

INTERVALO Y ALTURA DE CORTE EN PRODUCCION DE BIOMASA,  
ACUMULACION DE RESERVAS Y ALGUNAS CARACTERISTICAS  
FISIOLOGICAS DE Desmodium intortum (Mill.) Urb.

Tesis de Grado Magister Scientiae

Rolain Borel Béguin



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación  
Departamento de Ganadería Tropical  
Turrialba, Costa Rica  
Diciembre 1974.

INTERVALO Y ALTURA DE CORTE EN PRODUCCION DE BIOMASA, ACUMULACION  
DE RESERVAS Y ALGUNAS CARACTERISTICAS FISIOLOGICAS DE  
Desmodium intortum (Mill.) Urb.

tesis

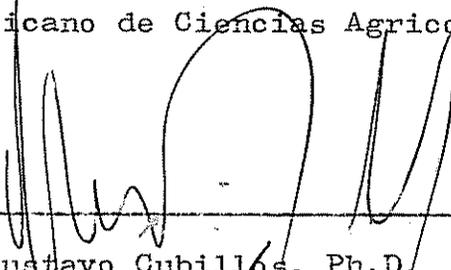
Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados  
como requisito parcial para optar al grado  
de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas de la O.E.A.

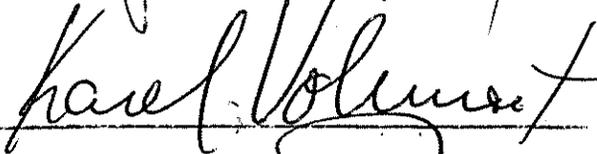
APROBADA:



---

Gustavo Cubillos, Ph.D.

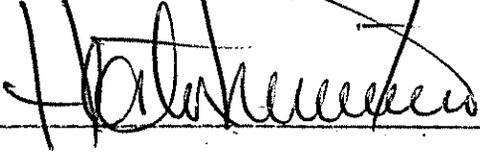
Consejero



---

Hector Muñoz, Ph.D.

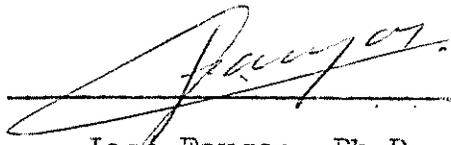
Comité



---

Karel Vohnout, Ph.D.

Comité



---

José Fargas, Ph.D.

Comité

Noviembre, 1974

iii

Dedicatoria

A Soledad y Gabriel

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus sinceros agradecimientos:

Al Dr. G. Cubillos, Consejero Principal, por su colaboración invaluable y sus enseñanzas impartidas durante su permanencia en Turrialba.

Al Dr. J. Fargas, por la orientación prestada en la realización del presente trabajo, y por las facilidades ofrecidas en el laboratorio de Fisiología Vegetal.

Al Dr. H. Muñoz y al Dr. K. Vohnout por sus sugerencias y el interés que demostraron por este trabajo.

Al Departamento de Ganadería Tropical por la otorgación de la asistencia graduada, y al Delegado a la Cooperación Técnica del Gobierno Suizo por el subsidio, que le permitieron realizar sus estudios de posgrado.

A los miembros de la Unidad de Estadística del IICA, por la eficiente colaboración en el análisis estadístico de los resultados.

A la Sra. M. de Vega quien realizó el trabajo de mecanografía y al Sr. E. Ortiz por la realización de las gráficas.

A todos sus amigos que hicieron grata su estadía en este Centro.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Neuchâtel, Suiza. Realizó sus estudios primarios, secundarios y superiores en el Collège des Parcs, Collège Latin y Gymnase Cantonal de Neuchâtel donde, en el año 1966 obtuvo el título de Bachiller en Letras.

Sus estudios universitarios, los realizó en la Escuela Politécnica Federal de Zurich, en la Sección de Agronomía, graduándose de Ingeniero Agrónomo en 1971.

En febrero de 1972 ingresó a la Escuela para graduados del IICA como estudiante especial para realizar un trabajo sobre plantas forrajeras nativas en Costa Rica.

En marzo de 1973 fue aceptado como estudiante regular de la Escuela, obteniendo el grado de Magister Scientiae en diciembre de 1974.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Importancia de las leguminosas en los pastizales.	3
2.2. Influencia del manejo sobre la producción .....	3
2.2.1. Intervalo entre cortes .....	3
2.2.2. Altura de corte .....	5
2.3. Influencia del manejo sobre la fijación de nitrógeno .....	6
2.4. Influencia del manejo sobre aspectos fisiológicos del crecimiento .....	7
2.5. Análisis de los carbohidratos de reserva .....	9
3. MATERIALES Y METODOS .....	10
3.1. Localización del experimento .....	10
3.2. Materiales .....	10
3.3. Factores estudiados y tratamientos .....	11
3.4. Diseño .....	13
3.5. Parámetros estudiados .....	14
3.5.1. Parámetros medidos .....	14
3.5.2. Parámetros estimados .....	15
3.6. Determinación y análisis químicos .....	15
3.6.1. Determinación de área foliar .....	15
3.6.2. Determinación de la relación entre la acumulación de reservas y el crecimiento de la planta 'E' .....	16
3.6.3. Determinación de los índices fisiológicos .....	17
3.6.3.1. Índice de Asimilación Neta (IAN) .....	17
3.6.3.2. Índice de Crecimiento Relativo (ICR) .....	18
3.6.3.3. Razón de Area Foliar (RAF) .....	18
3.6.3.4. Espesor de las hojas .....	18
3.6.3.5. Índice de Asimilación Neta de Carbohidratos No-estructurales Totales (IANC) .....	19
3.6.3.6. Índice de Acumulación Relativa de CNT (IARC) .....	19
3.6.4. Determinación de materia seca .....	19
3.6.5. Análisis químicos .....	19

	<u>Página</u>
3.6.5.1. Determinación de nitrógeno .....	19
3.6.5.2. Determinación de Carbohidratos No-Estructurales Totales CNT .....	20
3.6.5.3. Determinación del Fósforo .....	20
3.6.5.4. Determinación de Potasio, Calcio y Magnesio en la Solución Nutritiva .....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	21
4.1. Intervalo y altura de corte .....	21
4.1.1. Acumulación de reservas .....	21
4.1.2. Absorción de nutrimentos .....	26
4.1.2.1. Fósforo .....	26
4.1.2.2. Potasio .....	29
4.1.2.3. Calcio .....	30
4.1.2.4. Magnesio .....	31
4.1.2.5. Relación entre las tasas de absorción de los nutrimentos .....	32
4.1.2.6. Absorción de nutrimentos durante el rebrote ..	34
4.1.3. Crecimiento .....	36
4.1.3.1. Cortes .....	36
4.1.3.2. Sacrificios .....	38
4.1.3.3. Proporción de los componentes de la planta ..	39
4.1.3.4. Eficiencia (E) de utilización de las reservas en el rebrote .....	43
4.1.4. Índices fisiológicos .....	46
4.1.5. Contenido de proteína .....	50
4.2. Tiempo .....	52
4.2.1. Acumulación de reservas .....	53
4.2.2. Absorción de nutrimentos .....	54
4.2.3. Crecimiento .....	54
4.3. Edad .....	55
4.3.1. Acumulación de reservas .....	55
4.3.2. Absorción de nutrimentos .....	57
4.3.3. Crecimiento .....	59
4.3.4. Índices fisiológicos .....	61
4.3.5. Contenido de proteína .....	64

	<u>Página</u>
5. DISCUSION GENERAL .....	66
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
7. RESUMEN .....	71
7a. SUMMARY .....	73
8. LITERATURA CITADA .....	75
APENDICE .....	80

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
1	Ecuaciones de predicción de la acumulación de Carbohidratos No-estructurales Totales (CNT) en plantas de <u>D. intortum</u> , por efecto de la altura de corte ( $X_1$ ), del tiempo ( $X_2$ ) y del intervalo entre cortes ( $X_3$ ) .....	22
2	Tasa de absorción de fósforo por efecto de altura, intervalo de corte y fecha de muestreo. (mg/planta/periodo de 3 semanas) .....	27
3	Tasa de absorción de potasio por efecto de altura, intervalo de corte y fecha de muestreo. (mg/planta/periodo de 3 semanas) .....	29
4	Tasa de absorción de calcio por efecto de intervalo entre cortes, altura de corte y fecha de muestreo. (mg/planta/periodo de 3 semanas) ...	31
5	Tasa de absorción de magnesio por efecto de intervalo de corte, altura de corte y fecha de muestreo. (mg/planta/periodo de 3 semanas) ...	32
6	Relación entre las tasas de absorción de los nutrimentos por altura e intervalo de corte ...	33
7	Tasa de predicción de materia seca en g/planta/día en plantas de <u>D. intortum</u> , bajo el efecto del intervalo y altura de corte .....	36
8	Efecto del intervalo entre cortes (X) sobre la producción de materia seca (Y) de hojas, tallos, raíces y tallo residuales .....	38
9	Estimación del número de yemas y del nivel de reservas en los tallos residuales por efecto del intervalo y de la altura de corte .....	45
10	Ecuaciones de respuesta del porcentaje de proteína (Y) (N total x 6,25) de hojas y tallos por efecto del intervalo entre cortes (X) y de la altura de corte .....	52
11	Espesor (g peso foliar/dm <sup>2</sup> área foliar) de hojas por efecto de altura e intervalo de corte .	52

Cuadro N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
12	Variación en la tasa relativa de crecimiento de las plantas de corte entre la primera y la última cosecha .....	55
13	Efecto de la edad (X) en la acumulación de reservas (Y) en raíces y tallos residuales .....	56
14	Promedios de porcentaje y acumulación de CNT en tallos residuales y raíces de plantas de <u>D. intortum</u> .....	56
15	Ecuación de respuesta de la tasa de absorción de nutrimentos en plantas de <u>D. intortum</u> , por efecto de la edad .....	59
16	Efecto de la edad (X) sobre la producción de materia seca (Y) de la planta y de sus componentes, y sobre el área foliar (Y) .....	60
17	Ecuación de respuesta del Índice de Asimilación Neta (IAN), de la Razón de Área Foliar (RAF) y del Índice de Crecimiento Relativo (ICR) en plantas de <u>D. intortum</u> por efecto de la edad ..	64
18	Promedios de porcentajes de proteína (N total x 6,25) en base a materia seca, en hojas y tallos de plantas de <u>D. intortum</u> .....	65

### Apéndice

Cuadro N <sup>o</sup>		
1	Análisis de variancia para el efecto del intervalo entre cortes y de la altura de corte sobre la tasa de producción de materia seca .....	81
2	Análisis de varianza para el efecto del intervalo entre cortes de la altura de corte y del tiempo sobre la tasa de absorción de Fósforo ..	81
3	Análisis de varianza para el efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo sobre la tasa de absorción de potasio ..	82
4	Análisis de varianza para el efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo sobre la tasa de absorción de Calcio ...	82

Cuadro N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
5	Análisis de varianza para el efecto de intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo sobre la tasa de absorción de Magnesio.	83
6	Tabla de predicción de la acumulación total de CNT por efecto de la altura de corte, del tiempo y del intervalo entre cortes .....	83
7	Tabla de predicción de la acumulación de CNT en raíces por efecto de la altura de corte, del tiempo y del intervalo entre cortes .....	84
8	Tabla de predicción de la acumulación de CNT, en por ciento en base a materia seca, en los tallos residuales, por efecto de la altura de corte, del tiempo y del intervalo entre cortes	85
9	Tabla de predicción de la acumulación de CNT en tallos residuales, por efecto de altura de corte, del tiempo y del intervalo entre cortes	86
10	Características de producción por efecto de la altura de corte, del intervalo entre cortes y del tiempo. (Valores promedios de 2 plantas)	87
11	Acumulación de CNT en los tallos residuales y raíces por efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo .....	88
12	Contenido de proteína (N total x 6,25) en las hojas y los tallos por efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo .....	89
13	Características de producción por efecto de la edad .....	90
14	Acumulación de reservas (CNT) en tallos residuales y raíces por efecto de la edad .....	90
15	Contenido de proteína por efecto de la edad ..	91

## LISTA DE FIGURAS

Figura N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
1	Acumulación estimada de CNT en tallos residuales y raíces, de acuerdo al intervalo y la altura de corte .....	23
2	Acumulación de reservas relativa (% CNT en base a materia seca) y absoluta (mg CNT) en los tallos residuales, de acuerdo al intervalo y la altura de corte.....	25
3	Tasa de absorción de nutrimentos, en función del intervalo de corte $\bar{y}$ de la altura de corte	28
4	Absorción de nutrimentos durante el rebrote de acuerdo al intervalo y la altura de corte	35
5	Efecto del intervalo de corte sobre la tasa de producción de materia seca cosechada .....	37
6	Proporción de hojas y tallos, en función del intervalo entre cortes y de la altura de corte	40
7	Proporción de raíces y tallos residuales, en función del intervalo entre cortes y de la altura de corte .....	42
8	Valor estimado de la eficiencia de utilización de las reservas, en función del intervalo entre cortes .....	44
9	Valores estimados de los índices fisiológicos ICR, IAN, y RAF, en función del intervalo y de la altura de corte.....	47
10	Valores estimados de los índices fisiológicos IANC y IARC, en función de intervalo y de la altura de corte.....	49.
11	Valores estimados del porcentaje de proteína de hojas y tallos, en función del intervalo y de la altura de corte .....	51
12	Valores estimados de la absorción de P, K, Ca y Mg, de acuerdo a la edad de la planta.....	58
13	Proporción de los componentes de la planta: hojas, Tallos, raíces y tallos residuales, en función de la edad.....	62
14	Valores estimados de los índices fisiológicos ICR y RAF, en función de la edad .....	63

## 1. INTRODUCCION

Las leguminosas son importantes por su contribución a mejorar la fertilidad del suelo, como se ha verificado ampliamente en la zona templada, y ocasionalmente en la zona tropical. También las leguminosas forrajeras son de valor para la alimentación del ganado, por su aceptabilidad y por la calidad de su follaje. Sin embargo, a pesar de que las leguminosas son componentes normales en las praderas naturales, ellas tienden a desaparecer cuando se asocian a gramíneas que se utilizan en forma intensiva. Uno de los factores que afectan la recuperación de la planta después del corte, y por lo tanto su capacidad competitiva, es la cantidad de reservas acumuladas en sus tallos y raíces, y que están disponibles para la producción de tallos nuevos. Además los carbohidratos de reserva de la planta pueden ser fuente de energía para las bacterias fijadoras de nitrógeno, y por lo tanto su disponibilidad puede regular directamente la fijación del nitrógeno atmosférico.

La leguminosa forrajera Desmodium intortum (Mill.) Urb. es nativa de Centro y Sur América, y fue introducida y seleccionada en Australia. Actualmente, se ha generalizado en el trópico el uso del cultivar Greenleaf de esta especie en la producción ganadera.

El cultivo en solución nutritiva permite tener bajo control todos los efectos atribuidos normalmente al suelo. Por lo tanto es de gran ventaja para estudiar aspectos fisiológicos del balance de carbohidratos, muy ligados a la fotosíntesis y relativamente poco ligados a la fertilidad del suelo. Además en solución nutritiva se puede recuperar la totalidad de las raíces, que son un lugar preferencial de la acumulación de carbohidratos.

Dado la importancia de los carbohidratos de reserva para el crecimiento de las plantas y para la fijación de nitrógeno, se llevó a cabo un experimento con Desmodium intortum (Mill.) Urb., cv. Green-leaf, en solución nutritiva con los siguientes objetivos:

1. Determinar el efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y de la edad sobre los siguientes parámetros:
  - a) El contenido de Carbohidratos No estructurales Totales (CNT) en los tallos residuales y las raíces.
  - b) La absorción de nutrimentos: P, K, Ca y Mg.
  - c) La tasa de producción de materia seca de la planta y de sus componentes.
  - d) El Índice de Asimilación Neta (IAN), la Razón de Area Foliar (RAF), el Índice de Crecimiento Relativo (ICR).
  - e) El contenido de proteína de hojas y tallos.
2. Establecer la relación entre el contenido de CNT y la recuperación de la planta después del corte.

## 2. REVISION DE LITERATURA .

### 2.1. Importancia de las leguminosas en los pastizales

El uso de algunas leguminosas tropicales permite aumentar la productividad de las praderas, en términos de producción de forraje (25) y de producción animal (34, 38). Parece ser una meta alcanzable que las leguminosas tropicales asociadas con gramíneas logren duplicar la producción sea de forraje o de producto animal, en comparación con gramíneas solas. La respuesta biológica de una pradera asociada es comparable con la respuesta de una pradera de gramíneas solas fertilizada con 100-150 kg/N/ha x año (42). Sin embargo, de existir la alternativa, la fertilización nitrogenada resultaría con un mayor retorno económico (29). En sistemas extensivos de producción y particularmente en zonas con marcada temporada seca, se pueden utilizar exitosamente las leguminosas donde constituyen un suplemento adecuado para el ganado en el verano, cuando las gramíneas rezagadas han alcanzado valores muy bajos de digestibilidad (38).

### 2.2. Influencia del manejo sobre la producción

#### 2.2.1. Intervalo entre cortes

La determinación de la influencia del manejo sobre el balance de carbohidratos de reserva nunca se ha hecho con leguminosas tropicales, por lo que la única respuesta estudiada a los factores de manejo es el rendimiento de materia seca de la leguminosa y la composición botánica de las praderas de gramíneas con leguminosas.

En Australia (35), se estudió el efecto del intervalo entre cortes sobre el rendimiento de una mezcla forrajera de Desmodium intortum (Mill.) Urb. y Setaria sphacelata (Schum.) Stapf & Hub. La leguminosa no respondió a los tratamientos pero el rendimiento de materia seca fue más bien superior con 3 semanas de intervalo que con 5 semanas. El autor observó que las plantas cambiarion su hábito de crecimiento de acuerdo al intervalo. Cuando fue más frecuente el corte, las plantas fueron más ramificadas, y debajo del nivel de corte tuvieron más hojas, que les dieron una cierta ventaja al momento del rebrote. Además los tallos basales de las plantas con cortes cada 5 semanas se lignificaron y por eso perdieron su optima potencialidad de rebrote. Sin embargo hay mucha evidencia en la literatura revisada de que el óptimo intervalo es más largo que 3 o aún 5 semanas. Mezclas de pasto Bermuda de Costa, Cruce No. 1, Cynodon dactylon L. con varias leguminosas tropicales en Florida (USA), bajo condiciones de pastoreo, mostraron su óptimo rendimiento con intervalos entre 42 y 56\*. En Costa Rica, en varias mezclas de Estrella Africana, Cynodon plectostachyus (Schum.) Pilger, con 6 leguminosas tropicales (15), todas las leguminosas desaparecieron de la mezcla en el espacio de 6 meses, bajo un intervalo de corte de 4 semanas. También en Costa Rica (27) la producción de varias leguminosas tropicales en mezclas con gramíneas, se duplicó con cortes cada 8 semanas en comparación con cortes cada 4 semanas, mostrando además que ciertas especies son más sensibles a este factor de manejo, entre ellas D. intortum. En Congo (8), se

---

\* Comunicación personal, Dr. G. O. Mott, Noviembre, 1974.

encontró que la máxima tasa de crecimiento de D. intortum ocurría a las 8 - 10 semanas de edad y la máxima producción, en monocultivo, con cortes cada 13 semanas.

En cuanto al porcentaje de leguminosas en las mezclas forrajeras, se encontró en Kenya (42) que aumentaba con intervalos mayores a 6 semanas, pero otro investigador de la misma área reporta que solo se logró aumentar el porcentaje de D. intortum, asociado con Panicum maximum Jacq., con intervalos de corte cada 16 semanas.

En condiciones de invernadero (14), se estudió la interacción entre la frecuencia de corte y el hábito de crecimiento de Stylosanthes guyanensis Aubl. Sw. La respuesta más diferenciada, entre ecotipos de hábito de crecimiento diferente ocurrió con 6 semanas de intervalo, cuando el ecotipo rastrero creció más, debido a que debajo de la línea de corte tenía más puntos de crecimiento. Con 12 semanas de intervalo los ecotipos no se diferenciaron, y con 18 semanas tampoco se diferenciaron pero si hubo una marcada baja en el rendimiento, explicada por la lignificación de los tallos basales, que no permitió un rebrote adecuado.

#### 2.2.2. Altura de corte

En Australia, con una mezcla de D. intortum y S. sphacelata (35) no se detectó diferencia entre alturas de corte de 7,5 y 15,0 cm encima del suelo. En condiciones de invernadero, plantas individuales de S. guyanensis respondieron a la altura de corte, respuesta que fue atribuída al número de hojas residuales debajo de la línea de corte. Sin embargo, esta tendencia varió con el intervalo entre cortes y con

el hábito de crecimiento de los ecotipos: las plantas rastreras y los cortes más frecuentes tuvieron mayor cantidad de hojas en los tallos residuales.

Aparentemente las leguminosas no responden de la misma manera al corte y al pastoreo. En Costa Rica (15), en mezclas de 6 leguminosas con Estrella Africana, las leguminosas en los lotes pastoreados fueron más afectadas en su rendimiento y desaparecieron más rápidamente que las leguminosas de los lotes cortados. En el Sureste de Queensland (47), se comparó la producción de praderas mixtas cortadas, dejando el material molido fino sobre la pradera o pastoreadas con ovinos. En ambos casos la defoliación fue intensa pero siempre fueron más productivos los lotes cortados.

