EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE NITROGENO Y LEGUMINOSAS ASOCIADAS SOBRE LA PRODUCCION DE UNA PRADERA

Por

Mario Silva Genneville

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA

Centro de Investigación y Enseñanza para la Zona Templada

La Estanzuela, Colonia

Uruguay

Abril de 1966

EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE NITROGENO Y LEGUMINOSAS ASOCIADAS SOBRE LA PRODUCCION DE UNA PRADERA

Tesis
Sometida al Consejo de Estudios Graduados
como requisito parcial para optar al grado

de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

APROBADA: _____ Consejero

_____ Comité

_____ Comité

Abril de 1966

A Oriana

y Viviana

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece:

Al Dr.Andrew L.Gardner, su Consejero Principal, por su valiosa ayuda y orientación prestada a la realización de esta Tesis.

Al Dr.Osvaldo Paladines e Ing.Ernst Reynaert, miembros del Comité de Consejeros, por sus útiles consejos en las diversas etapas de esta investigación.

A todo el personal del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" quien desinteresadamente colaboró de una u otra forma en la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

Mario Silva Genneville nació en la ciudad de Santiago, Chile, el 3 de Julio de 1936.

Luego de finalizados sus estudios secundarios en 1955, ingresó a la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile, egresando de la misma en 1962 con el título de Ingeniero Agrónomo.

En Marzo de 1962 empezó a trabajar en la Facultad de Agronomía, donde actualmente se desempeña en investigación en pasturas.

En Setiembre de 1964 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, donde realizó estudios de postgrado en la disciplina de Manejo de Pasturas, graduándose en Abril de 1966.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE CUADROS Y FIGURA APENDICE

INTRODUCCION

La gramínea puede obtener su nitrógeno del suelo, del fertilizante y de las leguminosas, habiéndose comprobado en repetidas ocasiones que estas dos últimas fuentes son antagónicas.

La elección entre la leguminosa o el fertilizante está supeditada principalmente a las condiciones climáticas reinantes en cada lugar. El uso exclusivo de leguminosas tiene significado sólo cuando las circunstancias le permiten crecer vigorosamente y el precio del nitrógeno es elevado.

Así, en Nueva Zelandia se hace uso extensivo de las leguminosas con espléndidos resultados. En Gran Bretaña se tiene una posición intermedia, y en Holanda el suministro de nitrógeno se hace a través del fertilizante.

La observación de los campos, como experiencias previas en Uruguay, sugieren que el uso de las leguminosas es promisorio, presentándose ahora la interrogante acerca de qué especie leguminosa es la mas adecuada y cuál es la magnitud de sus contribuciones.

Por este motivo, se instaló en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", en La Estanzuela, Colonia, un ensayo para estudiar el comportamiento del trébol blanco (*Trifolium repens*), Lotus (*Lotus corniculatus*), trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) y trébol carretilla (*Medicago híspida*), en asociación con festuca (*Festuca arundinacea*) y sometidos a diversos niveles de nitrógeno.

REVISION DE LITERATURA

Efecto Total y Directo de la Leguminosa Asociada con Gramínea en Relación al Uso del Fertilizante Nitrogenado*

Producción de materia seca

La respuesta al fertilizante de una asociación gramínea-leguminosa es variable, habiéndose encontrado referencias en las cuales su respuesta es positiva en todos los niveles empleados (10, 18, 50, 52), negativa en dosis moderadas de nitrógeno y positiva a mas altos (23), y nula, aún empleando 160 Kg. de N/Ha. (30).

Los resultados anteriores sugieren que la eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado es bastante variable. Considerando aquellas asociaciones que tuvieron una respuesta positiva, se ha encontrado que la cantidad de materia seca por Kg. de nitrógeno aplicado, según datos de Castle y Holmes (7), varía entre 7.3 a 7.9 Kg., cuando las dosis usadas variaban entre 260 y 520 Kg. de N/Ha. Holmes y Maclusky (22) presenta valores que se encuentran alrededor de 9 Kg. de materia seca por unidad de nitrógeno aplicado.

---

* En este estudio se utilizará el término efecto directo de la leguminosa, para expresar la contribución de la leguminosa a través de su propio rendimiento, por efecto indirecto de la misma, la contribución que la leguminosa realiza a través de la gramínea acompañante, y por efecto total la suma de las dos formas de contribución (10).

Cowling (10) refiriéndose a la eficiencia de utilización del nitrógeno, hace notar que en su ensayo, la mejor respuesta al nitrógeno agregado fue consecuencia, en un caso, al bajo contenido de trébol blanco y en el otro, a que el trébol en el primer año tendió a comportarse como la gramínea. Los valores que este autor presenta fluctúan entre 3.94 y 4.71 Kg. de materia seca por Kg. de nitrógeno aplicado.

La cantidad de nitrógeno requerida para que la pradera de gramínea reemplace el efecto del trébol blanco asociado en materia seca, ha sido señalado por Holmes y Maclusky(22) en 121 Kg. de N/Ha., y por Wagner (43) en 162 Kg. de N/Ha. y por Cowling (10) en 160 Kg.de N/Ha.

Numerosos autores, entre los que cabe destacar a Cowling (10), han encontrado que mientras menor es el contenido de trébol blanco en una asociación con gramínea, mayor es la respuesta de la asociación a las aplicaciones de nitrógeno. Esto está estrechamente relacionado con la depresión que el trébol tiene con el nitrógeno según se ha manifestado en gran cantidad de trabajos (6, 10, 15, 17, 18, 19, 43).

Hace años existía la creencia que el nitrógeno era tóxico para las leguminosas, pero ensayos, como el de Blackman (4) en 1938 la destruyeron.

El hecho que el nitrógeno no es dañino para la leguminosa puede también se reforzado con los datos de Wagner(43),

O'Connor (29) y Peterson y Bendixen (30), quienes han encontrado respuestas positivas hasta con aplicaciones de 160 Kg. de N/Ha.; también Allos y Bartholomew (2) muestran respuestas de la misma naturaleza en Lotus y trébol blanco, que fueron sometidos a una aplicación de 432 gramos de N por maceta. Según estos autores, la respuesta de la leguminosa al nitrógeno sugiere que el proceso de fijación no proporciona el N necesario para el crecimiento máximo.

Sin embargo, estas especies al crecer en asociación con una gramínea pueden deprimirse (1), pero siempre disminuyen su rendimiento con las aplicaciones de abonos nitrogenados a la mezcla (10, 22, 30. 41, 47, 52).

Blackman (4) primero y Robinson y Sprague (34) mas tarde, señalaron que esta depresión de la leguminosa al crecer asociada con gramínea, era consecuencia de competir por agua, luz y nutrientes, competencia que aumenta notablemente al abonar con nitrógeno la pradera debido al mayor crecimiento de la gramínea (5).

La revisión hecha por Black (3) sobre la relación entre intensidad de la luz y el crecimiento de las plantas, evidencia que el trébol blanco es una especie intolerante a la sombra por moderada que ésta sea. Esta especie hace mejores crecimientos con altos niveles de luz. El elevado óptimo de intensidad de luz, en adición a su hábito mas rastrero, podría ser responsable de su desaparición en praderas asociadas no

pastoreadas o defoliadas. Una respuesta similar a la luz se ha observado en trébol subterráneo.

Una experiencia llevada a cabo por Wilson (51) con trébol blanco, festuca (Festuça rubra) y pasto ovillo (Dactylis glomerata) creciendo en asociación, abonada fuertemente y variando la intensidad de luz, también proporciona una evidencia que la luz (y no la frecuencia de corte per se) es el factor mas importante en el crecimiento del trébol blanco.

En una experiencia con Agrostis (Agrostis tenuis), Blackman (4) concluyó que la supresión del trébol blanco en la asociación, al agregar fertilizante nitrogenado, fue causada en parte por la sombra que hacía la gramínea al Trébol blanco, a través de su aumento en el crecimiento, y en parte porque el nitrógeno agregado reduce la fijación de este elemento por el trébol, aumentando así la competencia por nitrógeno entre el pasto y la leguminosa.

Por último, los resultados de Holmes y Maclusky (22), sugieren que el mayor efecto del nitrógeno en el contenido de trébol de la mezcla fue su influencia en aumentar el crecimiento del pasto, provocando una mayor sombra al trébol. El daño mas grande a este último resultó cuando las aplicaciones de nitrógeno coincidieron con la época de crecimiento del pasto que fue denso y con mucho follaje.

Aunque la luz siempre es un factor en juego, también se ha observado que la gramínea puede competir con el trébol

por nutrientes y agua, Blaser y Brandy (5) han demostrado que el nitrógeno tiene un efecto mas depresivo en la leguminosa - cuando el suelo o fertilizante no aporta el potasio en una - cantidad adecuada.

En experiencias con asociaciones en las que se ha estudiado el factor nitrógeno junto con la humedad, se ha puesto de manifiesto que en varias ocasiones el efecto detrimental - del nitrógeno se disminuye con el uso del riego (28,34,35,36).

Estos investigadores encontraron que la dosis de fertilizante nitrogenado disminuía la contribución de la leguminosa, pero el agregado de riego a este tipo de pasturas aumentaba esta contribución a cada nivel de nitrógeno en relación a la pastura no regada. Aunque Castle y Reid (8) encontraron - en su trabajo que el riego no modificó el efecto depresivo del nitrógeno, señalan que este resultado es contradictorio con - los de otros investigadores.

Es indudable que un papel importante en este problema - juegan las variedades de leguminosas y gramíneas empleadas(5, 22). Existe evidencia de que se obtienen variaciones mas -- grandes en producción de materia seca con gramíneas que con - leguminosas (32, 33), lo que es importante en relación a la - competencia por agua, luz y nutrientes.

Producción de proteína cruda

El rendimiento de nitrógeno o proteína cruda de una pradera es otro criterio para evaluar la productividad de ésta.

Esta nueva variable, sin embargo, como lo expresa Cowling (10) exagera las respuestas del rendimiento de materia seca, a causa del mayor contenido de nitrógeno del trébol en relación a la gramínea. Este autor, así como Green y Cowling (16), y Herriott y Wells (17), encontraron que las aplicaciones de nitrógeno, aunque aumentaron el rendimiento de él en la gramínea, fallaron en compensar la pérdida de nitrógeno del trébol, excepto a los niveles mas altos.

Un resultado similar ha sido encontrado por Lineham y Lowe (24) en un año en que la población de trébol era buena en el control, sin embargo, en un año en que el control presentaba muy poca cantidad de leguminosa, el rendimiento en proteína cruda aumentó, a medida que aumentaron la dosis de nitrógeno, Castle y Reid (8) también encontraron ambos tipos de respuestas con un contenido alto y bajo de trébol blanco en el testigo.

El efecto del trébol sobre la producción total de una asociación sin fertilizar con nitrógeno, se ha mostrado variable entre los diversos estudios, pero bastante relacionado al contenido de esta leguminosa.

Así, en un año seco, su efecto equivalió a 80 Kg.de N/Ha.,y en un año húmedo, a 380 Kg.de N/Ha. según datos de Cowling (10), Wagner (44) ha indicado un efecto equivalente a 160 Kg.de N/Ha., Williams (50) a 104 Kg.de N/Ha. y Lineham y Lowe (24) han estimado este efecto entre 35 a 70 Kg.de N/Ha.

El efecto directo del trébol en rendimiento de nitrógeno o proteína cruda, también exagera la contribución de éste si se le compara con el efecto directo expresado en materia seca (10).

Son muchos los trabajos que muestran una fuerte depresión en la contribución de esta leguminosa al aumentar los niveles de nitrógeno (6, 8, 10).

Efecto Indirecto de la Leguminosa Sobre el Rendimiento de Materia Seca y Nitrógeno en Relación al Uso de Fertilizante Nitrogenado.

El efecto indirecto de la leguminosa puede variar considerablemente de un lugar a otro, entre otros factores, por mejores condiciones climáticas y por el manejo dado a la pradera.

Así Cowling (10) en Inglaterra indica que la cantidad de nitrógeno transferido por el trébol blanco a la gramínea alcanza a 60 Kg.de N/Ha., y Sears y sus colaboradores (37) en Nueva Zelandia, señala que la transferencia de nitrógeno por esta misma especie asciende a 140 Kg.de N/Ha.

Se ha puesto de manifiesto en diversos estudios (10, 11) que el efecto indirecto de la leguminosa disminuye con las aplicaciones de nitrógeno. Así Herriott, Wells y Dilnot (17) observaron que este efecto en promedio de los años de estudio, alcanzó a 2212 y 2739 Kg. de materia seca en el

tratamiento con 200 Kg.de nitrochalk (15.5% de N) y sin fertilizante respectivamente. En términos de nitrógeno las cifras dadas en el mismo orden ascienden a 69 y a 76 Kg.de nitrógeno por hectárea.

También se ha medido el efecto indirecto de la leguminosa por la cantidad de nitrógeno que requiere la gramínea para reemplazar este efecto; y en tal sentido Wagner (43) ha señalado que el efecto indirecto de trébol blanco asociado con pasto ovillo equivale a abonar esta gramínea, cuando se siembra sola, con una cantidad que fluctúa entre 80 y 160 Kg. de N/Ha. Esta misma leguminosa asociada con Festuca produce un efecto equivalente a 80 Kg.de N/Ha. Cowling (10) indica que son necesarias 105 a 120 Kg.de N/Ha. para que una pradera de pasto ovillo solo produzca tanto como la de la asociación trébol blanco-pasto ovillo.

Martin (25) realizando una revisión de literatura acerca del papel del trébol blanco, indica que la presente posición en relación a la transferencia de nitrógeno señala cuatro caminos posibles. La extensión en la cual estos mecanismos son operativos bajo condiciones específicas son difíciles de determinar, y su ocurrencia puede ser independiente o simultánea.

Las posibles rutas de transferencia descritas por este autor son:

a) Un movimiento directo de los compuestos nitrogenados de los nódulos de las raíces del trébol a través del suelo a las plantas asociadas en la pradera.

b) Una transferencia de productos de degradación formado por la degradación de nódulos y raíces del trébol y la utilización de estos compuestos por otras plantas en la pradera durante la vida de la leguminosa.

c) Descomposición de las partes aéreas y subterráneas de las plantas de trébol, después de arar la pradera o senescencia de los nódulos subsiguientes, debido a cambios en la razón de la "raíz-follaje" de la planta de trébol.

d) Una transferencia de los compuestos nitrogenados a través del pastoreo animal.

El moderno punto de vista de la excresión de nitrógeno señala que la extensión en que se realiza la transferencia directa de compuestos nitrogenados depende del suministro de Hidratos de Carbono a la planta de trébol.

Si el nitrógeno es fijado en exceso en relación a los Hidratos de Carbono disponibles para formar proteínas, podría ser exudado al medio y absorbido por otras especies. Tales condiciones de limitación en la producción de los Hidratos -

de Carbono del trébol es mas probable que ocurra donde la intensidad de luz es baja, debido a la radiación solar o sombra (25,48).

Varios investigadores han manifestado que una de las vías mas importantes en la transferencia de nitrógeno, es a través de la degradación de raíces y/o nódulos (17, 19, 25). Apoyando esta consideración estaría el hecho mencionado por varios investigadores que al disminuir la cantidad de trébol en la pradera, aumenta su contribución indirecta (6, 10), lo que coincide con los datos proporcionados por Dorothy Young (52) que si bien indican una desintegración de nódulos a través de todo el año, ésta ocurre particularmente en la fase de eliminación del trébol.

Refiriéndose a diferentes especies de leguminosas, Allos y Bartholomew (2) indican que las diferencias en fijación de nitrógeno entre este grupo de plantas, podría ser mas propiamente atribuído a diferencias en el crecimiento total, y por lo tanto en la necesidad de utilización de nitrógeno, que a variaciones entre leguminosas en la respuesta del proceso de fijación al suministro de nitrógeno disponible. El mismo autor señala que las leguminosas de semillas pequeñas fijan su mayor proporción durante el período de desarrollo, cuando las razones de crecimiento son mas rápidas y las demandas de nitrógeno mas altas.

