pastoreo rotativo, ya que una buena parte de la producción debe quedar disponible para consumo de los animales durante los períodos en que no hay crecimiento. Aún más, no es posible rezañar el total de la producción o consumir todo el forraje al estado verde, sin deterioro de la pradera, debido a problemas de semilladura, cuando se trata de especies anuales, o daño por la sequía estival, si éstas son perennes. Así, se requiere de un manejo bajo pastoreo continuo o diferido y, consecuentemente, las estimaciones del crecimiento, mediante cortes en ausencia de pastoreo, deberán caracterizar dicho fenómeno de manera tal que responda a esas condiciones de manejo. Ello descarta métodos, como el usado por Anslow y Green (1967), que pueden asimilarse a un pastoreo rotativo intenso, y métodos que implican el uso de jaulas (Lynch, 1954), usados para estimar el crecimiento bajo pastoreo, en etapas avanzadas del estudio de nuevos recursos forrajeros.

El objetivo del presente trabajo fue probar una técnica de cortes, en ausencia de pastoreo, de fácil aplicación en terreno, que combinada con una aproximación matemática, permite estimar el crecimiento y productividad de una pradera de secano y proponer adecuadas modalidades de uso bajo pastoreo; lo anterior, a través de su aplicación en el estudio del crecimiento de distintas especies y mezclas, en dos zonas ecológicas de la Región del Biobío.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en dos localidades, correspondientes a las zonas ecológicas Secano de la Precordillera Andina y Secano de la Costa, durante los años 1980 y 1981.

Descripción edafoclimática de las localidades

a) Precordillera de la provincia de Biobío (Santa Bárbara)

El sitio del experimento está ubicado en lat. 37° 44' S y long. 71° 52' W, a 282 m.s.n.m. El suelo es un trumao, de la asociación Santa Bárbara. Algunas características del suelo, al momento de sembrar las praderas, se indican en el Cuadro 1. La pluviometría en la precordillera es superior a la de sectores con la misma latitud, pero existen tres a cuatro meses con déficit hídrico marcado. Las bajas temperaturas de invierno, con períodos de heladas permanentes, constituyen la principal característica del clima. El balance hídrico mensual promedio de la zona y para los años en que

CUADRO 1. Características químicas del suelo en los dos sitios experimentales

TABLE 1. Chemical characteristics of the soils in both experimental sites

	Precordillera	Zona Costera
pH	5,9	5,4
N disponible (ppm)	14,5	14,0
P disponible (ppm)	17,0	9,0
K soluble en acet. de	0,76	0,88
NH ₄ 1N (meq/100 g)		
Materia orgánica (o/o)	14,9	5,0

se realizaron las mediciones, se presenta en el Cuadro 2. Este balance se calculó asumiendo una capacidad máxima de retención de agua en el suelo de 100 mm.

b) Sector costero de la provincia de Arauco (Cañete)

El experimento se realizó en un lomaje plano, ubicado en lat. 37° 54' S y long. 73° 24' W, a 50 m.s.n.m. y a 8 km, aproximadamente, del litoral. El suelo corresponde a terrazas marinas en posición intermedia y es profundo, de textura arcillosa a franco—arcillosa y de color pardo rojizo oscuro, con las características químicas que se indican en el Cuadro 1. La cercanía del mar ejerce una acción moderadora de las temperaturas y mantiene una alta humedad relativa a través del año. Hay dos a tres meses de sequía estival (Cuadro 2).

Praderas usadas en el experimento

En la precordillera de Biobío se estudió el crecimiento de una pradera de falaris (*Phalaris tuberosa*, var. *stenoptera*), durante los años 1980 y 1981. Esta especie fue establecida en otoño de 1979, para estudiar su comportamiento en la zona, con miras a su uso en mezcla con trébol subterráneo. La fertilización de establecimiento fue de 300 kg de P₂O₅, 100 kg de K₂O y 64 kg de N/ha. La dosis de semilla fue 6 kg/ha, en líneas a 20 cm. En el año 1980, se aplicó 100 kg de P₂O₅ y 64 kg de N/ha, en otoño, y 50 kg de K₂O más 64 kg de N/ha, en julio, antes del inicio de las evaluaciones. En el año 1981, se fertilizó solamente con 100 kg de K₂O/ha, en otoño. Se estudió también el crecimiento de festuca (*Festuca arundinacea* cv. K-31), en 1981, sembrada (15 kg de semilla/ha) y fertilizada en la misma forma que falaris.