### 2.3. Influencia del manejo sobre la fijación de nitrógeno

El manejo es de mucha importancia en la eficiencia de uso de las leguminosas, cuando están asociadas con gramíneas (18). Para que la leguminosa pueda fijar adecuadamente el nitrógeno atmosférico, debe tener una elevada tasa de asimilación de  $CO_2$  para abastecer a las bacterias de los nódulos (3, 12). Por lo tanto, cuando esta asociada debe tener suficiente acceso a la luz y esto se puede controlar hasta cierto grado, asociando leguminosas y gramíneas de diferentes hábitos de crecimiento (32). Por otra parte, la fijación de nitrógeno esta controlada por la relación C/ N en la planta (6), y por lo tanto por la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, porque no hay fijación cuando el suelo es demasiado rico en este elemento (23). La consecuencia de esto es que la gramínea asociada con la leguminosa debe

formar una alta proporción de la mezcla para crear un déficit de nitrógeno en el suelo, que permita a la leguminosa una eficiente fijación y consecuente transferencia de nitrógeno. Por esa razón, los factores de manejo, y entre ellos el intervalo entre defoliaciones, son primordiales en la regulación de la composición botánica de la pradera, que a su vez controla la eficiencia de fijación.

#### 2.4. Influencia del manejo sobre aspectos fisiológicos del crecimiento

La relación entre los carbohidratos de reserva y el crecimiento no ha sido estudiada con especies de leguminosas tropicales. Sin embargo para los principios fisiológicos que rigen esta relación, se puede tener cierta base en los datos de especies templadas que tienen una fisiología muy parecida (9). Las diferencias en el nivel de carbohidratos, inducidas por períodos en la oscuridad, provocan respuestas diferenciales en el crecimiento (1, 2). Las plantas con bajos niveles utilizan sus reservas para el rebrote, y solo en caso de emergencia traslocan reservas de otras partes de la planta hacia los puntos de mayor crecimiento, y otras sustancias además de los carbohidratos solubles, pueden servir de sustratos respirables y como consecuencia puedan morir partes de la planta. Las plantas con más altos niveles tienen una tasa de respiración más elevada, pero un índice de crecimiento relativo (ICR: g/g/día) más bajo, lo que indica una baja eficiencia de utilización de sus reservas. Después del corte el peso de la planta permanece constante durante 4 días con el nivel alto de reservas y 7 días con el nivel bajo, después en ambos casos es exponen-

cial, ambas curvas siguiendo tendencias paralelas (1, 2).

Al comparar en el campo la importancia del área foliar y del nivel de reservas sobre el crecimiento de P. maximum, se dedujo que el Índice de Área Foliar (IAF:  $\text{dm}^2$  hojas/ $\text{dm}^2$  terreno) era relativamente más importante que los carbohidratos de reserva (20).

En la zona templada (36), el nivel de reservas en las plantas aumenta con la edad de la planta, pero también varía con la temporada del año, habiendo una concentración de carbohidratos solubles más alta en otoño, por ser un factor de resistencia a las heladas, y en verano por la más alta radiación solar, que en la primavera. No es probable que ocurran cambios tan drásticos en la zona tropical, sin embargo puede haber diferencias entre temporada seca y húmeda, por la variación en la radiación solar.

Los procesos que más influyen sobre la acumulación de reservas son evidentemente relacionados con la asimilación de  $\text{CO}_2$  en sus dos componentes: la eficiencia de asimilación de  $\text{CO}_2$  representada por el Índice de Asimilación Neta (IAN:  $\text{g}/\text{dm}^2/\text{día}$ ) y la relación entre el área foliar y el peso total de la planta o Razón de Área Foliar (RAF:  $\text{dm}^2/\text{g}$ ). Aquellos reflejan el flujo de energía química que la planta va a tener a disposición para su crecimiento, o para acumular en forma de reservas. El tercer índice el Índice de Crecimiento Relativo (ICR:  $\text{g}/\text{g}/\text{día}$ ) refleja la eficiencia con que la planta utiliza los productos asimilados en su crecimiento. Las relaciones entre los índices fisiológicos han sido estudiadas para cultivos anuales como el frijol, Phaseolus vulgaris L. (4), pero para leguminosas forrajeras perennes esta información todavía no existe.

## 2.5. Análisis de los carbohidratos de reserva

Los carbohidratos de reserva son básicamente mono- di- y polisacáridos, siendo el almidón el más importante en las plantas de origen tropical (41). En la literatura se encuentran mencionados como Carbohidratos No-estructurales Totales (CNT) para diferenciarlos de los Carbohidratos Disponibles Totales (CDT), que es un concepto utilizado por los nutricionistas, pero no idéntico.

Se puede considerar como reservas la fracción llamada ELN del análisis proximal. Sin embargo en este análisis la determinación se hace por diferencia, por lo que es inexacto y químicamente indefinido. Además es un análisis extremadamente largo, por lo que se han probado extracciones con ácido sulfúrico en diferentes concentraciones (13). Básicamente se le pueden hacer las mismas críticas que al análisis proximal, ya que se extrae algunas hemicelulosas que no se pueden considerar como sustancias de reservas.

Ultimamente se ha tenido éxito con extracciones por medio de enzimas (13, 41) que son específicas para la hidrólisis de di- y polisacáridos. El proceso consiste en una digestión del material con la enzima por dos días, y después en la determinación de los azúcares reductores por cualquier método cuproiodométrico.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización del experimento

El experimento se realizó bajo condiciones semicontroladas de invernadero, en el laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales y en los laboratorios del Departamento de Ganadería Tropical del I.I.C.A. - C.T.E.I., situado en Turrialba, Costa Rica, a una altura de 602 m s.n.m.

El invernadero utilizado es de un tipo apropiado para el trópico, con un techo de láminas corrugadas de plástico transparente y paredes laterales de malla plástica fina que permite una adecuada ventilación, pero impide la entrada de insectos.

#### 3.2. Materiales

Se sembraron 300 semillas de Desmodium intortum (Mill.) Urb., cv. Greenleaf, en 8 bandejas de plástico de 20 x 10 x 10 cm, llenas de vermiculita y se regaron diariamente con agua de lluvia. A las 6 semanas de edad se trasplantaron las plántulas más vigorosas a recipientes de vidrio, que contenían 3,7 l de solución nutritiva Hoagland No. 2 (19). La composición de macro-elementos de la solución utilizada fue la siguiente:

Elemento		ppm
Nitrógeno	(nitratos)	196
Nitrógeno	(amoniacal)	14
Fósforo		31
Potasio		245
Calcio		160
Magnesio		43

Los recipientes, que habían sido cubiertos exteriormente con pintura de aluminio, se ubicaron sobre mesones de madera, a una distancia entre plantas de 25 x 50 cm. La aeración de la solución se hizo a través de capilares conectados a un compresor, haciendo pasar previamente el aire por trampas de agua para su depuración. Para la preparación de la solución nutritiva y la reposición diaria del agua gastada por la absorción de las plantas se utilizó agua de lluvia. La renovación de la solución de todos los tratamientos se realizó la primera vez a las 6 semanas de empezado el experimento, y luego cada 3 semanas. Se aplicó Galacron, para control de insectos y ácaros, con un nebulizador eléctrico, en la sexta, décima y decimocuarta semana del experimento.

A las 2 semanas del trasplante se hizo el primer corte de unifordad a 0 y 10 cm de altura sobre el cuello. Ninguna de las plantas de corte bajo se recuperó, por lo que se reestructuró el experimento. Tres semanas después se hizo el segundo corte de uniformidad, dejando intactas las plantas testigo.

### 3.3. Factores estudiados y tratamientos

Los factores en estudio fueron:

- Intervalo entre cortes con los niveles de 3, 6, y 9 semanas.
- Altura de corte con los niveles de 7 y 17 cm encima de el cuello.

Para evitar un efecto confundido del área foliar residual y de las sustancias de reserva, se defoliaron también al momento del corte los tallos residuales.

A continuación se presenta el programa de operaciones realizadas en este experimento:

Fecha	Semana Edad	Semana en experimentación Tiempo	Operación
22,2	0	-	Siembra
4,4	6	-	Trasplante
18,4	8	-	Emparejamiento No. 1 Testigos quedan intactos
14,5	12	0	Emparejamiento No. 2 Testigos quedan intactos
4,6	15	3	Sacrificio de 4 plantas de 3 semanas de intervalo y 4 plantas testigo Corte de las plantas restantes de 3 semanas de intervalo
25,6	18	6	Sacrificio de 4 plantas de 3 y 6 semanas de intervalo y 4 plantas testigo Corte de las plantas restantes de 3 y 6 semanas de intervalo
16,7	21	9	Sacrificio de 4 plantas de 3 y 9 semanas de intervalo y 4 plantas testigo Corte de las plantas restantes de 3 y 9 semanas de intervalo
6,8	24	12	Sacrificio de 4 plantas de 3 y 6 semanas de intervalo y 4 plantas testigo Corte de las plantas restantes de 3 y 6 semanas de intervalo
27,9	27	15	Sacrificio de 4 plantas de 3 semanas de intervalo y 4 plantas testigo Corte de las plantas restantes de 3 semanas de intervalo
18,9	30	18	Sacrificio de 4 plantas de 3, 6 y 9 semanas de intervalo y 4 plantas testigo.

Como se puede observar en el programa de operaciones se sacrificaban 4 plantas (2 de cada altura de corte) cada vez que se cortaba un tratamiento. De tal modo que las plantas con 3 semanas de intervalo entre cortes tuvieron 6 muestreos a las 3, 6, 9, 12, 15, 18 semanas de empezado el experimento, las de 6 semanas de intervalo 3 muestreos a las 6, 12 y 18 semanas y las de 9 semanas de intervalo 2 muestreos a las 9 y 18 semanas. Aquellos muestreos periódicos permitieron apreciar el efecto del tiempo en el desarrollo del experimento sobre los parámetros estudiados.

Como testigos se usaron 24 plantas de no tuvieron corte de uniformidad al comienzo del experimento, sino que se sacrificaron 4 de ellas a las 3, 6, 9, 12, 15 y 18 semanas de empezado el experimento. Como estas plantas quedaron intactas desde que se sembraron, los sacrificios escalonados a que se sometieron permitieron determinar el efecto de la edad sobre los parámetros en estudio.

### 3.4. Diseño

El diseño fue un factorial de 3 intervalos entre cortes por 2 alturas de corte por 6 situaciones de tiempo, que se ajustó al modelo siguiente:

$$Y_{ijkl} = u + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + E_{ijkl}$$

donde:

- Y = Variable de respuesta
- u = Media general
- A = Efecto del intervalo entre cortes
- B = Efecto de la altura de corte
- C = Efecto del tiempo
- E = Error experimental

En las plantas testigo se analizó el efecto de la edad por análisis de regresión.

Las plantas testigo se mantuvieron separados de las plantas de corte, pero dentro de cada grupo la repartición de los recipientes se hizo irrestrictamente al azar.

### 3.5. Parámetros estudiados

#### 3.5.1. Parámetros medidos

En cada corte se midió la producción de materia seca de la parte aérea.

En cada sacrificio se tomaron las siguientes mediciones:

- Producción de materia seca de hojas, tallos, raíces y tallos residuales. Los tallos residuales son aquella porción de la planta comprendida entre el nivel de corte y la raíz.
- Determinación del área foliar.
- Determinación del contenido de proteína (N x 6,25) de las hojas y de los tallos.
- Determinación del contenido de carbohidratos No estructurales Totales (CNT) de las raíces y de los tallos residuales.
- Determinación del contenido de P, K, Ca y Mg en la solución nutritiva. Cada tres semanas se sacaron alícuotas de la solución de 2 recipientes al azar en cada tratamiento. El consumo por planta se calculó por diferencia con el análisis de la solución original.

### 3.5.2. Parámetros estimados

En base a los parámetros medidos o en base a las predicciones de sus ecuaciones de respuesta, se estimaron los siguientes parámetros:

- Proporción de los componentes de la planta: hojas, tallos, raíces y tallos residuales, en porcentaje del peso total de la planta.
- Eficiencia (E) de utilización de las reservas
- Índice de Asimilación Neta (IAN)
- Razón de Área Foliar (RAF)
- Índice de Crecimiento Relativo (ICR)
- Espesor de las hojas
- Índice de Asimilación Neta de CNT (IANC)
- Índice de Acumulación Relativa de CNT (IARC)

### 3.6. Determinación y análisis químicos

#### 3.6.1. Determinación de área foliar

En varias plantas adultas se muestrearon 20 hojas de varios tamaños en las cuales se midió el ancho del foliolo central y el área de la hoja. La determinación del área de la hoja se hizo pesando una superficie igual a la de la hoja de un papel de peso unitario conocido. Estos datos permitieron establecer la función matemática de relación entre esos dos parámetros. Se encontró un ajuste de 99% para la función logarítmica:

$$Y = 1,781 X^{2,027}$$

donde:

$Y =$  Área foliar de una hoja en  $\text{cm}^2$

$X =$  Ancho del foliolo central en cm

Utilizando esta función se determinó el área foliar total de 8 plantas de diversos tamaños y se relacionó con el peso seco de las hojas de las mismas. Se encontró un ajuste de 99% para la función logarítmica:

$$Y = 563,750062 \times 0,897019^X$$

donde:

$Y =$  Área foliar de la planta,  $\text{cm}^2$

$X =$  Peso seco de hojas en gramos

Esta fue la relación que se utilizó en este experimento para estimar el área foliar de las plantas.

3.6.2. Determinación de la relación entre la acumulación de reservas y el crecimiento de la planta (E).

En este tipo de experimento no es posible relacionar claramente la cantidad de CNT acumulada con la producción de materia seca. Esta producción depende no solo del crecimiento anterior, lo que produce acumulación de reservas, sino también del crecimiento presente, cuya duración es variable según los tratamientos. Sin embargo se puede relacionar en cada intervalo el aumento de CNT debido al efecto de altura de corte con el aumento de tasa de crecimiento de materia seca debido al mismo efecto, obviando así las dificultades que presentan las diferencias entre el largo de intervalo. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$E = \frac{(MS_1 - MS_0) CNT_0}{(CNT_1 - CNT_0) MS_0}$$

donde:

$MS_0$  = Producción de materia seca en la altura 7 cm

$MS_1$  = Producción de materia seca en la altura 17 cm

$CNT_0$  = Acumulación de reservas en la altura 7 cm

$CNT_1$  = Acumulación de reservas en la altura 17 cm

### 3.6.3. Determinación de los índices fisiológicos

Los índices fisiológicos que se describen a continuación fueron calculados en base a los datos estimados, generados por las ecuaciones de respuesta encontrados para el crecimiento de la planta, de sus componentes y del área foliar.

#### 3.6.3.1. Índice de Asimilación Neta (IAN)

El IAN se define como la tasa de incremento en peso seco de la planta por unidad de material activo en el crecimiento (4), en este caso el aparato fotosintético o las hojas.

Para un intervalo de tiempo  $t_2 - t_1$ , que pudo ser el intervalo de corte (plantas de corte) o la edad de la planta (plantas testigo), se utilizó la fórmula siguiente:

$$IAN = \frac{(P_2 - P_1) (\ln A_2 - \ln A_1)}{(A_2 - A_1) (t_2 - t_1)}$$

donde:

$P_2$  = Peso seco de la planta en el tiempo  $t_2$

$P_1$  = Peso seco de la planta en el tiempo  $t_1$

$A_2$  = Area foliar en el tiempo  $t_2$

$A_1$  = Area foliar en el tiempo  $t_1$

Para las plantas de corte y las plantas testigo,  $P_1$  no cubre el mismo concepto. En el caso de las plantas de corte  $P_1$  corresponde a la suma del peso seco de raíces y tallos residuales del tratamiento considerado, mientras que para las plantas testigo  $P_1$  corresponde al peso total de la planta al final del período anterior.

### 3.6.3.2. Índice de Crecimiento Relativo (ICR)

El ICR expresa el aumento de peso por unidad de materia seca presente o inicial en un período determinado de tiempo (4). Para calcularlo se utilizó la siguiente fórmula:

$$ICR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

### 3.6.3.3. Razón de Area Foliar (RAF)

El RAF relaciona el área foliar con el peso seco total de la planta. En este experimento se utilizó la fórmula siguiente:

$$RAF = \frac{\text{Area Foliar total (dm}^2\text{)}}{\text{Peso seco total (g)}}$$

### 3.6.3.4. Espesor de las hojas

El espesor de las hojas relaciona el peso total de las hojas con el área foliar de la planta. La fórmula que se utilizó fue la siguiente:

$$\text{Espesor} = \frac{\text{Peso foliar (g)}}{\text{Area foliar total (dm}^2\text{)}}$$

### 3.6.3.5. Índice de Asimilación Neta de Carbohidratos No-estructurales Totales (IANC)

El IANC está basado en el mismo principio que el IAN, a diferencia de que se refiere solamente a los carbohidratos de reserva, y no al peso seco total de la planta. La fórmula utilizada fue la misma que para IAN, siendo  $P_i$  el contenido de CNT acumulados en la base de la planta.

### 3.6.3.6. Índice de Acumulación Relativa de CNT (IARC)

El IARC se define como el aumento de acumulación de reservas (% CNT) por unidad de materia seca presente en un período determinado de tiempo. La fórmula utilizada fue:

$$IARC = \frac{(CNT_2 - CNT_1) (\ln P_2 - \ln P_1)}{(P_2 - P_1) (t_2 - t_1)}$$

donde:

$CNT_i$  = Acumulación de reservas mg

$P_i$  = Peso seco de la planta g

### 3.6.4. Determinación de materia seca

Las muestras verdes se dejaron en bolsas de papel en un horno regulado en 70°C hasta peso constante.

### 3.6.5. Análisis químicos

#### 3.6.5.1. Determinación de nitrógeno

El nitrógeno total se determinó por el método micro-Kjeldahl, utilizando destiladores del tipo propuesto por Müller (31). Se

sometió las muestras a digestión con ácido sulfúrico.

### 3.6.5.2. Determinación de Carbohidratos No-Estructurales Totales

CNT

Se usó el método de Weinmann modificado por Smith (41). Se trata de una hidrólisis de di- y polisacáridos no-estructurales por la takadiastasa. Se utilizó el producto comercial Clarasa 900, Miles Chemicals Laboratories, Elkart, Indiana, USA.

### 3.6.5.3. Determinación del Fósforo

Se utilizó el método colorimétrico de Fiske-Subarow modificado (2). Dicha modificación consistió en el uso de HCl en vez de  $H_2SO_4$  como agente acidificante. Las lecturas se efectuaron en un colorímetro Coleman, 6 A, con una longitud de ondas de 525 nanometros.

### 3.6.5.4. Determinación de Potasio, Calcio y Magnesio en la Solución Nutritiva.

Estas determinaciones se realizaron en base a lecturas de un espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer, 303, efectuadas sobre diluciones de las muestras de la solución.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados y discusión se presentan considerando primero los efectos de intervalo y altura de corte, después el efecto de la edad y luego el efecto del tiempo. El efecto de cada factor se presenta en el orden siguiente: Acumulación de reservas, Absorción de nutrimentos, Crecimiento, Indices fisiológicos y Contenido de proteína.

##### 4.1. Intervalo y altura de corte

###### 4.1.1. Acumulación de reservas

En el Cuadro 1 se presentan las ecuaciones de respuesta a los efectos estudiados. En los Cuadros 6 a 9 del Apéndice se presentan las tablas de predicción establecidas en base a las ecuaciones encontradas. Los datos originales aparecen en el Cuadro 11 del Apéndice.

La acumulación total de reservas estuvo muy relacionada con los efectos bajo estudio, como aparece en el Cuadro 3. Se obtuvo un valor de  $R^2 = 0,85$ , y la prueba de F para regresión múltiple resultó altamente significativa ( $P < 0,01$ ). En la Figura 1 se puede observar que la cantidad de reservas acumuladas aumenta a medida que el intervalo se hace mayor, y con intervalos de 8 semanas ocurre una estabilización en la acumulación de carbohidratos.

La altura de corte tuvo un efecto marcado, siendo sus valores de reservas siempre más altos en el corte alto. A diferencia de otras variedades estudiadas, no se detectó interacción entre el intervalo y la altura de corte.

Cuadro 1. Ecuaciones de predicción de la acumulación de Carbohidratos No-estructurales Totales (CNT) en plantas de D. intortum, por efecto de la altura de corte ( $X_1$ ), del tiempo ( $X_2$ ) y del intervalo entre cortes ( $X_3$ ).

