

FACULTAD DE CIENCIAS

U.N.A.M.

" EFECTO DE TRES DIFERENTES POLITICAS DE CORTE  
 SOBRE EL CICLO VEGETATIVO DEL PASTO INGLES ,  
LOLIUM PERENNE "

Tesis que para obtener el título de Biólogo  
 presenta Polena Rosa Alicia Riemann Ramirez

México D.F.

1974



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## RECONOCIMIENTOS

A la M. en C. Guadalupe Mora , directora de la presente tesis

Al Dr. Ignacio Méndez , por su asesoría

Al Instituto de Ingeniería , U.N.A.M. , por las facilidades prestadas para la elaboración de este trabajo

Al personal del mencionado Instituto , en particular a las siguientes personas :

Ing. Jesús Gracia

Ing. José Luis Sánchez

Biól. Ma. del Carmen Sánchez

Ing. Manuel Sierra

Ing. Mercedes Sierra

## INDICE

	PAGINA
RECONOCIMIENTOS .....	ii
LISTA DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE TABLAS .....	v
I. RESUMEN .....	1
II. INTRODUCCION .....	3
III. REVISION DE LA LITERATURA SOBRE PASTOS ..	4
IV. PLANTEAMIENTO DE UN EXPERIMENTO .....	11
V. MATERIAL Y METODO .....	18
VI. RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	20
VII. DISCUSION .....	33
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45
IX. BIBLIOGRAFIA .....	47

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1.	Variación anual de la biomasa en una pradera de Minnesota .....	6
2.	Acumulación del rendimiento anual de materia vegetal para pasto Timothy, var. S.51 ....	12
3.	Curva hipotética de crecimiento para el pasto <u>Lolium perenne</u> .....	15
4.	Sinopsis de las tres políticas de corte .....	16
5.	Esquema de la distribución de las parcelas experimentales, y política a la que fueron asignadas .....	19
6.	Distribución de frecuencia de alturas en algunas de las mediciones experimentales ....	22
7.	Rendimiento obtenido en los cuatro ciclos de corte .....	30
8.	Rendimiento acumulado en el período de establecimiento y en los cuatro ciclos de corte .....	30
9.	Perfil de altura y densidad de un pastizal de <u>Lolium perenne</u> .....	34
10.	Secuencia típica de mediciones de altura a lo largo del experimento .....	36

## LISTA DE TABLAS

TABLA	PAGINA
1. Rendimiento obtenido en los cortes preliminares de establecimiento .....	21
2. Resumen del análisis de variancia para los cortes preliminares de establecimiento .....	21
3. Resultados de las mediciones de altura tomadas durante el experimento .....	23
4. Rendimiento obtenido en los cuatro ciclos de corte .....	26
5. Rendimiento acumulado en los cuatro ciclos de corte .....	29
6. Análisis de variancia de los resultados experimentales .....	29
7. Prueba de Tukey para diferencias entre medias .....	31
8. Cociente altura/rendimiento para cada corte experimental .....	32
9. Evaporación de cuba durante el experimento...	32

## I. RESUMEN

Una extensa revisión bibliográfica permitió establecer que los aspectos más estudiados sobre el tema de los pastizales son:

Fertilización, variaciones estacionales de productividad, presión de agostadero y pastoreo, desarrollo de nuevas variedades, siembra combinada de especies, irrigación y severidad de corte.

En la mayor parte de los casos la experimentación ha estado dirigida hacia la optimización del rendimiento. El conocimiento previo de la cosecha que puede esperarse según diferentes planes de manejo, ha recibido poca atención, salvo en los casos de pastizales dedicados a la ganadería. Se consideró pues interesante estudiar el ciclo vegetativo del pasto inglés (Lolium perenne), y con este objeto se realizó un experimento en el que se midió el rendimiento obtenido durante cuatro ciclos, según tres políticas de corte:

- Política I.- Corte hasta 3 cm. cada 20 días.
- Política II.- Corte hasta 7 cm. cada 10 días.
- Política III.- Corte hasta 3 cm. cada 10 días.

Los principales resultados obtenidos fueron:

a) La política de corte que produjo más rendimiento fue distinta para cada ciclo de corte en particular. Sin embargo, el rendimiento acumulado al final de los cuatro ciclos fue marcadamente diferente, obteniéndose más cosecha total con la Política I, en segundo lugar con la Política II, y el menor rendimiento con la Política III.

b) Se encontraron diferencias de rendimiento también entre cada ciclo de corte, debido a la influencia del clima. En este caso, aparentemente el factor decisivo fue la luz.

c) La altura de un área de pasto no puede utilizarse como índice de biomasa.

Se discuten los motivos a los que pudieron deberse las

diferencias de rendimiento, y se proponen algunas mejoras al método, así como su empleo en otros ecosistemas.



## II. INTRODUCCION

Los pastizales constituyen uno de los ecosistemas terrestres naturales más importantes de zonas templadas y tropicales, con una precipitación anual de entre 250 y 750 mm., y temperatura, distribución de lluvias en las estaciones y capacidad del suelo para retener el agua muy variables.

Como todo ecosistema, es un sistema en equilibrio; las formas dominantes de vida vegetal son las hierbas, la mayoría de las cuales son de ciclo anual, por lo que se adiciona al suelo de una manera constante gran cantidad de materia orgánica. En un sistema natural, las pérdidas de material son generalmente mínimas y se reponen rápidamente. En un sistema sujeto a explotación, las remociones pueden ser tan intensas, que el sistema sufra un desequilibrio y no se reponga. El conocimiento previo de la extracción máxima que puede soportar un ecosistema y el beneficio que puede obtenerse de un sistema sujeto a explotación continua, son aspectos de gran importancia. Se estima que contar con un método de estudio al tratar este tipo de problemas, puede ser de gran utilidad.

Los intentos para analizar la dinámica del pastizal son recientes, y se deben principalmente a Spedding. Sin embargo, se consideró conveniente hacer una síntesis de los trabajos anteriormente realizados en pastos, con el fin de establecer las bases de un experimento que nos permitiera conocer el ciclo vegetativo de la especie Lolium perenne y las modificaciones en su rendimiento de acuerdo a tres políticas de corte.

### III. REVISION DE LA LITERATURA SOBRE PASTOS

Los pastizales son los ecosistemas ideales para estos --  
dios de productividad porque son sistemas simples, sin la diversi-  
dad de especies que caracterizan a otras comunidades, y porque --  
presentan ventajas como la corta duración del ciclo vegetativo, --  
y la facilidad de la cosecha. Varios estudios de dinámica de po-  
blaciones se han hecho sobre ecosistemas sencillos como un pastizal,  
y posteriormente los resultados de dichos estudios se han aplicado  
con ligeras variantes a ecosistemas más complejos, sin --  
pérdidas considerables de exactitud o veracidad en la descripción.

Los estudios de productividad pueden hacerse con relativa  
facilidad en cualquier ecosistema en donde la producción de ma-  
teria orgánica sea muy alta. Cada sistema productor cuenta con u-  
na cantidad de energía acumulada en carbohidratos, grasas, etc. -  
La eficiencia de un sistema es la característica práctica más im-  
portante en aquellos explotados por el hombre; se puede expresar-  
como la salida de energía por área en relación al rendimiento cose-  
chable, o en relación a la cantidad de energía retenida en el -  
detritus del suelo, en un cierto tiempo. En un campo de cultivo,  
la energía retenida como material vivo cae periódicamente a casi-  
cero, aunque algo se retiene en el suelo. La reiniciación de un-  
nuevo ciclo de crecimiento en este tipo de sistemas, generalmente  
se presenta por la intervención del hombre, mediante la introduc-  
ción de semillas, rastrojo, fertilizantes, etc. Por el contrario,  
en los sistemas naturales hay una retención mínima de energía ne-  
cesaria para la continuidad del ecosistema, y que está sujeta en-  
mayor o menor grado a fluctuaciones anuales deudas al clima, a -  
factores bióticos, etc. Esta mínima biomasa retenida aumenta con-  
forme avanza la nueva época de desarrollo, gracias a la actividad  
fotosintética.

El material vegetal producido sufre en parte descomposi-  
ción, en parte consumo primario. En el suelo ocurre un proceso -  
de mineralización y liberación de la energía fijada. Teóricamen-  
te, la energía involucrada en la producción secundaria puede igua-  
lar a la energía originalmente fijada, pero por introducción o --

más comunmente extracción de materia del sistema, ésto no sucede aún en sistemas que se considera están en equilibrio.

La literatura referente a pastizales es muy abundante, si bien un poco antigua; los puntos más sobresalientes encontrados al revisarla se resumen a continuación:

En un área determinada de pastizales, la biomasa fluctúa en el tiempo siguiendo un patrón semejante al de la Fig. 1. Aunque hay variaciones en cuanto a las cantidades de material por diferencias de especie, clima, suelo, etc., el patrón de crecimiento es parecido para varias especies, tanto estudiadas aisladamente como en poblaciones mixtas (8, 13, 16, 21, 28, 33).

La relación partes aéreas/partes subterráneas varía según las condiciones del pastizal. Así, Ovington et al. (33) reportan que en una pradera, las partes subterráneas son el 91% del peso seco de toda la biomasa aérea, pero Lieth (22) para un pastizal de Andropogon encontró que 82% era material aéreo y sólo 18% subterráneo. La relación partes aéreas/partes subterráneas además se modifica según la intensidad de luz, humedad disponible del suelo y cantidad de nitrógeno, entre otras cosas (25).

Cuando no se permite que se establezca en forma natural el equilibrio entre la humificación y pérdida de material, y la adición al suelo de material muerto o en proceso de descomposición, ya sea por remoción de la basura o por cosecha, la consecuencia puede ser un desequilibrio y un cambio en el tipo de ecosistema.

Por medio de recipientes se ha medido la cantidad de basura o desecho que cae anualmente bajo diferentes doseles. Para pastizales, Kucera y Dahlman (21) encontraron que el 60% del peso seco de la biomasa máxima en un ciclo vegetativo se pierde en dos años, y un 91% en cuatro años. De estos datos suponen una pérdida de tipo exponencial:

$$e^{-0.693/M} = \frac{V_t}{V_0}$$

Donde:

M=vida media del desecho

$V_t$ =material en el tiempo t

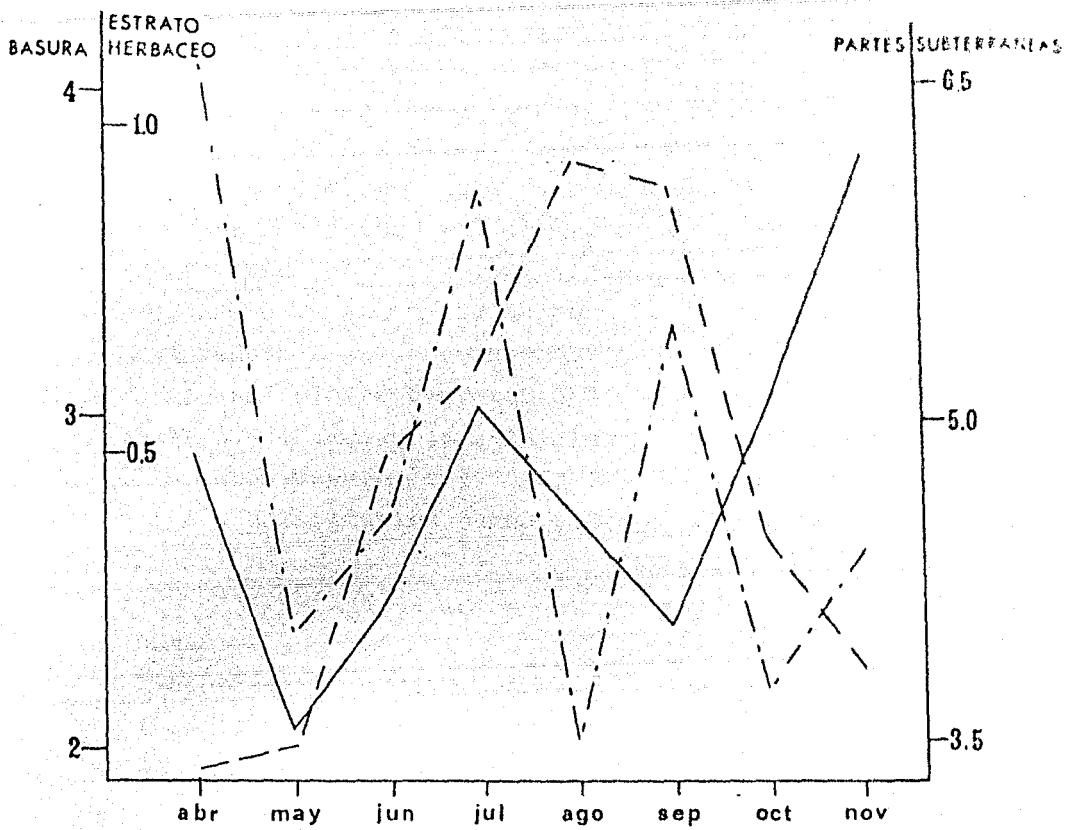


FIG.I. Variación anual de la biomasa (peso seco en toneladas) en una pradera de Minnesota.