En la zona costera de la provincia de Arauco el experimento se realizó en 1981, en exclusiones hechas dentro de praderas establecidas en 1979 y pastoreadas en los dos primeros años. Estas praderas corresponden a las siguientes mezclas: trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*, cv. Mount Barker) + festuca (*Festuca*

CUADRO 2. Datos mensuales de algunos factores climáticos en las dos localidades

TABLE 2. Monthly data for some climatic factors at both experimental sites

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAYO	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
PRECORDILLERA 1980												
Agua caída (mm)	10,1	8,6	39,0	---	---	296,2	284,5	194,4	103,9	0,0	75,1	109,1
Evaporación (mm)	210,0	153,5	123,5	---	---	---	---	25,1	44,3	130,7	128,3	186,1
Bal. Hídrico (mm)	-195,9	-144,9	- 84,5	---	---	---	---	269,3	159,6	- 30,7	- 53,2	- 77,0
PRECORDILLERA 1981												
Agua caída (mm)	337,4	3,5	66,5	198,0	714,3	210,7	282,2	179,9	123,9	103,2	33,5	37,9
Evaporación (mm)	168,9	160,5	123,5	55,4	21,0	22,7	42,7	56,2	83,6	118,8	147,5	210,9
Bal. Hídrico (mm)	168,5	- 57,0	- 57,0	142,6	793,3	288,0	339,5	223,7	140,3	84,4	- 29,6	-173,0
PRECORDILLERA PROMEDIO 21 AÑOS*												
Agua caída (mm)	50,6	34,7	58,7	121,4	244,1	259,9	255,3	231,8	117,6	80,9	49,6	74,3
Evaporación (mm)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bal. Hídrico (mm)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ZONA COSTERA 1981												
Agua caída (mm)	101,3	7,6	30,9	104,2	429,6	157,4	177,4	87,9	81,2	29,3	13,4	9,5
Evaporación (mm)	159,4	159,4	145,3	74,7	47,0	50,7	43,1	60,7	76,6	149,5	169,6	196,5
Bal. Hídrico (mm)	- 58,1	-151,8	-114,4	29,5	412,1	206,7	235,3	127,7	104,6	- 20,2	-156,2	-187,0
ZONA COSTERA PROMEDIO DE 1978 A 1981												
Agua caída (mm)	44,4	23,7	18,5	91,3	324,3	174,2	229,4	160,5	120,7	49,2	41,4	39,3
Evaporación (mm)	173,1	118,7	113,4	75,6	48,2	39,7	41,5	58,7	59,9	114,1	135,3	163,7
Bal. Hídrico (mm)	-128,7	- 95,0	- 94,9	15,7	291,8	234,5	287,9	201,8	160,8	35,1	- 58,8	-124,4

* No corresponde al sitio del experimento, sino a un lugar próximo (Quilaco: lat. 37°42'S y long. 72°01'W; 250 m.s.n.m.).
 --- No hay información.

arundinácea, cv. K-31) + pasto ovillo (*Dactylis glomerata*, cv. Currie), sembrada con 15, 10 y 10 kg/ha de semillas, respectivamente; y trébol blanco (*Trifolium repens*, cv. Pitau) + ballica inglesa (*Lolium perenne*, cv. Nui) + ballica italiana (*Lolium multiflorum*, cv. Tama) + bromo (*Bromus catharticus*, cv. Matua) + trébol rosado (*Trifolium pratense*, cv. Pawera), sembrada con 3, 15, 5, 5 y 2 kg/ha de semillas, respectivamente.

Mediciones de acumulación de materia seca

Mediante cortes con tijeras, a 2 cm del suelo en 1980, y cortes con barra segadora, a 4 cm en 1981, se midió el forraje verde acumulado, en parcelas con distintos períodos de rezago, a través de la temporada de crecimiento. Las muestras se secaron en horno de ventilación forzada, a 70° C hasta peso constante, para determinar su contenido de materia seca.