Componente	C o e f i c i e n t e s							$R^2$		
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{22}$	$b_{33}$	$b_{12}$		$b_{13}$	$b_{23}$
Porcentaje	-10,62	0,37	1,07	2,56	-0,03	-0,19	-0,02	-0,01	0,02	0,43
Acumulación mg	-1055	26,05	11,98	278,37	-2,55	-19,19	0,33	-1,66	10,33	0,71
Vallos residuales:										
Porcentaje	-14,27	0,47	-0,49	6,38	0,03	-0,19	0,003	-0,03	-0,10	0,88
Acumulación	-1159,98	-42,71	-154,1	634,11	-0,69	-56,42	7,87	8,76	18,11	0,86
Total:										
Acumulación	-4986,94	99,17	-158,10	1537,00	-3,61	-109,10	8,92	-8,26	30,97	0,85

$b_0$  : Constante  
 $b_i$  : Efecto lineal  
 $b_{ii}$  : Efecto cuadrático  
 $b_{ij}$  : Efecto mixto

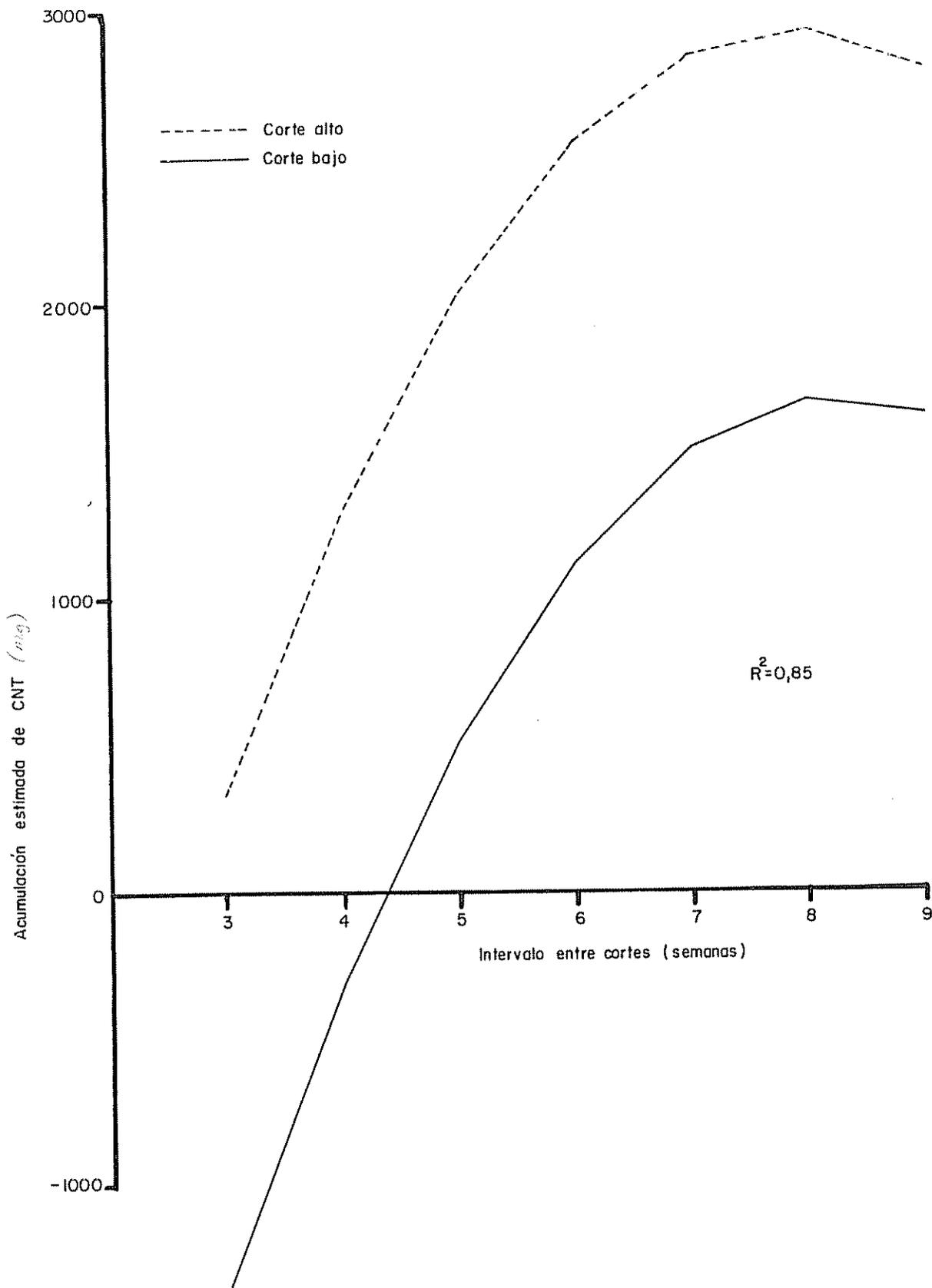


Fig 1 Acumulación estimada de CNT en tallos residuales y raíces de acuerdo al intervalo y la altura del corte

El porcentaje de CNT en base a materia seca de raíces no mostró una relación clara con los efectos estudiados ( $R^2 = 0,43$ ). Sin embargo se puede observar una tendencia a aumentar los valores en los intervalos de 6 y 9 semanas, en comparación con los obtenidos para 3 semanas.

La acumulación absoluta de CNT en las raíces tuvo una clara relación con los efectos estudiados, con un valor de  $R^2 = 0,71$  y una prueba de F para regresión múltiple altamente significativa ( $P < 0,01$ ). Como el porcentaje de CNT en las raíces no fue significativo, la mayor acumulación absoluta de CNT en las raíces fue un reflejo del crecimiento de ellas, y no un reflejo del balance de carbohidratos de la planta.

Tanto el porcentaje de CNT en base a materia seca de los tallos residuales, como la acumulación absoluta respondieron significativamente a los efectos estudiados ( $R^2 = 0,88$  y  $R^2 = 0,86$ , respectivamente). Se presenta en la Figura 2 las respuestas del porcentaje y de la acumulación absoluta por efecto del intervalo entre cortes y de la altura de corte. Los porcentajes aumentan casi linealmente con los intervalos, siendo más altos los porcentajes en los cortes altos. La acumulación absoluta se estabiliza con intervalos de 7 y 9 semanas para las plantas de corte bajo y alto, respectivamente, porque el crecimiento de los tallos residuales disminuyó.

El porcentaje de CNT de los tallos residuales se diferenció claramente (Cuadro 11 del Apéndice) del porcentaje de CNT en las raíces, y mientras que en las raíces la altura de corte no tuvo efecto sobre la concentración de CNT, en los tallos residuales ésta aumentó

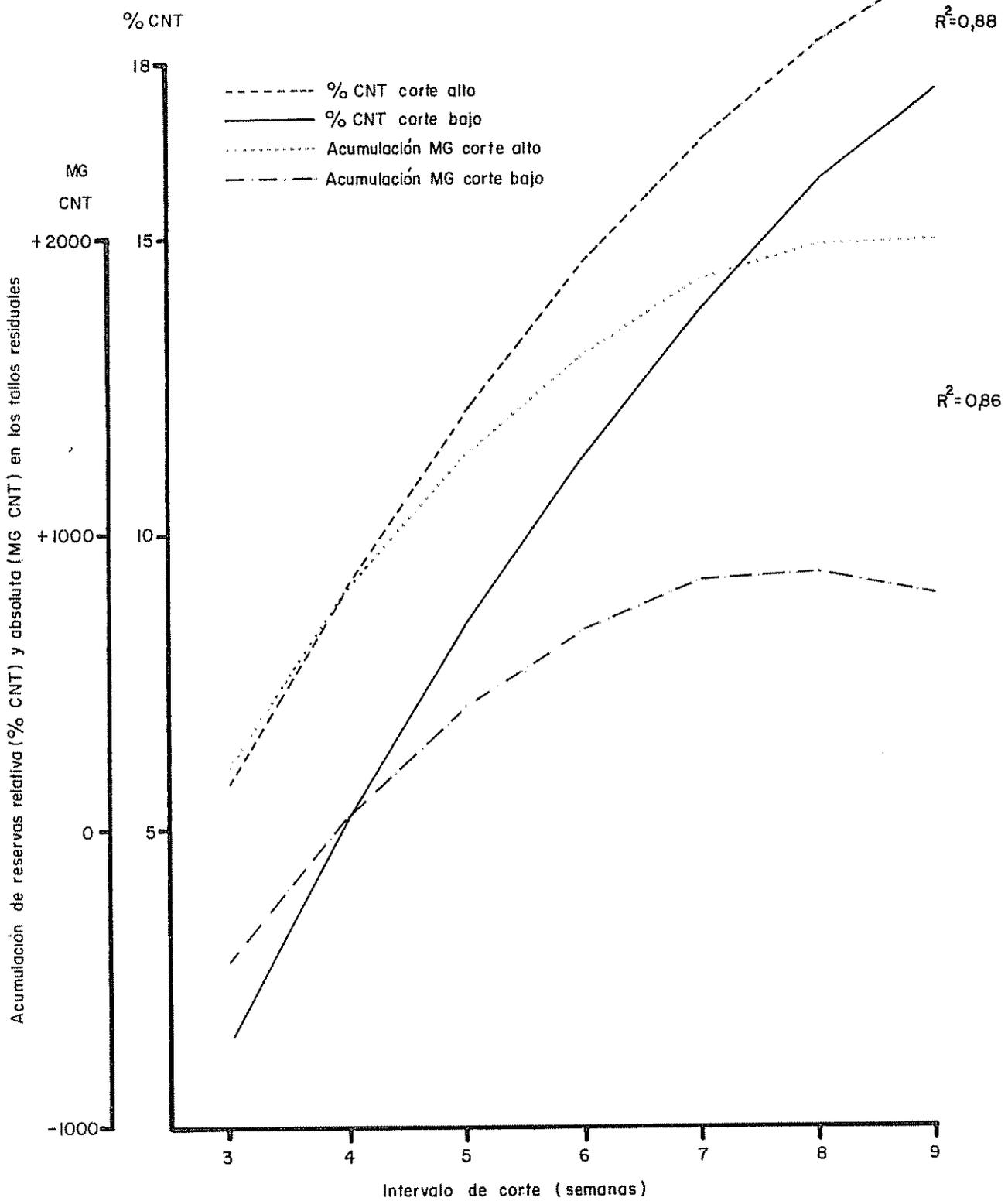


Fig. 2 Acumulación de reservas relativa (% CNT en base a materia seca) y absoluta (MG CNT) en los tallos residuales de acuerdo al intervalo y a la altura de corte

significativamente en el corte alto en comparación con el corte bajo. Esto muestra que las reservas acumuladas tienden a concentrarse en el mismo lugar donde van a ser utilizadas. Sobre estos procesos, existe amplio respaldo de otros trabajos. La mayor diferencia entre nivel alto y bajo de CNT en plantas de trébol "Ladino", Trifolium repens, ocurre en los estolones y no en las raíces, además el porcentaje de CNT en estolones es más elevado que el porcentaje en las raíces (30). Esto parece indicar que en las partes de la planta donde la acumulación de reservas es más dinámica, de allí también se hará la mayor extracción en caso de necesidad (10). Después del corte, las plantas con un alto nivel de CNT respiran más y pierden más peso que otras de bajo nivel (2, 30). Esto es una evidencia de que la plantas con bajos niveles de CNT no tienen verdaderas reservas que pueden suplir a la ausencia de fotosíntesis, lo que pareciera indicar, que los carbohidratos de reserva constituyen reservas solo por encima de cierta concentración, y que por debajo de aquella concentración se consideran metabólicamente activos. Si, en caso de emergencia estos son utilizados, parte o totalidad de la planta puede morir. Efectivamente fue lo que pasó con varias de las plantas sometidas a los cortes más frecuentes y bajos.

#### 4.1.2. Absorción de nutrimentos

##### 4.1.2.1. Fósforo

El efecto del intervalo entre cortes sobre la tasa de absorción de fósforo fue altamente significativo ( $P < 0,01$ ), como se puede apreciar en el Cuadro 2 del Apéndice. En la tabla de promedios del

Cuadro 2 se aprecia que la tasa de absorción de fósforo aumentó marcadamente con el intervalo de corte. El efecto de la altura también fue significativo ( $P < 0,01$ ) pero el aumento registrado no fue tan marcado como en el caso del efecto del intervalo de corte. La interacción entre los efectos fue igualmente significativa y está graficada en la Figura 3: ambas curvas fueron paralelas al inicio, pero tendieron a juntarse en el intervalo más largo, haciendo recalcar que el efecto de altura solo es importante en los intervalos más <sup>CORTOS</sup> cortos. Por su importante participación en los procesos vitales básicos de la planta, se puede considerar el nivel de absorción de P como un adecuado reflejo del metabolismo de la planta (46).

Cuadro 2. Tasa de absorción de fósforo por efecto de altura, intervalo de corte y fecha de muestreo. (mg/planta/período de 3 semanas).

Altura cm	Fecha de muestreo (semanas)					Promedio
	06	09	12	15	18	
7	14	16	9	15	26	16,1
17	17	14	11	19	27	17,9
Intervalo semanas						
3	11	12	9	11	11	10,6
6	16	11	15	12	32	17,1
9	20	23	6	28	40	23,4
Promedio	15,4	15,2	10,0	17,1	27,5	17,0

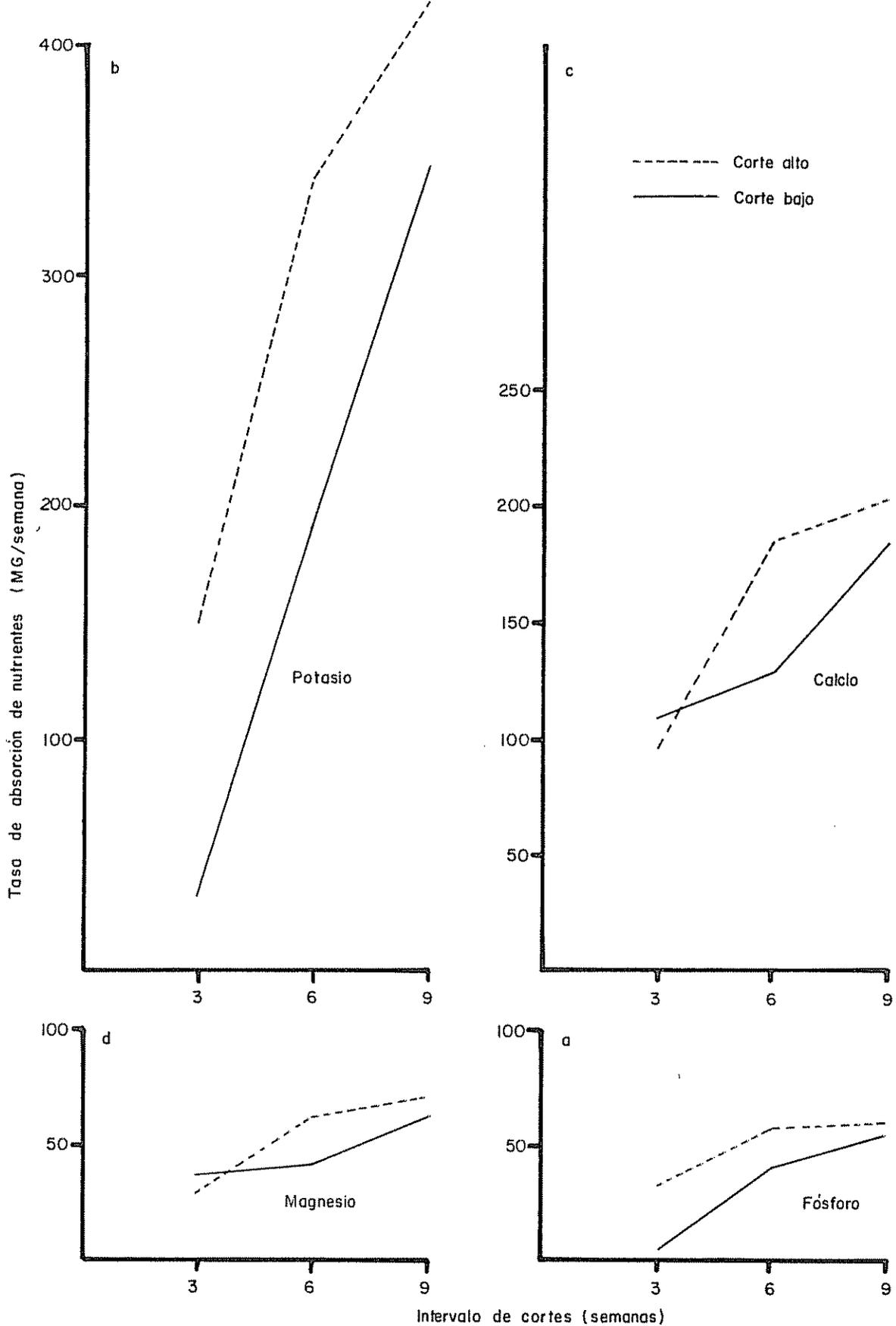


Fig.3 Tasa de absorción de nutrientes en función del intervalo de corte y de la altura de corte

#### 4.1.2.2. Potasio

Los tratamientos y sus interrelaciones tuvieron efectos altamente significativos ( $P < 0,01$ ) sobre la tasa de absorción de potasio, como aparece en el Cuadro 3 del Apéndice. El intervalo entre cortes fue responsable de un aumento de más de 5 veces en la absorción de potasio (Cuadro 3), mientras que la altura provocó un aumento en la absorción de sólo 50%. El aumento debido a la altura fue mayor con 6 semanas de intervalo que con 3 o 9 semanas, como se puede apreciar en la Figura 3.

Cuadro 3. Tasa de absorción de potasio por efecto de altura, intervalo de corte y fecha de muestreo. (mg/planta/período de 3 semanas).

Altura cm	Fecha de muestreo (semanas)					Promedio
	06	09	12	15	18	
7	487	389	401	890	1122	658
17	780	569	706	1280	1360	939
Intervalo semanas						
3	373	212	235	344	220	277
6	615	408	789	964	1635	882
9	897	1018	637	1915	1837	1261
Promedio	632	479	558	1035	1240	806

Esta respuesta de la tasa de absorción de potasio es muy similar a la respuesta de la acumulación de reservas (Fig. 1). La respuesta tan marcada de la absorción de potasio a los tratamientos puede deberse a la importancia que tiene este elemento en la eficiencia de asimilación de  $\text{CO}_2$  y en el transporte de los productos asimilados hacia los tejidos de acumulación de reservas (37). De hecho la fertilización con potasio actúa como un potente regulador de la composición botánica de las praderas asociadas y de su producción. Las gramíneas son más eficientes que las leguminosas en la absorción de potasio (16), por lo que aplicaciones reducidas les da ventaja a las gramíneas. Por otra parte, los requisitos de las leguminosas, evidenciados en este experimento, principalmente para una rápida recuperación después del corte, son altos, por lo que la producción de las leguminosas en praderas asociadas dependerá de una alta disponibilidad de potasio y de fácil absorción.

#### 4.1.2.3. Calcio

En el Cuadro 4 del Apéndice se puede apreciar que tanto el intervalo entre cortes como la altura de corte y su importancia tuvieron un efecto altamente significativo ( $P < 0,01$ ) sobre la tasa de absorción de calcio. En el Cuadro 4 se aprecia que entre intervalos de 3 a 9 semanas se duplicó la absorción de calcio, mientras que el efecto propio de la altura de corte no pasó de un aumento de 13% de la absorción. Como en el caso del potasio, pero de manera mucho más marcada, el efecto de la altura fue mayor con intervalos de 6 semanas (Fig. 8) donde se obtuvo 45% más de absorción por efecto de la altura de corte.

Cuadro 4. Tasa de absorción de calcio por efecto de intervalo entre cortes, altura de corte y fecha de muestreo. (mg/planta/ período de 3 semanas).

Altura cm	Fecha de muestreo (semanas)					Promedio
	06	09	12	15	18	
7	329	410	316	526	675	451
17	390	404	399	620	733	509
Intervalo semanas						
3	322	323	300	324	285	311
6	346	344	343	493	796	484
9	410	553	330	1025	1030	670
Promedio	360	407	358	573	704	488

#### 4.1.2.4. Magnesio

La tasa de absorción de magnesio respondió significativamente al intervalo entre cortes ( $P < 0,01$ ) y a la altura de corte ( $P < 0,05$ ), según aparece en el Cuadro 5 del Apéndice. Como se puede observar en el Cuadro 5, el magnesio fue el elemento que menos respondió a los tratamientos. Sin embargo, la forma de la respuesta (Fig. 8), fue muy similar a la del calcio. Esto concuerda con lo encontrado por otros investigadores (22, 43) en el sentido de que las necesidades de Ca y Mg son ligadas.

Cuadro 5. Tasa de absorción de magnesio por efecto de intervalo de corte, altura de corte y fecha de muestreo. (mg/planta/ período de 3 semanas).

Altura cm	Fecha de muestreo (semanas)					Promedio
	06	09	12	15	18	
7	138	162	91	150	264	161
17	169	142	108	191	286	179
Intervalo semanas						
3	107	120	85	108	109	106
6	155	106	153	120	320	171
9	199	231	61	284	396	234
Promedio	154	152	100	171	275	170

#### 4.1.2.5. Relación entre las tasas de absorción de los nutrimentos

En la solución nutritiva Hoagland No. 2, los elementos P, K, Ca y Mg estaban en la siguiente relación: 0,65 : 4,50 : 3,34 : 1,00. La relación entre las tasas de absorción de nutrimentos, por efecto de los tratamientos, se presenta en el Cuadro 6. Se fijó la tasa de magnesio en 1,00 porque fue el elemento que menos variación tuvo debido a los tratamientos y porque el consumo del magnesio fue siempre inferior a la disponibilidad de este elemento en la solución.

La relación entre las tasas de absorción de fósforo con magnesio fue siempre más elevada que en la solución original, lo que demuestra la selectividad de D. intortum para el fósforo, salvo en el corte

bajo y con intervalo de corte menor, en que la relación estuvo muy afectada.

Cuadro 6. Relación entre las tasas de absorción de los nutrimentos por altura e intervalo de corte.

Intervalo semanas	Altura cm	E l e m e n t o			
		P	K	Ca	Mg
3	7	0,15	0,84	2,75	1,00
6	7	0,94	4,40	2,98	1,00
9	7	0,85	5,38	2,90	1,00
3	17	1,06	4,93	3,20	1,00
6	17	0,92	5,39	2,91	1,00
9	17	0,80	5,89	2,87	1,00

La relación entre las tasas de absorción de potasio con magnesio también fue más elevada que la relación en la solución, y quedó tan afectada como la del fósforo en el intervalo de 3 semanas y corte bajo, lo que pareciera indicar que las plantas bajo esta combinación de tratamientos sufrieron profundos cambios metabólicos.

La relación entre el calcio y el magnesio se mantuvo relativamente constante. Sin embargo esta relación nunca llegó a ser tan elevada como en la solución.

En resumen parece que la tasa de absorción del potasio respondió mejor a los factores en estudio que la de los demás elementos, y junto con el fósforo fueron los elementos por los cuales la planta mostró mayor selectividad.

#### 4.1.2.6. Absorción de nutrimentos durante el rebrote

En la Figura 4 aparece graficada la absorción de P, K, Ca y Mg durante el rebrote (período de 3 semanas) en función del intervalo y de la altura de corte.