Especies dominantes: Stipa spartea, Poa pratensis y Andropogon gerardi. (De Ovington, Heitkamp y Lawrence, 1963).

- vegetación muerta y basura
- - - - - estrato herbáceo
- . - . - . - raíces y tallos subterráneos

Vo=material inicial

Los mismos autores indican que el crecimiento aéreo anual corresponde aproximadamente a la mitad de la máxima biomasa aérea en cada ciclo vegetativo, es decir, que se necesitan aproximadamente dos años para reemplazar a toda la biomasa vieja por nueva, pero eso no significa que toda ella desaparezca cada dos años, puesto que aún después de cuatro años queda un 9% del peso seco máximo (para los datos de 21). Midiendo periódicamente el contenido de energía en la vegetación aérea y en la basura y desecho de varios ecosistemas y su incorporación al suelo, se han calculado las velocidades de descomposición. Para el llamado -- pasto azul, se dan valores de velocidad de descomposición de aproximadamente 60% en época de crecimiento intenso, y de 35% en períodos de no crecimiento (21). (8) calculan las constantes de descomposición y humificación según (18) para cada capa de suelo de un pastizal:

$$K=(A/C)+A$$

Donde:

K=constante de descomposición

A=incremento anual

C=acumulación de desecho

y de acuerdo con K y la distribución del material en cada capa - suponen que hay una acumulación logarítmica de humus, hasta que se llega a un equilibrio entre la adición y la pérdida. Este equilibrio, o sea la estabilización de la cantidad de humus, es más rápido en suelos cálidos y húmedos (Russel, citado por 8). - El tipo de sustrato también determina la velocidad de descomposición de los restos orgánicos (18).

Se han realizado varios experimentos para evaluar el efecto de la remoción del desecho en pastizales. En una pradera, Pentfound (citado por 21) encontró que la remoción de la basura - aumenta la biomasa máxima en el ciclo siguiente, tal vez por eliminar la competencia entre los nuevos brotes de pasto, y por mejorar las condiciones de luz y temperatura en el suelo. Existen reportes que contradicen estos resultados. Por ejemplo Hopkins (citado por 21) dice que los beneficios de remover la basura pueden

ser contrarrestados por una mayor evaporación, y sugiere un mínimo de 15 a 18 pulgadas de precipitación en el verano para que el corte resulte benéfico.

La producción primaria de los pastizales llega a alcanzar niveles impresionantes; ésto es particularmente interesante ya que se suelen tener grandes cantidades de material creciendo sobre suelos generalmente considerados demasiado pobres para otro tipo de vegetación.

Cuando las plantas o partes de ellas se mueren, éstas se descomponen, humificando y reincorporando al suelo en forma aprovechable una cantidad grande de nutrientes; tal vez debería considerarse a la cubierta vegetal como un almacén de nutrientes, aún cuando exista una recirculación considerable de ellos. La cantidad de nutrientes acumulados en los vegetales, y su abundancia relativa, varían mucho de acuerdo con factores como el tipo de suelo y el clima. También hay variaciones en la acumulación de nutrientes a lo largo de la vida del pastizal y con cada ciclo anual (13, 41). Los siguientes datos (de 41) para un pastizal de Lolium sp. dan una idea de la abundancia relativa de algunos elementos en la biomasa, y de las cantidades de nutrientes que se pierden de los ecosistemas por cosecha:

Elemento	Potasio	Calcio	Magnesio	Fósforo	Nitrógeno
% del peso seco de partes aéreas	1.20	0.51	0.17	0.22	4.43

De aquí la práctica común de reponer mediante fertilizantes los materiales cosechados, o de quemar una parte de la cosecha y dejar las cenizas en el sitio.

En general los resultados de la fertilización son buenos en el pastizal (7, 9, 25, 35, 40, 51). El nutriente con el que generalmente se ha experimentado es el nitrógeno. Se ha observado que las adiciones de nitrógeno al suelo normalmente aumentan el rendimiento de la cosecha (9, 17, 25, 35, 52). La aplicación es más eficiente si va acompañada de suficiente irrigación y el nitrógeno se suministra en porciones distribuidas durante todo el ciclo vegetativo.

La respuesta de los pastos a diferentes cantidades de agua disponible ya se ha estudiado algo. En general se ha encontrado que al reducirse el agua el rendimiento se reduce considerablemente, pero no en forma lineal (9, 14, 25, 52). Las bajas en la producción se han incluso encontrado a potenciales de agua tan altos como -0.5 a -1.0 bares (12). Sin embargo, el contenido de proteínas por unidad de peso cosechado es mayor mientras menos agua en forma aprovechable haya (14). La correlación entre humedad disponible en el suelo y el rendimiento es tan grande (12, Blaisdell citado en 28, 29, 30, 31), que incluso se ha intentado predecir el rendimiento de la cosecha de varios pastos en base a la cantidad de agua (Sneva y Hyder, citados en 9, Trumble y Cornish citados en 29).

Respecto a la frecuencia, volumen y tiempo de corte sobre el rendimiento, en general se ha encontrado que el corte de las especies herbáceas retarda el crecimiento vegetativo y la reproducción. El volumen (5, 15, 17, 38, 51, 52) y la frecuencia de corte (15, 17, 38) tienen notable influencia sobre el rendimiento que se obtiene al cosechar. En la mayoría de los pastos, en los primeros dos años de corte severo no se advierten perjuicios, pero a partir del tercer año el rendimiento disminuye, posiblemente porque al principio los efectos favorables como menor competencia, aumento de la temperatura del suelo, etc. dominan sobre los desfavorables. Para pastos anuales o bianuales la etapa del ciclo vegetativo en que se corte influye mucho sobre el rendimiento. Si se cosecha en estados tempranos, es decir, antes del espigamiento, el daño es grave (28, 35, 51), debido entre otras cosas a la remoción del meristemo cuando el brote está poco desarrollado (Teel citado en 35). El resultado puede ser tan grave como el de una reducción en la floración (38), y reducción del tamaño y eficiencia del sistema radicular (Davidson y Troughton citados en 39). La etapa más peligrosa para hacer cortes severos parece ser entre la formación de los primordios florales y la maduración de la semilla, al menos para algunas especies (28).

La revisión bibliográfica anterior, si bien es incompleta da una idea aproximada del conocimiento sobre el tema. En vis

ta del interés de los pastizales como alimento para ganado, la experimentación se ha dirigido sobre todo hacia los siguientes puntos:

- a) Conocimiento de los niveles óptimos de fertilización, especialmente con nitrógeno.
- b) Efecto de la época de corte sobre el rendimiento, es decir, estudios sobre los cambios de productividad a lo largo del año.
- c) Relación entre la presión de pastoreo o agostadero y la producción.
- d) Desarrollo de variedades resistentes, de alto rendimiento, digestibilidad, palatabilidad y poder nutritivo.
- e) Combinación de cultivos, esencialmente gramíneas con leguminosas, para evitar agotamiento del suelo y para balancear la dieta del ganado.
- f) Efecto de factores como irrigación y severidad de corte sobre el rendimiento del pasto.

Poco se ha experimentado sobre otros aspectos que pudieran influir en el desarrollo de los pastos.

Aunque, como se dijo, algunos autores han intentado predecir el rendimiento en base a diferentes factores, la gran mayoría ha intentado mediante sus experimentos encontrar las condiciones ideales de crecimiento para una determinada especie. Teniendo en cuenta que por muchos motivos no siempre es posible trabajar bajo condiciones óptimas o seguir estrictamente una política de corte, se considera de gran utilidad poder estimar, si bien en forma aproximada, el rendimiento futuro bajo ciertas condiciones. Es evidente que mientras mejor se conozca el efecto de un mayor número de variables, mejor será la estimación de la cosecha que puede eventualmente obtenerse de un pastizal. Desgraciadamente, en parte por falta de información y en parte porque los estudios se han realizado con otra orientación, no es fácil por el momento describir el crecimiento de una especie en base a factores climáticos y de manejo. El experimento que se llevó a cabo en este estudio permite conocer el efecto de la altura y periodicidad de los cortes sobre el rendimiento de Lolium perenne. Aunque aspectos como el clima pueden tener mayor influencia, los factores estudiados, por ser controlables, resultan más interesantes.



#### IV. PLANTRAMIENTO DE UN EXPERIMENTO

La curva de crecimiento de la mayoría de las especies vegetales (rendimiento anual acumulado en el tiempo) es de tipo sigmoide. Este patrón de crecimiento, aunque en su forma general es bastante constante, se puede modificar por factores climáticos tales como temperatura, iluminación, humedad disponible del suelo, cantidad de nutrientes presentes, competencia, duración del día, etc. Cuando ninguno de estos factores es apreciablemente limitante, la producción de un pastizal fluctúa cíclicamente en forma semejante a como se muestra en la Fig. 2 para pasto Timothy. El patrón es bastante constante para muchas especies. Periódicamente el material muere, finalizando así un ciclo. No todo el material, sin embargo, es eliminado como basura. Hay un cierto volumen  $V_0$  que debe permanecer vivo, tal vez en forma latente como semillas, estructuras vegetativas, etc. Cuando algunas características ambientales propician un aumento de la productividad primaria, se reinicia el crecimiento, llegándose eventualmente a alcanzar la máxima producción, o biomasa máxima potencial  $V_{max}$ , determinada por factores tanto genéticos como ambientales, para de nuevo disminuir hacia el final del ciclo vegetativo.

Como hipótesis de trabajo se supuso que el crecimiento de una zona de pasto sigue el modelo propuesto por T. B. Robertson (citado en 37) y que se esquematiza en la Fig. 3. Según Robertson, la tasa de crecimiento en cualquier momento es proporcional a la máxima biomasa potencial menos la cantidad formada hasta el momento:

$$\frac{d V_t}{dt} = k V_t (V_{max} - V_t)$$

Donde:

$$\frac{d V_t}{dt} = \text{tasa de crecimiento en el momento } t$$

$V_t$  = biomasa en el tiempo  $t$

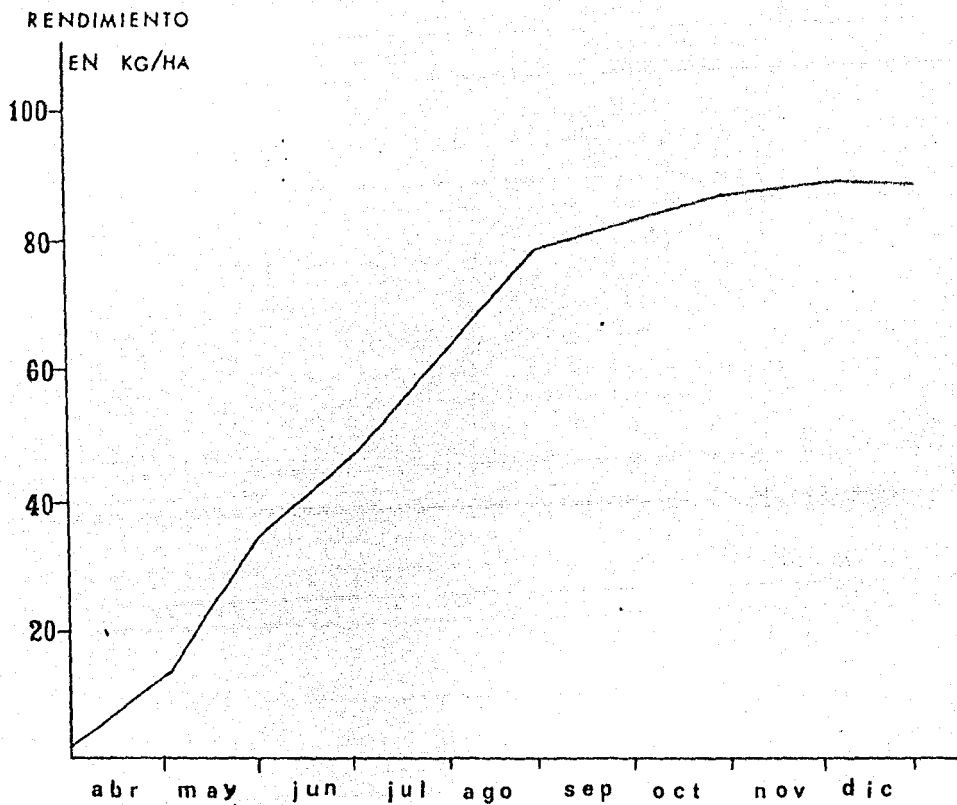


FIG. 2. Acumulación del rendimiento anual de materia vegetal para pasto Timothy , var. S. 5I. (Adaptado de Anslow y -- Green , 1967).