La secuencia de cortes utilizada obedece al esquema general presentado en la Figura 1, en el cual, previo un corte general realizado en otoño (abril), en la primera fecha de muestreo, se evalúa la parcela del ángulo inferior izquierdo (julio) y luego se cortan en la

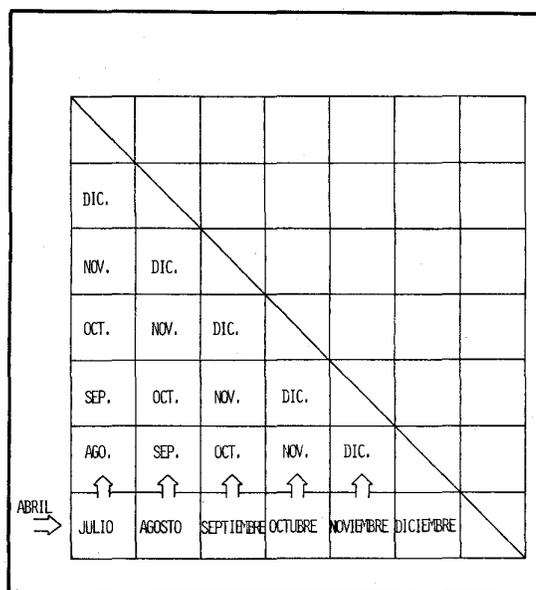


FIGURA 1. Distribución de las parcelas experimentales y secuencia de las evaluaciones.

FIGURE 1. Layout of the experimental plots and sequence of the evaluations.

misma forma todas las parcelas que están en la dirección (vertical, en el dibujo) que indica la flecha que parte de la parcela mencionada. En la segunda fecha de muestreo, se evalúan las dos parcelas de agosto y se corta toda la segunda columna. De este modo, se mide el crecimiento en el período julio-agosto, por diferencia con la primera evaluación, para una situación en que la pradera estaba rezagada desde abril (2da. columna) y para otra en que la pradera había sido cortada en julio (1era. columna). Luego, en la tercera fecha, se procede a evaluar las tres parcelas de septiembre y se podrá determinar el crecimiento de agosto-septiembre para la pradera rezagada desde abril (3era. columna), desde julio (1era. columna) y desde agosto (2da. columna). De la misma forma se hacen las evaluaciones y cortes sucesivos hasta llegar a diciembre o fecha de término del crecimiento. El tamaño de las parcelas es de 2 x 2 m y de las muestras de 1 m².

Con este método se obtienen puntos para construir curvas de acumulación de materia seca, a partir de la fecha en que se inició el rezago general (abril) y a partir de las fechas sucesivas de evaluación. En el sector de la figura que está sobre la diagonal, se hizo una repetición de las evaluaciones, partiendo del ángulo superior derecho.

Ajuste del crecimiento a funciones matemáticas

Mediante la metodología de mínimos cuadrados, se ajustó la acumulación de materia seca a una función logística de asíntota conocida ($y = A/1 + be^{-ax}$), donde A es el valor máximo de acumulación alcanzado en la temporada y x el número de días a partir de la fecha de inicio del crecimiento (Acuña, 1978). Para ello, se linealizó dicha función y, por lo tanto, a y b corresponden a dos coeficientes que definen la pendiente de la curva linealizada (-a) y el intercepto (ln b). Como en la linealización aparece el término ln (A/y-1), en reemplazo del valor real de A, se emplea un valor inmediatamente superior a éste (1 centésima de tonelada), lo cual no significa introducir un error importante, por cuanto la variabilidad de los datos reales es bastante amplia. Este ajuste se hace para cada una de las series de datos obtenidos a partir de las sucesivas fechas de corte y con ello se puede calcular la cantidad de forraje acumulado en distintos períodos a partir de diferentes fechas.

Al derivar, con respecto al tiempo, dicha función

$$dy/dx = A bae^{-ax}/(1 + be^{-ax})^2$$

se obtienen las tasas de crecimiento (kg de m.s./ha/día) para todo el período correspondiente a cada serie de datos.

El análisis conjunto de estas curvas, en una pradera dada durante el período de crecimiento, permite visualizar la relación de dependencia que hay entre crecimiento y cantidad de m.s. fotosintetizante presente en la pradera.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las funciones de acumulación calculadas se presentan en el Cuadro 3, identificadas por una fecha que corresponde a un valor de x igual a cero. Se indica, además, los valores de los coeficientes de determinación (r²) y el nivel de significación de la regresión, según la prueba de F. En las figuras 2, 3 y 4 se presentan estas funciones en forma gráfica, con las correspondientes curvas de crecimiento (tasas en kg m.s./ha/día).