Para P, Ca y Mg la absorción de los elementos aparentemente fue mayor cuando el descanso antes del corte era de 6 semanas, indicando que aquellas plantas fueron más activas metabólicamente que las otras, en el período de recuperación después del corte (46). Parece ser que las plantas con 3 semanas de descanso fueron muy afectadas por la falta de reservas, necesarias para el rebrote y que las plantas con 9 semanas de intervalo sufrieron al momento del corte una mutilación relativamente mayor que las otras: 82% de la planta vs. 65% y 50% para 6 y 3 semanas respectivamente. Los tallos estaban casi sin yemas lo que sin duda afectó la rapidez del rebrote. Además se observó que durante 3 o 4 días después del corte, la sabia brotaba de los cortes. Este fenómeno puede explicar la respuesta diferenciada del potasio, que tuvo una absorción mayor cuando el descanso antes del corte fue de 9 semanas que cuando fue de 6 semanas. El potasio tiene un papel (37) importante en la movilización y traslocación de los carbohidratos de reserva, y la pérdida de sabia posiblemente provocó un desequilibrio en el balance de potasio de la planta, que tuvo que ser compensado.

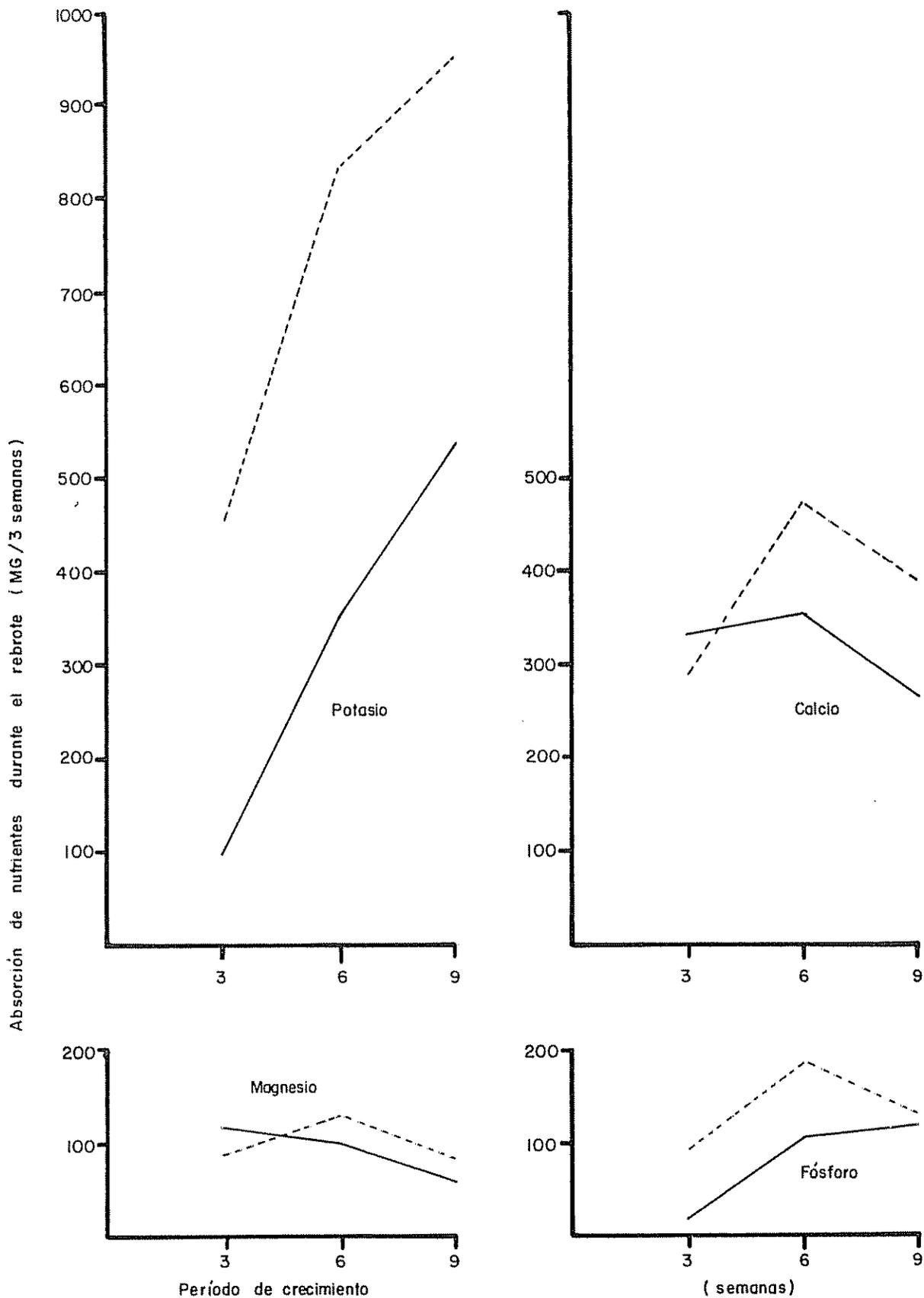


Fig 4 Absorción de nutrientes durante el rebrote de acuerdo al intervalo y la altura de corte

#### 4.1.3. Crecimiento

##### 4.1.3.1. Cortes

Las tasas de producción de materia seca de la parte cosechada en los cortes periódicos aparece en el Cuadro 7. El intervalo de 9 semanas entre cortes triplicó la producción de materia seca en comparación con el intervalo de 3 semanas. En promedio el corte alto rindió 2 veces más que el corte bajo. En el Cuadro 1 del Apéndice se puede comprobar que ambos efectos son altamente significativos ( $P < 0,01$ ) lo mismo que la interacción entre ellos. En la Figura 5 se puede apreciar que cuando el intervalo es reducido, las plantas de corte alto mucha superioridad sobre las de corte bajo, pero que en los intervalos más largos esta superioridad desaparece. En los intervalos entre 6 y 9 semanas, las plantas de corte bajo siguen aumentando su producción mientras que las de corte alto no muestran ningún aumento. Estos resultados están de acuerdo con la respuesta de Stylosanthes guyanensis en condiciones similares (14) y con la de D. intortum, Macroptilium atropurpureum y Glycine wightii en el campo (24).

Cuadro 7. Tasa de producción de materia seca en g/planta/día en plantas de D. intortum, bajo el efecto del intervalo y altura de corte.

Intervalo de corte semanas	Altura de corte		Promedio
	7 cm	17 cm	
3	0,76	3,76	2,26
6	2,73	9,06	5,90
9	8,19	8,26	8,23
Promedio	3,89	7,03	5,46

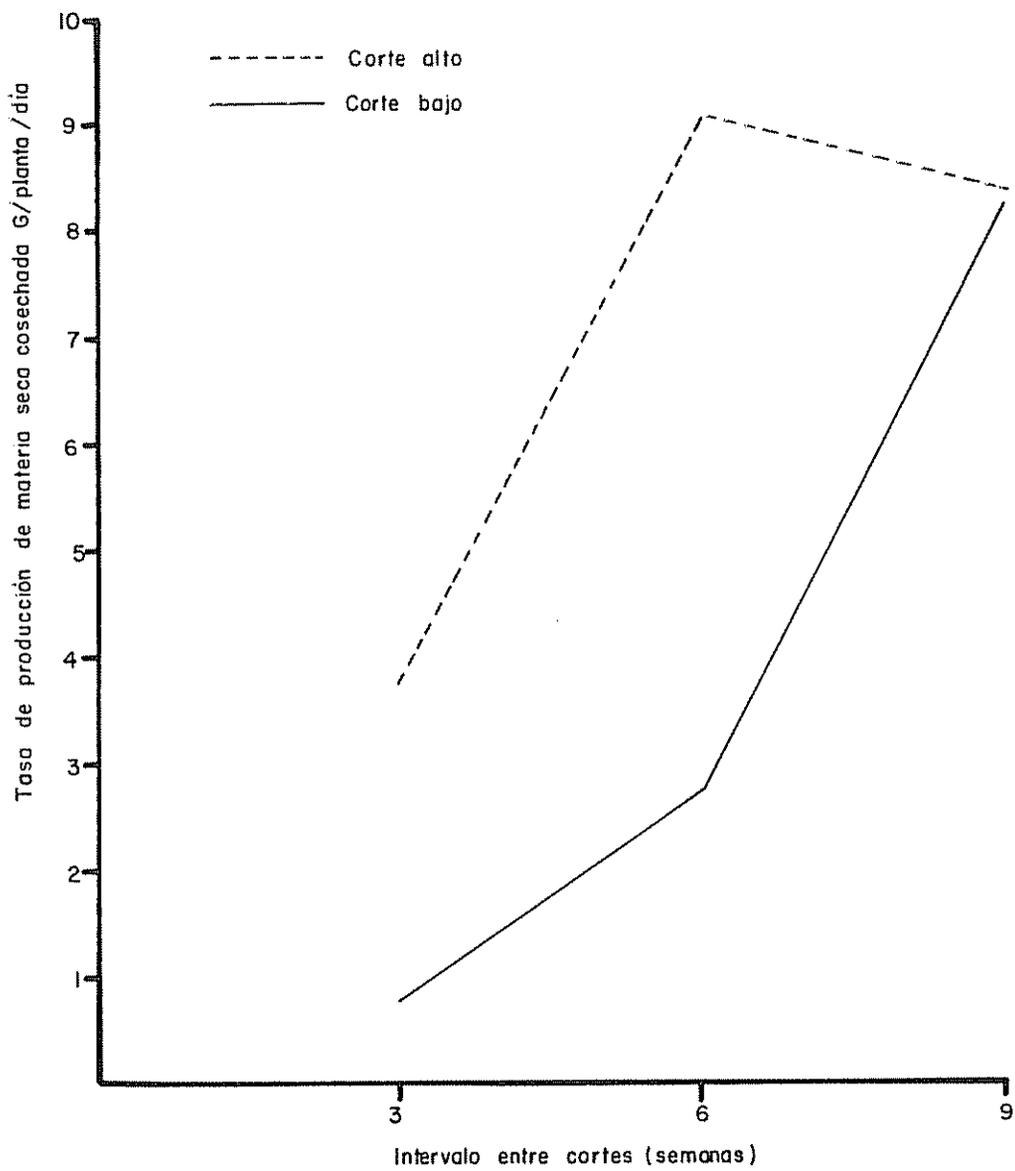


Fig.5 Efecto del intervalo de corte sobre la tasa de producción de materia seca cosechada

#### 4.1.3.2. Sacrificios

En el Cuadro 8 aparecen las ecuaciones de respuesta en producción de materia seca, por efecto del intervalo entre cortes para cada componente de la planta y cada altura de corte.

Cuadro 8. Efecto del intervalo entre cortes (X) sobre la producción de materia seca (Y) de hojas, tallos, raíces y tallos residuales.

Componente	Altura de corte, cm	Ecuación	R <sup>2</sup>
Hojas	7	$Y = 0,019 e^{1,30X}$	0,91
	17	$Y = 0,364 e^{0,86X}$	0,74
Tallos	7	$Y = 0,001 e^{1,64X}$	0,95
	17	$Y = 0,009 e^{1,45X}$	0,80
Raíces	7	$Y = 0,144 e^{0,85X}$	0,86
	17	$Y = 0,011 e^{1,19X}$	0,69
Tallos residuales	7	$Y = 0,026 e^{0,93X}$	0,66
	17	$Y = 0,573 e^{0,43X}$	0,62

Como lo demuestran las ecuaciones de respuesta el crecimiento fue exponencial. Esto es propio de plantas individuales que crecen con un mínimo de factores limitantes (4), según la ley de los intereses compuestos.

Se puede observar que siempre fueron mayores los coeficientes de confiabilidad para las plantas de corte bajo. Esto se debe a que en

esas plantas el intervalo entre cortes fue el factor más limitante, mientras que para las de corte alto, hay otros factores que pueden afectar el rebrote. En este ensayo esos factores no estuvieron bajo control. Uno de ellos podría ser el número de yemas o puntos de crecimiento en los tallos residuales. Se observó que en las plantas con menor intervalo entre cortes, los tallos residuales fueron más ramificados y pudieron haber tenido un mayor número de yemas, que pueden haber significado un rebrote más rápido después del corte. Varios investigadores reportan tendencias similares (11, 14, 20), mientras que otro reporta que el número de yemas influye en el rebrote hasta cierto punto (4 - 6 yemas para la soya Glycine max) pasado el cual actúa con un efecto deprimente sobre la recuperación de la planta (17).

#### 4.1.3.3. Proporción de los componentes de la planta

Las ecuaciones de respuesta del Cuadro 4 permitieron establecer las predicciones del crecimiento de los componentes de la planta de acuerdo al intervalo entre cortes. Aquellas predicciones se utilizaron para calcular la proporción de cada componente en porcentaje de la planta total.

La proporción de hojas de acuerdo al intervalo de corte aparece en la Figura 6a. Las plantas de corte bajo tuvieron una máxima proporción de hojas con un intervalo de 6 o 7 semanas. Las plantas de corte alto tuvieron su máxima proporción de hojas con intervalos de 3 semanas. El efecto por altura de corte fue más sensible en los intervalos cortos, y se puede explicar por la mayor acumulación de reservas en los tallos residuales altos. Estas permiten la formación de más tejido fotosintético nuevo después del corte (26).

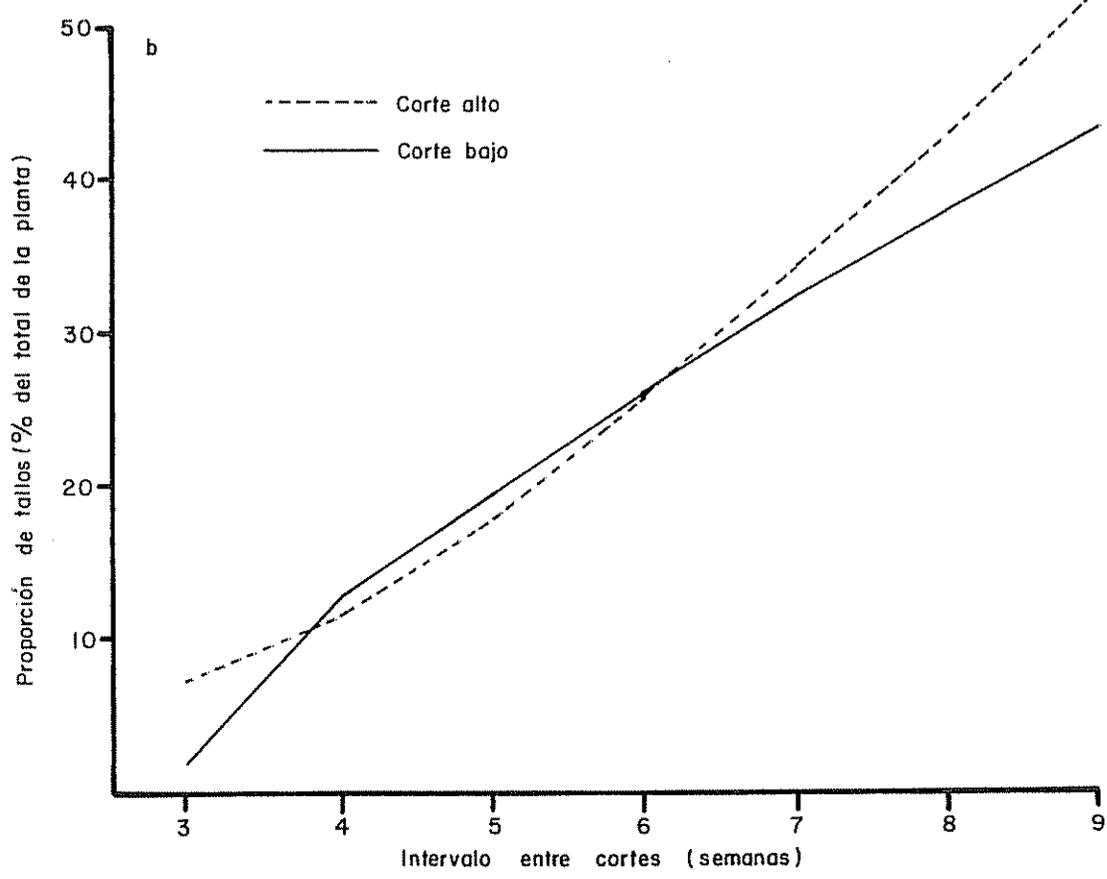
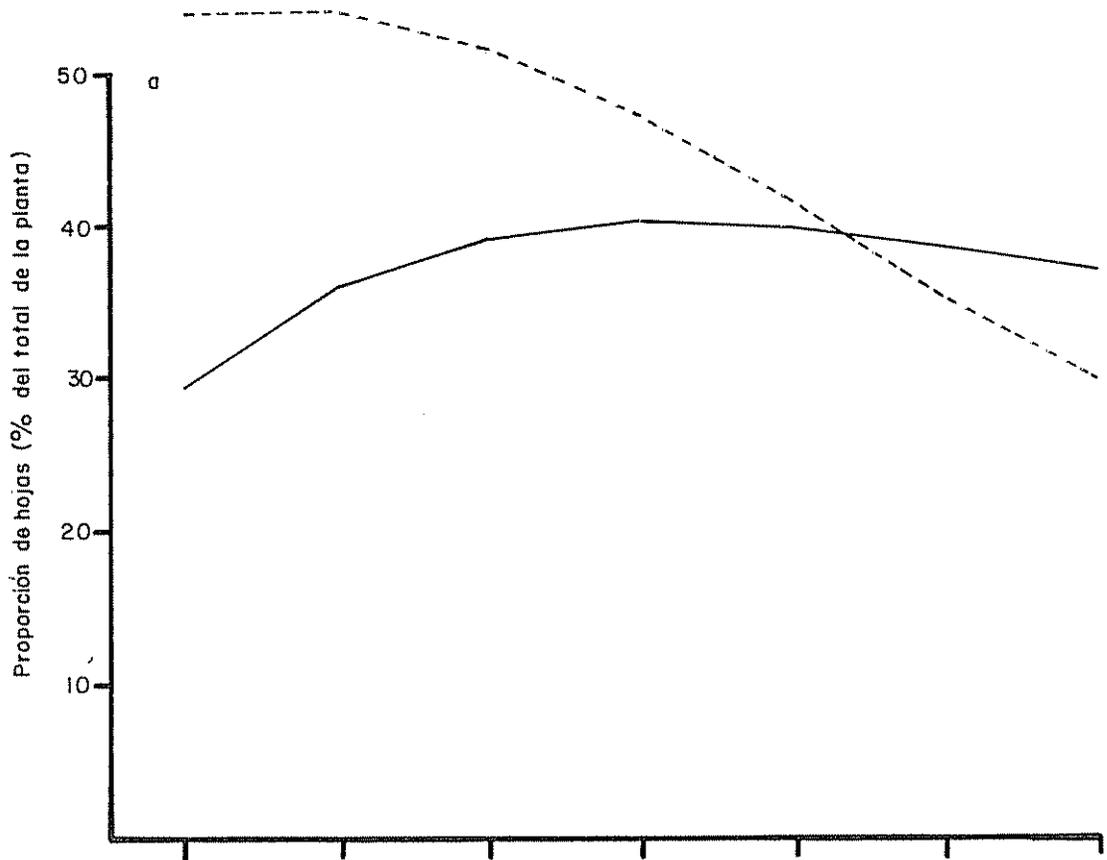


Fig. 6 Proporción de hojas y tallos en función del intervalo entre cortes y de la altura de corte

La proporción de tallos, de acuerdo al intervalo entre cortes, aparece también en la Figura 6b. El efecto de intervalo sobre la proporción de tallos es muy marcado siendo esta parte de la planta el componente más dinámico de su crecimiento. Esta característica es propia de las plantas leñosas, a las cuales pertenece D. intortum. Las curvas de ambas alturas son muy similares, lo que indican que esta variable no afectó la proporción de tallos.

La proporción de raíces, por efecto del intervalo entre cortes aparece en la Figura 7a. Al aumentar el intervalo entre cortes, disminuyó drásticamente la proporción de raíces en las plantas de corte bajo, mientras que en las plantas de corte alto la respuesta fue inversa pero mucho menos marcada. Una alta proporción de raíces en plantas jóvenes o sometidas a cortes frecuentes ha sido observada por varios autores (7, 33), en condiciones de campo y de invernadero. Sin embargo los valores reportados nunca llegan a los valores alcanzados en este experimento. Una posible explicación sería que cuando los niveles de reservas son bajos, el rebrote de raíces ocurriría a partir de raíces ya existentes mientras que si hay suficientes reservas, el rebrote de nuevas raíces se hace desde el cuello (33).

En este experimento en el intervalo más corto y la altura de corte más baja, el contenido de CNT de la raíz fue superior al de los tallos residuales (Cuadros 7 y 9 del Apéndice) y como las reservas se utilizan preferencialmente donde están almacenadas (30) el crecimiento radical por ramificación de raíces ya existentes, sería favorecido.