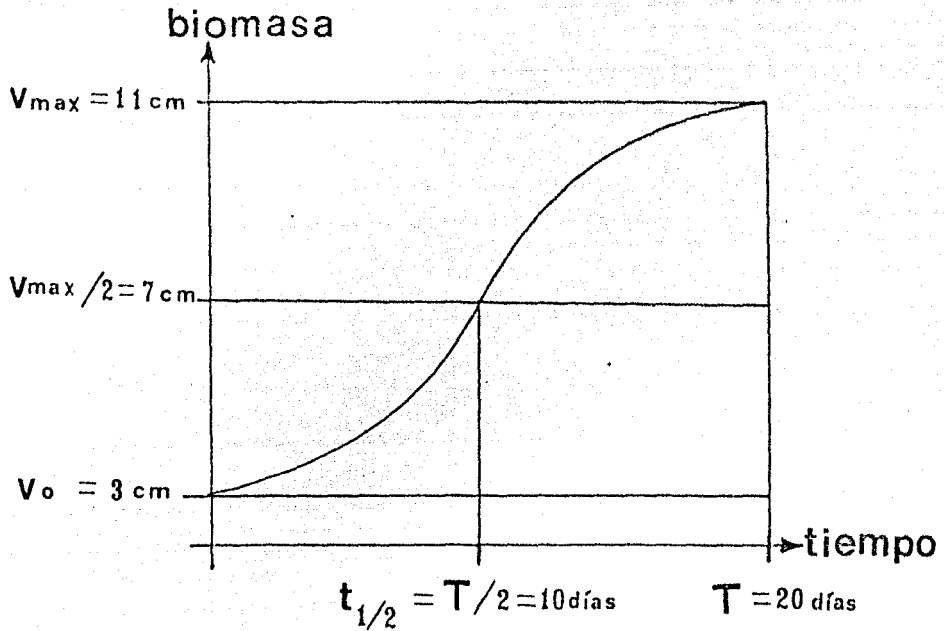


FIG. 3. Curva hipotética de crecimiento para el pasto Lolium perenne .

$V_{\max}$  = máxima biomasa potencial

$V_0$  = mínima altura de corte

$T$  = duración del ciclo vegetativo

$V_{max}$  = máxima biomasa potencial

$k$  = constante

Integrando:

$$\frac{1}{V_{max}} \ln \frac{V_t}{V_{max}-V_t} = k (t-t_{1/2})$$

Donde  $t_{1/2}$  es la constante de integración y representa el tiempo necesario para alcanzar la mitad de la máxima biomasa.

Si se utiliza logaritmo base 10, la ecuación se transforma en:

$$\log \frac{V_t}{V_{max}-V_t} = K (t-t_{1/2})$$

Donde:

$$K = \frac{k V_{max}}{2.31}$$

Además se planteó como hipótesis que la curva es simétrica, es decir, que si la máxima biomasa  $V_{max}$  se alcanza en el tiempo  $T$ , la mitad de  $V_{max}$  se alcanzará en un tiempo  $T/2$ .

La curva hipotética de crecimiento sería entonces:

$$\log \frac{V_t}{V_{max}-V_t} = K (t-t_{1/2}) = K (t-T/2)$$

Una segunda hipótesis es la de suponer que los cortes realizados no alteran los ciclos subsecuentes, es decir que la productividad no se ve alterada por los cortes frecuentes.

En el experimento que se plantea a continuación se intenta estudiar el ciclo vegetativo del pasto Lolium perenne, la influencia de la política de corte sobre el rendimiento, y el efecto de cortes sucesivos sobre el desarrollo. La influencia de la humedad del suelo, fertilización y clima sobre el ciclo vegeta

tivo, resulta de sumo interés cuando se intenta hacer una descripción del crecimiento vegetal. Sin embargo, como un primer ensayo que se ha decidido estudiar solamente la influencia de la política de corte (diferentes alturas y diferentes frecuencias). Posteriormente podrían incluirse mayor cantidad de parámetros.

### EXPERIMENTO

La descripción del ciclo vegetativo según la curva hipotética de crecimiento (Fig. 3), supone el conocimiento de al menos los siguientes parámetros:

$V_{max}$ , la máxima biomasa potencial

$T$ , la duración del ciclo, o tiempo necesario para alcanzar  $V_{max}$

$V_0$ , la cantidad mínima de material que debe permanecer en el sistema para lograr una completa regeneración en el ciclo siguiente

La determinación cuidadosa de dichos parámetros puede constituir en sí un experimento. Para fines prácticos, sin embargo, se adoptó el valor  $V_0=3$  cm. recomendado en la literatura. Los valores de  $V_{max}=11$  cm. y  $T=20$  días se fijaron en base a observaciones preliminares, realizadas antes de la iniciación del experimento propiamente dicho.

Basándose en la curva hipotética de crecimiento se fijaron tres políticas de corte (Fig. 4):

- Política I.- Corte del pasto hasta la altura mínima  $V_0$ ,  $T$  días después de la iniciación del ciclo vegetativo
- Política II.- Corte hasta la mitad de la altura máxima,  $V_{max}/2$ ,  $T$  días después de iniciado el primer ciclo vegetativo, y en lo sucesivo cada  $T/2$  días
- Política III.- Corte hasta la altura mínima  $V_0$  cada  $T/2$  días.

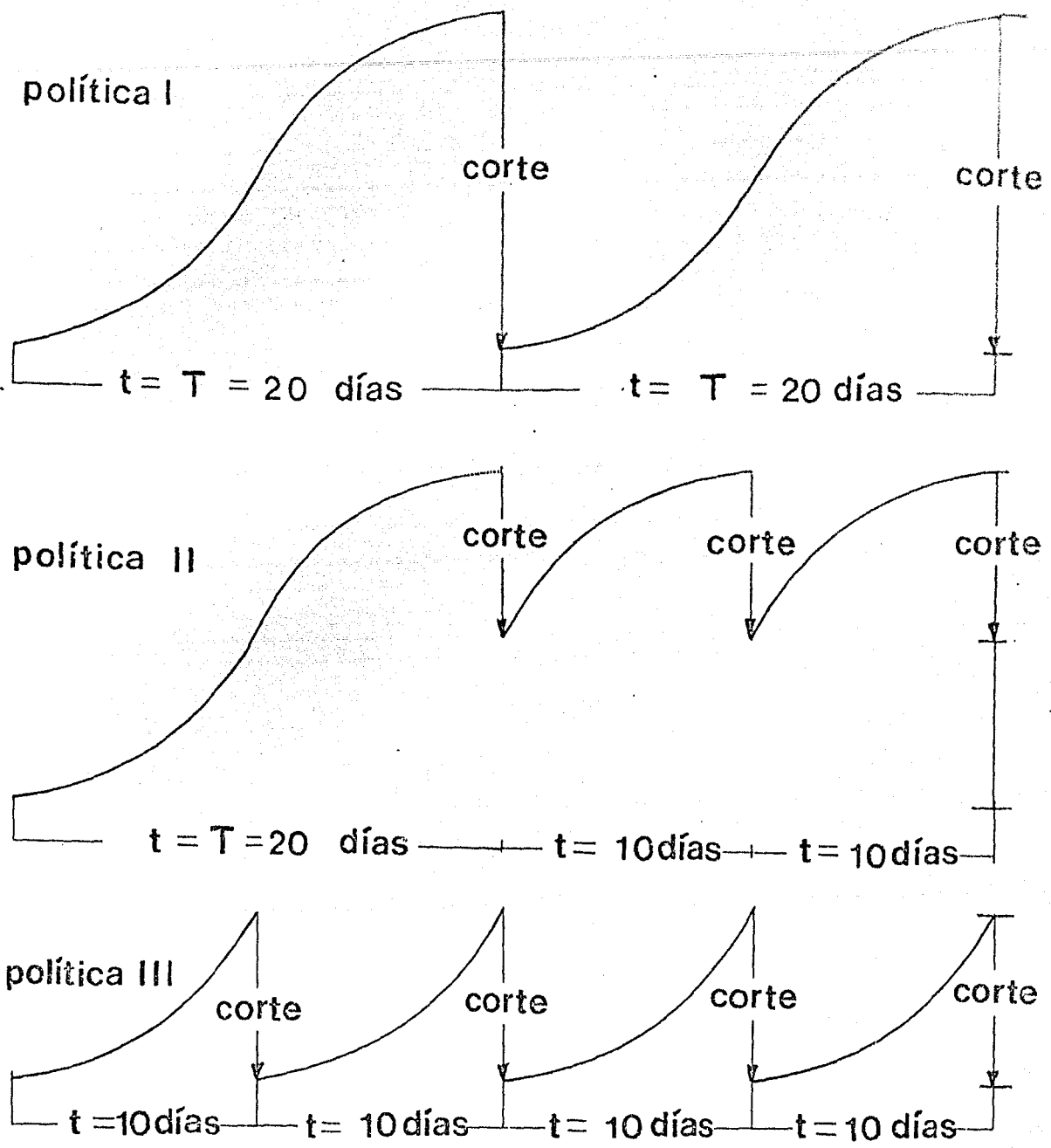


FIG. 4. Sinopsis de las tres políticas de corte.

Teóricamente, si la curva de crecimiento es como se planteó en la hipótesis, la cantidad de material cosechado al cabo de varios ciclos de T días cada uno, debe ser igual para cada política en todos los ciclos, esto es, que los cortes no afectan el comportamiento posterior del pasto. Es necesario hacer notar que en vista de la dificultad para estimar la biomasa en forma íntegra, el experimento se plantea considerando solamente el crecimiento de las partes aéreas. Además, como es difícil hacer una estimación de la cantidad de material aéreo sin dañar a las plantas, se ha optado por estimar el crecimiento máximo potencial en base a la altura.

### V. MATERIAL Y METODO

En terrenos del Instituto de Ingeniería, U. N. A. M., se construyó un invernadero de lámina translúcida, de 9.00 m. de largo, 4.75 m. de ancho y 2.25 m. de altura, con ventanas desde el nivel del suelo hasta una altura de 1.50 m. en ambas paredes longitudinales. Estas ventanas permanecían abiertas durante el día y se cerraban en las noches y en caso de lluvia.

El área del invernadero se dividió en 8 zonas o parcelas experimentales, dos de ellas de 1.00 X 1.00 m., y las restantes de 2.00 X 1.00 m., dispuestas como se indica en la Fig. 5. El terreno en el área experimental fue un suelo franco con capacidad de campo de 34% de humedad sobre peso seco.

El día 6 de marzo de 1974 se hizo la siembra a partir de semillas de pasto inglés Lolium perenne en una densidad de 50 gr./m<sup>2</sup> (100 gr. por parcela). El 14 de marzo se hizo una resiembra. A los 21 y 34 días desde la siembra (27 de marzo y 9 de abril respectivamente) se cortó el pasto de todas las parcelas hasta una altura de 3 cm., mínima recomendada para la especie. Esos cortes se hicieron con el objeto de permitir un período de establecimiento más o menos homogéneo. Observaciones realizadas durante este período permitieron fijar en 20 días el tiempo necesario para alcanzar la altura máxima, es decir, para que la curva de crecimiento, altura contra tiempo, se hiciera asintótica.

Antes de sembrar se aplicó fertilizante (2 kg. de humus por parcela) e insecticida (Paratión metílico al 0.05%) al suelo. Durante todo el experimento se midió la evaporación de agua diariamente, y la cantidad de agua de riego aplicada.

A partir del día 9 de abril (34 días desde la siembra), fecha en que se hizo el último corte preliminar, se iniciaron los cortes experimentales, de acuerdo con las tres políticas de corte:

- Política I.- Corte hasta 3 cm. cada 20 días
- Política II.- Corte hasta 7 cm. cada 10 días
- Política III.- Corte hasta 3 cm. cada 10 días

Estos cortes se repitieron durante cuatro ciclos de 20 días cada uno, de manera que el último corte se hizo el día 10. de



julio.

Al azar se asignaron dos parcelas experimentales de 2 m<sup>2</sup> para cada política, en la siguiente forma (Fig. 5):

Parcelas 3 y 6 - Política I.

Parcelas 2 y 8 - Política II.

Parcelas 4 y 7 - Política III.

Originalmente se pensó en dejar las parcelas de 1 m<sup>2</sup> (1 y 5) como testigos, y para efectuar observaciones adicionales. Sin embargo, dado que en todas las parcelas hubo un notorio efecto de orilla, y puesto que las parcelas 1 y 5 tenían más orilla - por unidad de área, se optó por no incluirlas en los experimentos. De cualquier manera, se cortaron tres veces durante el experimento y se anotó su rendimiento.

A intervalos irregulares se hicieron mediciones en zonas escogidas al azar de la altura del pasto, con objeto de tener una idea del crecimiento. Las medidas se tomaron marcando en una tarjeta la altura del vástago principal de cada pasto. El rendimiento se midió mediante el peso seco (80°C) del pasto recogido - en cada corte. Tanto los cortes como las mediciones de altura se hicieron siempre por las mismas personas.