Walker et al (48) indica que si el crecimiento de los

pastos y tréboles no fuera de la misma distribución en el año, no se traslaparan, no tendría lugar transferencia de nitrógeno por excresión. En este caso, sugiere que podría aplicarse fertilizante a la gramínea temprana sin afectar al trébol.

Respuesta de la Gramínea al Fertilizante Nitrogenado

Como se ha confirmado en muchas experiencias, los resultados presentados por Wagner (43) indican que la gramínea tiene una respuesta apreciable al fertilizante nitrogenado. Así pasto ovillo, Festuca y Bromus (Bromus inermis), en su ensayo tuvieron un aumento del orden del 65.78, 57.10 y 54.33% con relación al testigo, al aplicar 240 Kg.de N/Ha. en el primer caso, y 160 Kg.de N/Ha. en los dos restantes.

Por su parte Cowling (10) encontró que la gramínea, tanto asociada como sembrada sola, aumentó su producción en materia seca en forma linear al variar el fertilizante en los dos casos entre 0 y 200 Kg.de N/Ha.

Castle y Holmes (7) obtuvieron respuestas en la pradera de gramínea de 5, 12 y 11 Kg.de materia seca por Kg.de nitrógeno aplicado, variando la dosis desde 260 a 520 Kg.de N/Ha. Resultados similares a éste fueron encontrados por Holmes y Maclusky (22) al variar los niveles de nitrógeno desde 1780 y 2688 Kg/Ha.

Una Expresión Matemática para la Contribución de Nitrógeno Realizada por el Trébol, el Fertilizante y el Suelo a la Gramínea

Asumiendo que dentro de los límites de una respuesta lineal en una asociación, el trébol aporta a la gramínea una cantidad de nitrógeno proporcional a su rendimiento en este elemento, y que la gramínea recupera nitrógeno del suelo y el fertilizante en forma proporcional a sus porcentajes de nitrógeno, Walker, Archiston y Adams (48) expresaron mediante una función matemática, la contribución de nitrógeno de estas tres fuentes a la gramínea de una asociación.

Las relaciones estarían dadas por la ecuación:

$$Gn = b\ C_n + CF_n + K$$

Donde Gn y C_n son los rendimientos en nitrógeno de la gramínea y el trébol, F_n es el contenido en nitrógeno del fertilizante, y K es una constante que varía entre otros factores con el tipo de suelo y clima.

Estos investigadores encontraron que esa ecuación se ajustaba a datos de un buen número de experiencias realizados por ellos. La ponderación que obtuvieron para los diversos aportes de nitrógeno a la gramínea, se señala en la siguiente ecuación:

$$Gn = 0.67\ (Gn + F_n) + 36$$

Usando esta misma ecuación Peterson y Bendixen (30) obtuvieron un coeficiente muy similar al publicado por Walker y sus colaboradores (48). La ecuación encontrada en esta ecuación fue:

$$Gn = 0.72\ (C_n + F_n) - 26.9$$

En cambio O'Connor (29) tratando de utilizar esta ecuación propuesta por Walker (48), concluyó que sus datos se ajustaban mas a una ecuación donde figuraba la variable frecuencia de corte en vez de rendimiento de nitrógeno del trébol, ya que una menor frecuencia entre defoliaciones provocaría una mayor competencia entre la gramínea y la leguminosa por la luz, y por lo tanto promovería una relación inversa entre el rendimiento de nitrógeno de estos dos grupos de plantas.

Por último Cowling (12) encontró que esta ecuación no era una buena representación física de las diversas fuentes de nitrógeno, encontrando que los coeficientes obtenidos por él eran muy variables y la recuperación de nitrógeno del 68 a 89% muy grande, lo que podría indicar la posibilidad de una interacción entre el nitrógeno aplicado y el del suelo.

Porcentaje de Proteína Cruda de Leguminosas y Gramíneas en Relación a la Presencia de Nitrógeno o Leguminosa.

Los estudios de Peterson y Bendixen (30) muestran que el fertilizante nitrogenado no tiene efecto en el porcentaje de nitrógeno de las leguminosas, siendo su porcentaje mayor que en las gramíneas.

En las gramíneas, en cambio, el porcentaje de proteína cruda aumenta como consecuencia del uso de abonos nitrogenados. Washko y Marriott (42) hallaron para Poa (Poa pratensis) y pasto ovillo aumentos de 11.6 a 17.4 y de 10.5 a 17.9% al variar el nitrógeno aplicado de cero a 100 Kg.de N/Ha.

En varias experiencias se ha destacado la influencia que tiene la leguminosa en el porcentaje de proteína cruda de la gramínea acompañante, Wagner y Wilkins (45), encontraron que el pasto ovillo aumentó su porcentaje de proteína cruda, en promedio, entre 4.84 y 3.27 unidades de porcentaje, como consecuencia de asociarlo con trébol blanco, var. Ladino. Esta contribución estuvo relacionada a la proporción de trébol en la pradera. Resultados semejantes se obtuvieron cuando se usó como gramínea acompañante Bromus.

También estos investigadores encontraron que el contenido de proteína cruda varía con la leguminosa usada en la asociación. Así, Bromus tuvo mayor cantidad de proteína cuando creció asociado con trébol blanco var.Ladino que con alfalfa (Medicago sativa).

Recuperación del Fertilizante Nitrogenado en la Gramínea Sembrada Sola y en Asociación

Un trabajo realizado por Pink y Allinson (31) mostró que en gramínea, en promedio, el 34% del nitrógeno se encontraba en las raíces. Cabe hacer notar que en la gramínea no fertilizada se encontraba un 40% de nitrógeno en la raíz, y con una

aplicación de 200 Kg.de N/Ha. sólo el 29%.

Datos proporcionados por Peterson y Bendixen (30) y por Cowling (10) para una pradera de gramínea sola, parecen no - divergir con estos resultados. Así, el último de los auto - res citados señala para una pradera de pasto ovillo una recu peración del 54, 70 y 80% para niveles de 35, 105 y 210 Kg. de N/Ha. Sin embargo, al considerarse en este mismo estudio esta gramínea asociada con trébol blanco, la magnitud de la recuperación fue del orden del 40, 48 y 59% para las mismas dosis recién mencionadas. Walker, Edwards, Cavell y Rose -- (46) han encontrado aún valores mas bajos, del orden de 39% en la gramínea asociada.

Según Walker, Adams, Orchiston (47), esta aparente fa- lla en la eficiencia de nitrógeno aplicado en una pradera - con trébol,es probablemente debida a la mayor depresión de - los tréboles con dosis cada vez mas altas de fertilizante ni trogenado, lo que se traduce en una menor transferencia de - nitrógeno desde los tréboles a los pastos. Debido a esta di ficultad Walker y sus colaboradores (48) han tratado de bus- car otro método de cálculo, ya citado en páginas anteriores, encontrando que la recuperación de nitrógeno por este nuevo método fue de 67%.

Distribución Estacional de los Componentes de una Asociación

La distribución estacional de la producción de una aso- ciación, no sólo está influída por las condiciones climáti -

cas sino también entre otros factores, por la elección de la especie y/o variedad y aplicaciones de nitrógeno.

En un ensayo llevado a cabo por Reid (33) se puso de manifiesto que si bien es cierto que diferentes variedades de trébol tuvieron sólo un pequeño efecto en modificar la distribución de la producción de la mezcla, las diferentes variedades de gramíneas empleadas influyeron apreciablemente a este respecto. A su vez, Cowling (11) destaca que los resultados de su experimento con una asociación de trébol blanco y pasto ovillo, pueden estar influídos por la elección de la especie de gramínea.

Mostrando el efecto modificador del nitrógeno en la distribución estacional de una asociación, se pueden señalar los trabajos de Holmes (20) y Chamblee, Lovvorn y WoodHouse (13).

Cambios en la Composición Botánica de una Asociación Gramínea - Leguminosa inducidos por el Fertilizante Nitrogenado

Cambio en la composición botánica de una asociación gramínea-leguminosa promovidos por el uso de fertilizante nitrogenado, es hoy un hecho ampliamente reconocido.

Así, Walker y sus colaboradores (46), realizando una serie de ensayos bajo condiciones distintas de suelos, encontra

ron que el porcentaje de leguminosas disminuía en menor o mayor grado, pero siempre mostraba la misma tendencia con el uso del fertilizante nitrogenado. Resultados similares han sido publicados por muchos otros autores, y Sears (38) llegó a presentar un modelo de desarrollo de una pradera de trébol blanco y ryegrass para Nueva Zelandia, donde se muestra en forma clara la depresión de la leguminosa al aumentar el nivel de nitrógeno del suelo, tanto por transferencia como por retorno animal.

MATERIALES Y METODOS

Establecimiento e Iniciación del Ensayo

El ensayo se instaló en Mayo de 1964 en un suelo de pradera parda sobre pampeano, iniciándose la parte experimental en Otoño de 1965.

Diseño Experimental

El estudio se planificó en forma de un experimento factorial de 5 x 5, dispuesto en bloques al azar con 4 repeticiones. Las parcelas fueron cuadradas, con una superficie de $25m^2$.

Interpretación Estadística

Loa datos de cada una de las variables estudiadas se sometieron al análisis de varianza, comparándose las medidas por la prueba de Newman Keuls (40).

Tratamientos

Los 25 tratamientos resultaron de realizar todas las - combinaciones posibles entre los siguientes factores:

Especies - Festuca sola
Festuca + trébol blanco
Festuca + trébol subterráneo
Festuca + trébol carretilla
Festuca + lotus

Niveles de nitrógeno - 0 Kg.de N/Ha.
50 Kg.de N/Ha.
100 Kg.de N/Ha.
150 Kg.de N/Ha.
200 Kg.de N/Ha.

Las aplicaciones de nitrógeno se hicieron en tres épocas: a comienzos del Otoño, del Invierno y de la Primavera, en forma de urea.

Las densidades de siembra de las especies fueron:

Especie	Kg/Ha.
Festuca sola	12
Festuca en mezcla	8
Trébol blanco	3
Trébol subterráneo	5
Trébol carretilla	5
Lotus	4

Todas las semillas de leguminosas fueron inoculadas con los rizobium específicos.

Cortes

Se efectuaron sobre todas las parcelas simultáneamente - cuando la altura modal de la gramínea alcanzaba a 20 centíme - tros. Una apreciación de esta altura se obtuvo tomando un pro

medio de 10 mediciones al azar en cada parcela. Una excepción a esto se hizo en Otoño con la dosis mas alta de nitrógeno, la cual debido a su crecimiento mas rápido fue cortada antes, volviéndose a cortar posteriormente el 10 de Junio con el resto de los tratamientos.

Los cortes se realizaron a una altura de 5 cm., con una motocultivadora con guadañadora acoplada a la parte anterior en las siguientes fechas de cada estación:

Otoño	Invierno	Primavera
11.V	12.VIII	27.IX
10.VI		26.X
		9.XII

Determinación de los Rendimientos y Composición Botánica

En cada corte, el forraje obtenido por parcela se pesó inmediatamente. Previo a su recolección, se tomó al azar de cada parcela, una muestra de unos 200 gramos para el análisis botánico, las fracciones se separaron a mano.

Para determinar el contenido de materia seca, se tomaron muestras aparte de leguminosas (si el tratamiento las incluía), de festuca y de malezas en cada parcela. El forraje así obtenido se secó a estufa a 90°C por no menos de 7 horas.

Relacionando los datos proporcionados por el análisis botánico y el contenido de materia seca, se obtuvo la cantidad de esta última, aportada por la leguminosa, festuca y malezas en cada corte.

Determinación de Proteína Cruda

Las determinaciones de nitrógeno se hicieron para cada corte según la técnica de micro Kjeldahl descrito por Müller (27). Para expresar estos valores en porcentaje de proteína cruda se multiplicaron por el factor 6.25.

Fertilización

Se usaron 300 Kg. por hectárea de superfosfato y 200 - Kg.de cloruro de potasio. Ambos fertilizantes se colocaron de una vez en Otoño.

RESULTADOS

Producción de Materia Seca

Otoño

En esta estación el rendimiento de las asociaciones tuvo una respuesta diferente a las dosis de nitrógeno aplicadas (Figura 1). Con excepción de la mezcla Festuca-Trébol blanco, las asociaciones muestran, en general y en diferentes grados, rendimientos significativamente superiores al - elevarse las dosis de nitrógeno. Sin embargo, fue evidente que en la primera de las mezclas mencionadas, aunque no hay significación estadística de esta variable a través de los tratamientos, existe también una tendencia en el mismo sentido.*

---

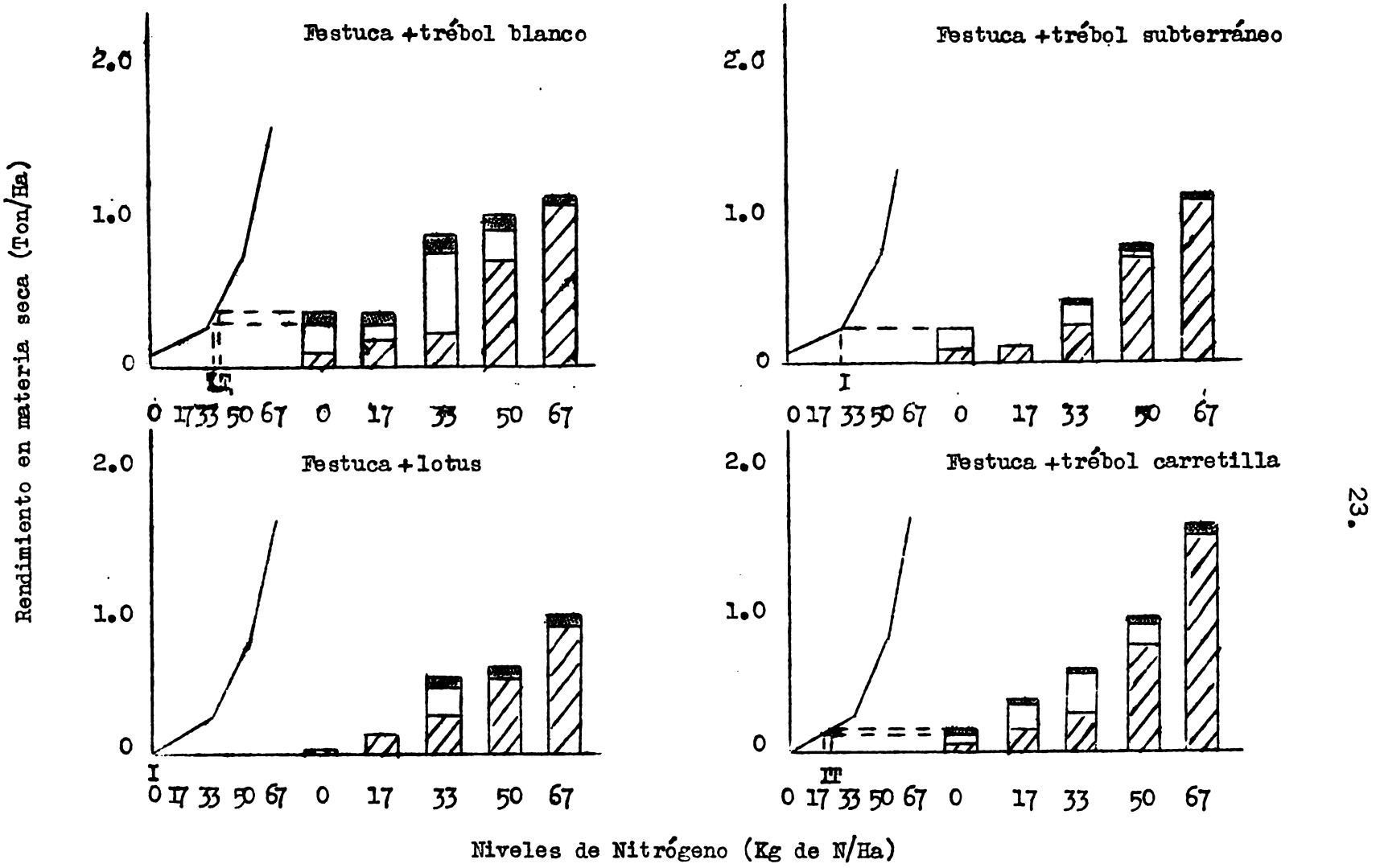
* Las significaciones estadísticas y las cifras que sirvieron de base para construir las figuras intercaladas en - esta sección, se dispusieron en los apéndices, las que se mencionarán en el texto solamente cuando sea necesario.