El análisis del crecimiento, en las diferentes situaciones estudiadas, se hará comenzando por los resultados de la precordillera, para terminar con los de la zona costera. Para ello, se considerará primero la acumulación de materia seca ocurrida en la pradera rezagada desde otoño, que se asimila a una situación en que no hay pastoreo durante toda la temporada, y después se analizará lo que ocurre con el crecimiento, al utilizar la pradera en fechas sucesivas durante la temporada.

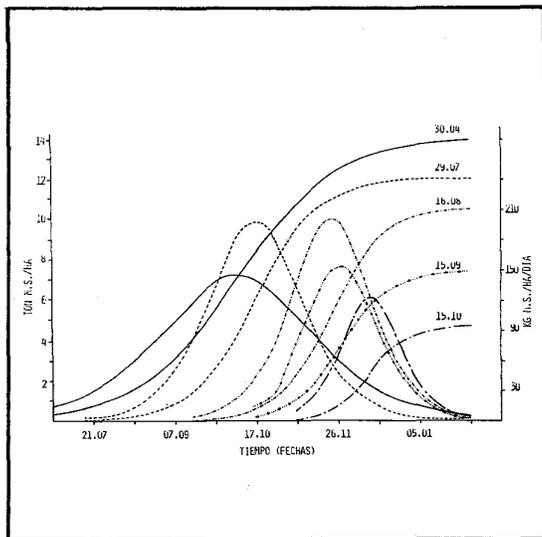
Crecimiento de falaris y festuca en precordillera

En 1980, el falaris rezagado a partir del 30.04 (Figura 2), alcanzó una acumulación máxima de 14 toneladas de m.s./ha, debido a la fuerte fertilización fosfatada del establecimiento (1979), a la fertilización de mantenimiento, que incluyó 128 kg de N (64 en otoño y 64 en julio), y al tipo de corte (tijera, a 2 cm del suelo), que permitió evaluar el total del follaje sin dañar el rebrote posterior. La tasa de crecimiento máxima alcanzó alrededor de 150 kg de m.s./ha/día el 7 de octubre y luego cayó lentamente, mientras avanzaba la primavera, debido a que en los meses de noviembre y diciembre la precipitación proporcionó un abastecimiento suficiente de agua.

Esta acumulación no incluyó el notorio crecimiento que esta especie tuvo en otoño, pues éste había sido cortado el 30 de abril. Durante el período más frío (mayo-junio), las tasas de crecimiento fueron bajas y no sobrepasaron los 10 kg m.s./ha/día, pero a partir de julio empezaron a elevarse, llegando a los 30 kg m.s./ha/día a fines de mes. Sin embargo, en esa fecha sólo se alcanzó una acumulación de 0,8 ton de m.s./ha. El incremento diario de las tasas de crecimiento fue importante a partir de agosto. Esta acumulación total puede considerarse un potencial de producción

CUADRO 3. Parámetros de las funciones de acumulación de materia seca para las diferentes situaciones estudiadas**TABLE 3. Parameters of the dry matter accumulation functions, for the different conditions under study**

	A (ton m.s./ha)	a	b	r ²	α
FALARIS PRECORDILLERA 1980					
30.04	14,110	0,0412	729,553	0,68	0,05
19.07	12,010	0,0657	352,306	0,85	0,01
16.08	10,573	0,0761	181,317	0,89	0,01
15.09	7,428	0,0830	34,491	0,90	0,05
15.10	4,780	0,1039	44,514	0,80	0,11
FALARIS PRECORDILLERA 1981					
30.05	7,362	0,0341	196,887	0,63	0,01
09.08	5,968	0,0553	148,979	0,69	0,01
15.09	3,020	0,0568	20,469	0,70	0,01
05.10	2,712	0,0588	9,586	0,64	0,01
FESTUCA PRECORDILLERA 1981					
30.05	5,243	0,0483	1448,315	0,74	0,01
09.08	4,099	0,0505	75,140	0,72	0,01
15.09	4,042	0,0498	20,650	0,53	0,01
05.10	2,611	0,0604	8,915	0,68	0,01
T. SUBT. + GRAM. COSTA 1981					
30.05	6,707	0,0542	6054,478	0,74	0,01
05.09	4,981	0,0785	124,194	0,93	0,01
08.10	2,126	0,0702	7,963	0,89	0,01
T. BLANCO + GRAM. COSTA 1981					
30.05	8,272	0,0665	9136,132	0,96	0,01
05.09	6,767	0,0539	21,921	0,66	0,01