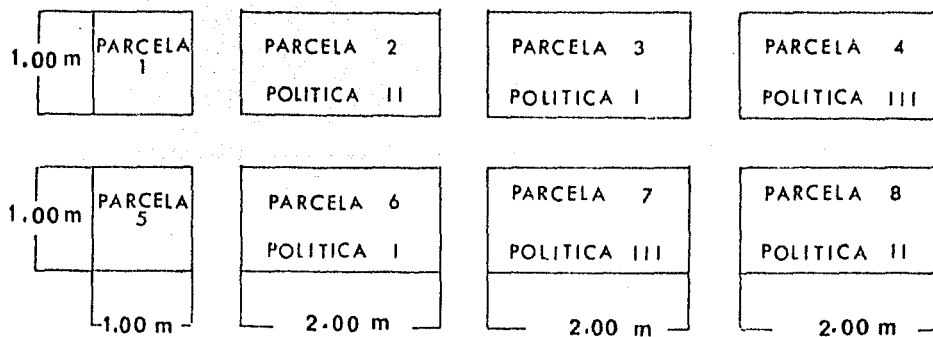


FIG. 5. Esquema de la distribución de las parcelas experimentales, y política a la que fueron asignadas.

## VI. RESULTADOS EXPERIMENTALES

### CORTES PRELIMINARES

Los resultados del rendimiento obtenido en los dos cortes preliminares se presentan en la Tabla 1.

En el análisis de variancia de estos resultados (Tabla 2) no se encontraron diferencias significativas, lo que permite suponer que los cortes experimentales se iniciaron con una población homogénea.

### CORTES EXPERIMENTALES

La Fig. 6 presenta algunas de las mediciones de altura tomadas durante el experimento. Se puede notar que las frecuencias aparentemente siguen una distribución gamma. La media, moda, y desviación estándar para cada distribución se presentan en la Tabla 3. Se advertirá que, como es de esperarse para una distribución sesgada, la media y la moda difieren notablemente (27). Por este hecho, se consideró más apropiada la moda como representante de la altura en las parcelas. Un caso de interés especial es el de las alturas medidas el día 30 de abril en la parcela 8 (ver Fig. 6), ya que fue principalmente en base a ella que se determinó la altura de corte para la Política II. La media de la muestra es  $\bar{x}=13.92$  cm.; la moda es  $m=11.50$  cm.; ésta última se considera como altura máxima de crecimiento,  $V_{max}$ . La política de corte II, como se explicó antes, consistió en cortar cada 10 días hasta la mitad de la altura máxima. Así, los cortes en las parcelas 2 y 8 se hicieron hasta una altura de 7 cm.:

$$((V_{max}-V_0)/2)+V_0 = ((11.50-3.00)/2)+3.00 = 7.25$$

Esta determinación es un tanto arbitraria, en especial si se toma en cuenta la gran dispersión de los datos (ver valores de  $s$  en la Tabla 3). Ya se explicó antes que el valor  $V_0 = 3$  cm. se adoptó de la literatura.

PARCELA	ASIGNADA A LA POLITICA	MARZO 27	ABRIL 9	TOTAL
3	I	45.72	177.80	223.52
6	I	59.40	132.20	171.60
2	II	44.81	105.70	150.51
8	II	33.17	133.10	166.27
4	III	37.29	137.90	175.19
7	III	26.78	136.70	163.48
I	testigo	11.62	127.00	138.62
5	testigo	24.86	127.40	152.26

TABLA 1. Rendimiento obtenido en los cortes preliminares de establecimiento (peso seco en gramos).

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	F.05
política asignada	3	2952.95	984.32	2.41	6.59
error	4	1633.62	408.41		
total	7	4586.57			

TABLA 2. Resumen del análisis de variancia para los cortes preliminares de establecimiento.

FRECUENCIA

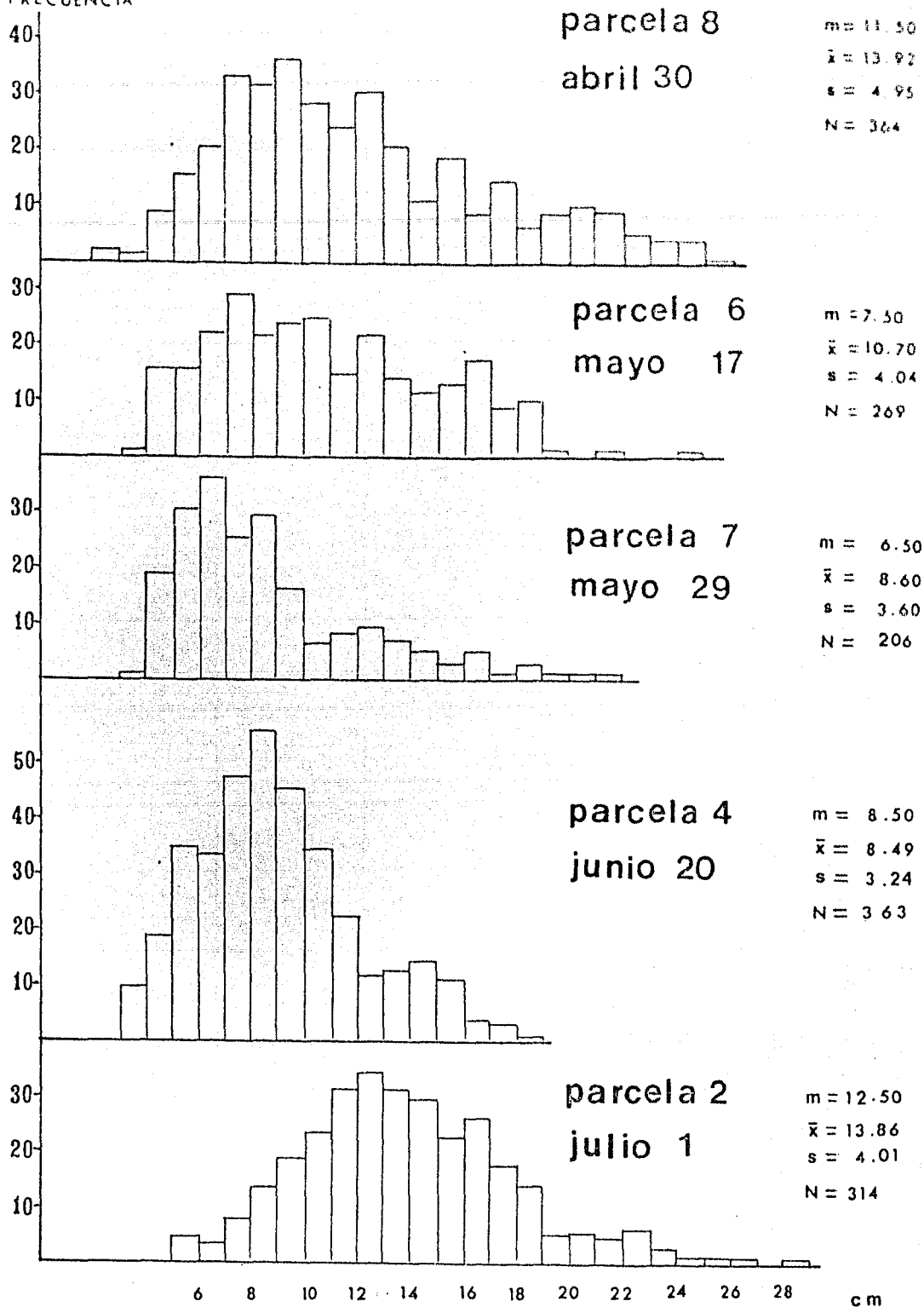


FIG.6. Distribución de frecuencia de alturas en algunas de las mediciones experimentales. (m=moda,  $\bar{x}$ =media, s=desviación estándar, N=tamaño de muestra, en cm.)

FECHA	PARCELA	MODA	ME DIA	DESVIACION ESTANDAR	TAMANO MUESTRA
ABRIL 9 corte					
ABRIL 20	I	12.50	13.58	2.64	243
	5	8.50	9.58	3.16	289
ABRIL 24	I	8.00	9.28	3.66	330
	5	6.00	9.28	3.41	273
	3	9.00	10.22	4.08	376
ABRIL 30	I	9.50	11.13	3.92	298
	5	7.50	10.24	4.27	279
	2	12.00	18.25	5.93	319
	8	11.50	13.92	4.95	364
MAYO 2 corte					
MAYO 6	I	3.50	4.35	1.56	219
	5	4.50	6.53	2.23	92
	3	4.50	6.95	2.44	128
	6	4.50	7.75	3.26	128
	2	13.00	14.74	5.69	400
	8	8.50	8.76	3.08	195
	4	3.50	5.05	2.08	97
	7	3.50	5.83	2.21	133
MAYO 9	I	5.50	5.84	2.27	170
	5	5.50	5.91	1.99	214

TABLA 3. Resultados de las mediciones de altura tomadas durante el experimento (datos en cm.).

FECHA	PARCELA	LODA	LFDA	DESVIACION ESTANDAR	TINAJA FUENTE
MAYO 9	3	4.50	6.87	3.22	314
	6	5.50	9.07	3.76	138
	2	11.50	13.31	4.90	304
	4	4.50	6.01	2.97	321
	7	4.50	7.23	3.72	325
MAYO 10 corte					
MAYO 17	1	5.50	7.40	3.09	143
	5	5.50	7.10	3.12	180
	3	7.50	8.52	4.07	323
	6	7.50	10.70	4.04	269
	2	9.50	10.96	4.12	290
	8	7.00	8.99	2.93	220
	4	4.50	5.81	2.41	312
	7	4.50	6.07	2.40	243
MAYO 20 corte					
MAYO 29	1	6.50	10.93	5.69	176
	5	6.50	8.48	3.49	158
	3	4.50	8.04	4.37	274
	6	6.50	9.17	4.23	291
	2	8.50	11.46	5.08	291
	8	8.50	10.95	4.73	269
	4	5.00	6.36	2.87	339
	7	6.50	8.60	3.60	206
MAYO 30 corte					

TABLA 3. Continuación.

FECHA	PARCELA	MODA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	TAMAÑO MUESTRA
JUNIO 5	3	6.50	10.65	6.45	448
	6	7.50	6.76	2.66	443
	2	6.50	10.59	4.48	484
	8	8.50	11.68	4.58	326
	4	5.50	6.41	2.10	131
	7	5.50	8.79	3.01	167
JUNIO 10	1	4.50	7.17	3.10	173
	3	7.50	12.03	5.72	533
	6	9.50	13.85	4.58	329
	2	11.00	13.29	4.35	517
	8	10.50	11.93	4.72	105
	4	5.50	7.54	2.92	499
	7	7.50	8.78	2.40	469
JUNIO 10 corte					
JUNIO 20	1	9.50	10.98	3.56	141
	3	7.50	8.88	3.53	398
	6	9.50	9.48	3.27	376
	2	11.50	14.36	5.14	439
	8	9.50	11.68	4.58	326
	4	8.50	8.49	3.24	363
	7	8.50	8.64	2.78	336
JULIO 10	1	6.50	8.16	2.88	216
	5	6.50	7.64	2.61	95
	3	10.50	14.83	7.20	338
	6	10.50	13.35	4.59	152

TABLA 3. Continuación.

FECHA	PARCELA	MODA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	TAMANO MUESTRA
JULIO 10	2	12.50	13.86	4.01	314
	8	9.50	12.75	4.08	285
	4	6.50	9.56	4.11	169
	7	13.50	13.58	2.35	60
JULIO 10 corte					

TABLA 3. Continuación.

POLITICA	PARCELA	ABRIL 19	MAYO 2	TOTAL	PROMEDIO
I	3		160.08	160.08	158.18
	6		156.28	156.28	
II	2		108.28	108.28	121.18
	8		134.08	134.08	
III	4	99.60	73.48	173.08	162.48
	7	89.50	62.38	151.88	

TABLA 4-a. Primer ciclo de corte.

TABLA 4. Rendimiento obtenido en los cuatro ciclos de corte (peso seco en gramos).



POLITICA	PARCELA	MAYO 10	MAYO 20	TOTAL	PROMEDIO
I	3		96.00	96.00	111.99
	6		127.99	127.99	
II	2	43.27	36.04	79.31	83.13
	8	47.08	39.97	87.05	
III	4	38.99	25.20	64.19	62.13
	7	34.93	25.15	60.08	

TABLA 4-b. Segundo ciclo de corte.

POLITICA	PARCELA	MAYO 30	JUNIO 10	TOTAL	PROMEDIO
I	3		132.80	132.80	158.68
	6		184.56	184.56	
II	2	63.22	47.31	110.53	127.88
	8	87.72	57.51	145.23	
III	4	63.08	65.23	128.31	129.17
	7	64.51	65.53	130.04	

TABLA 4-c. Tercer ciclo de corte.

POLITICA	PARCELA	JUNIO 20	JULIO 10	TOTAL	PROMEDIO
I	3		109.72	109.72	107.53
	6		105.34	105.34	
II	2	82.22	53.28	135.50	134.44
	8	62.41	70.97	133.38	
III	4	49.33	49.44	98.77	86.07
	7	37.50	35.90	73.40	

TABLA 4-d. Cuarto ciclo de corte.

TABLA 4. Continuación.