La producción de leguminosa en Otoño fue muy baja en todas las asociaciones, no existiendo con fines prácticos diferencias apreciables entre ellos. Así por ejemplo, la mayor diferencia entre las producciones promedio se presentó entre trébol blanco y trébol subterráneo, la cual ascendió a 60 Kg. de materia seca por hectárea. Lo mismo es válido al considerar la respuesta que estas leguminosas tuvieron en promedio a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado (Apéndice 3).

El efecto total de la leguminosa en el control, medido por su equivalencia en fertilizante nitrogenado, correspondió a 33 Kg.de N/Ha. en trébol blanco y trébol subterráneo, a 17 Kg.de N/Ha. en trébol carretilla y fue nula en Lotus.

En la Figura 1 se muestra que casi la totalidad de la producción de las asociaciones, estuvo dad por la gramínea, que respondió en forma significativa a los 33, 50 y 67 Kg. de N/Ha., influyendo así, notablemente, en el comportamiento de las mezclas al nitrógeno. Un esquema similar de respuesta se obtuvo con la gramínea sembrada sola.

Aunque no hubieron diferencias significativas en la variable efecto indirecto de la leguminosa, para especies y dosis de nitrógeno (Apéndice 5), se debe destacar la contribución apreciable del trébol blanco y trébol carretilla en la producción de la gramínea acompañante cuando no se aplicó nitrógeno, y al abonarse con 17 y 33 Kg/Ha. de este elemento. El efecto indirecto desapareció en todos los casos en el nivel mas alto.



Rendimiento de la leguminosa

Efecto indirecto de la leguminosa

I Equivalente del efecto indirecto de la leguminosa.

Rendimiento de la gramínea acompañante

Rendimiento de la gramínea sembrada sola

T Equivalente del efecto total de la leguminosa

FIGURA 1. Rendimiento de materia seca en otoño bajo diferentes niveles de nitrógeno.

La equivalencia del efecto indirecto de las leguminosas en el testigo, medida en fertilizante nitrogenado, fue similar a la del efecto total, debido a la baja producción de la leguminosa en cada asociación (Figura 1).

Invierno

En este lapso, el rendimiento total de las asociaciones no presentó interacción entre las especies de leguminosas y los niveles de nitrógeno, observándose diferencias en las mezclas debido a la leguminosa acompañante, así la asociación con trébol blanco tuvo el mayor rendimiento y la mezcla con lotus el mas bajo, siendo su producción estadísticamente igual con la de gramínea sembrada sola (Apéndice 6).

La cantidad de nitrógeno que necesitó la festuca sola para producir lo mismo que la asociación con trébol blanco y trébol carretilla sin aplicación de nitrógeno, alcanzó a alrededor de 33 Kg.de N/Ha., en cambio no requirió fertilización con este elemento para igualar los rendimientos de las mezclas con lotus y trébol subterráneo (Figura 2).

En Invierno se presentó una respuesta de las leguminosas a la aplicación de 17 Kg.de nitrógeno, aumento que fue proporcional a sus respectivos niveles de producción, que en promedio, en trébol blanco y trébol carretilla, alcanzó a 0.39 Ton/Ha. y en trébol subterráneo y lotus a 0.15 y 0.05 Ton/Ha. respectivamente (Apéndice 7).

La contribución de la gramínea al rendimiento de la asociación nuevamente fue considerable, observándose una respuesta positiva hasta con las dosis de 50 Kg. de N/Ha., la dosis mas elevada en todos los casos no aumentó la producción de la gramínea asociada como la de aquella sembrada sola y en algunos casos llegó a deprimirla, como lo muestra la Figura 2. Sin embargo, el análisis estadístico no revela esta respuesta en su completa dimensión (Apéndice 8), indicando como significativamente diferente sólo al rendimiento del testigo en relación a los de los tratamientos con nitrógeno.

Considerando la producción de la gramínea en las diferentes asociaciones, el análisis estadístico no revela significación alguna (Apéndice 8), sin embargo, es conveniente hacer notar que la gramínea, acompañada con trébol blanco que tuvo la mas alta producción, rindió 1.35 Ton/Ha. y aquella asociada con lotus cuya producción fue la mas baja, alcanzó sólo a 0.78 Ton/Ha.

El efecto indirecto de las leguminosas mostró sólo diferencias debido a especies. Pero en la Figura 2 pueden señalarse dos hechos en relación al nitrógeno: primero, que hubo un efecto indirecto mayor en todas las especies con una aplicación de 17 Kg.de N/Ha., con excepción de lotus; y segundo, este tipo de contribución en trébol carretilla fue mas afectado por la dosis cada vez mas alta de nitrógeno.

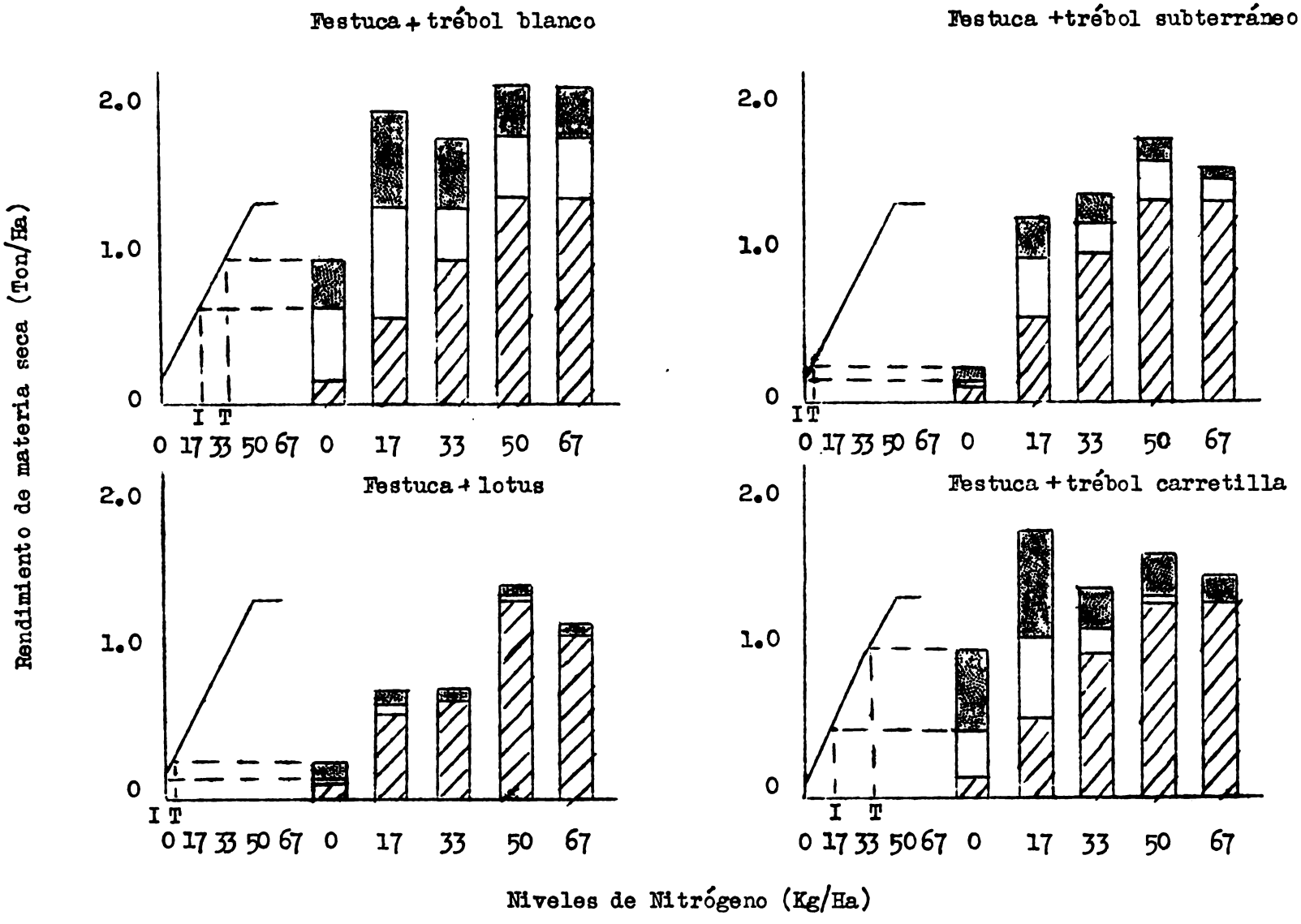


FIGURA 2. Rendimiento en materia seca en invierno bajo diferentes niveles de nitrógeno.

En relación a las especies, el trébol blanco realizó la mayor contribución indirecta a la gramínea asociada, elevando su producción con respecto a la gramínea sembrada sola en 0.49 Ton/Ha., trébol subterráneo y trébol carretilla ocuparon una posición intermedia, alcanzando su aporte a 0.18 Ton/Ha. y lotus mas que una contribución disminuyó la producción de la gramínea acompañante en relación a la gramínea sembrada sola (Apéndice 9).

En el control, el efecto indirecto del trébol blanco y del trébol carretilla correspondió a una aplicación de 17 Kg. de N/Ha., en tanto que las otras dos leguminosas no tuvieron efecto alguno (Figura 2).

Primavera

Para esta estación el análisis estadístico que se refiere a la variable rendimiento total de las mezclas, no indica que haya interacción entre especies de leguminosas y niveles de nitrógeno, no obstante, en la Figura 3 se advierte que si bien es cierto que hay una respuesta positiva al nitrógeno en las asociaciones con Lotus, trébol subterráneo y carretilla, lo mismo no ocurre con la asociación con trébol blanco que mas bien presenta una ligera depresión.

La mayor producción la alcanzó nuevamente la asociación con trébol blanco, siendo la única que fue significativamente superior a la pradera de gramínea (Apéndice 10).

El efecto total del trébol blanco en el control, correspondió a abonar la pradera de gramínea con 67 Kg. de N/Ha., en las otras asociaciones, este mismo efecto fue sólo alrededor de la mitad del recién mencionado (Figura 3).

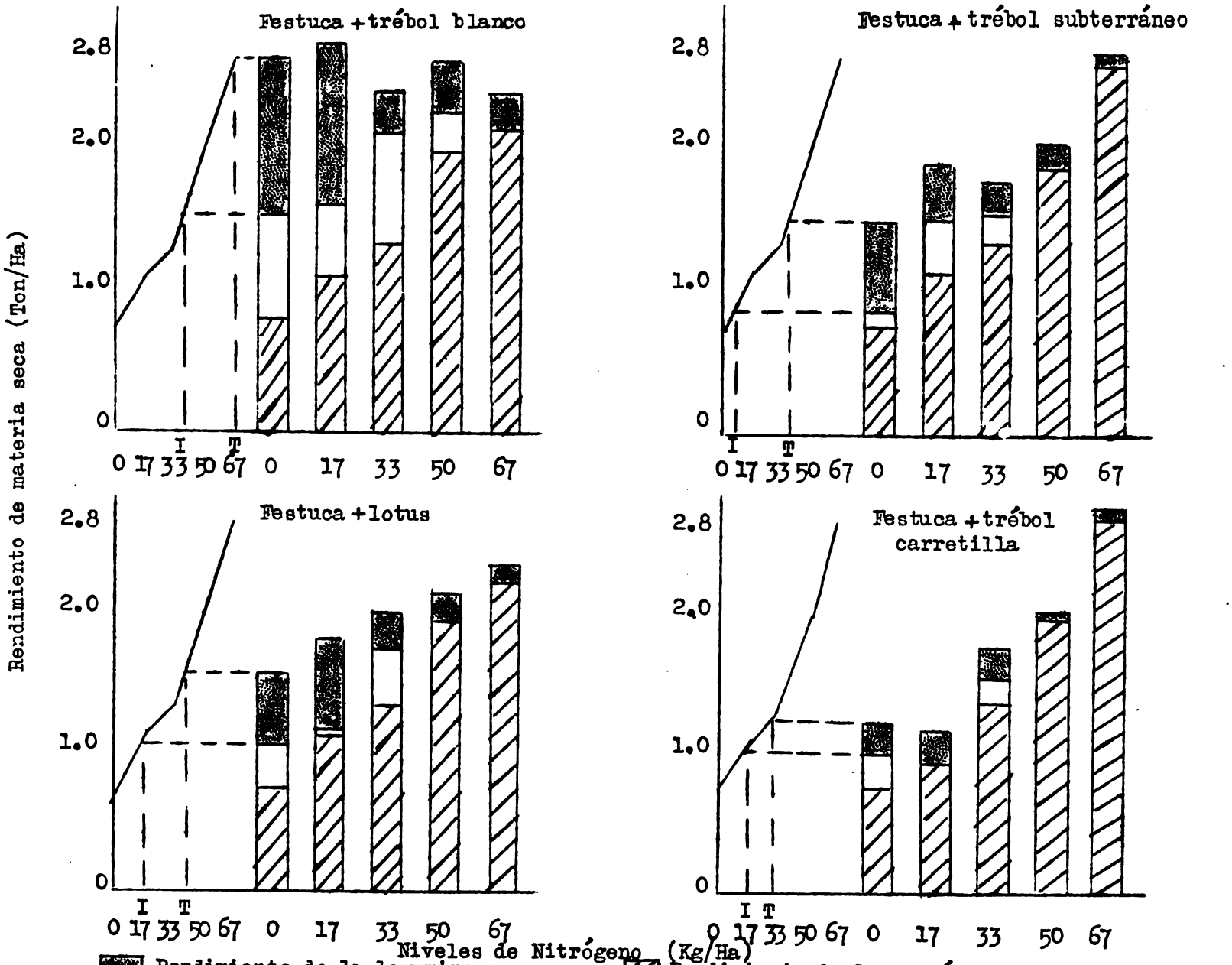
Considerando las leguminosas en conjunto, éstas no se vieron afectadas por una aplicación de 17 Kg. de N/Ha., pero sí, bajaron su rendimiento en forma significativa con las dosis mas altas.

El trébol blanco fue la única especie que se destacó por su mas alto rendimiento, siendo estadísticamente diferente de las otras especies (Apéndice 11).

En promedio, los rendimientos de la gramínea asociada con diferentes especies de leguminosas y de aquella sembrada sola fueron iguales, y la respuesta de ellas al fertilizante nitrogenado fue evidente (Apéndice 12).

La contribución indirecta de la leguminosa no tuvo significación estadística en relación a las especies usadas, pero en la Figura 3 se observa que el efecto del trébol blanco fue marcadamente mayor.

También esta Gráfica muestra una depresión notable del efecto indirecto con 50 y 67 Kg. de N/Ha., siendo sólo este último significativamente inferior al resto de los tratamientos y control (Apéndice 13).