**FIGURA 2. Curvas de acumulación de m.s. y de crecimiento de falaris. Precordillera de Biobío (1980).****FIGURE 2. Falaris D.M. accumulation and growth curves. Biobío Foot-hills (1980).**

de m.s. para la zona, pero en términos prácticos, pensando en utilización bajo pastoreo, carece de significación, puesto que corresponde a una situación de exclusión total.

En el año siguiente (1981) esta misma pradera (Figura 3), rezagada a partir del 30 de mayo, sin nitrógeno, evaluada mediante cortes con barra segadora a una altura mayor a la de la tijera y con una pluviometría inferior en los meses de noviembre y diciembre, alcanzó una acumulación total levemente superior a 7 ton de m.s./ha. La tasa de crecimiento fue de 10 kg m.s./ha/día el 30 de julio, para llegar a los 30 kg, que se habían logrado en dicha fecha el año anterior, sólo el 10 de septiembre. La máxima tasa de crecimiento fue el 30 de octubre, con poco más de 60 kg m.s./ha/día. La caída del crecimiento fue lenta hasta fines de la temporada (diciembre).

En el caso de la festuca, en el año 1981 (Figura 3), sometida al mismo manejo y tipo de evaluación que falaris, se puede observar que esta especie, pese a que alcanzó una tasa máxima de crecimiento (60 kg m.s./ha/día) igual a falaris en la misma fecha, presentó un

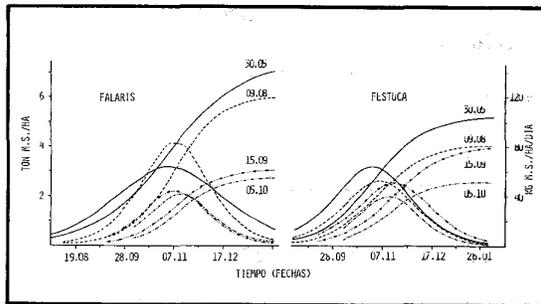


FIGURA 3. Curvas de acumulación de m.s. y de crecimiento de falaris (A) y festuca (B). Precordillera de Biobío (1981).

FIGURE 3. Falaris (A) and fescue (B) D.M. accumulation and growth curves. Biobío Foot-hills (1981).

recimiento más tardío, es decir, cuando el 30 de julio falaris presentaba un valor de 10 kg m.s./ha/día, festuca tuvo 3 kg y el 30 de agosto, falaris 23 kg y festuca 13 kg. Por ello, la acumulación total que alcanzó es sólo poco más de 5 ton m.s./ha.

Al analizar las acumulaciones, después de las sucesivas fechas de corte consideradas, en las curvas ya descritas y que se indican para el caso de falaris en la Figura 2, se puede observar que las acumulaciones máximas que se obtienen son siempre inferiores a las que ocurren al rezagar la pradera desde otoño, pero que las curvas de crecimiento, en algunos casos, presentan tasas máximas mayores, mientras las condiciones para el crecimiento son óptimas. Sin embargo, estas altas tasas se mantienen por períodos más cortos. Se puede observar, además, la clara dependencia de las tasas de crecimiento de la cantidad de material fotosintetizante presente en este breve período de condiciones óptimas, de modo que aquéllas ascienden hasta valores variables que alcanzan un máximo entre el 15 de octubre y 25 de noviembre, cuando el material acumulado es de aproximadamente 6 ton m.s./ha. Las tasas de crecimiento empezaron a decrecer, en la curva del 30.04, el 2 de octubre, cuando había 7 ton/ha, época en que se alcanzó un máximo que es inferior al de las curvas siguientes, debido a sombreado y a que probablemente la radiación y las temperaturas no habían alcanzado aún los niveles óptimos de la temporada. Del mismo modo, después del 25 de noviembre, las tasas máximas son más bajas debido a la menor acumulación de las curvas siguientes y a la disminución de la humedad del suelo, que afecta la fotosíntesis y acelera la maduración.