Con respecto al rendimiento, los resultados para los cuatro ciclos de corte se presentan en las Tablas 4 y 5, y Fig 7. El rendimiento acumulado al final de cada ciclo, graficado en la Fig. 8, indica ya a simple vista que para el final del cuarto ciclo de corte el rendimiento fue notablemente diferente según cada política. La confirmación se obtuvo mediante un análisis de variancia (Tabla 6). Según los valores de F, tanto las medias entre políticas de corte como entre ciclos de corte difieren significativamente al nivel 0.05. (10, 19, 26, 27).

Para saber específicamente cuáles medias diferían entre sí, se realizaron pruebas de Tukey (19, 27) para políticas y para ciclos. Los resultados (Tabla 7) muestran que:

a) Para las políticas de corte, las medias están en el siguiente orden decreciente de rendimiento: Política I, Política II, Política III. Sin embargo, no hay diferencias entre las medias I y II ni entre las medias II y III. Solamente difieren entre sí las medias de las Políticas I y III.

b) Para los ciclos de corte, las diferencias entre medias son significativas al nivel 0.05. Así, en orden de mayor a menor rendimiento tenemos: primer ciclo, tercer ciclo, cuarto ciclo, segundo ciclo. Según la prueba de Tukey las diferencias entre el tercer y cuarto ciclos son significativas, pero no lo son las diferencias entre los ciclos 1 y 3, o 2 y 4.

Un hecho interesante que se puso en evidencia mediante el análisis de variancia es que no hay aditividad entre los efectos de renglón y columna ( ver valor de F para Interacción en la Tabla 6), por lo que los valores de F se obtuvieron comparando los cuadrados medios de columnas y renglones con el cuadrado medio dentro de grupos (10, 19).

Por último, se intentó relacionar la altura alcanzada antes de cada corte con el rendimiento obtenido. Una inspección de los resultados (Tabla 8) demuestra que no se puede hacer esta relación, puesto que incluso hay marcadas diferencias entre dos parcelas de un mismo tratamiento para una misma fecha.

POLITICA	PARCELA	ABRIL 19	MAYO 2	MAYO 10	MAYO 20
I	3		160.08		256.08
	6		156.28		256.27
II	2		108.28	152.55	187.99
	8		134.08	181.16	221.13
III	4	99.60	173.08	212.07	237.27
	7	89.50	151.88	186.81	211.96
POLITICA	PARCELA	MAYO 30	JUNIO 10	JUNIO 20	JULIO 10
I	3		388.88		498.60
	6		468.83		574.17
II	2	250.81	298.12	380.34	433.62
	8	308.85	366.36	428.77	499.74
III	4	300.35	365.58	414.91	464.35
	7	276.47	342.00	379.50	415.40

TABLA 5. Rendimiento acumulado en los cuatro ciclos de corte (peso seco en gramos).

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	F <sub>0.05</sub>
entre grupos	11	22375.489	2034.135	7.20+	2.72
políticas	2	2481.912	1240.956	4.39+	3.89
ciclos	3	14245.156	4748.385	16.80+	3.49
interacción	6	5648.421	941.404	3.33+	3.00
dentro de grupos	12	3391.589	282.632		
total	23	25767.078			

TABLA 6. Análisis de variancia de los resultados experimentales.

+ valores significativos al nivel .05

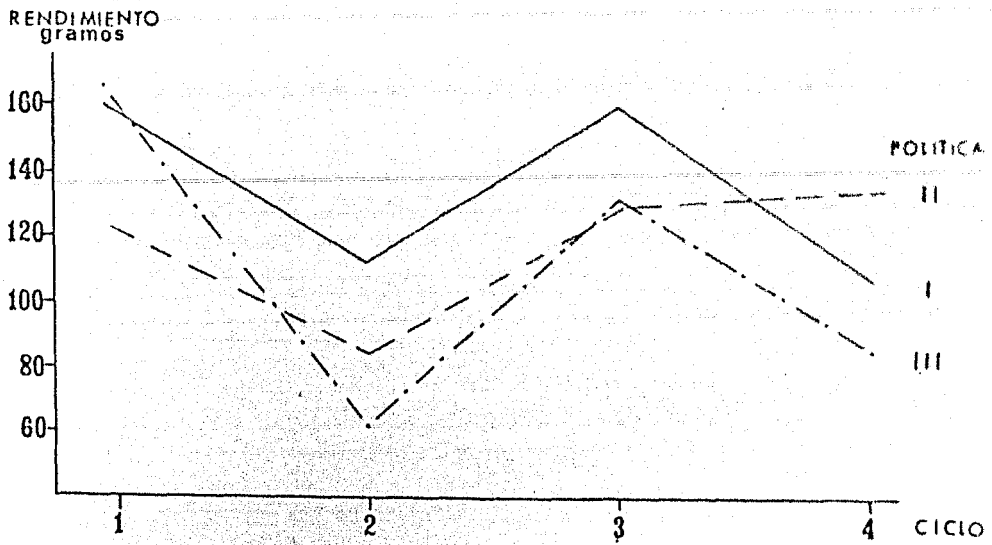


FIG. 7. Rendimiento obtenido en los cuatro ciclos de corte (promedio de dos parcelas por política ).

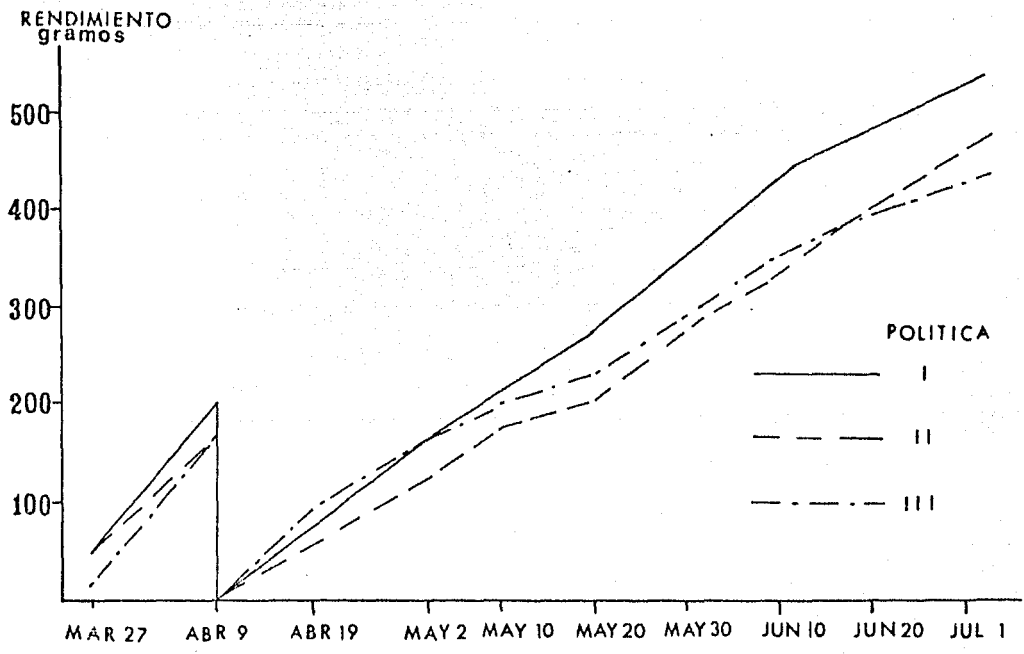


FIG. 8. Rendimiento acumulado en el período de establecimiento y en los cuatro ciclos de corte.

	DMSH	POLITICA I	POLITICA II	POLITICA III	
medias	22.41	134.09	116.67	109.96	
categoría de significancia		a	a b	b	
diferencias entre las medias:					
I y III = 24.13+					
I y II = 17.42					
II y III = 6.71					
	DMSH	CICLO 1	CICLO 3	CICLO 4	CICLO 2
medias	28.83	147.28	137.57	109.35	85.77
categoría de significancia		a	a	b	b
diferencias entre las medias:					
1 y 2 = 61.51+					
1 y 4 = 37.93+					
3 y 2 = 52.80+					
1 y 3 = 8.71					
3 y 4 = 29.22+					
4 y 2 = 23.58					

TABLA 7. Prueba de Tukey para diferencias entre medias (rendimiento promedio en gramos).

8 datos por política, 6 datos por ciclo,  
12 grados de libertad.

DMSH = diferencia mínima significativa honesta al nivel 0.05

+ valores significativos al nivel 0.05

FOLETICA	PARCELA	MAYO 10	MAYO 20	MAYO 30
I	3		0.7812	
	6		0.5859	
II	2	2.6577	2.6358	1.3445
	8	-	1.7513	0.9689
III	4	1.1541	1.7857	0.7926
	7	1.2883	1.7892	1.0075
POLITICA	PARCELA	JUNIO 10	JUNIO 20	JULIO 10
I	3	0.5647		0.9569
	6	0.5147		0.9967
II	2	2.3250	1.5986	2.5460
	8	1.8257	1.5221	1.5385
III	4	0.8431	1.7230	1.3147
	7	1.1445	2.2666	3.7604

TABLA 8, Cociente altura/rendimiento para cada corte experimental (altura - en mm. , rendimiento en gramos de peso seco).

CICLO 1	CICLO 2	CICLO 3	CICLO 4
Abril 9 a Abril 19 23 mm.	Abril 30 a Mayo 10 20 mm.	Mayo 20 a Mayo 30 18 mm.	Junio 10 a Junio 20 13 mm.
Abril 19 a Abril 30 34 mm.	Mayo 10 a Mayo 20 34 mm.	Mayo 30 a Junio 10 26 mm.	Junio 20 a Julio 10 22 mm.

TABLA 9. Evaporación de cuba durante el experimento.

## VII. DISCUSION

### METODO

Se tiene presente que muy probablemente hubo un porcentaje considerable de error al hacerse las mediciones de altura en las parcelas. Este error, sin embargo, es difícil de cuantificar.

En cuanto al rendimiento, también puede suponerse que se cometieron errores considerables al cuantificarlo, ya que a pesar de las precauciones tomadas, nunca fue posible recolectar absolutamente todo el pasto cortado. Así, los valores reales de rendimiento tal vez sean ligeramente más altos que los reportados. Otras causas de error pudieron ser la no uniformidad de la altura de corte, y el procedimiento de secado de la cosecha. Quizás la fuente más grande de error se haya presentado al evaluar tanto la mínima cantidad de material que debe permanecer en la parcela ( $V_0$ ) como la máxima biomasa potencial ( $V_{max}$ ), en términos de altura. Idealmente, ambos parámetros deberían fijarse en términos de peso cosechable. En realidad, puesto que la altura mínima de 3 cm. fue fija para todos los tratamientos, puede aceptarse que su empleo no acarrea un error considerable. No así en el caso de la altura máxima, que fungió como base para fijar la altura de corte de la Política II, que consistió en cortar cada 10 días hasta la mitad de la altura máxima.

Se tienen reportados datos para la especie sobre la variación de la densidad de población con la altura, por ejemplo véase la Fig. 9; en este caso se está equiparando a la densidad de población con la biomasa. Con ciertas limitaciones, esto está justificado.

Desgraciadamente, por muchos motivos no pueden aplicarse los datos obtenidos bajo ciertas condiciones, a otras condiciones diferentes de experimentación. Sí puede suponerse, sin embargo, que la distribución densidad-altura sigue un patrón parecido. En tal caso, la altura promedio de un pastizal no sería un índice bueno de la biomasa presente. Esto queda confirmado si se analizan los datos de la Tabla 8. Existen, sin embargo, fuertes impe-

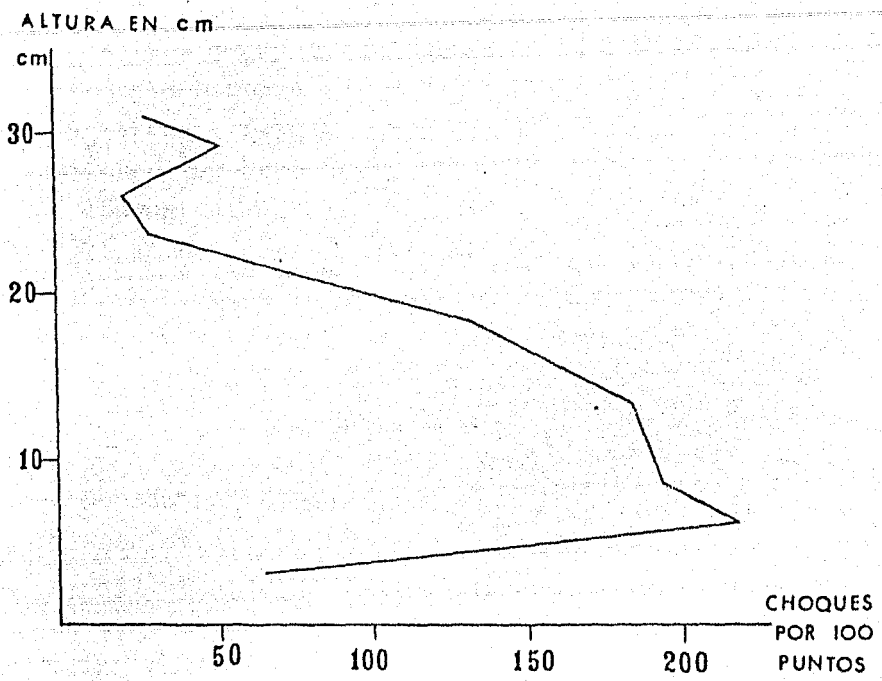


FIG. 9. Perfil de altura y densidad de un pastizal de Lolium perenne. ( Adaptado de Spedding y Large, 1957).



dimentos prácticos para estimar  $V_0$  y  $V_{max}$  en peso, principalmente porque todos los métodos implican corte de la muestra o requieren un instrumental costoso, como el propuesto por 46.