Rendimiento de la leguminosa
Efecto indirecto de la leguminosa
I Equivalente del efecto indirecto de la leguminosa.
Rendimiento de la gramínea acompañante
Rendimiento de la gramínea sembrada sola
T Equivalente del efecto total de la leguminosa

FIGURA 3. Rendimiento en materia seca en primavera bajo diferentes niveles de nitrógeno

El efecto indirecto medido por su equivalencia en fertilizante nitrogenado, correspondió a una aplicación de 33 Kg.de N/Ha. en trébol blanco, y a 17 Kg.en trébol carretilla, trébol subterráneo y lotus (Figura 3).

Total para el año

La asociación que tuvo el mayor rendimiento anual fue aquella con trébol blanco que alcanzó una producción de 5.01 Ton/Ha., la siguieron la asociación con trébol carretilla y trébol subterráneo con 3.81 y 3.67 Ton/Ha. respectivamente, y en último lugar el lotus, con una producción de 3.22 Ton/Ha. que no difirió significativamente de la gramínea sembrada sola, cuya producción fue de 2.94 Ton/Ha. (Apéndice 14).

Según lo muestra la Figura 4, la respuesta de estas asociaciones al fertilizante nitrogenado, fue manifiesta.

El efecto total del trébol blanco fue de tal magnitud que para reemplazarlo fue necesario abonar la pradera de gramínea con 150 Kg.de N/Ha., el trébol carretilla tuvo un efecto equivalente a 80 Kg.de N/Ha. y trébol subterráneo y lotus a 50 Kg.de N/Ha. (Figura 4).

La única especie leguminosa que se destacó por su efecto directo dentro de las estudiadas, fue el trébol blanco que rindió 1.12 Ton/Ha., o sea, mas del doble del rendimiento de las tres restantes, cuyas producciones estuvieron entre 0.40 y 0.49 Ton/Ha. Todas las especies de legu-

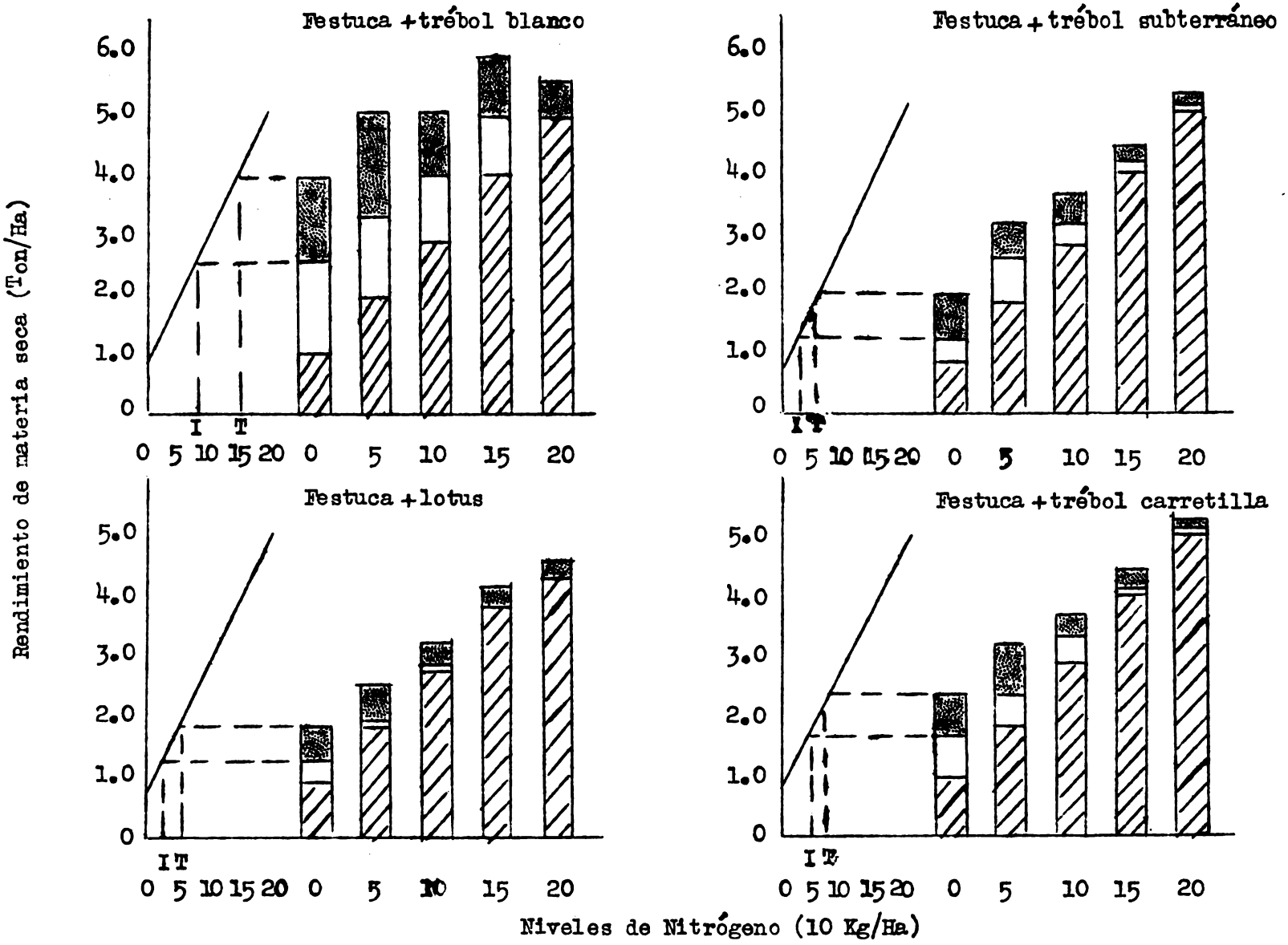
minosas sufrieron una fuerte depresión a partir de los 100 Kg. de N/Ha.hacia arriba (Apéndice 15).

En la Figura 4 se observa en forma clara, la respuesta - linear que tuvo la Festuca tanto asociada, como sembrada sola a los niveles cada vez mas altos de nitrógeno. Esta especie asociada rindió en promedio, lo mismo que la sembrada sola, a excepción de la acompañada por trébol blanco cuya producción fue mas elevada (Apéndice 16).

Aunque no hubo una significación estadística para el efecto indirecto de las leguminosas (Apéndice 17),en la figura recién citada se destaca que la contribución indirecta de ellas sufrió una depresión gradual con las dosis cada vez mas altas de abono nitrogenado.

El aporte indirecto mas alto se obtuvo con trébol blanco, el trébol subterráneo y trébol carretilla contribuyeron en menor escala, y lotus tuvo una contribución aparentemente negativa, debido a que su efecto negativo en las dosis mas altas fue mayor que el positivo en las mas bajas.

El efecto indirecto del trébol blanco medido en abono nitrogenado, correspondió a alrededor de 70 Kg.de N/Ha.,y el de las otras leguminosas estuvo entre 30 y 50 Kg.de N/Ha. (Figura 4).



Rendimiento de la leguminosa
Efecto indirecto de la leguminosa
Rendimiento de la gramínea acompañante
Rendimiento de la gramínea sembrada sola
I Equivalente del efecto indirecto de la leguminosa
T Equivalente efecto total de la leguminosa

FIGURA 4. Rendimiento anual de materia seca bajo diferentes niveles de nitrógeno.

Producción de Proteína Cruda

Otoño

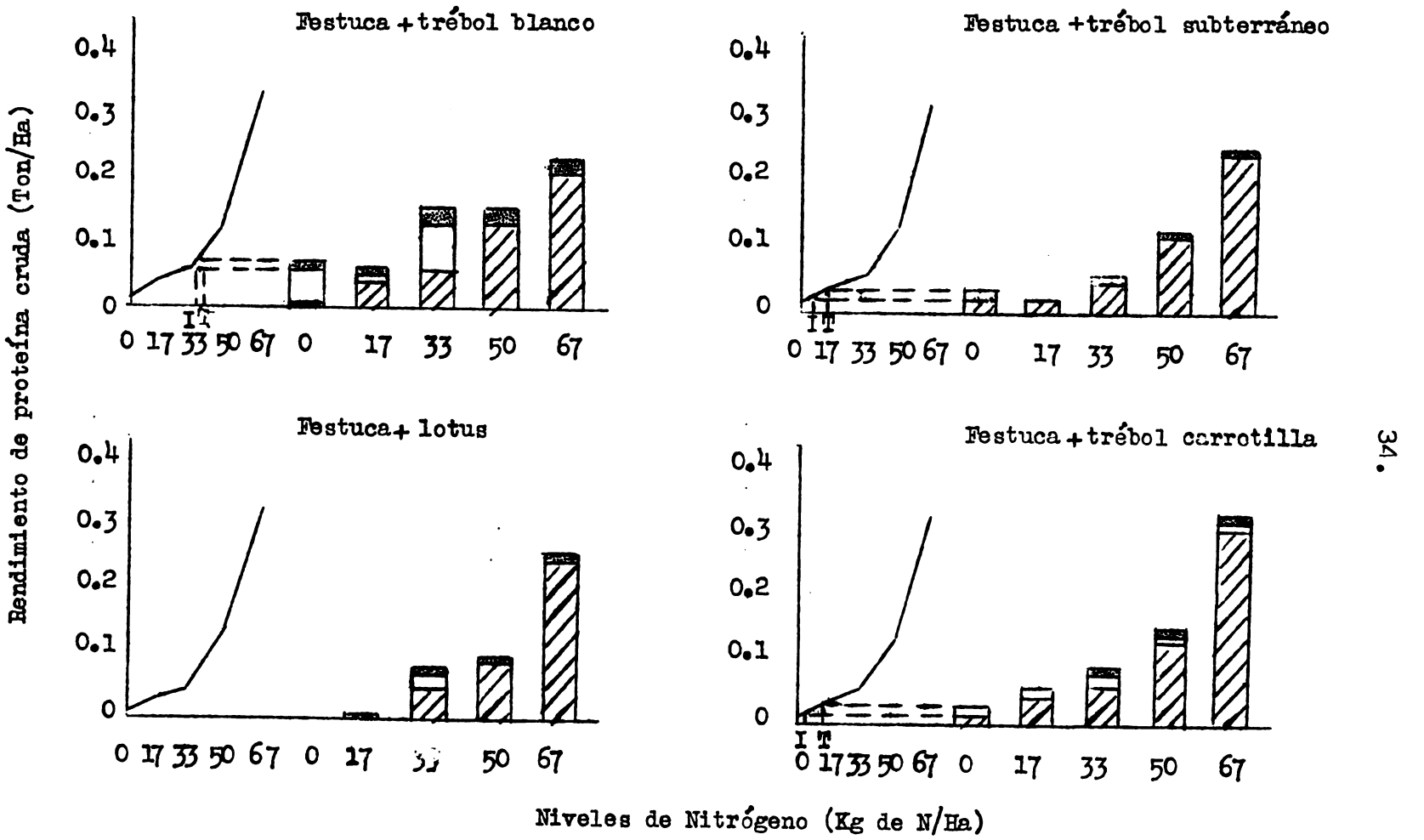
La producción de proteína cruda en esta estación fue baja, sin embargo, también presentó una respuesta al fertilizante nitrogenado según se advierte en la Figura 5, en la cual se destaca particularmente el efecto que tuvo la aplicación de 67 Kg.de N/Ha, que fue la única significativamente superior (Apéndice 18).

En relación a las especies leguminosas no se observó diferencia alguna en el rendimiento total de las mezclas.

En la misma Figura 5 se aprecia también que el efecto directo de la leguminosa es pequeñísima, no teniendo importancia la significación estadística para los fines que persigue este trabajo.

Sin embargo en el control, el efecto total del trébol blanco fue equivalente a abonar la pradera de gramínea con 33 Kg.de N/Ha. Un efecto considerablemente menor proporcionaron el trébol subterráneo y carretilla y lotus no presentó tal efecto (Figura 5).

El rendimiento de la gramínea asociada en todas las mezclas tuvo un modelo de respuesta similar al que tuvo en cada caso la producción total de la asociación, lo que se debe a que esta especie fue prácticamente la única que estuvo presente en esta estación en todas las asociaciones (Figura 5).



Rendimiento de la leguminosa

Efecto indirecto de la leguminosa

I Equivalente del efecto indirecto de la leguminosa

Rendimiento de gramínea acompañante

Rendimiento de la gramínea sembrada sola

T Equivalente del efecto total de la leguminosa

FIGURA 5. Rendimiento de proteína cruda en otoño bajo diferentes niveles de nitrógeno.

El efecto indirecto en esta estación fue bajo, en varios casos negativo, y no presentó ninguna tendencia definida respecto a las aplicaciones de nitrógeno, tampoco se observaron diferencias entre especies (Apéndice 21).

La equivalencia en fertilizante nitrogenado del efecto indirecto puede observarse en la Figura 5.

Invierno

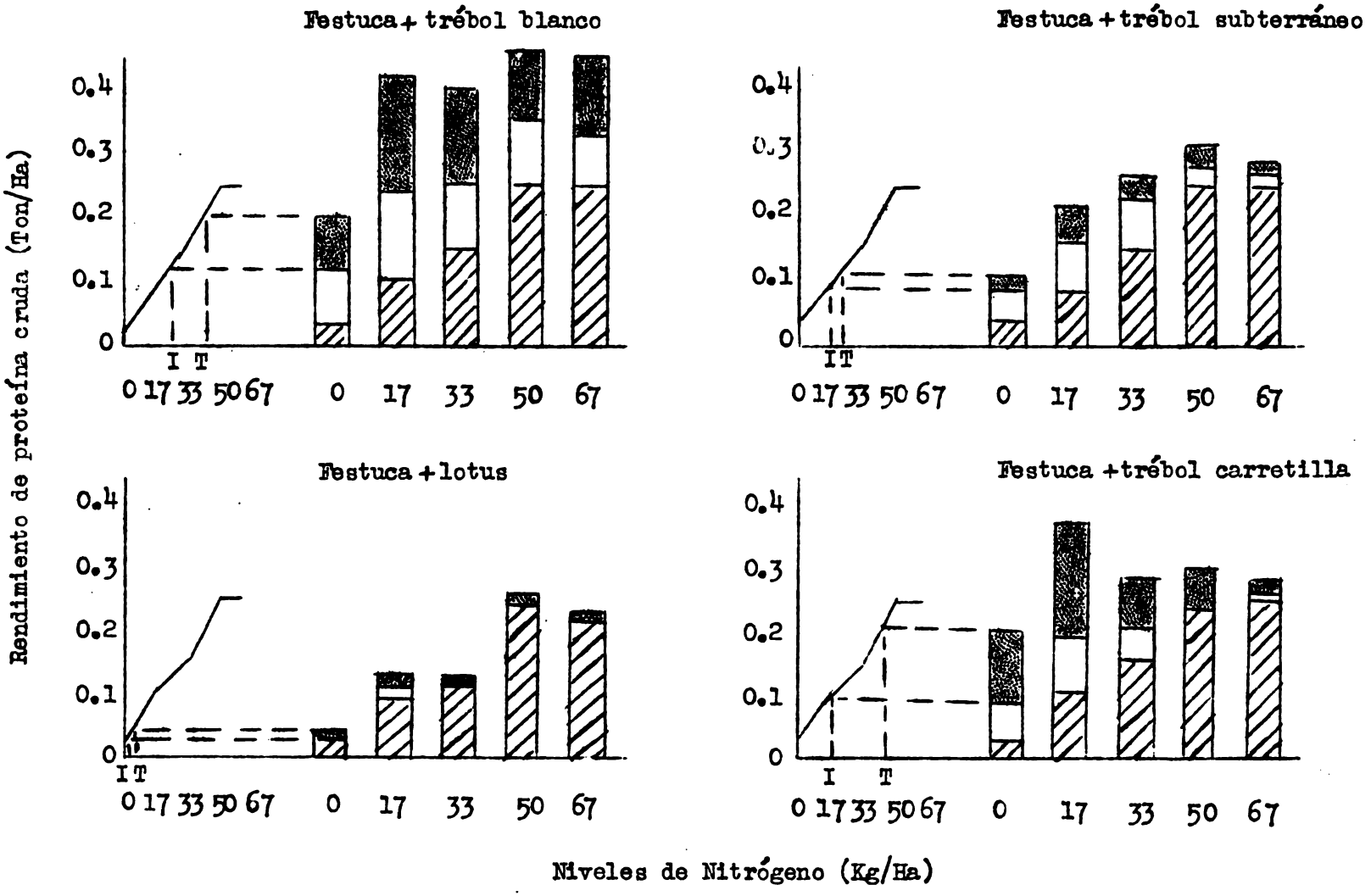
El análisis estadístico para la variable rendimiento total de proteína cruda de las asociaciones, indica que considerando estas mezclas en conjunto, se aprecia una respuesta al fertilizante nitrogenado hasta con 50 Kg.de N/Ha. (Apéndice 22).