El crecimiento relativo de los tallos residuales, de acuerdo al intervalo entre cortes, aparece graficado en la Figura 7b. La

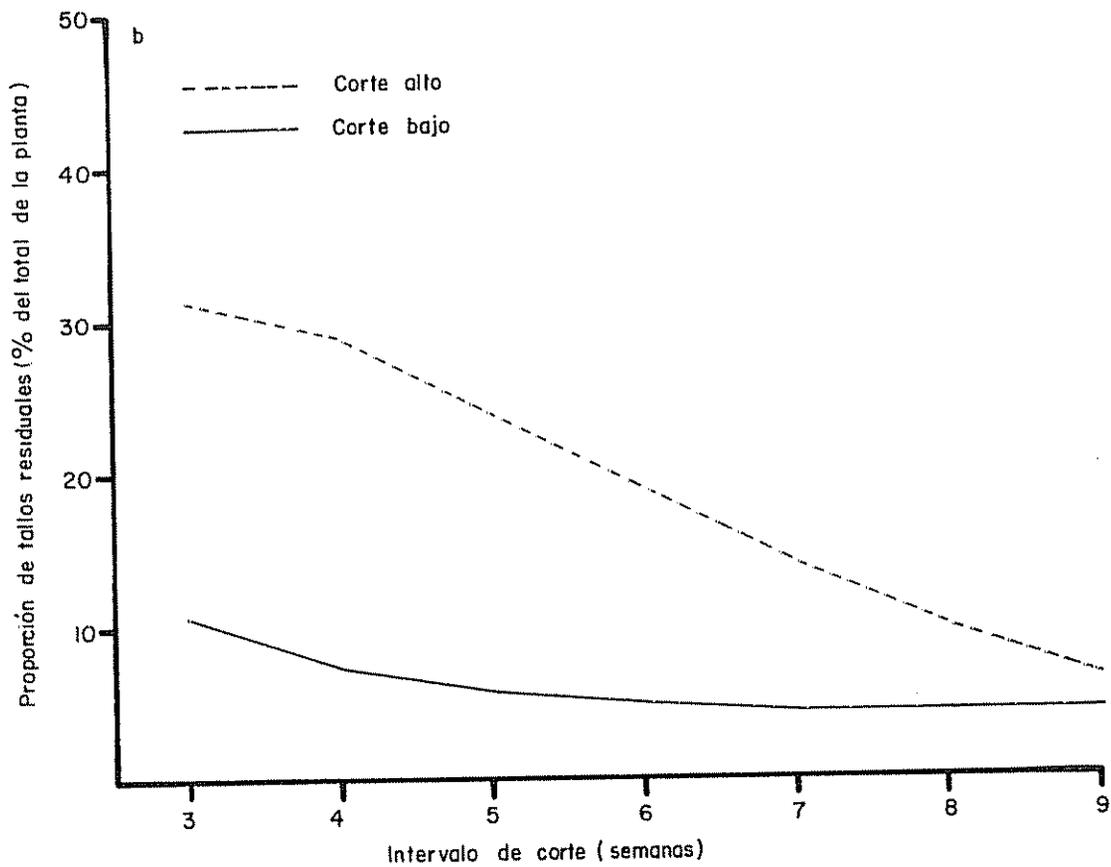
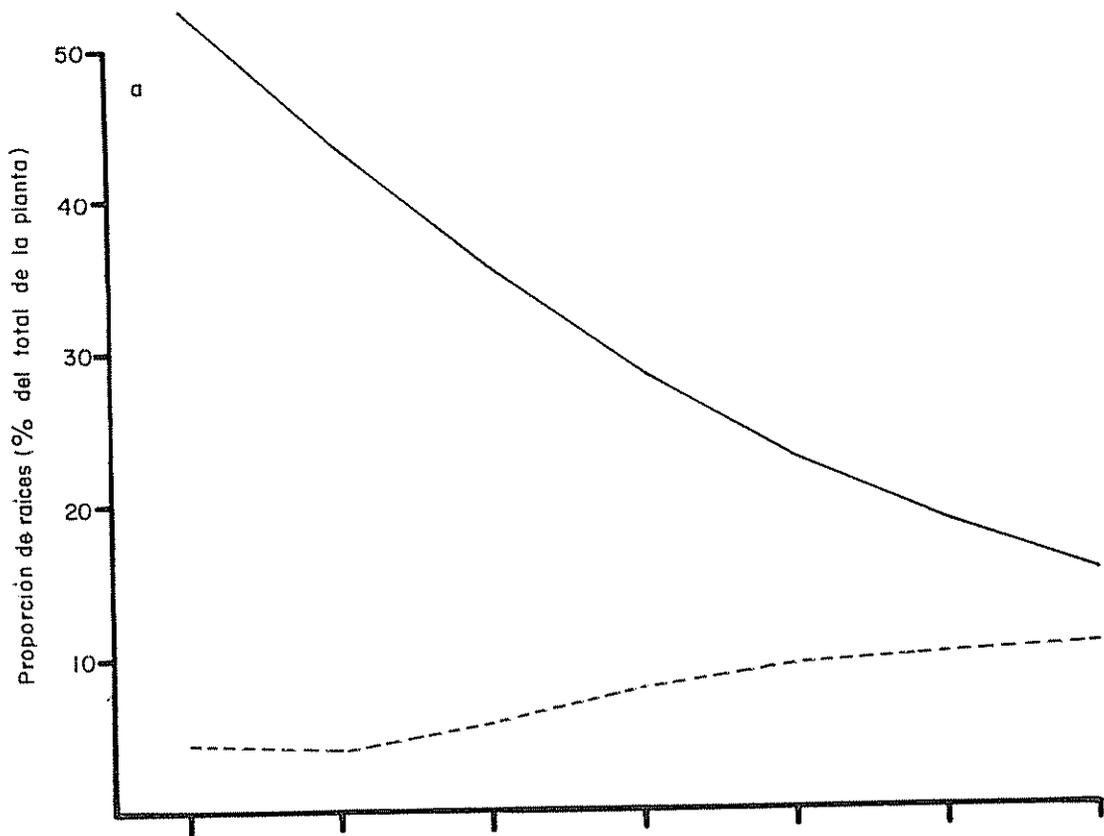


Fig. 7 Crecimiento relativo de raíces y tallos residuales en función del intervalo entre cortes y de la altura de corte

proporción de tallos residuales tendió a disminuir a medida que se alargaba el intervalo entre cortes. Como es lógico la proporción fue mayor para las plantas de corte alto. Sin embargo, en estas plantas la proporción tendió a decrecer más rápidamente, lo que se puede explicar por el mayor crecimiento general de las plantas de corte alto, en comparación con las de corte bajo.

En los intervalos cortos el crecimiento es más dependiente del nivel de reservas, que afecta el rebrote inicial, que en los intervalos, más largos, de allí la mayor respuesta de varios parámetros a la altura de corte en los intervalos cortos. La proporción de hojas y raíces respondieron más a la altura de corte en los intervalos cortos, lo que permite vislumbrar que la respuesta de aquellos parámetros fue condicionada principalmente por el nivel de los carbohidratos en la planta.

#### 4.1.3.4. Eficiencia (E) de utilización de las reservas en el rebrote

En la Figura 8 se presentan la eficiencia de utilización de las reservas para el rebrote, y se puede observar que la máxima eficiencia de utilización ocurrió con intervalos de 6 - 7 semanas entre cortes. Debido a la estrecha relación que existe entre el por ciento de CNT en los tallos y el intervalo entre cortes (Fig. 2), la tendencia habría sido parecida al relacionar "E" con la concentración de CNT en la planta. En este caso se esperaba que E aumentaría con el por ciento de CNT hasta un techo donde mayores aumentos de porcentaje de CNT no resultarían en una mayor eficiencia de utilización. Para explicar la

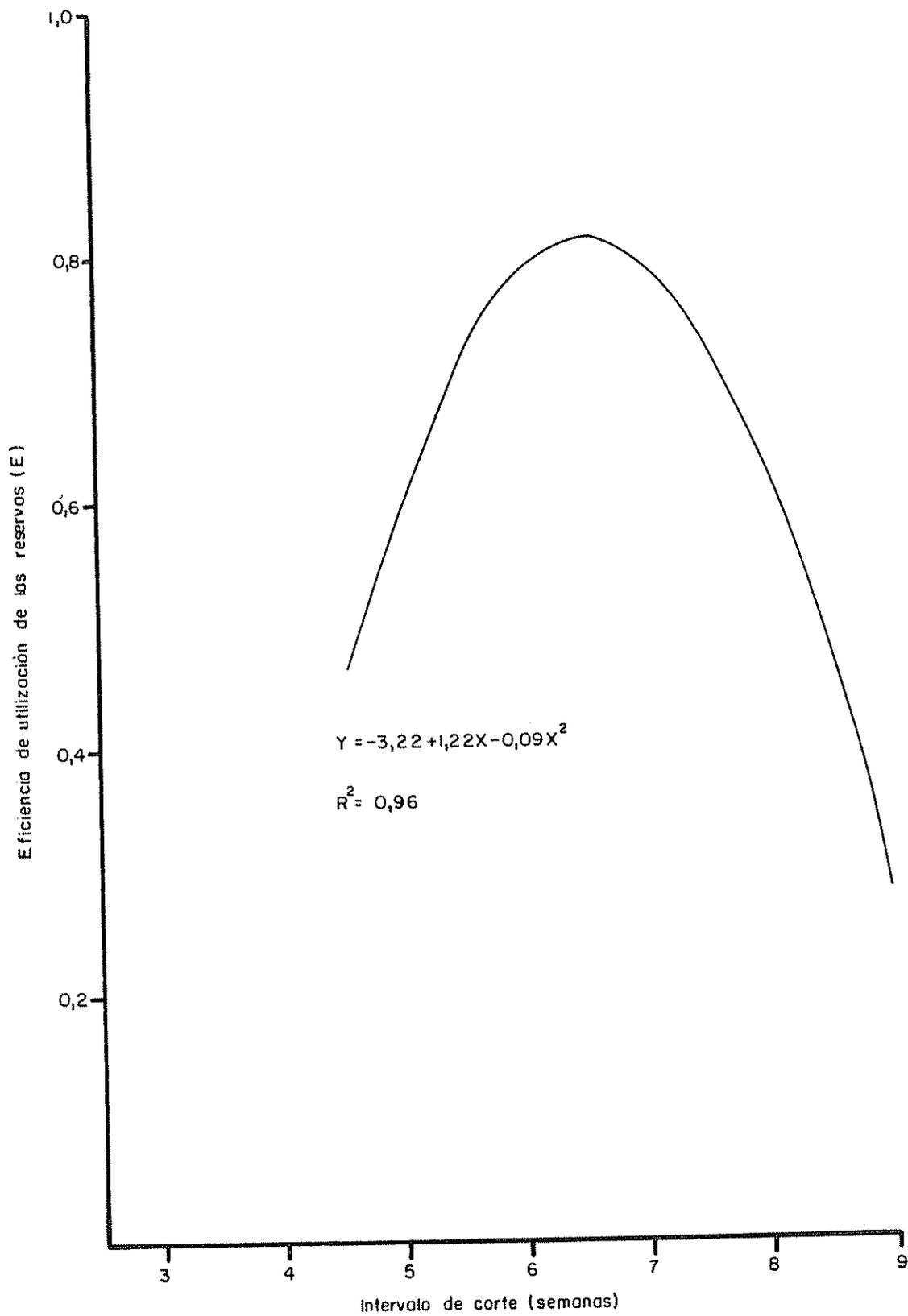


Fig. 8 Valor estimado de la eficiencia de utilización de la reserva en función del intervalo entre cortes

disminución de E pasado las 6 semanas hace falta entonces mencionar otro aspecto del rebrote de las plantas que se observó en este y en otros experimentos, pero que no se midió: el número de yemas sobre los tallos residuales. Este, tanto como las reservas acumuladas, varió con los tratamientos y se presenta una estimación de ello en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Estimación del número de yemas y del nivel de reservas en los tallos residuales por efecto del intervalo y de la altura de corte.

Intervalo de corte semanas	Altura de corte cm	Reservas	Número de yemas
3	7	bajo	alto
	17	bajo	alto
6	7	adecuado	bajo
	17	adecuado	alto
9	7	adecuado	bajo
	17	adecuado	bajo

En las plantas con 6 semanas de intervalo, en ambas alturas la acumulación de reservas es adecuada para el rebrote, pero el corte alto tiene más puntos de crecimiento donde estas reservas pueden aplicarse, de allí entonces la mayor eficiencia observada. En las plantas con 9 semanas de intervalo, tal aumento no ocurre porque en ambas alturas de corte, por la lignificación y la falta de ramificación de los tallos, es bajo el número de yemas en que se puedan utilizar las reservas.

Además con intervalos tan largos, la efectividad del rebrote inicial está apagada por la eficiencia de crecimiento fotosintético posterior. En las plantas con 3 semanas de intervalo los puntos potenciales de crecimiento son abundantes, pero la acumulación de reservas no es suficiente, ni en el corte alto, para proveer un crecimiento inicial vigoroso.

#### 4.1.4. Índices fisiológicos

En la Figura 9 se presentan los índices fisiológicos en función del intervalo entre cortes y de la altura de corte. Los valores de  $R^2$  son altamente significativos, mostrando una clara relación entre los efectos en estudio y los índices fisiológicos.

Al contrario de la producción de materia seca que aumentó exponencialmente con los intervalos entre cortes (Cuadro 8), la eficiencia de crecimiento (ICR) en base a la materia seca inicial disminuyó con los intervalos en el corte alto. Esto se debe a que el área foliar (o aparato fotosintético) disponible por gramo de materia seca de la planta (RAF) disminuyó en los intervalos más largos. Debido a que el peso de las hojas está estrechamente ligado al área foliar ( $R^2 = 0,99$ ), es lógico que la tendencia de la RAF siga la tendencia de la proporción de hojas, como aparece en la Figura 6. Es interesante notar que la eficiencia fotosintética de las hojas (IAN) fue mayor en los intervalos largos, sin embargo esto no logró compensar la disminución de la RAF. Fueron en los intervalos cortos que la diferencia de ICR entre alturas de corte fue más evidente, debida posiblemente a la diferencia de porcentaje de CNT que tenían las plantas de

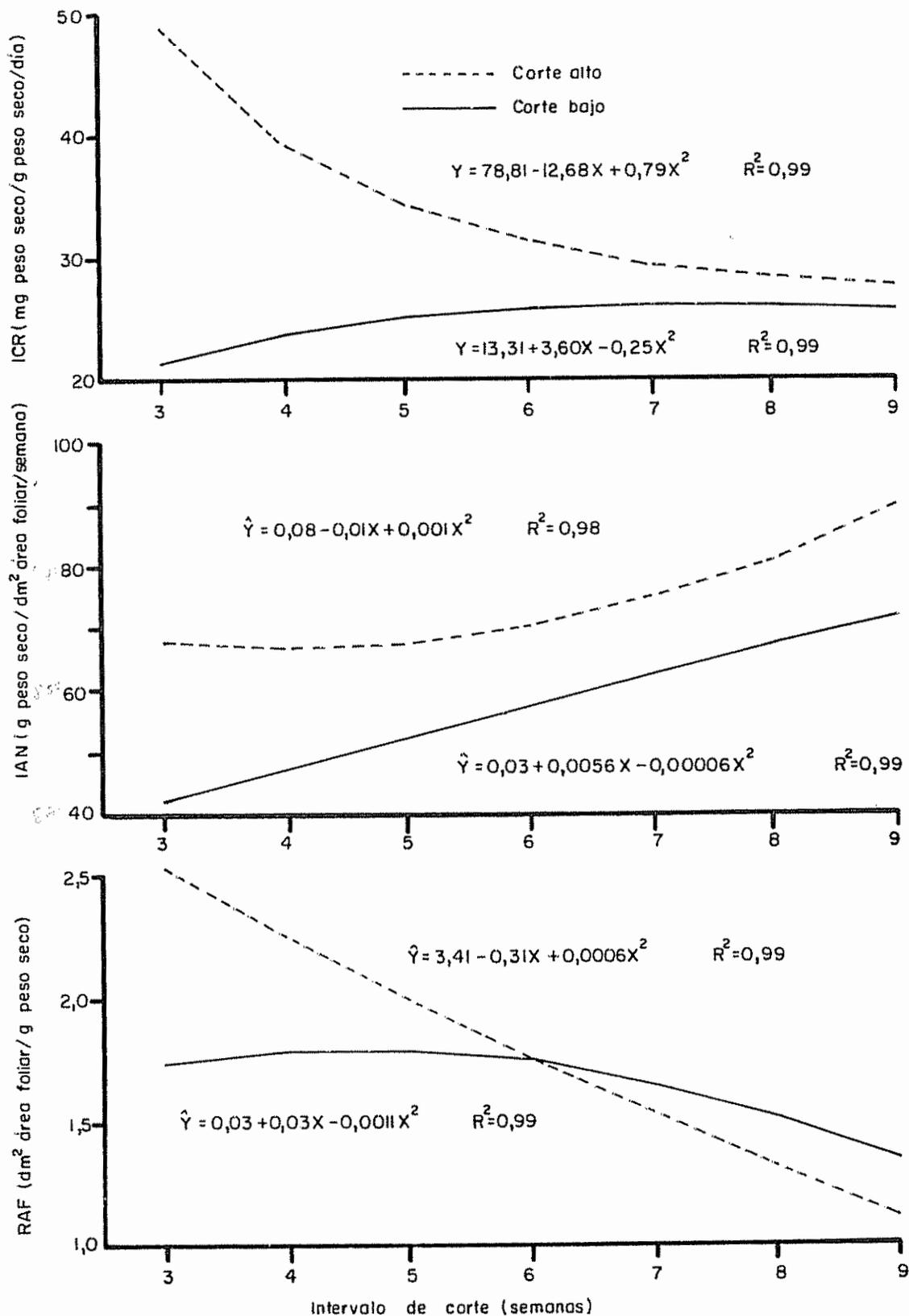


Fig. 9 Valores estimados de los índices fisiológicos ICR, IAN y RAF en función del intervalo y de la altura de corte

ambas alturas (Fig. 2). En efecto como el ICR representa el incremento de peso en base a la materia seca presente, es lógico que el crecimiento sea más eficiente, cuando se hace en base a productos de más rápida utilización por la planta. Sin embargo, otros autores reportan que por el contrario fueron las plantas con los más altos niveles de reservas que tuvieron el menor ICR (1, 11).

El Índice de Acumulación Relativa de CNT (IARC) se presenta en función del intervalo entre cortes y de la altura de corte en la Figura 10. Hay una clara interacción entre los efectos principales. Las plantas de corte alto mostraron un óptimo de acumulación relativa con 4 semanas de intervalo, la que luego decreció lentamente con los intervalos más largos. Las plantas de corte bajo tuvieron una acumulación relativa muy baja en los intervalos cortos, pero mostraron un máximo en 6 semanas de intervalo, que incluso llegó a ser superior al óptimo de las plantas de corte alto, pasado el cual decreció abruptamente.

El Índice de Asimilación Neta de CNT (IANC) se presenta en función del intervalo y de la altura de corte en la Figura 10. Se puede apreciar que las tendencias de IANC y IARC fueron similares, lo que indicaría que hubo mayor acumulación de reservas en las plantas porque la tasa de asimilación de éstas fue mayor. Estos índices determinan el destino de los productos asimilados. En las defoliaciones frecuentes los carbohidratos se destinan al crecimiento nuevo y no hay exceso que pueda ser almacenado, como quedó enfatizado en las plantas de corte bajo. Con intervalos largos entre defoliaciones la planta forma una mayor cantidad de tallos que contienen más tejido estructu-

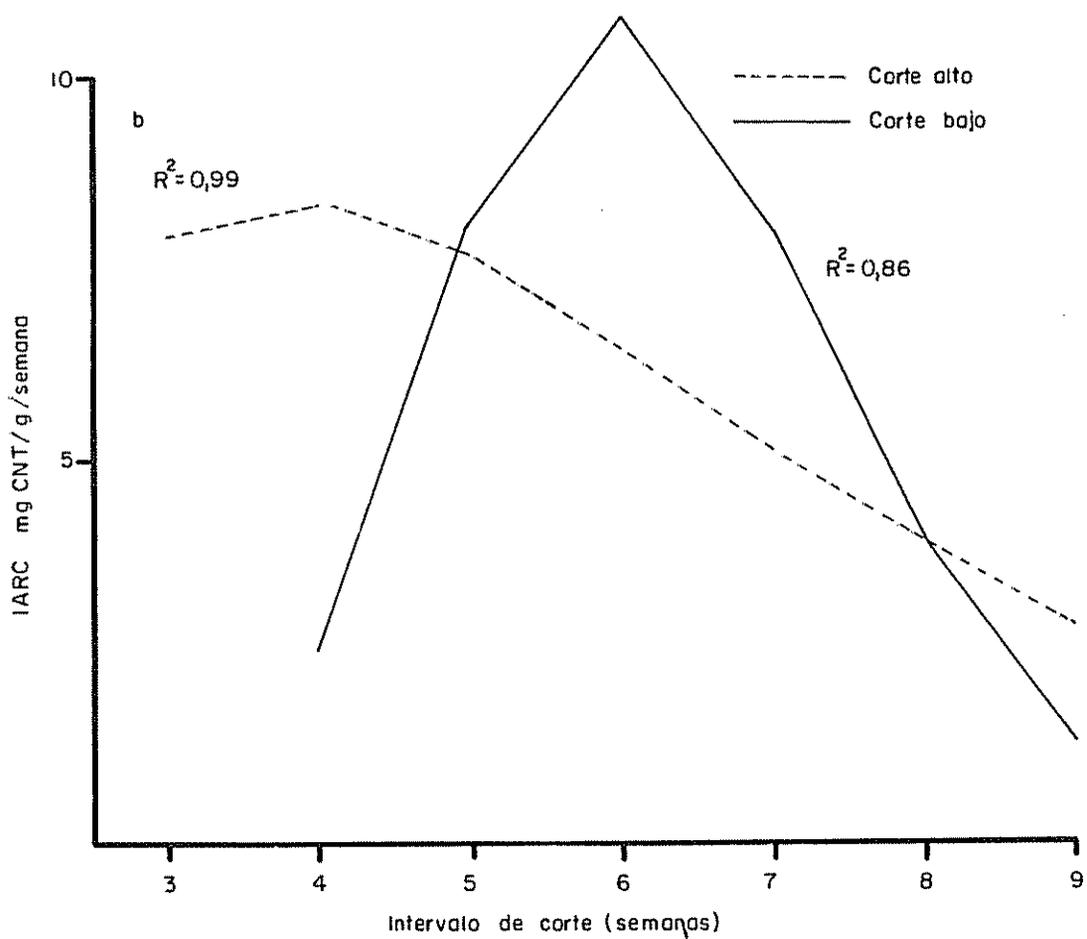
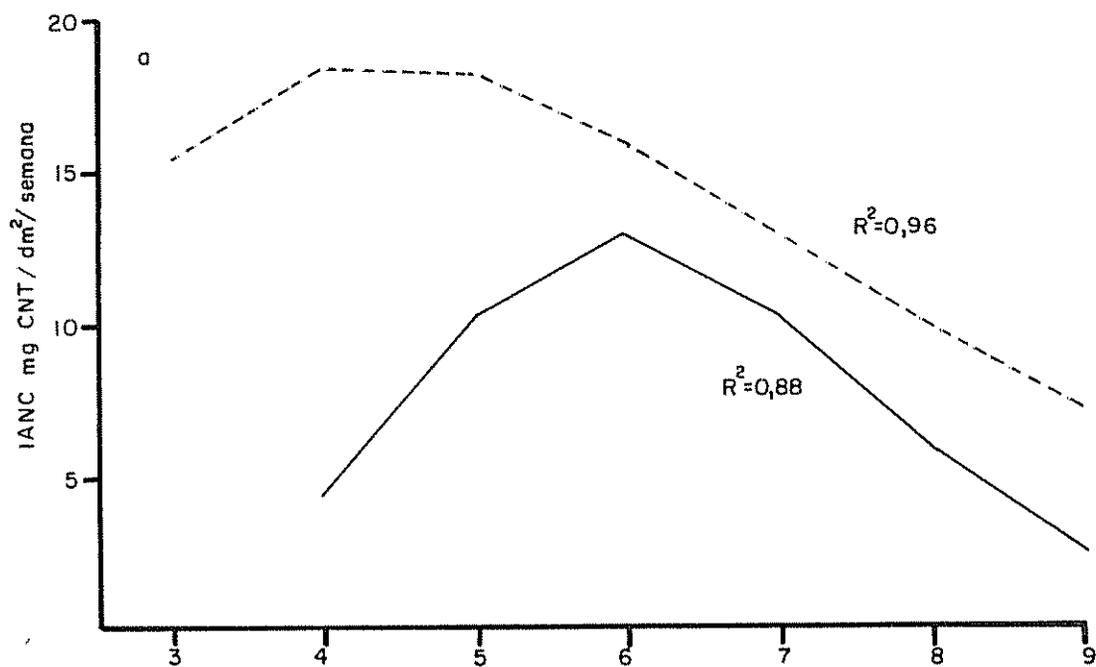


Fig. 10 Valor estimado del índice de asimilación neta de CNT (IANC) y de la acumulación relativa de CNT (IARC) en función de la altura de corte y del intervalo entre cortes

ral, por lo que una menor proporción de los carbohidratos asimilados queda destinada a ser acumulada como reserva.