Por último se quiere hacer hincapié en que no se trabajó en sentido estricto con toda la biomasa, sino solamente con las partes aéreas. Aunque éstas son por lo general las de más interés económico, no debe despreciarse a las estructuras soterráneas, que tienen una influencia directa en el rendimiento. Baste recordar que el grado de proliferación de las raíces en un terreno define muchas veces la susceptibilidad a la sequía, a la escasez de nutrientes, etc.

### RESULTADOS

De las mediciones de altura a lo largo del ciclo pueden concluirse hechos interesantes. Como ejemplo típico de una secuencia de medidas se presenta en la Fig. 10 a la parcela 3, que de acuerdo con la Política I se cortó hasta 3 cm. cada 20 días. Si se analiza esta secuencia puede notarse que, poco después de hecho un corte, la distribución tiene un sesgo positivo muy fuerte, y la dispersión no es mucha. Conforme avanza el ciclo vegetativo, el sesgo se va reduciendo, y los valores de la media y la moda se acercan más entre sí. Por otra parte la dispersión se va haciendo mucho mayor y se tienen valores de altura muy grandes. Todo lo anterior parece indicar que en la población hay un gradiente de crecimiento, en donde los individuos crecen a más velocidad conforme son más altos. Este patrón puede explicarse quizás en términos de luz disponible a diferentes alturas.

Un resultado muy interesante es el obtenido en relación a las políticas de corte. Se puede decir que, en definitiva, tanto las políticas como la época de corte influyen sobre el rendimiento. Sin embargo, parece ser que bajo las presentes condiciones experimentales, tiene más importancia la fecha o época del año en que se corte que la política que se siga para hacer los cortes, aunque desde luego, los efectos son acumulativos y es muy probable que al cabo de un mayor número de ciclos el rendimiento acumulado sea mucho más diferente entre las tres políticas. La mayo

FRECUENCIA

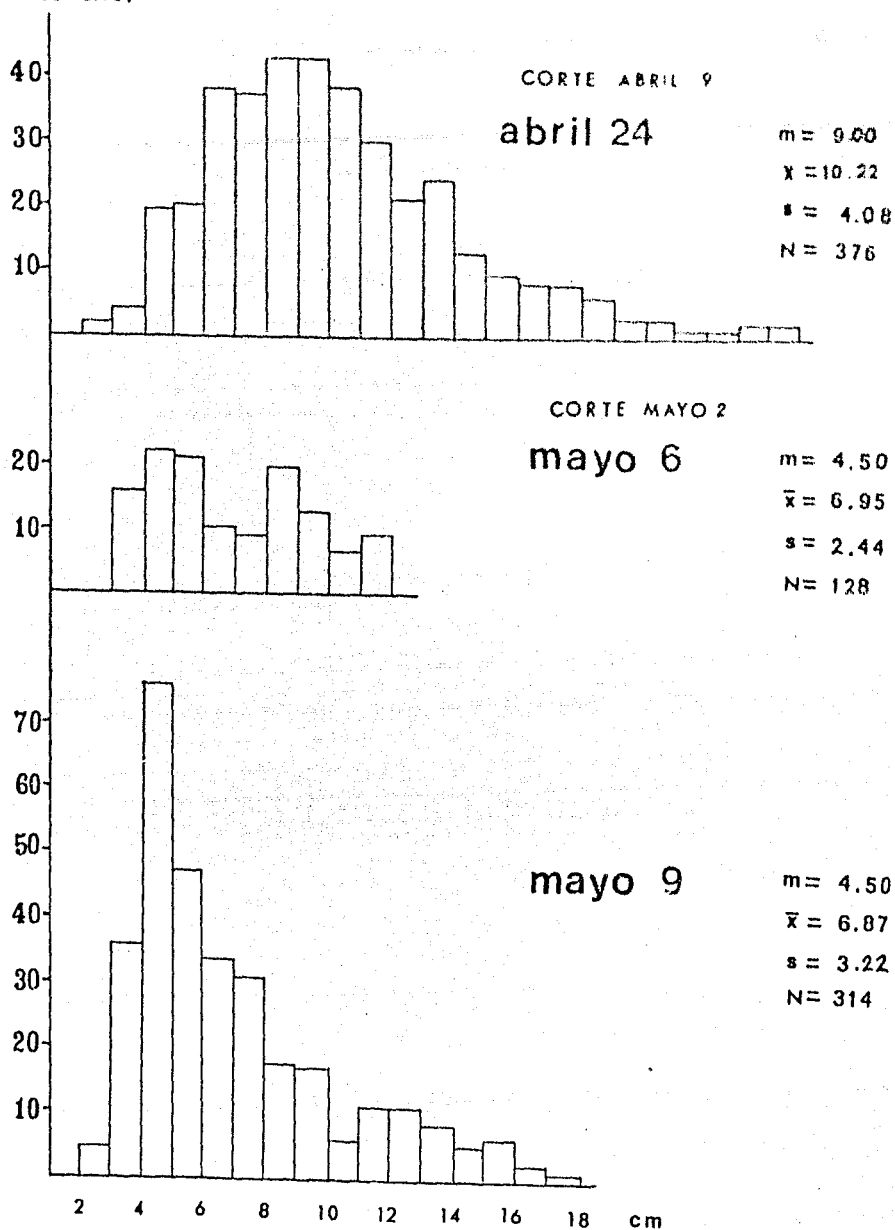


FIG. 10. Secuencia típica de mediciones de altura a lo largo del experimento ( $m$ =moda,  $\bar{x}$ = media,  $s$ = desviación estándar,  $N$ = tamaño de muestra. Datos en cm.)

FRECUENCIA

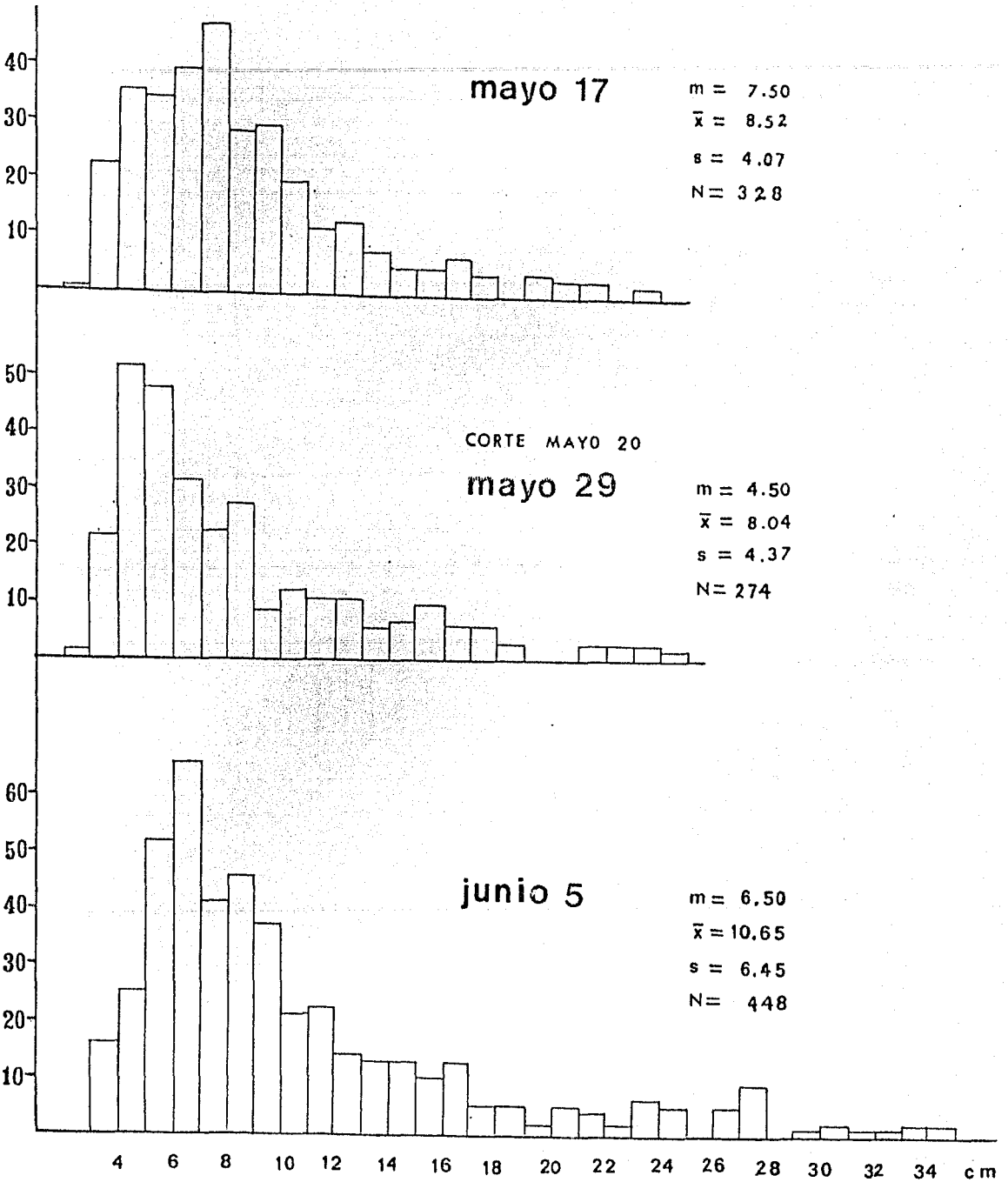


FIG.10. Continuación.

FRECUENCIA

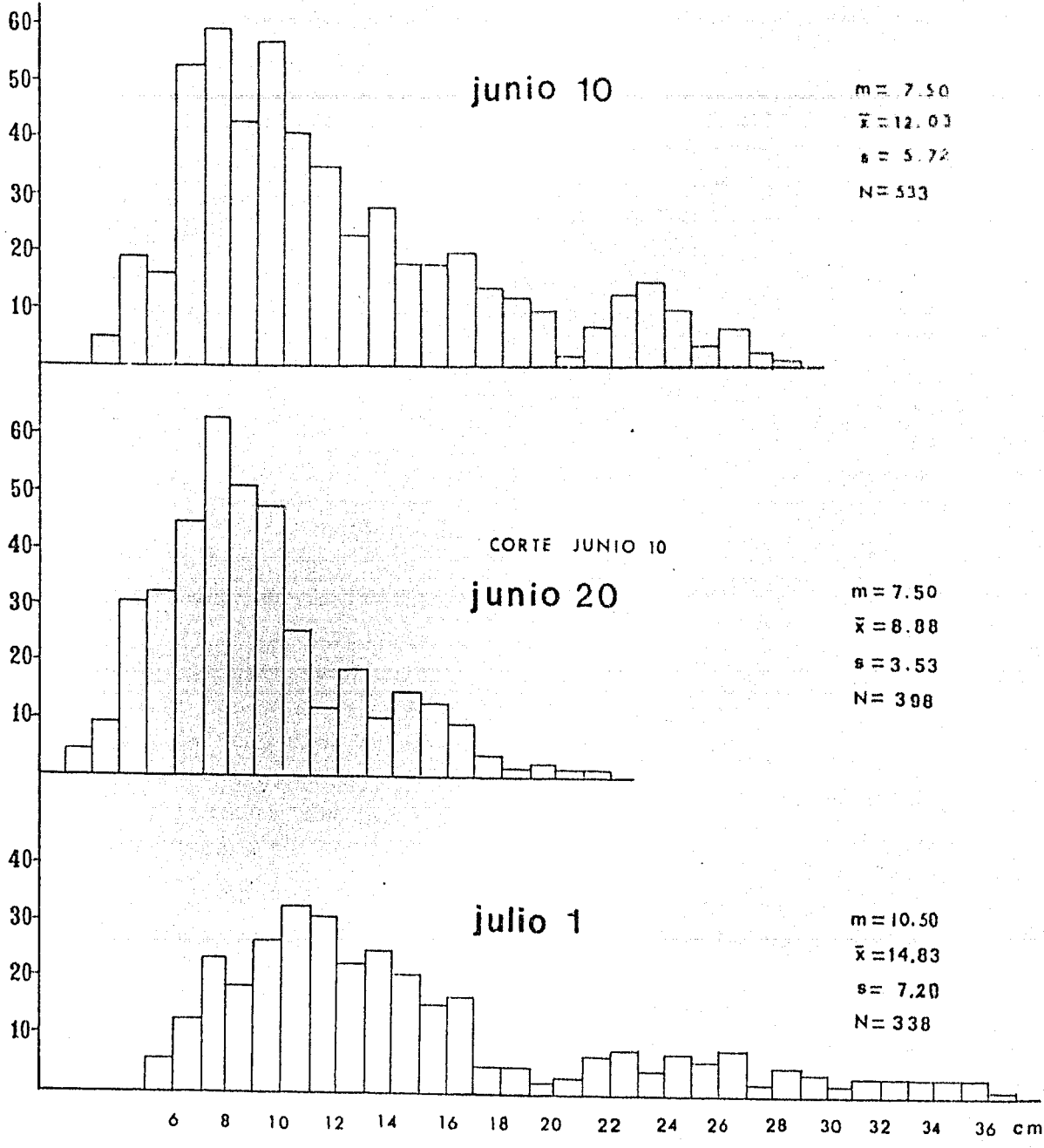


FIG.10. Continuación.

ría de los estudios sobre rendimiento de pastos, presentan diferencias entre tratamientos a partir del tercer ciclo de corte.