Sin embargo, en la Figura 6 puede observarse que este esquema de respuesta parece no ajustarse a la asociación con trébol blanco y trébol carretilla.

Además se encontró para esta variable, diferencias entre asociaciones debido a la leguminosa acompañante, proporcionando la mezcla con trébol blanco el mayor rendimiento y con lotus el inferior (Apéndice 22).

En la Figura 6 también puede apreciarse la magnitud del efecto total de cada leguminosa acompañante.

El efecto directo de las leguminosas estudiadas aumentó con 17 Kg. de N/Ha. en una magnitud proporcional a sus nive-



Rendimiento de la leguminosa
Efecto indirecto de la leguminosa
I Equivalente del efecto indirecto de la leguminosa
Rendimiento de la gramínea acompañante
Rendimiento de la gramínea sembrada sola
T Equivalente del efecto total de la leguminosa

FIGURA 6. Rendimiento de proteína cruda en Invierno bajo diferentes niveles de nitrógeno.

les de producción, para disminuir luego gradualmente con las dosis de 33, 50, y 67 Kg.de N/Ha. Hecho este último que no fue estadísticamente significativo (Apéndice 23).

Tanto la gramínea asociada como la sembrada sola, presentaron aumentos hasta con aplicaciones de 50 Kg.de N/Ha. Las mayores producciones de la gramínea asociada se consiguieron con trébol blanco, trébol subterráneo y trébol carretilla, que fueron significativamente mejores que la de asociada con lotus, que fue igual a la de la gramínea sembrada sola (Apéndice 24).

El efecto indirecto de las leguminosas en relación al nitrógeno no tuvo significación estadística, pero la figura 6 deja entrever un ligero aumento con 17 Kg.de N/Ha.,y una paulatina disminución al aumentarse las dosis de fertilizante nitrogenado.

También se presentaron diferencias entre especies respecto a la contribución indirecta de la leguminosa, a este respecto, resalta la mayor contribución del trébol blanco, trébol subterráneo y trébol carretilla, que difirieron significativamente de lotus, cuyo aporte en este sentido fue nulo (Apéndice 25).

El equivalente en fertilizante nitrogenado del efecto indirecto de cada leguminosa, se muestra en la Figura 6.

Primavera

El análisis estadístico para producción total de las asociaciones, revela una respuesta positiva y similar a las aplicaciones de nitrógeno (Apéndice 26); sin embargo, como ya se mencionó para esta misma estación en producción de materia seca, la asociación con trébol blanco parece no ajustarse a este modelo de respuesta (Figura 7).

La mezcla trébol blanco-festuca obtuvo en promedio un rendimiento de 0.46 Ton/Ha., duplicando así el de esta gramínea sembrada sola, que a su vez, tuvo una producción similar a la asociación con lotus y trébol carretilla. La mezcla con trébol subterráneo ocupó una posición intermedia con 0.30 Ton/Ha. (Apéndice 26).

En la Figura 7 se puede observar que el trébol blanco produjo un efecto total que superó el rendimiento de la pradera de festuca abonada con 67 Kg.de N/Ha. Trébol carretilla, trébol subterráneo y lotus también tuvieron un efecto apreciable, que alcanzó en los tres casos aproximadamente a los 40 Kg.y 50 Kg.de N/Ha.

Las leguminosas de cada asociación deprimieron su rendimiento a partir de la dosis de 50 Kg.de N/Ha. hacia arriba. También sus producciones promedias presentaron diferencias entre especies, así el trébol blanco alcanzó la mayor producción, difiriendo en forma significativa con lotus y trébol subterráneo que formaron un grupo equivalente, siendo el ren-

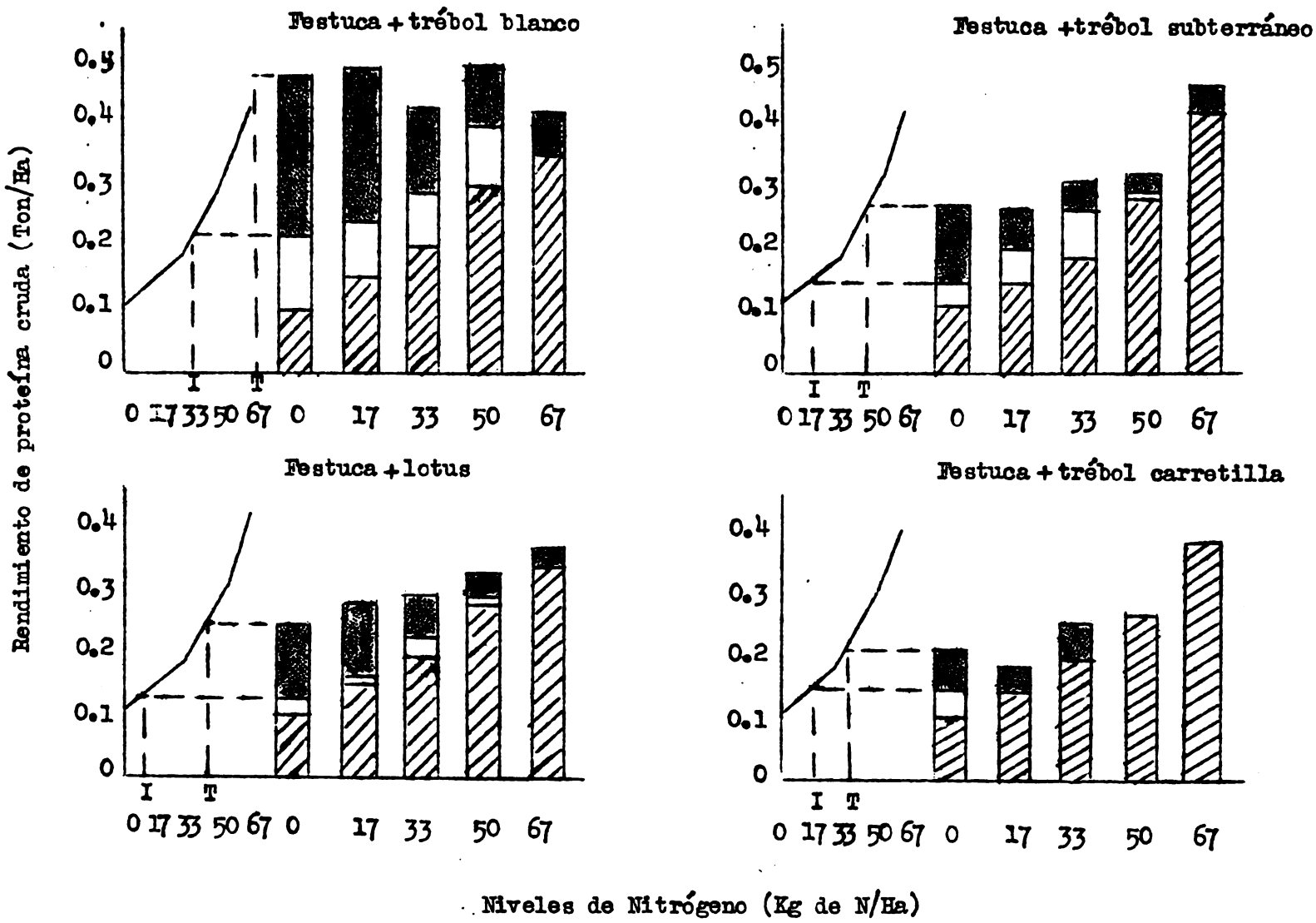


FIGURA 7. Rendimiento de proteína cruda en Primavera bajo diferentes niveles de Nitrógeno

dimiento mas bajo el del trébol carretilla (Apéndice 27).

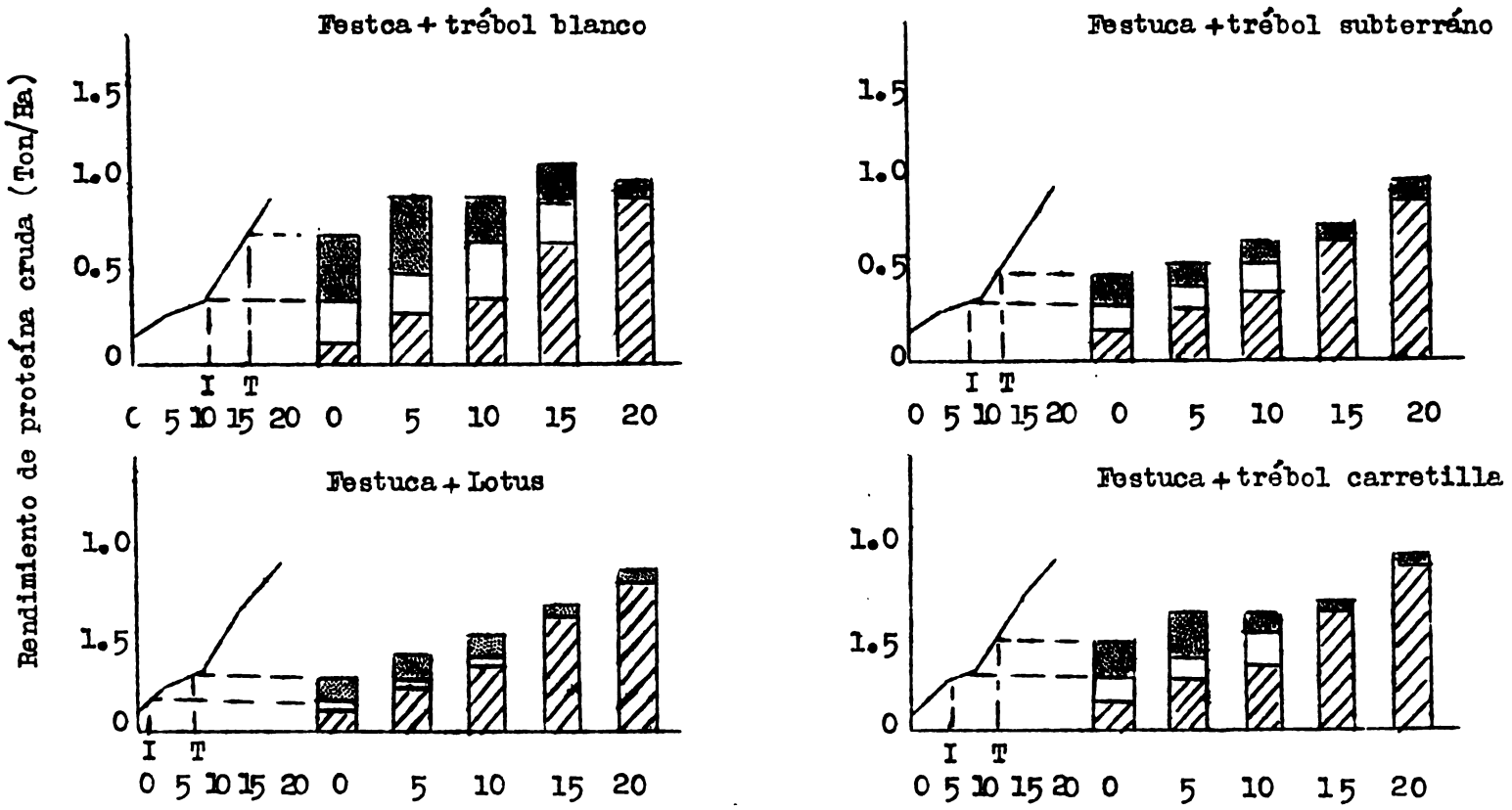
El fertilizante nitrogenado produjo un aumento en la producción de la gramínea asociada y sembrada sola, a partir de la aplicación de 17 Kg.de nitrógeno.

También se presentaron diferencias en la producción de festuca, debido a la especie acompañante, obteniéndose las producciones mas altas con trébol blanco, trébol subterraneo y trébol carretilla, y la mas baja e igual a la de festuca sembrada sola, se obtuvo cuando la leguminosa acompañante fue lotus (Apéndice 28).

La unica diferencia significativa en relación al efecto indirecto se advirtió con relación al nivel mas alto de nitrógeno que causó un efecto negativo (Apendice 29). La cantidad con que fue necesario abonar la pradera de gramínea para que aumentara la producción al nivel de la gramínea asociada sin nitrógeno en las deferentes asociaciones, se muestra en la Figura Nº.7.

Total para el año

La producción anual de las asociaciones alcanzaron aumentos significativos con las aplicaciones cada vez mas grandes de nitrógeno, presentándose también diferencias para esta misma variable entre las mezclas, como consecuencia del uso de diferentes leguminosas en cada una de ellas (Apéndice 30).



Rendimiento de la leguminosa

Efecto indirecto de la leguminosa

I Equivalente del efecto indirecto de la leguminosa

Rendimiento de gramínea acompañante

Rendimiento de la gramínea sembrada sola

T Equivalente del efecto total de la leguminosa

FIGURA 8. Rendimiento anual de proteína cruda bajo diferentes niveles de nitrógeno

La Figura 8 muestra que el efecto total de las leguminosas en estudio, varió entre 70 y 150 Kg. de nitrógeno por hectárea.

El efecto directo fue disminuído en forma significativa con las dosis de 100, 150 y 100 Kg. de nitrógeno por hectárea, en promedio la especie mas productiva en proteína cruda resultó ser trébol blanco que superó en forma significativa a las otras especies que no difirieron entre sí (Apéndice 31).

Aumentos significativos se presentaron en el rendimiento de la gramínea asociada al subir las dosis de fertilizante nitrogenado.

Comparando la festuca que creció en las diferentes asociaciones, cabe destacar que la única que aumentó en forma apreciable su producción, fue aquella que creció con trébol blanco (Apéndice 32).

El efecto de la dosis mas alta de nitrógeno sobre la contribución indirecta de la leguminosa fue tal, que en todas las asociaciones éstas disminuyeron la producción de la gramíneas asociada, al compararla con la de la festuca sembrada sola y con la misma dosis de nitrógeno.

El mayor efecto fue aportado por el trébol blanco, que contribuyó con 0.18 Ton/Ha. de proteína cruda en la producción de la gramínea asociada. Trébol subterráneo aportó 0.08 Ton/Ha., trébol carretilla 0.06 Ton/Ha. y lotus no tuvo contribución en este sentido.

La equivalencia en fertilizante nitrogenado del efecto indirecto de las leguminosas, correspondió en el caso de trébol blanco, a abonar la pradera de festuca con 200 Kg. de nitrógeno por hectárea, en trébol subterráneo con 70, en trébol carretilla con 50 y en lotus con 20 Kgs.de nitrógeno por hectárea.

Porcentaje de Proteína Cruda

El contenido de proteína cruda para leguminosa y gramíneas en Otoño, Invierno y Primavera, se muestran en los Cuadros 1, 2 y 3. En ellos se puede apreciar que el porcentaje de proteína cruda en ambos grupos de plantas varió poco, no siendo influído por las estaciones, especies de leguminosas o niveles de nitrógeno. Las significaciones estadísticas que se presentaron, carecen de importancia.