En la Figura 3 se puede observar que en falaris, el año 1981, las tasas máximas, en las sucesivas curvas de crecimiento calculadas, se alcanzaron en un período muy corto, en los primeros diez días de noviembre, lapso que coincide con la mitad del período en que el año

anterior se presentaron dichas tasas. Por ello, se estima que el menor crecimiento de este año se debe a las diferencias en el manejo, determinadas por la ausencia de fertilización nitrogenada y el corte a mayor altura, más que a las variaciones de los factores climáticos. El crecimiento de festuca en esta temporada (Figura 3) también muestra que las curvas alcanzaron los valores más altos en los primeros días de noviembre, pero a diferencia de falaris, los sucesivos crecimientos siempre lograron tasas máximas inferiores, de modo que la curva del 30.05 fue la que alcanzó el máximo más alto. Ello se debió a que la acumulación durante ese período no superó, en ningún caso, las 2,5 ton de m.s./ha y, por lo tanto, fue limitante para el crecimiento.

Crecimiento de las mezclas de trébol subterráneo + gramíneas y trébol blanco + gramíneas en la zona costera

En la mezcla de trébol subterráneo + gramíneas (Figura 4), en que la composición botánica promedio de la temporada indica que el trébol subterráneo alcanzó 50%, festuca 66%, pasto ovillo 70%, trébol blanco nativo 70% y las otras especies espontáneas 150%, el crecimiento ocurrido a partir del 30.05 alcanzó una acumulación máxima de 6,5 ton m.s./ha el 6 de enero, con una máxima tasa de crecimiento el 7 de noviembre (90 kg m.s./ha/día), cuando la cantidad de m.s. fotosintetizante era 3,25 ton/ha. El 30 de agosto la tasa de crecimiento aún no superaba los 10 kg m.s./ha/día y sólo en los últimos días de septiembre alcanzó 30 kg.

La mezcla de trébol blanco + gramíneas (Figura 4), donde los porcentajes promedios de aporte de cada especie fueron de 170% para trébol blanco, 460% para ballica perenne, 180% para ballica italiana, 140% para bromus, 10% para trébol rosado y 40% para las

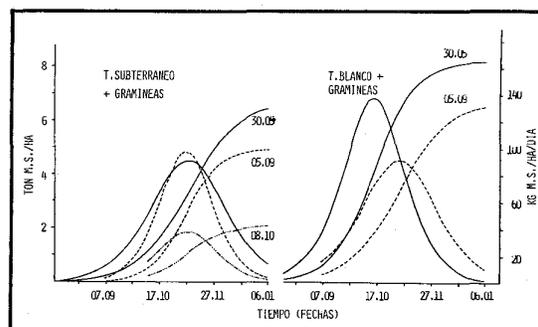


FIGURA 4. Curvas de acumulación de m.s. y de crecimiento de t. subterráneo + gramíneas (A) y t. blanco + gramíneas (B). Zona costera de Arauco (1981).

FIGURE 4. Subterranean clover + grasses (A) and white clover + grasses (B) D.M. accumulation and growth curves. Arauco coastal zone (1981).

especies espontáneas, al considerar la acumulación a partir del 30.05, presentó un crecimiento mucho más temprano que trébol subterráneo + gramíneas. Así, el 30 de agosto ya superaba los 20 kg de m.s./ha/día y el 30 de septiembre alcanzó un valor de 100 kg. La máxima tasa de crecimiento se obtuvo cuando la acumulación era 4 ton m.s./ha, el 15 de octubre (138 kg m.s./ha/día). La acumulación máxima fue de 8,2 ton m.s./ha, los primeros días de enero.