El hecho de que no se haya encontrado aditividad entre los efectos de política y época de corte plantea una cuestión interesante, ya que ninguna de las dos variables modifica independientemente el rendimiento, sino que existe una acción conjunta de ambas. Para las condiciones particulares de experimentación se puede decir que, dependiendo de la época, es más conveniente un tipo de corte que otro. Así, el máximo rendimiento se obtuvo para el primer ciclo de corte (abril 9 a mayo 2) con la Política III (corte hasta 3 cm. cada 10 días); para el segundo y tercer ciclos (mayo 2 a 20 y mayo 20 a junio 10 respectivamente), con la Política I (corte hasta 3 cm. cada 20 días), y para el cuarto ciclo (junio 10 a julio 10.) con la Política II (corte hasta 7 cm. cada 10 días).

El rendimiento total acumulado, sin embargo, es mayor para la Política I que para la II, y a su vez esta última da mejores resultados que la Política III.

Ya se ha discutido el problema que en un pastizal representan los bruscos cambios de productividad primaria a lo largo de un año. Las variaciones tan notables de rendimiento ocasionan problemas de todo tipo cuando se intenta planificar la explotación. Entre otras cosas, tanto la mano de obra como la maquinaria se utilizan en muy distinto grado a lo largo del año. Paralelamente, la cosecha puede en ocasiones ser superior a la demandada por el ganado o el mercado, presentándose problemas de almacenamiento; en otras épocas, por el contrario, la cosecha puede resultar insuficiente para satisfacer la demanda. Por lo tanto, las técnicas de riego y fertilización deben tender no solo a optimizar el rendimiento, sino a procurar que éste sea aproximadamente constante en todo el año, como lo sugiere Spedding. Si se agrega a esto el hecho de que por lo general la calidad del forraje va declinando conforme aumenta la velocidad de crecimiento, la planeación se complica aún más.

Por lo demás, en vista de que las irregularidades de la productividad están en su mayor parte determinadas por el clima, las variaciones en la tasa de crecimiento son tan predecibles co-

mo lo son las variaciones de temperatura, iluminación, evaporación potencial, etc. los resultados encontrados en este experimento demostraron precisamente que las mayores variaciones de rendimiento se tienen a causa de la época en que se corte. Ahora bien, debe hacerse notar que la humedad en el suelo no fue un factor apreciablemente limitante del crecimiento, ni se tuvieron pérdidas por acción de plagas. Es de esperar por tanto, que en zonas donde el cultivo de forrajes se haga sin irrigación, y donde se presenten variaciones climatológicas más intensas a lo largo del año, las diferencias en el rendimiento varíen aún más entre cada ciclo. Desgraciadamente, en su gran mayoría los cambios estacionales no son controlables, de tal suerte que intentar tener un crecimiento casi constante en todo el año, es prácticamente imposible.

Alcock, Lovett y Machin han hecho estudios muy interesantes sobre la influencia aislada de varios factores ambientales en la producción primaria de los pastos. Para Lolium perenne var. S.24 encontraron que, efectivamente, hay una marcada correlación entre la temperatura (grados-día acumulados sobre 5.5 °C) y el crecimiento. A este efecto atribuyen más del 80% de las variaciones en el rendimiento. En orden decreciente, los factores que le siguen en importancia son la temperatura mínima semanal y la radiación solar. El tipo de suelo incluye, desde luego, pero en grado muchísimo menor que el clima.

Los diferentes aspectos del clima, por otra parte, no afectan en forma igual a todas las especies, de manera que hacer generalizaciones puede dar estimaciones erróneas.

La evaporación de cuba medida a lo largo de los cuatro ciclos experimentales de corte (Tabla 9) aparentemente no está en relación con el rendimiento. Si se acepta que la evaporación puede usarse como índice de la temperatura durante el día, entonces las diferencias de rendimiento pudieron estar asociadas a otro factor climático. Todo parece indicar que este factor fue la cantidad de luz recibida por el pasto (intensidad y duración).

Las diferencias en rendimiento acumulado van siendo más grandes entre las tres políticas de corte conforme aumenta el número de ciclos. Esta diferencia es particularmente notable entre la Política I y las dos restantes. El diferente rendimiento se--

gún cada política puede atribuirse a varios motivos; quizás el principal sean las diferencias de superficie fotosintética que permanece después del corte. Así, el corte cada 10 días hasta 3 cm. (Política III) deja sólo una reducida superficie foliar, por lo que también la producción fotosintética es reducida. En el caso de la Política II (corte hasta 7 cm. cada 10 días) la superficie fotosintética es considerablemente mayor. No obstante, es probable que conforme se aproxima el final del ciclo y el área foliar aumenta, haya una creciente competencia por la luz en el área de pasto, con los niveles más altos interceptando prácticamente toda la irradiación. Aparentemente la Política I (corte hasta 3 cm. cada 20 días) representa un término medio entre muy poca y demasiada superficie foliar, favoreciendo el máximo aprovechamiento de la luz. En efecto, Blackmann y Black encontraron que cuando otros factores no son limitantes, el rendimiento anual de muchos pastos depende de la duración de la época de crecimiento, y del período durante el cual el índice de área foliar (LAI) es óptimo. Asociado con el LAI están también los cambios de temperatura del suelo y por lo tanto de la evaporación, que también pudieron influir en el crecimiento. En vista de que el rendimiento es diferente entre las tres políticas de corte, aún para el primer ciclo, parece ser que la curva de crecimiento no sigue el patrón presentado en la hipótesis, es decir, no se trata de una sigmoide simétrica. Como el rendimiento generalmente es mayor para los cortes hechos según la Política II (corte hasta 7 cm. cada 10 días) que para los hechos según la Política III (corte hasta 3 cm. cada 10 días), parece ser que la velocidad de crecimiento es mayor durante la segunda mitad del ciclo. Estos resultados también están de acuerdo con la proposición que se hizo sobre la relación área fotosintética-rendimiento, y coincide notablemente con los datos obtenidos por Anslow, según la reinterpretación de (4). Esos autores encontraron que para un pastizal de Lolium sp.:

a) El crecimiento de recuperación después de un corte sigue un patrón sigmoide

b) La tasa de crecimiento para valores bajos de LAI era baja, y la máxima tasa de crecimiento se tenía cuando la mayoría de la luz era interceptada por las hojas

c) La relación entre LAI y el rendimiento era lineal, indicando que el aumento de superficie fotosintética después de la defoliación también sigue un patrón sigmoide.

Asociado al factor luz va casi siempre el aspecto competencia. En el caso de que se sembrara el pasto inglés junto con otra especie (trébol, por ejemplo), el crecimiento podría variar debido a la competencia. A este respecto se tienen algunos resultados. Por una parte Harper (citado en 39) reporta que cuando Lolium perenne está en competencia, el rendimiento total no cambia, pero sí cambia el rendimiento relativo de cada especie. Thomson (42), por el contrario, no encuentra diferencias en el rendimiento del pasto inglés estando solo o en competencia. Faltan estudios a este respecto para poder tener un criterio exacto de evaluación de la competencia.

El reducido número de ciclos estudiados en este experimento no permite apreciar una baja considerable de la producción. Es de esperar, sin embargo, que las remociones continuas de materia vegetal ocasionen a la larga el agotamiento de algunos nutrientes del suelo, ya que, como se dijo, aparte de una reducida introducción por lluvia y otras fuentes, la mayor parte de los elementos incorporados al suelo provienen de la descomposición vegetal. Al ser retirada ésta, se van retirando cantidades considerables de nutrientes del suelo. Algunos datos sobre la cantidad de cada elemento que se retira con el corte se presentaron en la revisión bibliográfica. El conocimiento de la cantidad máxima que puede cosecharse sin perjuicio del rendimiento resultaría de gran utilidad, puesto que sería un índice de la época óptima para fertilizar. A este respecto ya se han hecho varios estudios que pueden tomarse como base. Entre los datos útiles que se tienen están la cantidad relativa de cada macroelemento que se almacena en las partes aéreas, y los requerimientos mínimos para el desarrollo de varias especies. El nitrógeno, como se mencionó en la revisión bibliográfica, parece ser el elemento de mayor influencia sobre el crecimiento de un pastizal. Sin embargo la absorción se hace a más velocidad que la necesaria para un crecimiento óptimo, de manera que si se hace un corte inmediatamente después de aplicado el nitrógeno, éste se habrá usado ineficientemente (Holliday



y Wilman, 1965, citados en 39). Las cosechas menos frecuentes -- por lo general mejoran la eficiencia del uso del nitrógeno (Mortensen, Baker y Dermanis, 1964, citados en 39). Para Lolium perenne incluso se ha estudiado la acción conjunta del nitrógeno y el espaciamiento (densidad de población) sobre el rendimiento -- (Lazenby y Rogers, 1967, citados en 39).

No solamente la reducción de nutrientes es determinante sobre el rendimiento acumulado a lo largo de varios ciclos; para el pasto inglés (Anslow, citado en 39) y otras especies, se han apuntado también al ritmo de floración y a las plagas como muy importantes. (28), por ejemplo, encontró que para Festuca idahoensis, los cortes reducen la floración acarreado un daño a los ciclos siguientes, a pesar de que al principio mejora la producción debido a la menor competencia. Driscoll (citado en 28) opina que la producción de tallos o pedúnculos florales es una mejor indicación de la productividad total de materia orgánica. Aquí parece conveniente aclarar que los resultados obtenidos para una especie forrajera variarán mucho según el tipo de reproducción que presente. Para un pastizal puede resultar dañino cortar cerca de la floración, pero esto no significará la desaparición de la especie, puesto que en su mayoría la reproducción del pasto se hace por medio de yemas, estolones, etc. Lo mismo puede decirse para zonas cultivadas donde se cuenta con sembrar de nuevo semillas al cabo de cierto número de años. En cambio, para zonas con especies no sembradas, donde la reproducción dependa en gran parte de la dispersión de semillas, los daños a la floración por cortes frecuentes pueden ser muy graves y definitivos.

Independientemente de los perjuicios a las funciones reproductoras sexuales, pueden haber daños a la reproducción vegetativa, por acción de mecanismos hormonales o por agotamiento debido a la remoción continua del meristemo. En efecto, se hizo la siguiente observación al cortar: los vástagos que habían sido recortados en las ocasiones anteriores, prácticamente ya no se desarrollaban; por el contrario, parece ser que los cortes propiciaron el desarrollo de brotes laterales, los que contribuían con la mayor parte del peso cosechado en el siguiente corte.

Por último, se ha observado que algunos pastos adoptan-

formas de crecimiento más postradas como respuesta a las defoliaciones frecuentes, y ésto ocasiona variaciones en el rendimiento cosechable si la política de corte se fija en base a la altura.

Es difícil aplicar los resultados de este experimento a otras condiciones u otras especies, principalmente porque las condiciones bajo las que se trabajó son bastante artificiales, y además la mayoría de los factores que influyen sobre el crecimiento actúan sinérgicamente. Sin embargo, se considera que en forma general, para las especies semejantes a Lolium perenne el experimento da una idea de los resultados que podrían esperarse cortando según las diferentes políticas.

Estimar el rendimiento potencial bajo diferentes políticas de manejo tales como fertilización, frecuencia y técnica de cosecha, control de la humedad disponible en el suelo, etc., es un problema común a muchos tipos de vegetación. El hecho de contar con un método para predecir, si bien aproximadamente, el efecto de diferentes manejos sobre el rendimiento, es de mucha utilidad aún en el caso de especies como los pastos cuyo estudio puede hacerse con relativa facilidad debido a la corta duración de su ciclo vegetativo, a su resistencia, etc. Las ventajas de tal método de predicción son, no obstante, muy superiores para aquellas especies cuya duración en el tiempo y en el espacio no den oportunidad de estudiar muchos ciclos consecutivos para cada zona particular. En este último caso se encuentran, por ejemplo, las grandes extensiones de bosques.