CUADRO 1. Porcentaje promedio de proteína cruda en Otoño en las asociaciones y en cada dosis de nitrógeno.*

Componente de la asociación	Festuca arundinacea asociada con				
	---	Trébol blanco	Lotus	Trébol subterráneo	Trébol carretilla
Leguminosa		24.15	21.36	21.35	23.20
Gramínea	18.70	17.82	17.17	17.51	17.64

	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha)				
	0	17	33	50	67
Leguminosa	24.47	22.60	22.95	21.93	22.16
Gramínea	16.63	17.40	15.93	16.65	21.73

* Estos datos no fueron sometidos a análisis estadístico.

CUADRO 2. Porcentaje promedio de proteína cruda en Invierno en las asociaciones y en cada dosis de nitrógeno.*

Componente de la asociación	Festuca arundinacea asociada con				
	---	Trébol blanco	Lotus	Trébol subterráneo	Trébol carretilla
Leguminosa		23.40[b]	23.50[b]	19.30[c]	23.90[a]
Gramínea	18.20[a]	18.40[a]	18.50[a]	17.70[a]	18.70[a]
	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha)				
	0	17	33	50	67
Leguminosa	22.40[a]	22.80[a]	22.20[a]	22.90[a]	22.20[a]
Gramínea	17.40[b]	17.60[b]	18.60[ab]	18.60[ab]	19.30[a]

* La comparación estadística está dentro de cada fila.

CUADRO 3. Porcentaje promedio de proteína cruda en Primavera en las asociaciones y en cada dosis de nitrógeno

Componente de la asociación	Festuca arundinacea asociada con				
	---	Trébol blanco	Lotus	Trébol subterráneo	Trébol carretilla
Leguminosa		23.50[a]	21.90[b]	20.40[b]	-- **
Gramínea	14.60[a]	15.80[a]	14.20[a]	14.90[a]	14.50[a]
	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha)				
	0	17	33	50	67
Leguminosa	22.70[a]	20.90[a]	22.00[a]	21.40[a]	22.60[a]
Gramínea	14.10[ab]	14.00[b]	14.90[ab]	15.30[ab]	15.70[a]

* En estas cifras no intervienen los porcentajes de Medicago hispida.

** La comparación estadística está dentro de cada fila.

Composición Botánica

En relación a ésta, se proporcionan solamente los porcentajes promedios de leguminosas y festuca, sin considerar el de malezas, debido a la baja proporción en que se encontraron estas últimas en todos los tratamientos a través del año.

Al comparar el porcentaje de leguminosas en las distintas asociaciones en el Cuadro 4, la única especie que se destaca en forma significativa del resto, es el trébol blanco, aunque su porcentaje en sí fue también bajo como en las otras especies. En relación al nitrógeno, en promedio no hubieron diferencias significativas en este grupo de plantas.

El porcentaje de festuca subió con el uso de nitrógeno, pero el modelo de respuesta a través de las dosis usadas varió en las distintas asociaciones (Cuadro 4).

En las dos estaciones siguientes no se observó interacción entre especies leguminosas y niveles de nitrógeno, para ninguna de las variables estudiadas en composición botánica, motivo por el cual se presentan sólo los valores de los factores principales.

En Invierno, la leguminosa que contribuyó con un mayor porcentaje en su asociación fue trébol blanco, siguiéndole el trébol subterráneo y trébol carretilla, y luego con el porcentaje mas pequeño Lotus.

CUADRO 4. Porcentaje promedio de leguminosas y gramíneas en Otoño en las asociaciones estudiadas y en cada dosis de Nitrógeno aplicada.*

Festuca arundinacea asociada con	Componentes de la asociación	Niveles de Nitrógeno (Kg.de N/Ha) 0	17	30	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	Leguminosa	11.5	20.3	14.2	12.3	5.6	12.8[a]
	Gramínea	83.2[ab]	60.5[c]	75.8[b]	90.5[ab]	92.8[a]	
Lotus	Leguminosa	3.2	6.6	6.2	12.9	6.6	7.1[b]
	Gramínea	74.7[b]	87.9[a]	91.0[a]	87.1[a]	92.5[a]	
Trébol subterráneo	Leguminosa	1.0	3.3	3.2	7.3	3.8	3.7[b]
	Gramínea	74.1[b]	90.7[a]	93.1[a]	89.7[a]	95.0[a]	
Trébol carretilla	Leguminosa	7.6	7.2	4.9	5.4	4.5	5.9[b]
	Gramínea	88.6[a]	90.0[a]	89.0[a]	91.7[a]	94.50[a]	
Promedio nitrógeno		5.8[a]	9.4[a]	7.1[a]	9.5[a]	5.1[a]	

* Las gramíneas están comparadas dentro de cada fila y las leguminosas a través del promedio de nitrógeno y del promedio de especies.

La proporción de gramíneas en las distintas asociaciones fue diferente, presentando en general un panorama complementario al de las leguminosas dentro de cada mezcla. El uso de nitrógeno aumentó el porcentaje de gramínea hasta con 150 Kg.de N/Ha. (Cuadro 5).

CUADRO 5. Porcentaje promedio de leguminosas y gramíneas en Invierno en las asociaciones estudiadas y en cada dosis de nitrógeno aplicado.*

Componente de la asociación	Trébol blanco	Lotus	Trébol subterráneo	Trébol carretilla
Leguminosa	24.7[a]	7.6[c]	14.9[b]	18.2[ab]
Gramínea	72.7[c]	91.6[a]	84.3[b]	76.6[c]

	Dosis de Nitrógeno (Kg de N/Ha)				
	0	17	33	50	67
Leguminosa	27.0[a]	21.7[a]	11.8[b]	12.8[b]	8.5[b]
Gramínea	66.6[c]	75.9[b]	85.3[a]	88.3[a]	89.8[a]

* La comparación estadística está dentro de cada fila.

El Cuadro 6 muestra que lotus aumentó su porcentaje en Primaera en tal magnitud, que no difirió significativamente del porcentaje de trébol subterráneo, en cambio trébol carretilla hizo la contribución mas pequeña a este respecto. En esta estación - se repite la depresión causada por el nitrógeno en Invierno, obserándose nuevamente que este efecto empieza a partir de los 100 Kg.de N/Ha.

Al comparar el porcentaje de festuca en cada asociación,se encontró que la proporción de esta gramínea en la asociación con lotus o trébol subterráneo fue similar, siendo mas alto cuando - creció con trébol carretilla y mas bajo cuando la leguminosa acompañante fue trébol blanco.

La proporción de gramínea y las asociaciones aumentó hasta con 150 Kg.de N/Ha.

CUADRO 6. Porcentaje promedio de leguminosas y gramíneas en Primavera en las asociaciones estudiadas y en cada dosis de nitrógeno aplicado.*

Componentes de la asociación	Trébol blanco	Lotus	Trébol subterráneo	Trébol carretilla
Leguminosa	23.7[a]	16.7[b]	13.5[b]	1.9[c]
Gramínea	75.5[a]	84.7[b]	85.4[b]	97.0[c]

	Dosis de Nitrógeno (Kg de N/Ha)				
	0	17	33	50	67
Leguminosa	26.1[a]	20.3[a]	9.9[b]	6.0[b]	4.4[b]
Gramínea	72.3[a]	77.6[ab]	88.7[b]	93.1[c]	95.9[c]

* La comparación estadística está dentro de cada fila.

DISCUSION

Efecto de los Niveles de Nitrógeno en el Rendimiento de la Mezcla

Otoño

En esta estación se observó en la producción de las asociaciones, una interacción entre especies leguminosas y los niveles de nitrógeno, fenómeno que encuentra su explicación en el aporte indirecto que realizaron en cada caso las leguminosas como consecuencia de la desintegración de raíces y/o nódulos, o por medio de la contribución de sus follajes en las especies anuales y en el trébol blanco que se secó en el período estival. Estas vías de contribución indirecta ya han sido expuestas en otras investigaciones y citadas por Martin en su revisión (25). Estos aportes no tuvieron relación con los tratamientos implantados este año; es posible que las diferencias de la contribución indirecta sea una consecuencia del crecimiento desparejo que presentaron las leguminosas en el año de establecimiento, aunque todas las parcelas recibieron un tratamiento similar.

Invierno

Todas las asociaciones observaron una respuesta al nitrógeno hasta los 50 Kg. de nitrógeno por hectárea, fallando en responder a los 67 Kg. por hectárea, no habiendo explicación alguna para esta falta de respuesta.

Primavera

En Primavera la única asociación que no presentó un aumento de rendimiento con los niveles de nitrógeno, fue la mezcla con trébol blanco, la cual manifestó mas bien una ligera depresión a causa de la gran magnitud de la contribución de esta leguminosa en el control y con 17 Kg.de nitrógeno,y las consiguientes disminuciones de la leguminosa a niveles mas altos, que apenas fueron compensados por los mayores rendimientos de la festuca con las dosis cada vez mas grandes de fertilizante nitrogenado. Los antecedentes proporcionados a este respecto por numerosos autores entre los que cabe destacar a Cowling (10), señalan que mientras menor es el contenido de trébol en la mezcla, mayor es la respuesta de la asociación a las aplicaciones de nitrógeno.

Total anual

La producción anual de todas las asociaciones tuvo una respuesta positiva en materia seca al aumentar los niveles de nitrógeno, este aumento medido en proteína cruda, como los de cada estación, fueron menos notorios debido al mayor porcentaje de este compuesto en las leguminosas en relación a las gramíneas.

La mejor respuesta de las asociaciones de trébol blanco y trébol subterráneo, a los 50 Kg.de nitrógeno, se debió a la mayor contribución de las leguminosas al aplicarse esta

dosis de fertilizante (Cuadro 7 . La asociación con trébol carretilla ofreció sólo una ligera respuesta con los 50 Kg. de nitrógeno por hectárea.

En relación a los niveles de nitrógeno, resalta la respuesta cada vez menor de la asociación con trébol blanco, lo que se debe a la mayor cantidad producida por esta leguminosa en relación a las otras y a su depresión con los niveles cada vez mas altos de nitrógeno.

La asociación con Lotus se comportó como la festuca sola, o sea, su respuesta al nitrógeno fue similar en todos los niveles, pero mas baja que la gramínea. Es posible que esto haya ocurrido por la pequeña fijación de nitrógeno que presentó el lotus, como lo demuestra su escaso efecto indirecto en proteína cruda (Figura 8).

CUADRO 7. Respuestas de las mezclas a las dosis de nitrógeno aplicadas (Kg.de materia seca/Kg.de nitrógeno)

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha)			
	50	100	150	200
Trébol blanco	25	11	14	8
Lotus	14	14	15	14
Trébol subterráneo	25	18	17	17
Trébol carretilla	16	13	12	15

En general, la respuesta al nitrógeno de las asociaciones obtenidas en este ensayo son superiores que la alcanzada por Castle y Holmes (7), y Holmes y Maclusky (22), quienes encontraron una respuesta promedio de 7.6 y 9.0 Kg. de materia seca por Kg.de nitrógeno; es probable que esto ocurra debido a las mejores condiciones climáticas del Uruguay.

Efecto de los Niveles de Nitrógeno en la Contribución Directa o Indirecta de la Leguminosa

En esta experiencia el método para calcular el efecto indirecto en la asociación, no considera que hay un menor número de plantas de festuca por unidad de superficie en relación a la pradera de festuca sembrada sola, lo que puede disminuir su rendimiento en materia seca o proteína cruda, y por lo tanto subestimar el efecto indirecto de la leguminosa. Por otro lado, este cálculo de la contribución indirecta lleva implícito que las leguminosas y las gramíneas dentro de una asociación compiten en igual forma que las plantas gramíneas entre sí, sin embargo, es posible que esto no ocurra, y la competencia de la leguminosa sea menor, lo que contribuiría a disminuir la subestimación recién mencionada.

El hecho de comparar el efecto de las distintas leguminosas sobre la festuca asociada, supone que las leguminosas influyeron en igual forma sobre la festuca, lo cual puede no ser estrictamente verdadero, ya que las leguminosas estudiadas no presentaron hábitos de crecimiento semejante.

También es posible que el rendimiento de la festuca haya sido producto de interacciones entre las tres fuentes de nitrógeno: el suelo, el fertilizante y la leguminosa; y no se sujete a un modelo aditivo supuesto para calcular el efecto indirecto de la leguminosa.

Considerando la importancia realtiva de la contribución directa o indirecta de la leguminosa en el testigo (Cuadro 8.) cabe destacar al trébol blanco, cuyo aporte directo mas el indirecto fue tres veces mayor que la producción de la gramínea sembrada sola sin nitrógeno. Resalta también el hecho de que su contribución indirecta fue 5% mayor que la directa.

En trébol carretilla los dos tipos de aporte fueron iguales y alcanzaron a un 60% de la producción de la gramínea sola.

El trébol subterráneo y lotus formaron un grupo diferente, ya que su contribución directa fue el doble de la indirecta, alcanzando en los dos casos a formar alrededor de 50% de la producción.

Con 50 Kg.de nitrógeno el efecto directo del trébol blanco y trébol carretilla tuvo mas influencia que el indirecto, sin embargo, con Lotus y trébol subterráneo ambos tipos de aporte fueron similares.

Con 200 Kg.de nitrógeno por hectárea, todas las especies de leguminosas tuvieron una contribución menos importante; a

CUADRO 8. Efecto directo e indirecto de las leguminosas acompañantes como porcentaje de la producción total de cada asociación en materia seca.

	Niveles de Nitrógeno (Kgs de N/Ha)									
	0 Efecto		50 Efecto		100 Efecto		150 Efecto		200 Efecto	
Especies	directo	indirecto	directo	indirecto	directo	indirecto	directo	indirecto	directo	indirecto
Trébol blanco	35	40	34	27	21	22	15	16	11	neg.
Lotus	31	16	24	26	10	1	7	neg.	6	neg.
Trébol subterráneo	36	15	20	21	12	8	7	4	4	5
Trébol carretilla	30	30	28	23	10	13	7	4	4	5

este nivel el efecto directo e indirecto es de la misma magnitud en trébol subterráneo y trébol carretilla; en trébol blanco y lotus, el único efecto presente fue el directo.

El equivalente en fertilizante nitrogenado del efecto total alcanzó a 150 Kg. en trébol blanco, a 80 Kg. en trébo carretilla, a 60 Kg. trébol subterráneo y a 40 Kg. en lotus. Con fines de comparar los datos obtenidos en este estudio con los de Melville y Sears (26), se calculó también el rendimiento de nitrógeno del efecto total de las leguminosas, que a diferencia del anterior incluye solamente el nitrógeno de las partes aéreas de las plantas, motivo por el cual es menor que aquel. En estos términos el aporte total es de 92 Kg. de nitrógeno por hectárea para trébol blanco, de 51 Kg. para trébol subterráneo, de 48 Kg. para trébol carretilla y de 25 Kg. de nitrógeno por hectárea para lotus. Esta contribución del trébol blanco es baja en relación a la obtenida por Melville y Sears (26), quienes obtuvieron para esta especie un efecto total en nitrógeno de 500 Kg. por hectárea.

Sin embargo, debe destacarse que la producción de trébol blanco en este año fue bastante baja, debido a que las lluvias fueron escasas en primavera (Apendice 1), donde el trébol blanco proporciona su mayor rendimiento según los datos proporcionados por Centeno (9), quien obtuvo un rendimiento promedio anual de 18 toneladas de materia seca por hectárea en un año en que la lluvia fue abundante. Esta cifra

es muy superior a la de Nueva Zelandia (39), de 8 toneladas - por hectárea de materia seca en trébol blanco solo, el cual en asociación fijó 600 Kg.de nitrógeno por hectárea. Este último valor considera el efecto total del trébol blanco y el incre - mento de nitrógeno del suelo en las 12 primeras pulgadas, que en este caso ascendió a 171 Kg. de nitrógeno por hectárea.