En cuanto a los crecimientos calculados a partir de las sucesivas fechas de corte, se puede observar que la mezcla de trébol subterráneo + gramíneas (Figura 4) presentó una tasa de crecimiento máxima más alta (97 kg m.s./ha/día) en la recuperación a partir del 05.09, que en la del 30.05. Ambos máximos se produjeron en la misma fecha (7 de noviembre), correspondiendo una tasa de 90 kg m.s./ha/día, para una acumulación de 3,25 ton m.s./ha, y una tasa de 97 kg, para 2,5 ton. El crecimiento a partir del 08.10 alcanzó una acumulación de sólo 2 ton al final de la temporada, presentando su máxima tasa en la misma fecha que los crecimientos anteriores, lo que indica que, a partir de ese momento, las limitaciones derivadas de la disminución de la humedad del suelo fueron determinantes del comportamiento posterior de la pradera (Cuadro 2). La mezcla de trébol blanco + gramíneas (Figura 4) presentó, en el crecimiento del 05.09, una tasa máxima muy inferior a la alcanzada en el crecimiento a partir del 30.05, el 5 de noviembre, cuando tenía una acumulación de m.s. de 3,25 ton/ha. Esta última curva presenta un ascenso y una caída más lenta que la anterior y, con ello, se diferencia de lo sucedido en trébol subterráneo + gramíneas, en que ocurrió justamente lo contrario; es decir, esta última mezcla, en condiciones óptimas para el crecimiento, responde mejor cuando tiene una menor acumulación; pero del mismo modo, cuando se restringe la humedad del suelo, disminuye su crecimiento más rápidamente. Pese a lo anterior, el crecimiento de trébol blanco + gramíneas, a partir del 08.10, fue muy inferior a la mezcla de trébol subterráneo + gramíneas y no fue posible calcularlo con el método propuesto.

Extrapolación de los resultados a condiciones de pastoreo

En las figuras 5, 6, 7 se presentan los incrementos diarios, durante el período de mayor intensidad del crecimiento, para situaciones en que la cantidad de m.s. fotosintetizante es de 0,5; 1,0 y 2,0 ton/ha. En el caso de la Figura 5, se puede ver que falaris (1980) presenta tasas de crecimiento notoriamente inferiores, cuando la m.s. presente es de 0,5 ton/ha, a la que tiene cuando ésta es de 1,0 ó 2,0 ton. Ello, en el supuesto caso de un pastoreo continuo, significa que si la presión de pastoreo es alta, la producción total de la

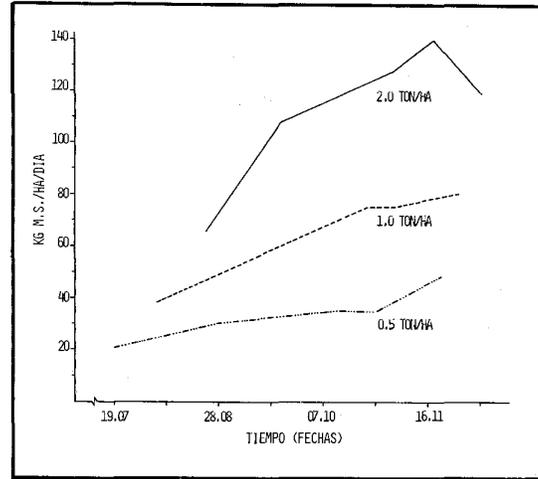


FIGURA 5. Tasas de crecimiento de falaris, con distintas cantidades de m.s. fotosintetizante. Precordillera de Biobío (1980).

FIGURE 5. Falaris growth rate, with different amounts of photosynthesizing D.M. Biobío Foot-hills (1980).

pradera durante la temporada será inferior que cuando se tiene una presión más baja, puesto que así se mantendrán tasas de crecimiento mayores, que implican mayor producción. Lo anterior tiene un límite biológico, definido por la cantidad de materia seca fotosintetizante que intercepta el mayor porcentaje de luz, es decir, cuando se alcanza un Índice de Área Foliar óptimo, y un límite práctico, definido por la presión de pastoreo que permita mayor eficiencia de utilización, tanto en el período de más activo crecimiento como antes y después de él. Las curvas de crecimiento obtenidas con este método permiten estimar el límite biológico y pronosticar alternativas prácticas de utilización, que maximicen la productividad primaria de la pradera. Por otra parte, se puede usar estos datos para planificar un pastoreo diferido, que sería la otra posibilidad en este tipo de praderas, ya que las sucesivas curvas de acumulación representan la recuperación después de un posible pastoreo.

Las curvas de falaris y festuca en el año 1981 (Figura 6) indican que la situación es similar en una temporada en que el crecimiento fue más deprimido, por condiciones de clima y manejo. Se observa una caída brusca de las tasas de crecimiento en noviembre, porque el déficit hídrico (Cuadro 2) comienza más temprano ese año.

En la zona costera (Figura 7), pese a que la frecuencia con que se hicieron los cortes no permitió tener un mayor número de puntos que expresaran mejor la tendencia de estas curvas, se observa que también las distintas cantidades de forraje presentes (0,5; 1,0 y 2,0 ton/ha), tienen una alta incidencia en la tasa de crecimiento durante la primavera.