#### 4.1.5. Contenido de proteína

En el Cuadro 10 aparecen las ecuaciones de respuesta de la concentración de proteína en hojas y tallos por efecto del intervalo y de la altura de corte. En la Figura 11 se puede apreciar que el porcentaje de proteína al principio disminuyó con los intervalos. El nivel de proteína de las hojas fue superior al nivel de los tallos, pero decreció más rápidamente. El nivel de proteína de las hojas y de los tallos de corte alto fue inferior al nivel del corte bajo: para las hojas la diferencia entre cortes fue significativa ( $P < 0,05$ ) pero no lo fue para los tallos. Esta diferencia es explicable por el mayor crecimiento de las plantas de corte alto, que originó una mayor deposición de tejido estructural en tallos y hojas. Este fenómeno aparece claramente si uno considera el espesor de las hojas, que es la relación entre el peso de las hojas y el área foliar, y se puede apreciar en el Cuadro 11 que el espesor fue mayor para las plantas de corte alto. Parece por lo tanto que el aumento de peso foliar debido a los tratamientos no se tradujo solamente por un aumento en área foliar, sino también por una mayor cantidad de tejido estructural en ellas, lo que sin duda influyó en el porcentaje de proteína.

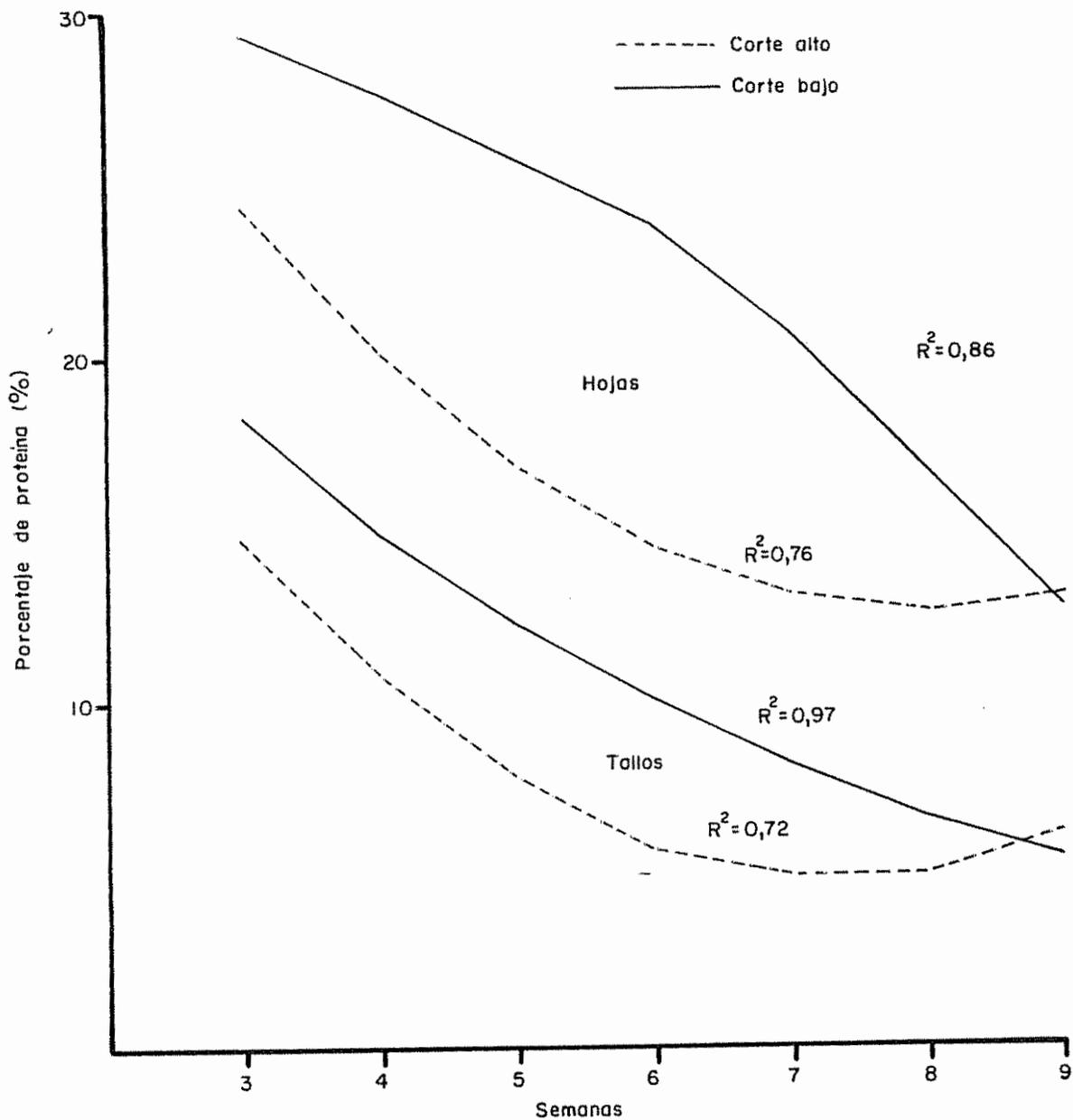


Fig.II Valor estimado del porcentaje de proteína (N x 6,25) en hojas y tallos de acuerdo al intervalo y la altura de corte

Cuadro 10. Ecuaciones de respuesta del porcentaje de proteína (Y) (N total x 6,25) de hojas y tallos por efecto del intervalo entre cortes (X) y de la altura de corte.

Componente	Altura cm	Ecuación	R <sup>2</sup>
Hojas	7	$Y = 31,67 - 0,065X - 0,227X^2$	0,86
	17	$Y = 43,03 - 7,651X + 0,481X^2$	0,76
Tallos	7	$Y = 3,277X^{0,819}$	0,97
	17	$Y = 32,59 - 7,4855X + 0,506$	0,72

Cuadro 11. Espesor (g peso foliar/dm<sup>2</sup> área foliar) de hojas por efecto de altura e intervalo de corte.

Altura de corte cm	Intervalo entre cortes (semanas)		
	3	6	9
7	0,185	0,246	0,263
17	0,216	0,259	0,267

#### 4.2. Tiempo

El efecto del tiempo se observó sobre la acumulación de reservas, la absorción de nutrimentos y el crecimiento.

#### 4.2.1. Acumulación de reservas

El efecto del tiempo sobre la acumulación de reservas se puede apreciar en los Cuadros 6 - 9 del Apéndice, que son tablas predictivas basadas en las ecuaciones de respuesta del Cuadro 1.

La interacción entre tiempo e intervalo entre cortes tuvo un efecto significativo sobre la acumulación de CNT en los tallos residuales (Cuadro 9 del Apéndice). Con intervalos de 3 semanas y un corte bajo, la acumulación de CNT fue decreciendo en el curso del experimento. En otras palabras las acumulaciones fueron siempre menores porque las plantas no tuvieron tiempo en 3 semanas de reponer las reservas utilizadas al momento del rebrote. En el corte bajo, recién a partir de 5 semanas de intervalo, la acumulación de CNT total permaneció constante durante todo el experimento, lo que indica que con este intervalo, las plantas estarían en equilibrio en su balance de carbohidratos, o sea que el intervalo fuera lo suficiente largo para que la planta repusiera las reservas consumidas a la hora del rebrote. Cinco semanas es un intervalo largo, si se compara con los 20 días necesarios a leguminosas y gramíneas templadas para reponer las reservas consumidas (30, 33).

El porcentaje de CNT en los tallos mostró una tendencia diferente a la de la acumulación absoluta de CNT. El tiempo tuvo en todas las combinaciones de tratamientos un efecto deprimente sobre el porcentaje de CNT, siendo estos sin duda desplazados por carbohidratos estructurales y lignina hacia otros lugares de almacenamiento, que no fueron considerados en este experimento.

#### 4.2.2. Absorción de nutrimentos

El efecto del tiempo sobre la absorción de nutrimentos se puede apreciar en los Cuadros 2 - 5 y en los Cuadros 2 - 5 del Apéndice. En todos los casos el efecto de tiempo fue altamente significativo ( $P < 0,01$ ), lo mismo que la interacción entre intervalo y tiempo. La interacción entre altura de corte y tiempo, solo resultó significativa ( $P < 0,05$ ) en el caso de la tasa de absorción de fósforo. La tasa de absorción se mantuvo estable hasta las 12 semanas y luego hasta el final del experimento se incrementó de 100%. Esto puede ser debido a que en este período se pasaron las plantas a recipientes más grandes (8 l en vez de 3,7 l) lo que permitió un mayor desarrollo radicular y por lo tanto una mayor absorción. En cuanto a la interacción entre intervalo de corte y tiempo, aparece que las plantas con 3 semanas de intervalo no mostraron cambio alguno en la absorción de nutrimentos, sin duda porque, por su falta de desarrollo general nunca las raíces fueron limitadas por el espacio.

#### 4.2.3. Crecimiento

La variación en el crecimiento de las plantas de acuerdo al tiempo en el experimento se puede observar en el Cuadro 12. Solo en las plantas sometidas a cortes bajos y frecuentes la tasa de crecimiento fue disminuyendo. Además fue entre esas plantas en las que hubo el mayor índice de mortalidad. Esto es explicable por lo encontrado en la acumulación de reservas donde las plantas de 3 semanas de intervalo entre cortes tuvieron una acumulación decreciente en el tiempo, o en otras palabras tuvieron un balance negativo de CNT. Las otras

Cuadro 12. Variación en la tasa relativa de crecimiento de las plantas de corte entre la primera y la última cosecha.

Intervalo semanas	Altura cm	Tasa relativa de crecimiento de la última cosecha*
3	7	0,20
3	17	1,85
6	7	6,16
6	17	2,31
9	7	3,28
9	17	2,13

\* Valor de la primera cosecha: 1,00.

combinaciones de tratamientos mostraron aumentos con el tiempo, siendo la altura de corte baja la que proporcionó los mayores aumentos. Esto se explica porque el corte de emparejamiento se realizó cuando el material estaba todavía tierno, por lo que las plantas de corte bajo sufrieron más que las otras, con un efecto detrimental sobre su primer rendimiento.

### 4.3. Edad

#### 4.3.1. Acumulación de reservas

La acumulación de reservas en tallos residuales y raíces por efecto de la edad aparece en el Cuadro 13. Para las raíces  $R^2$  fue significativo pero para los tallos residuales los resultados mostraron

grandes variaciones que no pueden atribuirse a un efecto de edad. La tendencia general fue que la concentración de CNT disminuyó con la edad. Sin embargo la cantidad de reservas acumuladas entre las 12 y 30 semanas de edad se duplicó, lo que concuerda con lo obtenido en trébol rosado, Trifolium pratense L., en la zona templada (36).

Cuadro 13. Efecto de la edad (X) en la acumulación de reservas (Y) en raíces y tallos residuales.

Componente	Ecuación	R <sup>2</sup>
Raíz	$Y = 39,04 - 2,99 X + 0,06 X^2$	0,69**
Tallos residuales, 7 cm	$Y = 16,09 - 0,23 X + 0,01 X^2$	0,03 N.S.
Tallos residuales, 17 cm	$Y = 9,74 + 2,16 X - 0,05 X^2$	0,50 N.S.

\*\* P < 0,01      N.S. No significativo

Cuadro 14. Promedios de porcentaje y acumulación de CNT en tallos residuales y raíces de plantas de D. intortum.

Componente	Altura (cm)	Acumulación de CNT	
		%	mg
Raíz		4,09	1044
Tallos residuales	7	14,59	798
Tallos residuales	17	11,49	1358

En el Cuadro 14 se presentan los promedios de porcentajes y acumulación de CNT en las raíces y los tallos residuales de las plantas testigo. La acumulación absoluta en las raíces fue comparable con la acumulación en los tallos residuales, pero la concentración de CNT en base a materia seca fue mucho más baja en las raíces, y posiblemente más baja que el límite por debajo del cual los carbohidratos no constituyen verdaderas sustancias de reservas. La concentración de CNT en los tallos residuales altos fue menor que la concentración en los tallos residuales bajos ( $P < 0,05$ ), por lo que se puede deducir que la sección inferior (0 - 7 cm) de los mismos fue más rica en CNT que la sección superior (7 - 17 cm), (14,6% vs. 8,4% respectivamente). Esto es lo contrario de lo que ocurre en las plantas de corte. En los Cuadros 11 y 14 del Apéndice se puede apreciar que los valores de concentración de CNT de raíces y tallos a las 30 semanas de edad en las plantas testigo son inferiores a los valores de las plantas con 9 semanas de intervalo entre cortes, o con 6 semanas pero con corte alto, ambos en la semana 18 del experimento, la que corresponde a una edad fisiológica de 30 semanas. Esto es una indicación de que los cortes no afectan el nivel de reservas en la planta a largo plazo, si el intervalo entre los cortes es adecuado.

#### 4.3.2. Absorción de nutrimentos

En el Cuadro 15 se presentan las ecuaciones de respuesta de las tasas de absorción de nutrimentos en función de la edad. La forma de la respuesta fue similar para todos los nutrimentos (Fig. 12), con un rápido incremento de la tasa de absorción entre las 15 y 23 semanas

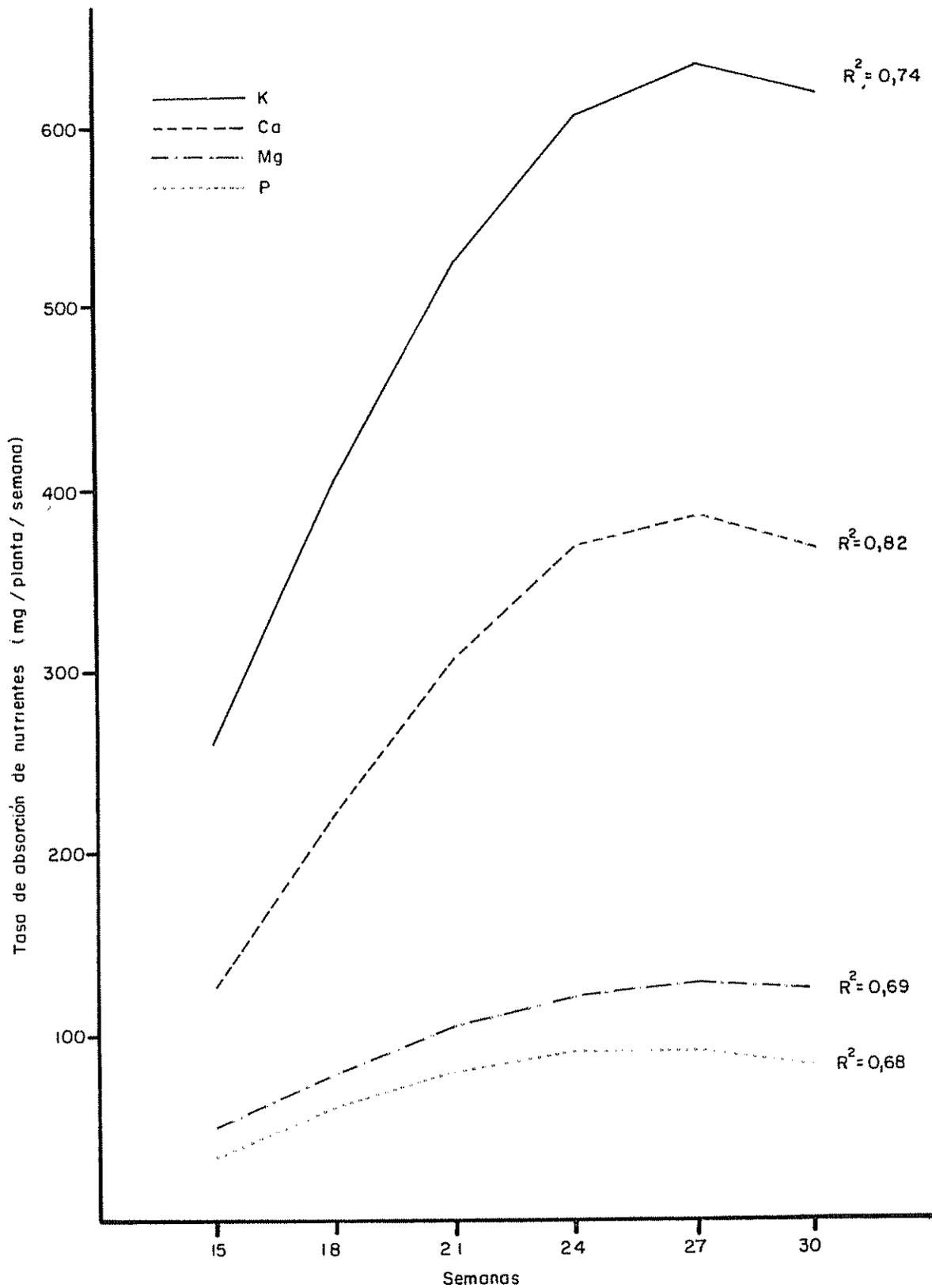


Fig. 12 Valor estimado de la tasa de absorción de P, Mg, Ca y K de acuerdo a la edad de la planta

de edad, llega a un máximo a las 27 semanas, para luego decrecer. Esta misma tendencia ha sido observada en frijol en condiciones idénticas a este experimento (28).

Cuadro 15. Ecuación de respuesta de la tasa de absorción de nutrientes en plantas de D. intortum, por efecto de la edad.

Nutrimento	Coeficientes de la función Gamma*			R <sup>2</sup>
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	
Fósforo**	-103,09	422,63	-15,33	0,78
Potasio	0,00209	- 0,217	5,947	0,74
Calcio	0,00002	- 0,291	7,845	0,82
Magnesio	0,00017	- 0,232	6,343	0,69

\* Función Gamma:  $Y = b_0 e^{b_1 X} X^{b_2}$

\*\* Coeficientes de la función cuadrática

#### 4.3.3. Crecimiento

En el Cuadro 11 aparecen las ecuaciones de respuesta en producción de materia seca por efecto de la edad para la planta total, sus componentes y el área foliar.

Para tallos y tallos residuales se presentan dos ecuaciones, una para cada altura de corte. Sin embargo estas no se pueden interpretar como una respuesta fisiológica a la altura de corte ya que las plantas testigo no tuvieron cortes antes del sacrificio. Por lo tanto las ecuaciones para alturas deben entenderse solamente como diferentes maneras de separar los componentes de la planta. La forma de las

ecuaciones tal vez no tenga tanta significancia por el hecho de que la respuesta lineal tuvo siempre un valor de  $R^2$  muy parecido al valor de las ecuaciones del Cuadro 16. Con eso resulta probable que en el período entre las 12 y 30 semanas de edad el crecimiento fue prácticamente lineal. Esto concuerda con reportes sobre Centrosema pubescens Benth., cv. Centro, en condiciones de campo, donde la tasa de producción de materia seca permaneció constante entre los 100 y 180 días de edad de las plantas, pasado lo cual empezó a decrecer. Sin embargo otros autores reportan que cultivos de D. intortum y M. atropurpurem llegaron a su máximo crecimiento total a la edad de 13 y 16 semanas respectivamente (8, 40).

Cuadro 16. Efecto de la edad (X) sobre la producción de materia seca (Y) de la planta y de sus componentes, y sobre el área foliar (Y).