En general, en el experimento se observó una depresión - del efecto directo en el total del año con los niveles de ni - trógeno, lo que está de acuerdo con numerosos ensayos, entre - los que cabe destacar a Cowling (10) y Brockman (6). La depre sión del efecto directo ha sido atribuída a la sombra provoca- da por el mayor crecimiento de la gramínea con los niveles de nitrógeno y a una competencia por agua y nutrientes (5, 35, 4).

En esta experiencia no existen los medios necesarios para decidir cuál factor actuó como limitante, pero es probable, de acuerdo al Apéndice 1, que el agua aunque no haya permitido ex presar toda su potencialidad a las leguminosas, no fue un fac tor limitante que impidió actuar a la luz y los nutrientes.

La competencia entre las especies asociadas por luz y nu- trientes podría explicarse por los resultados de Donald (14), quien indica que al competir las especies por luz y nutrientes, la especie suprimida sufre una reducción en el suministro de - luz, y una disminución en el suministro de nutrientes, lo que trae aparejado una menor capacidad de esta especie para explo - tar el suminitro de nutriente y una baja capacidad para explo-

tar la luz. En todo este proceso según Donald (14), estos factores se interaccionan.

En relación al efecto indirecto en el total del año, también se presentó una disminución progresiva con las dosis cada vez mas grandes de nitrógeno, hecho que también se ha puesto de manifiesto en los ensayos de Cowling (10) y Herriott y Wells y Dilnot (17).

Es interesante referir el efecto indirecto de nitrógeno por unidad de rendimiento de nitrógeno de leguminosa, ya que expresada de este modo indica si la disminución del efecto indirecto es consecuencia de una menor habilidad de la planta para llevar a cabo esta contribución, o ella se debe a que a niveles mas altos de nitrógeno hay menor número de plantas de trébol para realizarla.

CUADRO 9. Kilogramos de nitrógeno transferido por la leguminosa y cosechado en la Festuca por cada Kg. de nitrógeno cosechado en la parte aérea de la leguminosa.

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha)				
	0	50	100	150	200
Trébol blanco	0.75	0.59	1.20	0.93	neg
Lotus	0.14	0.09	0.18	neg	neg
Trébol subterráneo	0.13	0.13	0.19	neg	neg
Trébol carretilla	0.60	0.46	2.23	neg	neg

En el Cuadro 9. se compara la eficiencia del efecto indirecto del nitrógeno en las diversas especies leguminosas. Se observa que en el control, el trébol blanco fue la especie que tuvo la mayor eficiencia, siguiéndole el trébol carretilla, y posteriormente con una eficiencia mucho mas baja lotus y trébol subterráneo.

Sin considerar la dosis de 50 Kg.de nitrógeno por hectárea en la cual la eficiencia bajó en trébol blanco, trébol subterráneo y trébol carretilla, a causa que el efecto directo de la leguminosa aumentó ligeramente sin que se afectara la contribución indirecta, todas las leguminosas mostraron una cierta tendencia a aumentar la eficiencia hasta con 100 Kg.de nitrógeno por hectárea, lo que concuerda con los datos de Herriott, Wells y Dilnot (17). Estos autores además señalan para trébol blanco una eficiencia promedio entre el control y con una aplicación de 200 Kg.de nitrógeno por hectárea de 1.06, lo que es ligeramente mayor al valor promedio de 0.87 que para esta especie se obtuvo en La Estanzuela, sin considerar la dosis mas alta de nitrógeno.

Esta tendencia a aumentar la eficiencia a través de los niveles de nitrógeno mostrada por las leguminosas, podría deberse a la mayor cantidad de raíces y/o nódulos degradados a causa de la supresión de la leguminosa, y al efecto de la sombra provocada por el mayor crecimiento de la gramínea acompañante que provoca una mayor excresión de nitrógeno (17, 45).

La falta de contribución indirecta en las dos dosis mas altas de nitrógeno, estarían de acuerdo con lo expresado por otros autores y sostenido por Lineham y Lowe (24), en relación a que los rizobium son facultativos comportándose como parásitos con niveles altos de nitrógeno.

El valor extraordinariamente alto de la eficiencia de la contribución indirecta del trébol carretilla para la dosis de 100 Kg.de nitrógeno por hectárea, no tiene explicación alguna.

En el Cuadro 10 se puede apreciar que la respuesta de la festuca asociada por Kg.de nitrógeno aplicado varió poco entre los niveles de nitrógeno, a excepción de la asociada con trébol subterráneo y abonada con 50 Kg.de nitrógeno,cuya respuesta es muy grande y no tiene explicación alguna.

CUADRO 10. Respuesta de la gramínea asociada y sembrada sola a las dosis de nitrógeno aplicado (kg de N de la festuca/Kg de N aplicado)

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha)				
	50	100	150	200	Promedio
- -	19	19	20	20	19.5
Trébol blanco	14	14	16	12	14.0
Lotus	14	16	17	15	15.0
Trébol subterráneo	26	19	19	19	20.8
Trébol carretilla	13	17	18	17	16.3

Se destaca en este Cuadro también que la festuca asociada en general tuvo una respuesta similar a la de la festuca sembrada sola, lo que era de esperar, ya que a través del estudio la recuperación de nitrógeno por las leguminosas fue nula en la mayor parte de los casos, indicando que ésta dependió mas bien del nitrógeno proporcionado por la fijación, hecho que está de acuerdo con los resultados de Walker y sus colaboradores (49), quienes con aplicaciones pesadas de nitrógeno encontraron que el 90% de este elemento se recuperó en la gramínea, indicando así que el trébol obtuvo la mayor parte de su nitrógeno de la fijación simbiótica.

Ineficiencia de la Medida de la Recuperación de Fertilizante Nitrogenado en la Gramínea Asociada, por efecto de la Contribución Indirecta de la Leguminosa.

En varias ocasiones (10, 30, 46) se ha constatado que la recuperación del fertilizante nitrogenado en una gramínea asociada, es mas baja que la de la misma sembrada sola cuando se calcula por la fórmula:

$$\text{Recuperación de nitrógeno} = \frac{\text{aumento del contenido de nitrógeno sobre el testigo}}{\text{Dosis de nitrógeno aplicado}} \; 100$$

En esta experiencia se ha vuelto a confirmar estos resultados, reforzando la hipótesis de Walker y sus colaboradores (47), quienes han señalado que esto ocurre debido a que con las dosis de nitrógeno cada vez mas elevadas, hay una menor transferencia de nitrógeno de la leguminosa a la gramínea.

CUADRO 11. Influencia del efecto indirecto sobre la recuperación de nitrógeno en la gramínea asociada.

Festuca asociada con		Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	50	100	150	200
- -	R.*		44	38	57	68
Trébol blanco	R.		42	45	52	40
	E.I.**	40	38	48	34	-16
Lotus	R.		42	43	50	52
	E.I.	3	2	2	-6	-29
Trébol subterráneo	R.		20	37	36	47
	E.I.	29	24	27	-2	-1
Trébol carretilla	R.		42	43	41	55
	E.I.	18	16	29	-5	-8

* R.: Recuperación del fertilizante nitrogenado en %.

** R.I.: Efecto indirecto de la leguminosa en términos de nitrógeno en Kg/Ha, estos datos se obtuvieron del apéndice 33 al dividir cada cifra por 6.25.

Así en el Cuadro 11 se puede apreciar que con los niveles de 150 y 200 Kg.de N/Ha, en los cuales el efecto indirecto había disminuído considerablemente, los valores de recuperación de nitrógeno de la festuca asociada fueron mas bajos que los de la festuca sembrada sola.

El valor de esta variable, medido por este método, pierde aún mas su valor, si se tiene presente que la cantidad de nitrógeno que queda en las raíces varía de acuerdo a los niveles de nitrógeno (31).

CONCLUSIONES

1. La mejor mezcla en términos de materia seca, fue la asociación con trébol blanco. Las mezclas con trébol carretilla y trébol subterráneo tuvieron un rendimiento mas bajo, pero superior a la de la festuca sembrada sola, cuya producción en materia seca fue igual a la asociación con lotus.

2. El efecto total del trébol blanco sobre el rendimiento de materia seca, equivalió a una fertilización de festuca sola con 150 Kg.de nitrógeno por hectárea en forma de urea, el trébol carretilla tuvo un efecto equivalente a 80 Kg.de N/Ha. y el trébol subterráneo y lotus a 50 Kg.de N/Ha.

3. El trébol blanco fue la leguminosa que realizó la mayor contribución directa en materia seca, siendo el rendimiento de las tres restantes iguales.

4. Todas las leguminosas disminuyeron su producción de materia seca a partir de la aplicación de 100 Kg.de N/Ha.

5. El mayor efecto indirecto en materia seca se obtuvo con trébol blanco, un efecto menor se consiguió con trébol subterráneo o carretilla, y una contribución indirecta aún mas pequeña se obtuvo con lotus.

6. La contribución indirecta de todas las leguminosas mostró una tendencia a disminuir, a medida que la cantidad de nitrógeno aplicado aumentó.

RESUMEN

En 1964 se instaló en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", La Estanzuela, Colonia, un ensayo para estudiar el comportamiento del trébol blanco, lotus, trébol subterráneo y trébol carretilla, en asociación con festuca y sometidos a diversos niveles de nitrógeno.

El experimento se diseñó como un factorial completo de 5 x 5 en bloques al azar con 4 repeticiones. Los factores fueron: especies, en el que se incluyó cada leguminosa asociada con festuca y festuca sembrada sola; y niveles de nitrógeno, que fueron 0, 50, 100, 150 y 200 Kg. de N/Ha.

Los cortes se efectuaron a una altura de 5cm con una motocultivadora con guadañadora acoplada a la parte anterior. Estos se realizaron sobre todas las parcelas simultáneamente cuando la altura modal de la gramínea alcanzaba a 20 centímetros.

En este estudio se utilizó el término efecto directo de la leguminosa para expresar la contribución de la leguminosa a través de su propio rendimiento, por efecto indirecto de la misma, la contribución que la leguminosa realizó a través de la gramínea acompañante y por efecto total la suma de las dos formas de contribución.

La festuca sembrada sola tuvo que ser abonada con 150 Kg. de nitrógeno por hectárea para alcanzar la producción de

materia seca de la asociación con trébol blanco, con 80 Kg. de nitrógeno por hectárea para rendir lo mismo que la asociación con trébol carretilla y con 50 Kg.de nitrógeno por hectárea para igualar la producción de las mezclas con trébol subterráneo o lotus.

Las mezclas con trébol blanco se destacaron por su mayor producción, las asociaciones con trébol carretilla y trébol subterráneo ocuparon una posición intermedia,y la mezcla con lotus no difirió significativamente con la festuca sola.

Todas las asociaciones aumentaron el rendimiento con las aplicaciones de nitrógeno, obteniéndose una respuesta promedio de 15 Kg.de materia seca por Kg.de N aplicado. La festuca sembrada sola produjo en promedio 19,5 Kg.de materia seca por Kg.de N aplicado.

El trébol blanco fue la especie leguminosa mas productiva en términos de materia seca en el total del año, destacándose sobre las tres restantes que no difirieron significativamente. Todas las leguminosas disminuyeron su producción a partir de la aplicación con 100 Kg.de N/Ha. El trébol blanco tuvo un efecto indirecto equivalente a 70 Kg. de N/Ha, trébol carretilla a 50 Kg.de N/Ha y trébol subterráneo y lotus a 30 Kg.de N/Ha.

La mayor eficiencia de la contribución indirecta en términos de nitrógeno la logró el trébol blanco, que fue li

geramente superior al trébol carretilla y triplicó la eficiencia del trébol subterráneo y el lotus. La eficiencia de este aporte de las leguminosas aumentó ligeramente con 100 Kg.de nitrógeno por hectárea.

El porcentaje de proteína cruda varió poco, tanto en las leguminosas como en la gramínea, a través de las estaciones y los niveles de nitrógeno aplicados. La especie leguminosa también tuvo poco efecto en el porcentaje de proteína cruda de la festuca asociada.

En relación a la composición botánica el nitrógeno disminuyó la proporción de leguminosas y aumentó la proporción de festuca.

SUMMARY

An experiment was established in 1964 at the Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", La Estanzuela, Colonia, to study the behaviour of white clover, subterranean clover, birdsfoot trefoil and burr clover, in association with tall fescue under various levels of applied nitrogen.

The experiment was designed as a 5x5 complete factorial in randomised blocks with 4 replications.

The 4 legumes were sown with tall fescue, and the tall fescue was also sown alone. Nitrogen, as urea, was applied at 0, 50, 100, 150 and 200 Kg.nitrogen/Ha. to each mixture.

The plots were cut with a reciprocating sickle-bar mower, which left a stubble of approximately 5cm. All plots were cut on the same day, when the modal height of the forage reached 20cm.

In this study the term "direct effect" has been used to describe the actual yield of the legume, "indirect effect" the effect of the legume on the accompanying grass, and the "total effect" is defined as the sum of these two previous effects.

To equal the yield of dry matter of the white clover/ tall fescue mixture, 150 Kg.nitrogen/Ha. had to be applied to the total fescue growing alone.

For the burr clover mixture 80 Kg.of nitrogen were necessary and for the mixtures with birdsfoot trefoil or subterranean clover 50 Kg.

In terms of dry matter production, the mixtures with white clover were superior, the burr and subterranean clover mixtures occupied an intermediate position, while the birdsfoot trefoil mixtures yielded no more than the tall fescue sown alone.

The yields of all mixtures were increased by the application of nitrogen and gave an average response of 15 Kg. of dry matter/Ha. for each Kg.of nitrogen applied, and the average response of tall fescue growing alone was 19.5 Kg.of dry matter/ Ha.

The direct effect of white clover measured as dry matter produced was considerably greater than in the case of the other three legumes, which did not differ significantly from each other. The yield of all legumes was reduced with applications of 100 or more Kg.nitrogen/Ha.

The indirect effect of white clover on dry matter production was equivalent to an application of 70 Kg.nitrogen/Ha, burr clover to an application of 50 Kg.N/Ha. and subterranean clover and birdsfoot trefoil to an application of 30 Kg.nitrogen/Ha.

Measuring the efficiency of the indirect effect in terms of nitrogen, white clover was most efficient and only slightly better than burr clover, but was three times more efficient than subterranean clover or birdsfoot trefoil. The efficiency of this indirect effect was slightly increased by applying 100 Kg.nitrogen/Ha.

Neither season nor nitrogen level had much effect on the percentage of crude protein in the legumes or the grass. The crude protein percentage of the tall fescue likewise varied little according to the species of legumes in association.

With regard to the botanical composition the applied nitrogen reduced the proportion of legumes and increased the proportion of tall fescue.

LITERATURA CITADA

1. ABERG, E., JOHNSON, I.J. y WILSIE, C.P. Associations between species of grasses and legumes. Journal of the American Society of Agronomy 35(5):357-369. 1943.

2. ALLOS, H.F. y BARTHOLOMEW, W.V. Effect of available nitrogen on symbiotic fixation. Soil Science Society American Proceedings 19(1):182-184. 1955.

3. BLACK, J.M. The influence of varying light intensity on the growth of herbage plants. Herbage Abstracts 27(2):89-98. 1957.

/ 4. BLACKMAN, G.F. The interaction of light intensity and nitrogen supply in the growth and metabolism of grasses and clover (Trifolium repens). I. The effects of light intensity and nitrogen supply on the clover content of a sward. Annals of Botany (n.s.) 2(6): 257-280. 1938. (Fotocopia).

5. BLASER, R.E. y BRANDY, N.C. Nutrient competition in plant associations. Agronomy Journal 42(3):128-135. 1950.

6. BROCKMAN, J.S. y WOLTON, K.M. The use of nitrogen on grass/ white clover swards. Journal of the British Grassland Society 18(1):7-13. 1963.