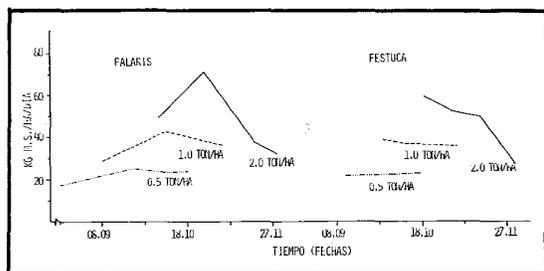


FIGURA 6. Tasas de crecimiento de falaris y festuca, con distintas cantidades de m.s. fotosintetizante. Precordillera de Biobío (1981).

FIGURE 6. Falaris and fescue growth rates, with different amounts of photosynthesizing D.M. Biobío Foot-hills (1981)

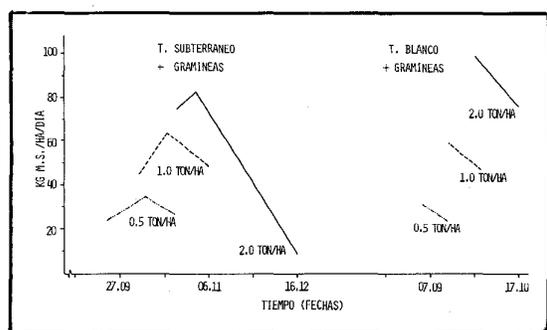


FIGURA 7. Tasas de crecimiento de t. subterráneo + gramíneas y t. blanco + gramíneas, con distintas cantidades de m.s. fotosintetizante. Zona costera de Arauco.

FIGURE 7. Subterranean clover + grasses and white clover + grasses growth rates, with different amounts of photosynthesizing D.M. Arauco coastal zone.

RESUMEN

A partir de mediciones periódicas de la acumulación de materia seca (m.s.) durante la temporada de crecimiento, considerando series de datos que se inician en distintas fechas, se propone un método para calcular el crecimiento, y estimar la productividad primaria cuando la pradera sea usada en pastoreo. El ajuste de los valores de acumulación, mediante el método de mínimos cuadrados, a una función del tipo $y = A/(1 + be^{-ax})$, donde A es la acumulación máxima en cada serie y x el número de días desde el inicio del rebrote, permite calcular las tasas de crecimiento (kg m.s./ha/día), al derivar la función con respecto al tiempo (dy/dx). Dado el desfase de las distintas series, es posible conocer los incrementos diarios para una misma cantidad de m.s. fotosintetizante, en distintas fechas.

Se presentan datos de falaris (1980 y 1981) y festuca (1981), en la precordillera de Biobío y de las mezclas de trébol blanco + gramíneas y de trébol subterráneo + festuca (1981), en la provincia de Arauco. Los coeficientes de determinación son altos y las regresiones significativas al 50/o para todas las series (excepto una) y al 10/o para la mayoría de ellas.

Las tasas máximas de crecimiento se dieron entre el 15 de octubre y el 25 de noviembre; dependen del año, tipo de pradera, zona y cantidad de material fotosintetizante presente y fluctúan, para los distintos casos estudiados, entre 60 y 200 kg m.s./ha/día.

LITERATURA CITADA

- ACUÑA, H. 1978. Relaciones entre productividad primaria y pluviometría en una pradera anual de la zona Mediterránea semiárida de Chile. Tesis de Grado (Magister en Ciencias), Facultad de Agronomía, U. de Chile. 60 p.
- ACUÑA, H.; AVENDAÑO, J.; SOTO, P. y OVALLE, C. 1982. Praderas de secano en las regiones del Maule y Biobío. Boletín Técnico Nº 54 (15 Qu), INIA, Quilamapu, Chillán, Chile. 106 p.
- ANSLOW, R. C. and GREEN, J. O. 1967. The seasonal growth of pasture grasses. J. Agric. Sci. Camb. 68: 109-122.
- LYNCH, P. B. 1954. Métodos para determinar rendimientos en pasturas. Ediciones Agropecuarias, Montevideo, Uruguay. Publicaciones Nº 1. 61 p. (Traducción de Circular 53/CE/29 de D.S.I.R., Nueva Zelanda).