Componente	Altura cm	Ecuación	$R^2$
Total		$Y = 352,76 - 45,39X + 1,85X^2$	0,91
Hojas		$Y = - 51,54 + 4,24X + 0,098X^2$	0,95
Tallos	7	$Y = -283,07 + 20,42X$	0,95
	17	$Y = 149,61 - 22,97X + 1,02X^2$	0,94
Raíces		$Y = 0,001462 (3,137244)^X$	0,81
Tallos residuales	7	$Y = 0,00085 (2,737632)^X$	0,74
	17	$Y = 1,6515 X^{1,08385}$	0,66
Area foliar		$Y = -216,62 + 21,492X + 0,1271X^2$	0,94

La proporción de los componentes de las plantas (en % del total) se presenta en la Figura 13. Solo la proporción de hojas y tallos sufrieron variaciones con la edad, las que fueron inversas. Ambos valores tendieron a estabilizarse después de las 27 semanas, situándose el valor asintótico cerca de 58% y 28% para los tallos y las hojas respectivamente.

Tanto la proporción de raíces como la de tallos residuales se mantuvieron constantes en el período considerado, o sea que siguieron creciendo con la misma tasa relativa de crecimiento que la planta total. Los valores obtenidos por las raíces se aproximan a los encontrados en C. pubescens en condiciones de campo, con 7,4% de raíces a las 25 semanas de edad (7).

#### 4.3.4. Índices fisiológicos

En el Cuadro 17 se presentan las ecuaciones predictivas de los índices fisiológicos por efecto de la edad. El Índice de Crecimiento Relativo (ICR) disminuyó con la edad ( $R^2 = 0,76$ ) siguiendo la misma tendencia que la RAF ( $R^2 = 0,74$ ), lo que viene a recalcar la importancia, evidenciada en las plantas de corte, de la relación entre ambos índices (Fig. 14). Sin embargo la disminución de ICR fue más pronunciada que la de la RAF, lo que permita deducir que el Índice de Asimilación Neta (IAN) disminuyó, aproximadamente en un 40%, entre las 12 y las 30 semanas de edad. Sin embargo no se detectó relación significativa entre el IAN y la edad, por la gran variabilidad observada en los datos ( $R^2 = 0,31$ ).

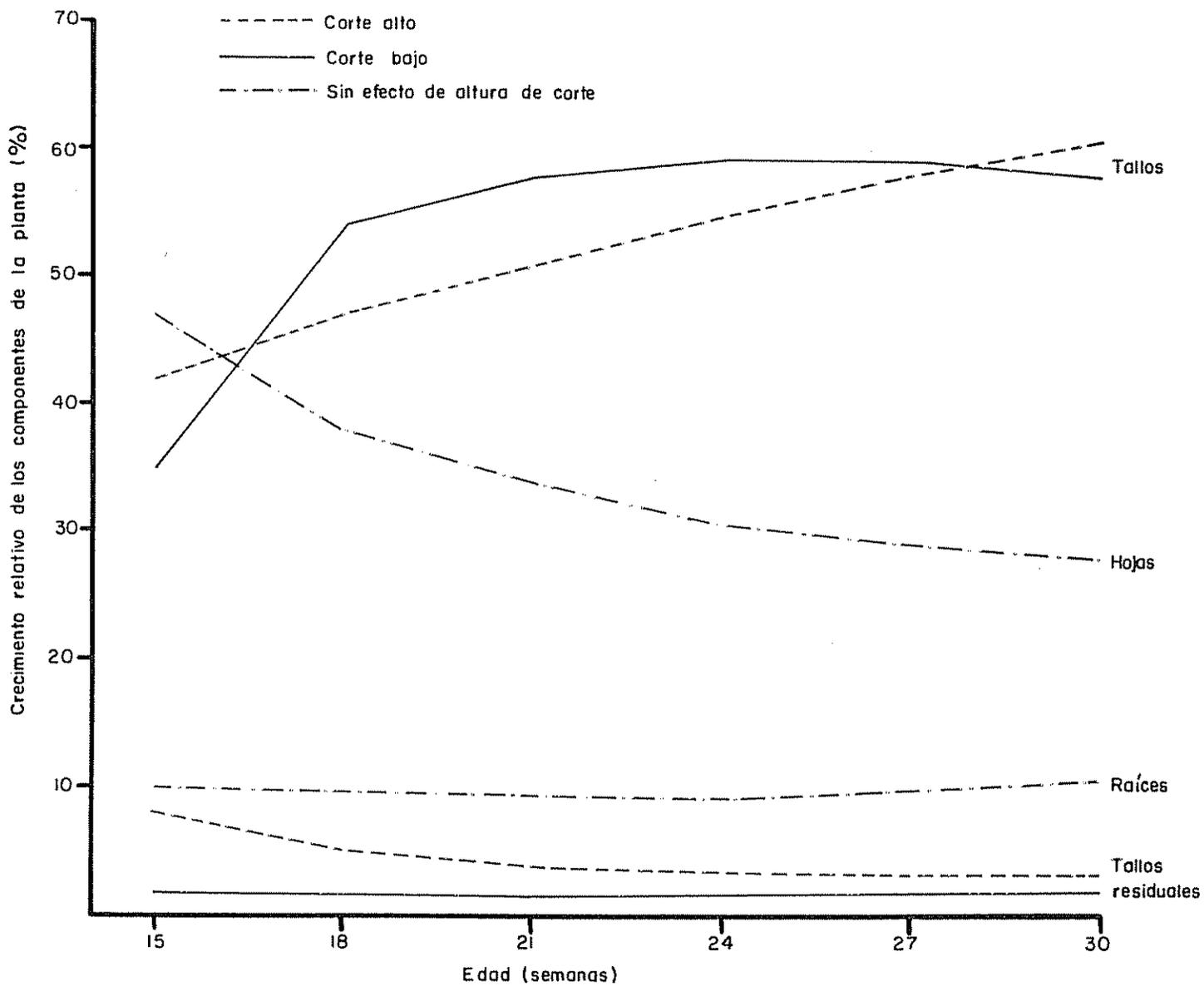


Fig. 13 Proporción de los componentes de la planta : hojas , tallos , raíces y tallos residuales, en función de la edad

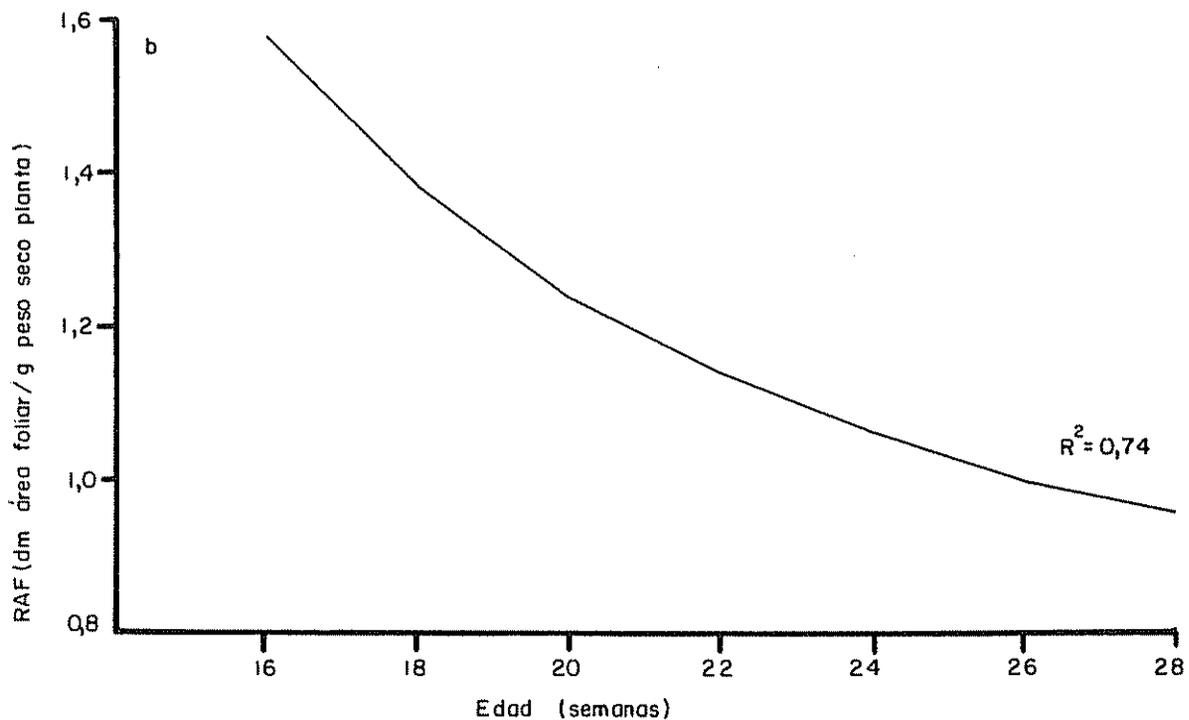
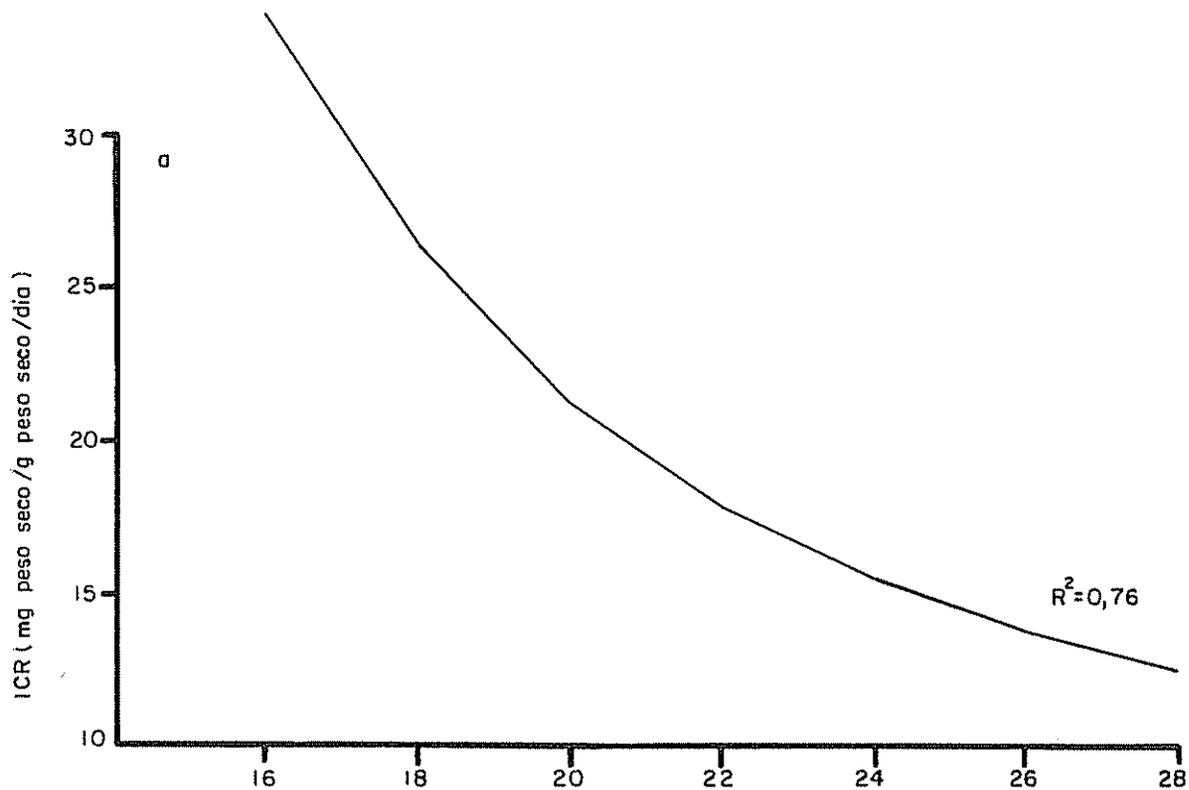


Fig. 14 Valor estimado de ICR y RAF en función de la edad

Cuadro 17. Ecuación de respuesta del Índice de Asimilación Neta (IAN), de la Razón de Área Foliar (RAF) y del Índice de Crecimiento Relativo (ICR) en plantas de D. intortum por efecto de la edad.

Indice	Coeficientes de la función Gamma			R <sup>2</sup>
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	
IAN	No significativo			0,31
RAF	192,6119	0,0534	-2,03968	0,74
ICR	300338,4382	0,0937	-3,8162	0,76

Estas tendencias concuerdan con las encontradas en la literatura, el ICR disminuye con la edad, el IAN tiene un óptimo a las 11 semanas y después decrece (7), mientras que la RAF se mantiene relativamente constante con valores similares a los obtenidos en este experimento (40).

#### 4.3.5. Contenido de Proteína

El efecto de la edad sobre el nivel de proteína no resultó significativo en las plantas testigo. Los promedios de porcentajes de proteína en hojas y tallos aparecen en el Cuadro 18. Estos promedios están de acuerdo con otros trabajos con leguminosas tropicales que reportan una misma variación de nivel entre hojas y tallos por una parte, y por otra parte señalan que pasadas 16 semanas, el nivel de proteína en la planta permanece constante (8, 40).

Cuadro 18. Promedios de porcentajes de proteína (N total x 6,25) en base a materia seca, en hojas y tallos de plantas de D. intortum.

Componente	% de proteína
Hojas	13,60
Tallos	5,67

## 5. DISCUSION GENERAL

Los resultados de producción de materia seca, de absorción de nutrimentos y en menor grado de acumulación de reservas concuerdan en un aspecto muy importante desde el punto de vista de la respuesta de D. intortum al manejo, la interacción observada entre los efectos de intervalo y altura de corte. Para que la planta produzca adecuadamente, los intervalos entre los cortes deben ser largos. Si no lo son, la altura de corte debe ser suficientemente alta. Extrapolando estas tendencias a un sistema de pastoreo, significaría que la utilización de esta leguminosa no podría ser intensiva, si se entiende como intensivo un sistema de rotación rápida de potreros y, o, una carga pesada. Por lo tanto habrían 2 sistemas de manejo posibles: un largo ciclo de uso con una carga pesada, o un ciclo corto con una carga liviana. En base a los resultados de este experimento es imposible predecir cual sería la respuesta de la planta a un largo ciclo de uso en pastoreo, con una carga pesada. Se observó que al aumentar los intervalos entre cortes, el contenido de proteína de hojas y tallos disminuye de tal modo que con intervalos de 7 semanas y más, los tallos se vuelven tan leñosos que es probable que los animales, aun con cargas pesadas, no los consumieran. Como se ignora como se están acumulando las reservas en los tallos largos, y cual es la efectividad de estas sobre el rebrote a partir de los tallos viejos, no es posible predecir la respuesta de la planta a este tipo de manejo. Sin embargo, los tallos rechazados tendrían un mayor número de yemas en ellos, que sin duda aumentaría la rapidez de rebrote, y se puede

suponer que la productividad de las leguminosas sería igual o mayor a la observada en este experimento. Este tipo de manejo presentaría dos grandes desventajas. Se observó que en los intervalos más largos casi la totalidad de la materia asimilada es acumulada en forma de carbohidratos estructurales en los tallos. Por lo tanto, de ser rechazados por el ganado, la eficiencia de utilización del forraje producido sería baja. Por otra parte, si la leguminosa sería asociada con gramíneas, se sabe que la calidad de estas disminuye drásticamente con la edad, en tal medida que el consumo por parte de los animales sería reducido. Parece, por lo tanto, que un largo ciclo de uso con una carga pesada no sería conveniente.

Queda entonces por analizar la otra posibilidad que sería un ciclo corto de uso, con una carga liviana. Se observó, que en intervalos intermedios y cortos las plantas tienen un hábito de crecimiento erecto, y por tener menos tallos y más tiernos es más probable que el animal pueda pastorearla en exceso ocasionando un daño parecido al que causó el corte. Por lo tanto se debería prestar particular atención a que el ganado deje una cantidad de rastrojos suficiente para el rebrote de los nuevos tallos. Sin embargo, a parte del cuidado necesario en el manejo de la pradera, un ciclo corto de uso sería ventajoso en muchos aspectos. El primero de ellos sería la calidad del forraje ofrecido, tanto de la leguminosa como de la gramínea asociada, si la hubiera, pero también se puede considerar el rebrote más rápido, la mayor proporción de hojas y el crecimiento más eficiente.

Si el objetivo del uso de leguminosas fuera más orientado hacia el mejoramiento de la fertilidad del suelo que al aspecto

nutricional del ganado, sería una ventaja que el animal en pastoreo no comiera la leguminosa debido a que esta tendría una menor capacidad competitiva, y se reflejaría en un mayor aporte de nitrógeno al sistema.

Un aspecto que no se estudió con la suficiente precisión en este experimento fue la determinación de la ubicación de las reservas en los tallos y en las raíces. Quedó claramente demostrado que las raíces no constituyen un lugar importante de almacenamiento de reservas. Sin embargo, sería necesario un análisis estratificado de ellas para poder determinar, la importancia de la acumulación de reservas en el cuello de la planta. En este experimento los tallos bajos de las plantas testigo fueron más ricos en CNT que los tallos altos, indicando con eso que las reservas estarían almacenadas en el cuello; lo contrario ocurrió en las plantas que se cortaron, por lo que haría falta más investigación sobre la acumulación de reservas en los tallos por encima de 17 cm y sobre su efectividad en el rebrote.

El estudio del efecto del tiempo mostró con claridad que las plantas reaccionaron en forma diferente a los tratamientos. Se comprobó que las plantas más viejas resistían mejor a un corte frecuente que las plantas más jóvenes. Esto sugiere que el período de establecimiento de una pradera en el campo debería ser lo suficiente largo para permitir a las plantas alcanzar un desarrollo adecuado y responder luego mejor al sistema de manejo que se use. Desde el punto de vista de la eficiencia productiva de la pradera esto sería factible pues se demostró en las plantas testigo que la edad no afecta a:

tasa de crecimiento, el contenido de proteína y cantidad de reservas para el rebrote.

Tanto el largo período de establecimiento como, posiblemente la baja carga animal que soporta esta leguminosa sugieren que esta leguminosa no es recomendable en un sistema intensivo de producción, por lo que su utilización queda relegada hacia sistemas semi-intensivos de producción, donde asociada con pastos nativos puede mejorar la dieta del ganado, y la fertilidad del suelo.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Intervalos largos entre cortes y un corte alto aumentan la acumulación de reservas en los tallos, la absorción de nutrimentos, la producción de materia seca y la proporción de tallos en la planta total. La proporción de hojas, la eficiencia de crecimiento en base a la materia seca presente y el contenido de proteína disminuyen.
2. Con intervalos entre cortes de 4 y 7 semanas se alcanza la mayor rapidez de rebrote, la mayor eficiencia de las reservas en el rebrote y también es mayor la proporción de carbohidratos asimilados que se acumulan como reservas.
3. La edad aumenta la absorción de nutrimentos y la producción de materia seca, pero el contenido de proteína y la concentración de reservas permanecen constantes, y la eficiencia de crecimiento disminuye.
4. La acumulación de reservas aumenta con el tiempo en los intervalos largos, y disminuye en los intervalos cortos.
5. Se recomienda al establecer praderas con leguminosas, dejar un largo período de descanso y después progresivamente aumentar la frecuencia de defoliaciones.
6. Se recomienda hacer más investigación sobre los procesos de recuperación inmediatamente después del corte, con énfasis en la localización y el uso de las reservas.

## 7. RESUMEN

Se hizo un experimento en invernadero con Desmodium intortum (Mill.) Urb., una leguminosa ampliamente utilizada en el área tropical, utilizando un sistema de cultivo en solución nutritiva, con el objetivo de estudiar el efecto del intervalo entre cortes y de la altura de corte sobre la acumulación de reservas, la absorción de nutrientes, la producción de materia seca, el contenido de proteína y algunos índices fisiológicos relacionados con la asimilación fotosintética.

Los factores en estudio fueron el intervalo entre cortes con los niveles de 3, 6 y 9 semanas y la altura de corte con los niveles de 7 y 17 cm, con un número total de 6 tratamientos con 2 repeticiones. En cada corte se sacrificaron 2 plantas del tratamiento correspondiente para estimar el efecto de tiempo en el experimento. Para estimar el efecto de edad de las plantas se usaron 24 plantas que no fueron cortadas sino que 4 de ellas fueron sacrificadas a 15, 18, 21, 24, 27 y 30 semanas de edad.

La acumulación de reservas respondió a los factores estudiados, siendo mayor en los cortes altos, en los intervalos más largos y mayor también en los tallos residuales que en las raíces. La mayor eficiencia de utilización de las reservas acumuladas ocurrió con 6 semanas de intervalo entre cortes. Con intervalos inferiores a 5 semanas las plantas tuvieron un balance negativo de carbohidratos solubles, lo cual fue positivo en los mayores intervalos entre cortes. La concentración de reservas no fue afectada significativamente por la edad.

La absorción de nutrimentos respondió a los factores estudiados, siendo el potasio el que mostró mayor respuesta. Las plantas mostraron mayor selectividad para el fósforo y el potasio.

Se encontró que la producción de materia seca fue mayor para las plantas de 6 semanas de intervalo y un corte alto. Las plantas en los intervalos cortos tuvieron una mayor proporción de hojas y de raíces, y en los intervalos largos una mayor proporción de tallos.

El contenido de proteína de hojas y tallos decreció con los intervalos largos y el corte alto, pero no fue afectado por la edad. El contenido de proteína de las hojas fue superior al contenido de los tallos.

La eficiencia de crecimiento (ICR) decreció con la edad, siguiendo en eso la tendencia de la proporción de hojas y de la Razón de Área Foliar (RAF). La eficiencia de asimilación de  $\text{CO}_2$  (IAN) aumentó con los intervalos, sin embargo no logró contrarrestar el efecto deprimente de la RAF. Los tres índices disminuyeron con la edad.