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a) Al comparar el efecto de la política de corte sobre el rendimiento en cuatro ciclos consecutivos se llegó a la conclusión de que, si bien diferentes frecuencias y alturas de corte modifican la cantidad de materia vegetal total cosechada, las diferencias entre ciclos también son muy importantes, probablemente más. Según los resultados experimentales, en definitiva puede decirse que la especie Lolium perenne es más susceptible a los cortes frecuentes que al corte severo. Si se quisiera seguir una política de corte para una zona de pasto inglés sujeta a explotación continua, se entiende que lo más recomendable es cortar poco frecuentemente, aunque el corte sea severo. Si no es posible hacer cortes muy espaciados, como sería el caso si hubiera una demanda casi constante de materia vegetal, entonces debe procurarse que los cortes no sean muy severos. Lo menos recomendable, desde luego, es cortar frecuente y severamente. Si por el contrario se quisiera hacer sólo una o dos cosechas al año, debe tenerse presente que la política de corte más conveniente varía según la época del año en particular, ya que, como se dijo, los efectos de política y fecha de corte no son aditivos.

b) Es muy probable que las diferencias de rendimiento entre las tres políticas de corte se hagan mayores conforme aumenta el número de ciclos. Los motivos pueden ser: agotamiento de reservas como carbohidratos, desequilibrio en los ciclos de floración por remoción del pedúnculo floral, agotamiento de nutrientes del suelo, cambio en los hábitos de crecimiento, remoción del meristemo, etc.

c) En el presente experimento el factor externo al que aparentemente se asociaron los cambios de rendimiento entre ciclos, fue la luz disponible para la fotosíntesis. Bajo otras condiciones podría ser la temperatura máxima o mínima, la disponibilidad de agua u otros factores los causantes de las diferencias.

d) Es probable que en sitios donde las condiciones de humedad del suelo, temperatura, demanda evaporativa, iluminación, etc. varíen más severamente en cada ciclo que en el presente expe

rimento, el efecto de la política de corte sobre el rendimiento - sea todavía menos importante en relación al efecto de época de corte. Lo contrario puede suponerse si, mediante uso de fertilizantes, irrigación, etc., se contrarresta un poco la acción del clima sobre la velocidad de crecimiento.

e) La altura en una zona de pasto no puede emplearse como índice de la biomasa.

f) Los resultados no pueden aplicarse estrictamente a cualquier conjunto de condiciones, pero sí dan una idea del rendimiento esperado según tres diferentes políticas de corte.

g) El método seguido en este experimento puede utilizarse como base para plantear un modelo de predicción del rendimiento y cuando se quiera hacer una estimación de la política más conveniente de explotación de un cultivo, en particular de aquellos cuyo ciclo vegetativo sea muy largo.

## IX. BIBLIOGRAFIA

1. BLACKMAN, G.E. (1968). The Application of the Concepts of -- Growth Analysis to the Assessment of Productivity; en: UNESCO. Functioning of Terrestrial Ecosystems at the Primary Production Level, F.E. Eckardt, ed., pg. 243-279.
2. BROCKMAN, J.S., P.G. Shaw y K.M. Wolton (1971). Fertilizer N and the Yield of Cut Grass Swards in Eastern England. J. of the Brit. Grassland Soc. (197) 26:17-23.
3. BROD.G. (1968). Untersuchungen zur Biologie und Ökologie der Hühner-Hirse Echinochloa crus-galii L. Beauv. Weed Res. 8: 115-127.
4. BROUGHAM, R.W. y A. C. Glenday (1966). Grass Growth in Midsummer: a Reinterpretation of Published Data. Ann. of Bot. 30: 100-107.
5. CLAPP, J.G., D.S. Chamolee y H.D. Gross (1965). Interrelationships Between Defoliation Systems, Morphological Characteristics and Growth of 'Coastal' Bermuda-grass Crop. Sci. 5 :468-471.
6. COUPLAND, R.T., R.Y. Sacharuck y W.A. Paul (1969). Procedures -- for Study of Grassland Ecosystems; en: G.M. van -- Dyne, ed. The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. Academic Press, pg. 25-47.
7. CROSSLEY, G.K. y A.D. Bradshaw (1968). Differences in Response to Mineral Nutrients in Populations of Ryegrass, - Lolium perenne L. and Orchardgrass, Dactylis glome rata L. Crop Sci. 8: 383-387.
8. DAHLMAN, R.C. y C.L. Kucera (1965). Root Productivity and -- Turnover in Native Prairie. Ecology 46(1,2): 84-89.
9. D'AOUST, M.J. y R.S. Tayler (1968). The Interaction Between - Nitrogen and Water in the Growth of Grass Swards. I. Methods and Dry Matter Results. J. Agric. Sci. Camb. 70 : 11-17.
10. DIXON, W.J. y F.J. Massey (1957). Introduction to Statistical- Analysis, McGraw-Hill Intl. Student Ed. 488 pg.

11. ESCUDER, J.C., R.P. Andrews y W. Holmes (1971). The Effect of Nitrogen, Stocking Rate and Frequency of Grazing by Cattle on the Output of Pasture. *J. Brit. Grassland Soc.* 26: 79-84.
12. ETHERINGTON, J.R. (1967). Soil Water and the Growth of Grasses. II. Effects of Soil Water Potential on Growth and Photosynthesis of Alopecurus pratensis. *J. of Ecol.* 55(2): 573-580.
13. FULKERSON, R.S., D.N. Mowat, W.E. Tossell y J.F. Winch (1967). Yield of Dry Matter, in-vitro Digestible Dry Matter and Crude Protein of Forages. *Can. J. of Plant Sci.* 47: 683-690.
14. GIFFORD, P.O. y E.H. Jensen (1967). Some Effects of Soil Moisture Regimes and Bulk Density on Forage Quality in the Greenhouse. *Agron. J.* 49: 75-78.
15. HODGSON, J. y J.H. Ollerenshaw (1969). The Frequency and Severity of Defoliation of Individual Tillers in Set-Stocked Swards. *J. Brit. Grassland Soc.* 24(3): 226-234.
16. HOLMES, R.L., C.A. Ragus y M.L. Peterson (1968). Yield Trials: Orchardgrass and Ryegrass. *Calif. Agric. J.* 14-15.
17. HOLT, E.C. y J.A. Lancaster (1968). Yield and Stand Survival of 'Coastal' Bermudagrass as Influenced by Management Practices. *Agron. J.* 60(ene-feb): 7-11.
18. JENNY, H., S.P. Gessel y F.T. Bingham (1949). Comparative Study of Decomposition Rates of Organic Matter in Temperate and Tropical Regions. *Soil Sci.* 68: 419 - 432.
19. KIRK, R.E. (1968). Experimental Design Procedures for the Behavioral Sciences. Brooke/Cole Publ. Co., 577 pg.
20. KOLENBRANDER, C.J. (1969). Nitrate Content and Nitrogen Loss in Drainwater. *Neth. J. Agric. Sci.* 17: 246-55.
21. KUCERA, C.L. y R.C. Dahlman (1967). Total Net Productivity and Turnover on an Energy Basis for Tallgrass Prairie. *Ecology* 48(4): 536-541.
22. LIETH, H. (1968). The Determination of Plant Dry Matter Production with Special Emphasis on the Underground -

- Parts; en:UNESCO.Functioning of Terrestrial Eco - systems at the Primary Production Level,F.E. Eckardt,ed. pg.179-186.
23. LIETH,H. (1968). The Measurement of Calorific Values of -- Biological Material and the Determination of Ecological Efficiency;en:UNESCO.Functioning of Terrestrial Ecosystems at the Primary Production Level,F.E.Eckardt,ed. pg.233-241.
  24. LOMNICKI ,A.,E.Bandola y K. Janowska (1968).Modification of the Wiegert-Evans Method for Estimation of Net Primary Production.Ecology 49(1): 147-149.
  25. LUXMOORE,R.J. y R.J. Millington(1971). Growth of Perennial Ryegrass Lolium perenne L. in Relation to Water , Nitrogen and Light Intensity.Plant and Soil 34: - 561- 574.
  26. MILLER,I. y J.E. Freund(1965). Probability and Statistics for Engineers .Prentice-Hall Inc. 432 pg.
  27. MOOD,A.M. y F.A. Graybill (1963). Introduction to the Theory of Statistics.Intl.Student Ed. Mc Graw-Hill -- Publ. Co. 443 pg.
  28. MUEGLER,W.F. (1967).Response of Mountain Grassland Vegeta tion to Clipping in Southwestern Montana. Ecology 48 (6): 942-949.
  29. MURPHY,A.H.(1970).Predicted Forrage Yield Based on Fall Precipitation in California Annual Grasslands.J. of Range Management 23 (5): 363-365.
  30. NUMATA,M. (1970).Primary Productivity of Semi-natural ---- Grasslands and Related Problems in Japan.IBP ---- Grassland Ecosystem Studies in Japan.
  31. NUMATA ,M(1970) .Outline of Grassland Studies in Japan.IBP Grassland Ecosystem Studies in Japan.
  32. ODUM,E.P. (1960). Organic Production and Turnover in Old - Field Succession.Ecology 41:34-49.
  33. OVERTON,J.D.,D.Heitkamp y D.B.Lawrence(1963).Plant Biomass and Productivity of Prairie,Savanna ,Oakwood, and Maize Field Ecosystems in Central Minnesota. Ecology 44 (1): 52-63.

34. OVINGTON, J.D. (1968). Some Factors Affecting Nutrient Distribution Within Ecosystems; en: UNESCO .Functioning of Terrestrial Ecosystems at the Primary Production Level, F.E. Eckardt, ed., pg. 95-103.
35. PAULSEN, G.M. y D. Smith (1969). Organic Reserves, Axillary Bud Activity and Herbage Yields of Smooth Bromegrass as Influenced by Time of Cutting, Nitrogen-Fertilization and Shading. Crop Sci. 9(sep-oct) : - 529-534.
36. RIXON, A.J. (1970). Differential Effect of Pasture Species - on the pH and Cation Exchange Capacity of Subsequently Cultivated Soil. J. Agric. Sci. Camb. 74: 453-456.
37. SALISBURY, F.B. y C. Ross (1969). Plant Physiology. Wadsworth Publ. Co. 764 pg.
38. SCARISBRICK, D.H., H.J. Harvey y J.D. Ivins (1970). The Effect of Cutting on the Subsequent Growth of Introduced Riangrass (Plantago lanceolata) seedlings. J. Brit. Grassland Soc. 25(3): 207-209.
39. SPEDDING, C.R.W. (1971). Grassland Ecology. Oxford Univ. Press, 221 pg.
40. STEPHENS, D. (1967). Effects of Grass Fallow Treatments in Restoring Fertility of Buganda Clay Loam in South Uganda. J. Agric. Sci. Camb. 68: 391-403.
41. THOMAS, J.G. (1967). The Effect of Time of Cutting on the Mineral Content of a Single-Species Sward. Ann. Bot.: 282-288.
42. THOMSON, A.J. (1970). Analysis of Yield from a Competition Trial with Perennial Ryegrass. J. Brit. Grassland Soc. 25(4): 309-313.
43. TOVEY, R., J.S. Spencer y D.C. Muckel (1969). Water Requirements of Lawngrass. Trans. Amer. Soc. Agric. Eng. 12(3): 356 - 358.
44. TREFHARNE, K.J., J.P. Cooper y T.H. Taylor (1968). Growth Response of Orchardgrass (Dactylis glomerata L.) to Different Light and Temperature Environments. II. Leaf Age and Photosynthetic Activity. Crop Sci, 8



- (jul-ago):441-445.
45. TROJAN, P. (1967). Investigations on Production of Cultivated Fields; en; Petruszewicz, K. Secondary Productivity of Terrestrial Ecosystems. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Varsovia, pg. 545-561.
  46. UNGER, K. (1967). The Use of Gamma Rays for the Determination of Change in Biomass with Time; en; UNESCO. - Functioning of Terrestrial Ecosystems at the Primary Production Level, F.E. Eckardt, ed., pg. 229-231.
  47. VAN DYNE, G.M., ed. (1969). The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. Academic Press.
  48. WASSINK, E.C. (1968). Simple Equipment for Comparative Studies on Growth and Morphogenesis of Plants in Field Experiments, with Special Reference to the Light Factor; en; UNESCO. Functioning of Terrestrial Ecosystems at the Primary Production Level. F.E. Eckardt, ed., pg. 435-443.
  49. WESTLAKE, D.F. (1963). Comparisons of Plant Productivity. Biol. Rev. 38 : 385-425.
  50. WILLIAMS, O.B. (1969). Studies in the Ecology of the Riverine Plain. Austr. J. Bot. 17(2): 255-268.
  51. WRIGHT, M.J. (1969). Management and Productivity of Perennial Ryegrasses in the Northeast. West Va. Agr. Exp. Sta. Bull. 554-T : 5-31.
  52. WRIGHT, L.M. y A.K. Dourenz (1970). Water Use in Relation to Management of Blue Panicgrass (Panicum antidotale Retz.). J. Range Management 23 (2): 193-196.