La proporción de productos asimilados destinados a ser acumulados como reservas fue mayor en las plantas con 6 semanas de intervalo.

7a. SUMMARY

An experiment was conducted under greenhouse conditions, using nutritive solution, with Desmodium intortum (Mill.) Urb., a widely used forage legume in the tropics. The purpose of this study was to determine the effect of cutting interval and cutting height on carbohydrate reserves, nutrients absorption, dry matter production, protein content and some physiological indices.

The treatments were cutting intervals of 3, 6, and 9 weeks, and cutting heights of 7 and 17 cm, comprising 6 treatments with 2 replicates. In each cutting 4 plants were sacrificed so that the effect of time within the experiment could be estimated. In order to estimate the effect of age of plants, 24 plants were not cut until they were sacrificed (4 of them) at 15, 18, 21, 24, 27, and 30 weeks of age.

Carbohydrate reserves were higher at 17 cm cutting height, in the longer intervals and also higher in the basal shoots than in the roots. The greater effectiveness of the reserves on regrowth was observed with 6 weeks intervals. The carbohydrate balance was negative for plants that had less than 5 weeks cutting intervals and was positive for the others.

Dry matter production was greater for plants with 6 weeks cutting intervals and a higher cutting height. Leaf and root proportion was greater in the shorter intervals and in the longer intervals shoot proportion was greater.

Protein content of shoots and leaves decreased with longer cutting intervals and a higher cutting height, but remained constant with age. Leaf protein content was higher than shoot protein content.

The Relative Growth Rate (RGR) decreased with longer cutting intervals, having the same tendency as leaf proportion and Leaf Area Ratio (LAR). The Net Assimilation Rate (NAR) was increased with longer intervals but could not offset the depressive effect of LAR. All indices decreased with age of plants.

The proportion of assimilates that was destined for reserve accumulation was higher in plants with 6 weeks intervals.

8. LITERATURA CITADA

1. ALBERDA, T. The influence of reserve substances on dry matter production after defoliation. In International Grassland Congress, 10th, Helsinki, Finland, 1966. Proceedings. Helsinki, 1966. pp. 140-147.
2. \_\_\_\_\_. The influence of carbohydrate reserves on respiration, photosynthesis and dry matter production of intact plants. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Queensland, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 517-522.
3. ALLISON, F. E. Carbohydrate supply as a primary factor in legume symbiosis. Soil Science 39:123-143. 1935.
4. ASCENCIO, M. J. Análisis de crecimiento y eficiencia fotosintética del frijol, Phaseolus vulgaris L., var. 'Turrialba 4', cultivado en solución nutritiva. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, 1972, 28 p.
5. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 9 ed., Washington, D. C., 1969. 1009 p.
6. BONNIER, C. y BRAKEL, J. Problèmes spécifiques des légumineuses tropicales. In Seminário sobre Metodologia e Planejamento de Pesquisa com Leguminosas Tropicais, Guanabara, 1970. Anais as leguminosas Tropicais na Agricultura Tropical. Guanabara, Instituto de Pesquisas Agropecuarias do Centro Sul, 1970. pp. 28-51.
7. BOWEN, G. D. Field studies on nodulation and growth of Centrosema pubescens Benth. Queensland Journal of Agricultural Sciences 16(4):253-265. 1959.
8. COMPERE, R. Cinq ans d'exploitation de cultures fourragères de Desmodium intortum (Mill.) Urb. à la station de Mulungu, Kivu. Bulletin Agricole du Congo 52(3):571-590. 1960.
9. DOWNES, R. W. Differences between tropical and temperate grasses in rates of photosynthesis and respiration. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Queensland Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 527-530.
10. ESCALADA, J. A. Changes in non-structural carbohydrates fractions and molecule size distribution of starch in descending segments and bark and wood tissue of the taproots of Alfalfa (Medicago sativa L.) during regrowth. Dissertation Abstracts B. 33(7):2892-2893. 1973.

11. FISHER, M. J. Effect of time height and frequency of defoliation on growth and development of Townsville Style in pure ungrazed swards at Katherine. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 13(63):389-397. 1973.
12. GIBSON, A. H. The carbohydrate requirements for symbiotic nitrogen fixation, a "wholeplant" growth analysis approach. Australian Journal of Biological Sciences 19(4):499-515. 1966.
13. GREUB, L. J. y WEDIN, W. F. Determination of total available carbohydrates in legume roots by extraction with takadiastasa, amyloglucosidasa or sulfuric acid. Crop Science 9:595-598. 1969.
14. GROF, B., HARDING, W. A. T. y WOOLCOCK, R. F. Effect of cutting on three ecotypes of Stylosanthes guyanensis. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Queensland, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 226-230.
15. GUTIERREZ, M. A. Establecimiento y evaluación de 6 leguminosas asociadas con Estrella Africana (Cynodon plectostachyus). Informe de Problema Especial, Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 25 p.
16. HALL, R. L. The influence of Potassium supply on competition between Nandi Setaria and Greenleaf Desmodium. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 11: 415-419. 1971.
17. HENDRICKSEN, R. E. Effect of stage and intensity of defoliation on the growth of cowpea. Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences 22(3):343-345. 1965.
18. HENZELL, E. F. Nitrogen fixation and transfer by some tropical temperate pasture legumes in sand cultures. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 2(6): 132-140. 1962.
19. HOAGLAND, D. R. y ARNON, D. I. Physiological aspects of the availability of nutrients for plant growth. Soil Science 51: 431-443. 1941.
20. HUMPREYS, L. R. y ROBINSON, A. R. Interrelation of leaf area and non-structural carbohydrates status as determinants of the growth of sub-tropical grasses. In International Grassland Congress, 10th, Helsinki, Finland, 1966. Proceedings. Helsinki, 1966. pp. 113-116.

21. IMRIE, B. C. The effects of severity of defoliation and soil moisture stress on Desmodium intortum. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 11:521-524. 1971.
22. JONES, M. B. y FREITAS, L. M. M. DE. Repostas de quatro leguminosas tropicais a fosforo, potasio e calcario num latossolo vermelho-amarelo de campo cerrado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 5:91-101. 1970.
23. JONES, R. J. The effect of some grazed tropical grass-legume mixtures and nitrogen fertilized grass on total soil nitrogen, organic carbon and subsequent yields of Sorghum vulgare. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 7(24):66-71. 1967.
24. \_\_\_\_\_. Tropical legumes, their growth and response to management variables in a subtropical environments. Journal of the Australian Institute of Agricultural Sciences 39:192-193. 1973.
25. KRETSCHMER, A. E., JR. Production of anual and perennial tropical legumes in mixture, with pangola grass and other grasses in Florida. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Queensland, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 149-153.
26. LAWN, R. J. Factors affecting symbiotic nitrogen fixation in soybean (Glycine max. (L.) Merr.). Dissertation Abstracts B. 34(11):5290. 1973.
27. LINDO, P. Establecimiento y manejo de cuatro asociaciones de leguminosas y gramíneas. Informe de Problema Especial. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 20 p.
28. MALAGAMBA, J. P. Respuesta de compensación fisiológica del frijol (Phaseolus vulgaris L.) al desbalance de agua provocado por salinidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 95 p.
29. MICHELL, T. E., BRYAN, W. W. y EVANS, T. R. Budgetary comparisons between Pangola grass/legume pasture and nitrogen fertilized Pangola pasture for beef production in the Southern Wallum. Tropical Grassland 6(3):177-190. 1972.
30. MORAN, G. H., SPRAGUE, V. G. y SULLIVAN, J. T. Changes in the carbohydrate reserves of Ladino white clover following defoliation. Plant Physiology 28:467-475. 1953.

31. MULLER, L. Un aparato micro-Kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materiales vegetales. Turrialba (Costa Rica) 11(1):17-25. 1961.
32. OLSEN, F. J. Y TIHARUHONDI, E. R. The productivity and botanical composition of some selected grass/legume pasture mixtures at different seeding rates. East African Agriculture and Forestry Journal 38(1):16-22. 1972.
33. OSWALT, D. L., BERTRAND, A. R. y TEEL, M. R. Influence of nitrogen fertilization and clipping on grass roots. Soil Science Society of America Proceedings 23(3):228-230. 1959.
34. PLUCKNETT, D. L. Productivity of tropical pastures in Hawaii. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Queensland, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia University of Queensland Press, 1970. pp. 38-49.
35. RIVEROS, F. y WILSON, G. L. Response of a Setaria sphacelata, Desmodium intortum mixture to height and frequency of cutting. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Queensland, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 666-668.
36. RUIZ, I., BLASER, R. E. y BROWN, R. H. Crecimiento y calidad del Trébol rosado durante tres estaciones, en relación a algunas variables morfológicas y fisiológicas. Agricultura Técnica (Chile) 29(1):1-8. 1969.
37. RUSSEL, E. W. Soil conditions and plant growth. 9 ed. London, Longmans, 1961. 688 p.
38. SCHAAFFHAUSEN, R. VON. Weight increase of Zebu cattle grazing of the legumes Dolichos lablab and Cajanus cajan. In International Grassland Congress, 9th, Sao Paulo, Brazil, 1965. Proceedings. São Paulo, Departamento de Produção Animal da Secretaria de Agricultura, 1965.
39. SHARMA, R. P. R. y SINGH, A. Studies on the effect of frequency of clipping of berseem Trifolium alexandrinum Juslen, on the yield of forage, root growth and nitrogen content of roots. Indian Journal of Agricultural Sciences 38(8):886-892. 1969.
40. SIEWERDT, L. Growth behaviour and nutritive value of Phaseolus atropurpureus D.C., cv. siratro, swards and other tropical pasture legumes. Dissertation Abstracts B. 34(2):5781-5782. 1974.
41. SMITH, D. Removing and analyzing Total non-structural carbohydrates from plant tissue. University of Wisconsin, Research Report 41. 1969. 11 p.

42. THAIRU, D. M. The contribution of Desmodium uncinatum to the yield of Setaria sphacelata. East African Agriculture and Forestry Journal 37(3):215-219. 1972.
43. TRIGOSO, R. y FASSBENDER, H. W. Efecto de aplicaciones de Ca + Mg P, Mo y B sobre la producción y fijación de nitrógeno de 4 leguminosas tropicales. Turrialba (Costa Rica) 23(2):172-181. 1973.
44. WAITE, R. B. Legume maintenance in pasture. Tropical Grassland 3(1):85-86. 1969.
45. WEIR, W. C. et al. Effect of cutting interval and stage of maturity on digestibility and yield of alfalfa. Journal of Animal Science 19:5-19. 1960.
46. WHITE, R. E. Studies on mineral ion absorption by plants. 2. The interaction between metabolic activity and the rate of P uptake. Plant and Soil 38(3):509-523. 1973.
47. WHITEMAN, P. C. The effects of close grazing and cutting on the yield, persistence and N-content of four tropical legumes with Rhodes grass at Samford, South Eastern Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 9(38):287-294. 1969.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Análisis de variancia para el efecto del intervalo entre cortes y de la altura de corte sobre la tasa de producción de materia seca.

Fuente de variación	G.L.	C.M.
Intervalo de corte	2	524**
Altura de corte	1	75**
I x A	2	53**
Error	38	5,2

\*\* P < 0,01

Cuadro 2. Análisis de variancia para el efecto del intervalo entre cortes de la altura de corte y del tiempo sobre la tasa de absorción de Fósforo.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F
Intervalo de corte	2	8.674.242	203,51**
Altura de corte	1	1.874.787	43,98**
Tiempo	4	1.471.560	34,52**
I x A	2	749.327	17,58**
I x T	8	715.373	16,78**
A x T	4	140.728	3,30*
Error combinado	38	42.624	

\* P < 0,05

\*\* P < 0,01

Cuadro 3. Análisis de varianza para el efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo sobre la tasa de absorción de potasio.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F
Intervalo entre cortes	2	4.892.307	211,03**
Altura de corte	1	1.172.922	50,59**
Tiempo	4	1.383.213	59,66**
I x A	2	226.144	9,75**
I x T	8	563.670	24,31**
Error combinado	38	23.183	

\* P < 0,05

\*\* P < 0,01

Cuadro 4. Análisis de varianza para el efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo sobre la tasa de absorción de Calcio.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F
Intervalo entre cortes	2	563.132	131,11**
Altura de corte	1	46.537	10,84**
Tiempo	4	280.729	65,36**
I x A	2	53.765	12,52**
I x T	8	118.479	27,59**
A x E	4	4.215	N.S.
Error combinado	38	4.295	

\* P < 0,05

\*\* P < 0,01

Cuadro 5. Análisis de varianza para el efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo sobre la tasa de absorción de Magnesio.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	FF
Intervalo entre cortes	2	80.645	88,43**
Altura de corte	1	5.606	6,15**
Tiempo	4	48.689	53,89**
I x A	2	10.128	11,11**
I x T	8	20.623	22,61**
A x E	4	1.590	N.S.
Error combinado	38	912	

\* P < 0,05

\*\* P < 0,01

Cuadro 6. Tabla de predicción de la acumulación total de CNT por efecto de la altura de corte, del tiempo y del intervalo entre cortes.

Altura cm	Tiempo semanas	Intervalo (semanas)						
		3	4	5	6	7	8	9
7	3	-875						
	6	-980	- 78	604	1070			
	9	-1151	-151	620	1178	1519	1641	1544
	12	-1387	-299	570	1221	1655	1870	1866
	15	-1687	-506	455	1200	1726	2034	2123
	18	-2053	-779	276	1113	1732	2133	2315
	$\bar{X}$		-1355	-314	508	1113	1500	1668
17	3	136						
	6	298	1117	1719	2102			
	9	395	1308	2002	2478	2735	2775	2596
	12	427	1433	2220	2789	3139	3271	3186
	15	395	1493	2373	3035	3468	3703	3710
	18	297	1488	2461	3215	3752	4070	4170
	$\bar{X}$		325	1283	2024	2546	2844	2936

Cuadro 7. Tabla de predicción de la acumulación de CNT en raíces por efecto de la altura de corte, del tiempo y del intervalo entre cortes.

Altura cm	Tiempo semanas	Intervalo (semanas)						
		3	4	5	6	7	8	9
7	3	-132						
	6	- 65	128	284	402			
	9	- 45	180	367	516	626	698	731
	12	- 70	186	404	583	725	828	892
	15	-141	145	395	605	777	911	1007
	18	-258	59	339	581	784	949	1076
	$\bar{X}$		-119	121	324	488	614	701
17	3	87						
	6	164	342	482	583			
	9	195	404	575	707	800	855	872
	12	180	420	621	784	909	995	1043
	15	119	390	622	816	972	1089	1168
	18	12	314	577	802	989	1137	1247
	$\bar{X}$		126	351	537	684	793	864

Cuadro 8. Tabla de predicción de la acumulación de CNT, en por ciento en base a materia seca, en los tallos residuales, por efecto de la altura de corte, del tiempo y del intervalo entre cortes.

Altura cm	Tiempo semanas	Intervalo (semanas)						
		3	4	5	6	7	8	9
7	3	3,6						
	6	2,1	6,2	10,0	13,3			
	9	1,2	5,0	8,4	11,4	14,1	16,3	18,1
	12	0,8	4,3	7,4	10,1	12,5	14,4	15,9
	15	0,2	3,5	6,3	8,8	10,9	12,5	13,8
	18	1,0	3,9	6,5	8,6	10,4	11,7	12,7
	$\bar{x}$	1,5	5,2	8,5	11,3	13,8	16,0	17,6
17	3	7,4						
	6	6,0	9,8	13,2	16,2			
	9	5,2	8,7	11,7	14,4	16,7	18,6	20,1
	12	4,9	8,1	10,9	13,2	15,2	16,8	18,0
	15	5,2	8,1	10,5	12,6	14,3	15,5	16,4
	18	6,1	8,6	10,8	12,5	13,9	14,8	15,4
	$\bar{x}$	5,8	9,1	12,1	14,6	16,7	18,4	19,8

Cuadro 9. Tabla de predicción de la acumulación de CNT en tallos residuales, por efecto de altura de corte, del tiempo y del intervalo entre cortes.

Altura cm	Tiempo semanas	Intervalo (semanas)						
		3	4	5	6	7	8	9
7	3	-20						
	6	-173	235	531	715			
	9	-338	124	475	712	837	849	748
	12	-516	0	405	697	877	943	896
	15	-707	-135	324	670	904	1024	1032
	18	-909	-283	230	630	918	1093	1155
	$\bar{x}$		-444	46	428	688	840	879
17	3	51						
	6	134	631	1015	1286			
	9	205	786	1194	1519	1732	1832	1818
	12	263	868	1361	1741	2007	2161	2203
	15	309	969	1515	1949	2271	2479	2574
	18	342	1056	1687	2146	2521	2784	2934
	$\bar{x}$		217	800	1261	1631	1853	1980

Cuadro 10. Características de producción por efecto de la altura de corte, del intervalo entre cortes y del tiempo. (Valores promedios de 2 plantas.)

Inter- valo semanas	Altura cm	Tiempo semanas	Area foliar	Hojas	Tallos	Raíces	Tallos resi- duales	Total
3	7	3	6,1	1,1	0,2	0,5	0,3	2,2
		6	5,9	1,1	0,2	0,3	0,4	1,9
		9	5,4	1,0	0,2	0,5	0,4	2,1
		12	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		15	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		18	-	0,4	0,1	0,4	0,4	1,4
3	17	3	20,1	4,3	1,4	1,3	1,4	8,5
		6	21,5	4,4	0,7	1,3	2,2	8,7
		9	24,0	5,0	0,8	1,6	2,9	10,4
		12	-	-	-	1,9	3,8	15,3
		15	44,4	10,0	2,6	2,6	4,7	19,9
		18	-	-	-	2,5	5,6	16,3
6	7	6	22,8	5,1	2,7	0,9	1,0	9,6
		12	-	-	-	3,1	1,4	21,2
		18	115,0	28,7	18,2	12,8	6,3	65,3
6	17	6	98,5	24,5	23,3	8,0	6,8	62,8
		12	-	-	-	17,0	13,7	114,8
		18	195,2	50,6	63,9	21,4	20,3	152,2
9	7	9	173,4	45,6	47,7	14,4	5,3	113,1
		18	-	79,3	139,6	25,5	10,3	261,1
9	17	9	196,4	52,4	50,8	15,5	9,4	128,1
		18	-	77,2	155,3	20,2	17,9	258,9

Cuadro 11. Acumulación de CNT en los tallos residuales y raíces por efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo.

Intervalo semanas	Altura cm	Tiempo semanas	Acumulación de CNT			
			Tallos residuales		R a í c e s	
			%	mg	%	mg
3	7	3	3,9	12	0,4	2
		6	-	-	1,45	5
		9	3,0	12	2,20	9
		12	-	-	-	-
		15	-	-	--	-
		18	-	-	6,50	59
3	17	3	6,5	102	3,45	46
		6	5,3	120	-	-
		9	6,7	120	4,80	79
		12	3,7	77	4,60	80
		15	4,1	202	1,3	41
		18	6,5	150	2,2	42
6	7	6	10,0	84	3,9	66
		12	6,1	164	8,25	286
		18	8,9	966	3,05	399
6	17	6	18,3	1286	8,7	766
		12	13,9	2168	8,3	1377
		18	15,7	3187	4,15	768
9	7	9	19,5	1050	6,55	921
		18	14,3	1287	5,20	1347
9	17	9	9,4	2423	4,10	637
		18	14,5	2600	5,85	1159

Cuadro 12. Contenido de proteína (N total x 6,25) en las hojas y los tallos por efecto del intervalo entre cortes, de la altura de corte y del tiempo.

Intervalo semanas	Altura cm	Tiempo semanas	Contenido de Proteína (%)	
			Tallos	Hojas
3	7	3	19,3	28,9
		6	15,5	27,6
		9	18,1	30,0
		12	-	-
		15	-	-
		18	14,7	31,0
3	17	3	16,5	26,0
		6	15,0	22,5
		9	16,0	25,5
		12	16,8	26,5
		15	17,3	25,8
		18	7,7	21,4
6	7	6	12,4	24,0
		12	-	26,7
		18	10,8	17,3
6	17	6	4,8	11,4
		12	6,5	14,9
		18	6,3	16,4
9	7	9	5,3	11,0
		18	5,3	14,2
9	17	9	5,2	9,9
		18	7,1	16,4

Cuadro 13. Características de producción por efecto de la edad.

Edad semanas	Area foliar dm <sup>2</sup>	Hojas g	Raíces g	Tallos res.		Tallos		Total g
				17 cm	7 cm	17 cm	7 cm	
15	135	34,7	6,6	5,2	1,3	29,0	35,6	76,8
18	214	57,7	16,6	10,5	3,0	85,4	68,5	157,5
21	281	78,4	20,7	7,5	3,8	93,3	138,1	220,4
24	-	-	33,9	9,8	6,2	-	-	308,7
27	480	142,0	45,5	18,3	5,1	299,4	318,1	492,0
30	-	161,1	67,6	19,5	12,1	363,5	301,5	622,0

Cuadro 14. Acumulación de reservas (CNT) en tallos residuales y raíces por efecto de la edad.

Edad semanas	Raíces		Tallos residuales			
	%	mg	Bajos		Altos	
			%	mg	%	mg
15	8,1	567	13,8	175	11,1	580
18	4,3	625	-	-	11,6	1241
21	2,0	336	15,9	603	14,9	1192
24	3,0	1103	14,7	991	11,8	1181
27	2,8	1242	10,9	557	11,0	1998
30	3,5	2348	18,0	2538	9,1	2275

Cuadro 15. Contenido de proteína por efecto de la edad.

Edad semanas	Porcentaje de Proteína	
	Tallos	Hojas
15	7,1	13,7
18	4,7	12,0
21	6,1	14,6
24	6,0	15,5
27	5,3	12,7
30	5,2	13,4