7. CASTLE, M.E. y HOLMES, W. The intensive production of herbage for crop-drying. VII. The effect of further continued massive applications of nitrogen with and without phosphate and potash on the yield of grassland herbage. The Journal of Agricultural Science 55(2):251-260. 1960.

8. -------- y REID, D. Irrigation of grassland in Southwest Scotland and its influence on the utilization of fertilizer nitrogen. In International Grassland Congress, 8th, Reading, 1960. Proceedings, Reading, 1960. p.p.146-150.

9. CENTENO, G.A. Comportamiento de variedades de trébol blanco (Trifolium repens L.) y de lotus (Lotus corniculatus) bajo distintas frecuencias de pastoreo en La Estanzuela, Uruguay. Tesis Mag.Sc., La Estanzuela, Uruguay. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1965. 173 p. (mimeografiado).

10. COWLING, D.W. The effect of white clover and nitrogenous fertilizer on the production of a sward. I. Total annual production. Journal of the British Grassland Society. 16(4):281-290. 1961.

11. ---------- The effect of white clover and nitrogenous fertilizer on the production of a sward. II. Seasonal production. Journal of the British Grassland Society. 17(4):282-286. 1962.

12. ---------- GREEN, J.O. y GREEN, S.M. The effect of white clover and nitrogenous fertilizer on the production of a sward. III. Statistical interpretation of their relative contributions. Journal of the British Grassland Society. 19(4):419-424. 1964.

13. CHAMBLEE, D.S., LOVVORN, R.L. y WOODHOUSE, W.W. The influence of nitrogen fertilization and management on the yield, botanical composition and nitrogen content of a permanent pasture. Agronomy Journal. 45(4):158-164. 1953.

14. DONALD, C.M. The interaction of competition for light and for nutrients. Australian Journal of Agricultural Research 9(4):421-435. 1958.

15. DOLL, F.C., HATFIELD, R.L. y TODD, J.R. Effect of fertilizer nitrogen on yield and nitrogen uptake by grass-legume pastures. Agronomy Journal 53(3):189-192. 1961.

16. GREEN, J.O. y COWLING, D.W. The nitrogen nutrition of Grassland. In International Grassland Congress, 8th Reading, 1960. Proceedings. Reading, 1960. pp. 126-129.

17. HERRIOTT, J.B.D. WELLS, D.A. y DILNOT, J. The grazing animal and sward productivity. Journal of the British Grassland Society. 14(3):191-198. 1959.

18. ---------- y WELLS, D. Clover nitrogen and sward productivity. Journal of the British Grassland Society 15(1):63-69. 1960.

19. ---------- y WELLS, D.A. The grazing animal and sward productivity. Journal of Agricultural Science 61(1):89-99. 1963.

20. HOLMES, W. The intensive production of herbage for crop-drying. III. The effect of the continued application of nitrogenous fertilizers to Grassland. The Journal of Agricultural Science 41(2):64-69. 1951.

21. ---------- y MACLUSKY, D.S. The intensive production of herbage for crop-drying. II. The effect of continued massive applications of nitrogen with and without phosphate and potash on the yield of Grassland herbage. The Journal of Agricultural Science 45(2):129-140. 1954.

22. ---------- y MACLUSKY, D.S. The intensive production of herbage for crop-drying. IV. A study of the effect of intensive nitrogen fertilizer treatment on species and strains of grass, grown alone and with white clover. The Journal of Agricultural Science 46(3):267-286. 1955.

23. IVINS, J.D. y FERNANDO, G.W.E. Interaction of nitrogenous fertilizers and white clover in ungrazed swards. Agriculture 61(II):549-552. 1955.

24. LINEHAM, P.A. y LOWE, J. Yielding capacity and grass clover ratio of herbage swards as influenced by fertilizer treatments. In International Grassland Congress, 8th Reading, 1960. Proceedings. Reading, 1960. p.p.133-137. 1960.

25. MARTIN, I.W. The role of white clover in grassland. Herbage abstracts. 30(3):159-164. 1960.

26. MELVILLE, J. y SEARS, P.D. Pasture growth and soil fertility. II. The influence of red and white clovers, superphosphate, lime and dung and urine on the chemical composition of pasture. New Zealand Journal of Science and Technology 35A (suppl.) 1:30-41. 1953. (Original no consultado; citado por Sears, P.D. et al. Pasture growth and soil fertility. VIII. New Zealand Journal of Agricultural Research 8(2):270-283. 1965.

27. MULLER, L. Un aparato micro Kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba 11(1):17-25. 1961.

28. NELSON, C.F. y ROBINS, J.S. Some effects of moisture, nitrogen, fertilizer and clipping on yield and botanical composition of Ladino clover-orchardgrass pasture under irrigation. Agronomy Journal 48(3): 99-102. 1956.

29. O'CONNOR, K.F. Nitrogen and Grassland production in the mid altitude zone of Canterbury, New Zealand. I. The effects of different levels of nitrogen fertilizer on herbage and nitrogen yields of cultivated pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research 4(5/6): 686-697. 1961.

30. PETERSON, M.L. y BENDIXEN, L.E. Plant competition in relationship to nitrogen economy. Agronomy Journal 53(1):45-49. 1961.

31. PINCK, L.A. y ALLISON, F.E. The effect of rate of nitrogen application upon the weight and nitrogen content of the roots of sudan-grass. Journal of the American Society of Agronomy 39(7):634-637. 1947.

32. REID, D. Factors influencing the role of clover in grass-clover leys fertilized with nitrogen at different rates. I. The effects of the variety of companion grass on the yields of total herbage and of clover. Journal of Agricultural Science 56(2):143-153. 1961.

33. ---------- Factors influencing the role of clover in grass-clover leys fertilized with nitrogen at different rates. II. Journal of Agricultural Science 56(2):155-160. 1961.

34. ROBINSON, R.R., SPRAGUE, V.G. y LUECK, A.G. The effect of irrigation, nitrogen fertilization and clipping treatment on persistence of clover and on total and seasonal distribution of yields in a Kentucky Bluegrass sod. Agronomy Journal. 44(5):239-244. 1952.

35. ---------- y SPRAGUE, V.G. Responses of Orchard-grass-Ladino clover to irrigation and nitrogen fertilization. Agronomy Journal 44(5):244-247. 1952.

36. ROBINSON, R.R. y SPRAGUE, V.G. The clover populations and yields of a Kentucky Bluegrass sod as affected by nitrogen fertilization, clipping treatments, and irrigation. Journal of the American Society of Agronomy 39(2):107-116. 1947.

37. SEARS, P.D. Pasture growth and soil fertility. VII. General discussion of the experimental results and of their application to farming practice in New Zealand. New Zealand Journal of Science and Technology 35.A:221-236. 1953. (Original no consultado: citado por Cowling, D.W. The effect of white clover and nitrogenous fertilizer on the production of a sward. Journal of British Grassland Society 16(4):281-290. 1961.

38. ---------- Grass/clover relationships in New Zealand. In International Grassland Congress, 8th, Reading, 1960. Proceedings. Reading, 1960. pp.130-133. 1960.

39. ----------, et al. Pasture growth and soil fertility. VIII. The influence of grasses, white clover, fertilizers, and the return of herbage clippings on pasture production of an impoverished soil. New Zealand Journal of Agricultural Research 8(2):270-283. 1965.

40. SNEDECOR, G.W. Statistical methods. 5th ed. Ames, Iowa State University Press, 1956. 534 p.

41. SPRAGUE, V.G. y GARBER, R.J. Effect of time and height of cutting and nitrogen fertilization on the persistence of the legume and production of orchard grass-Ladino and Bromegrass-Ladino associations. Agronomy Journal 2(12):586-593. 1950.

42. WASHKO, J.B. y MARRIOTT, L.F. Yield and nutritive value of grass herbage as influenced by nitrogen fertilization in the northeastern United States. In International Grassland Congress, 8th, Reading, 1960. Proceedings. Reading, 1960. pp.137.

43. WAGNER, R.E. Influence of legume and fertilizer nitrogen on forage production and botanical composition. Agronomy Journal 46(4):167-171. 1954.

44. WAGNER, R.E. Legume nitrogen versus fertilizer nitrogen in protein production of forage. Agronomy Journal 46(5):233-237. 1954.

45. ---------- y WILKINS, H.L. The effect of legumes on the percentage of crude protein in orchard grass and bromegrass at Beltsville, Md. during 1945. Journal of American Society of Agronomy 39(2):141-145. 1947.

46. WALKER, T.W., et al. The use of fertilizers on herbage cut for conservation. I. Effects on the yield of dry matter, crude protein and botanical composition of herbage cut for silage. Journal of British Grassland Society 7(3):107-130. 1952.

47. ----------, ADAMS, A.F.R. y ORCHISTON, M.D. The use of fertilizers on herbage cut for conservation. IV. Journal of the British Grassland Society 8(4):281-299. 1953.

48. ----------, ORCHISTON, H.D. y ADAMS, A.F.R. The nitrogen economy of grass/legume associations. Journal of British Grassland Society 9(4):249-274. 1954.

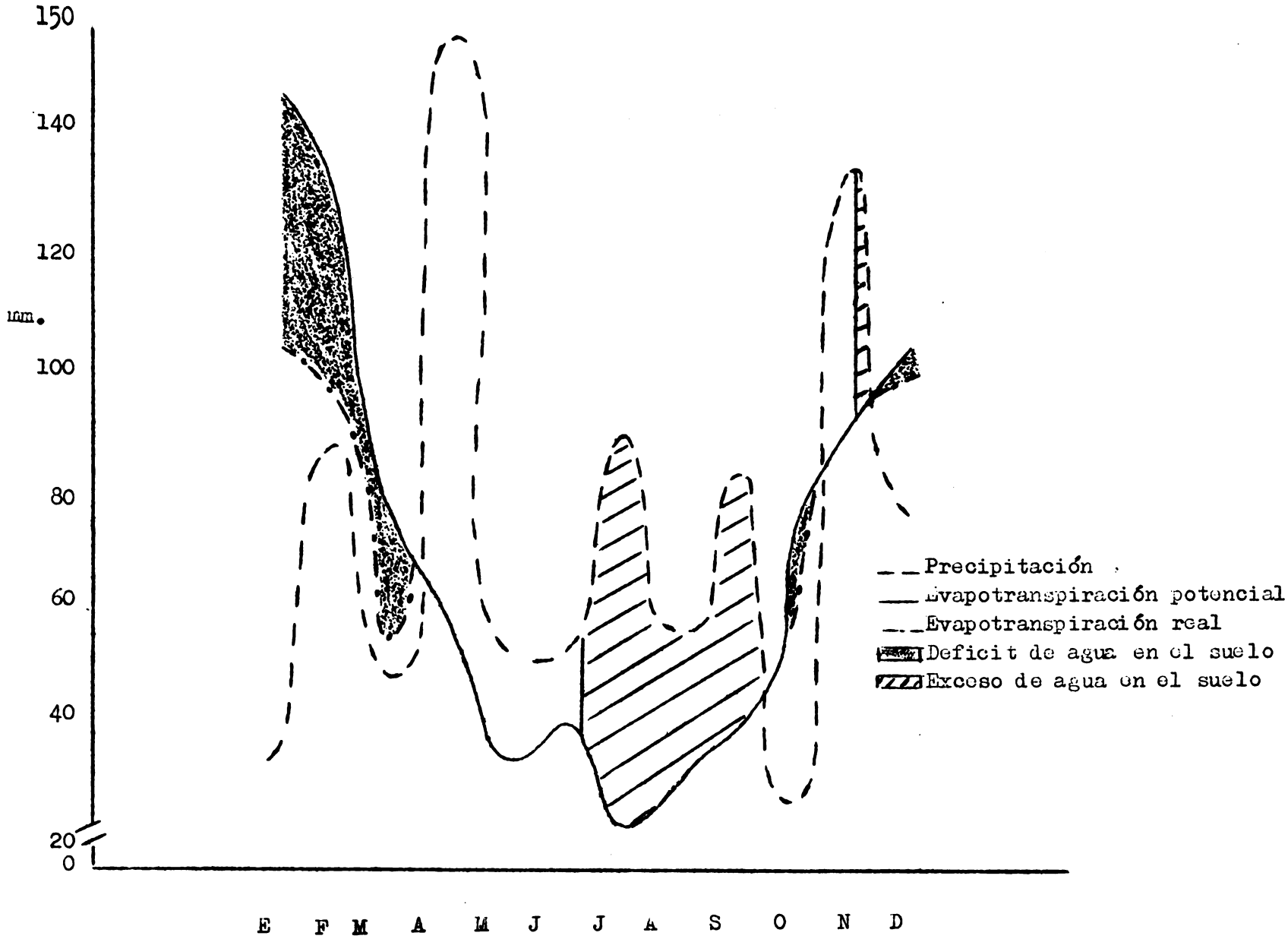
49. WALKER, T.W., ADAMS, A.F.R. y ORCHISTON, H.D. Fate of labelled nitrate and ammonia nitrogen when applied to grass and clover grown separately and together. Soil Science 81:339-351. 1956. (original no consultado citado por Young, D.J.B. A study of the influence of nitrogen on the root weight and nodulation of white clover in a mixed sward. Journal of the British Grassland Society 13(2):106-114. 1958).

50. WILLIAMS, T.E. Nitrogen manuring and the grass-legume ratio. International Grassland Congress, 6th. Pennsylvania, 1960. Proceedings. Pennsylvania. State College, 1952. pp.800-804. 1952.

51. WILSON, D.B. Effects of light intensity and clipping on herbage yields. Canadian Journal of Plan Science. 42(2):270-275. 1962.

52. YOUNG, D.J.B. A study of the influence of nitrogen on the root weight and nodulation of white-clover in a mixed sward. Journal of the British Grassland Society 13(2):106-114. 1958.

A P E N D I C E



APENDICE 1. Balance hídrico mensual en un suelo de pradera Parda en La Estanzuela, durante el período Enero a Diciembre de 1965. Lamina de 200 mm.

APENDICE 2. Rendimiento en Otoño de las asociaciones y gramínea sembrada sola (Ton. de materia seca/Ha).

Leguminosa acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha)				
	0	17	33	50	67
---	0.05[c]	0.18[bc]	0.26[bc]	0.70[b]	1.61[a]
Trébol blanco	0.35[a]	0.36[a]	0.86[a]	1.02[a]	1.09[a]
Lotus	0.02[b]	0.16[b]	0.50[ab]	0.57[ab]	1.13[a]
Trébol subterráneo	0.21[b]	0.10[b]	0.40[ab]	0.77[ab]	1.12[a]
Trébol carretilla	0.16[b]	0.34[b]	0.54[b]	0.58[ab]	1.46[a]

C.V. = 73.33%

APENDICE 3. Rendimiento en Otoño de la leguminosa acompañante en la asociación (Ton. de materia seca/Ha)

	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha)					Promedio especies
	0	17	33	50	67	
Trébol blanco	0.03	0.05	0.12	0.11	0.06	0.07[a]
Lotus	0.00	0.01	0.03	0.04	0.07	0.03[b]
Trébol subterráneo	0.00	0.00	0.01	0.04	0.03	0.01[b]
Trébol carretilla	0.01	0.01	0.03	0.04	0.06	0.03[b]
Promedio nitrógeno	0.01[c]	0.02[b]	0.05[a]	0.06[a]	0.05[a]	

C.V. = 10.81%

APENDICE 4. Rendimiento en Otoño de la gramínea sembrada sola en asociación (Ton.de materia seca/Ha)

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
---	0.05	0.18	0.26	0.70	1.61	0.56[a]
Trébol blanco	0.32	0.31	0.74	0.91	1.03	0.66[a]
Lotus	0.02	0.15	0.47	0.53	1.06	0.45[a]
Trébol subterráneo	0.21	0.10	0.39	0.73	1.09	0.50[a]
Trébol carretilla	0.15	0.33	0.51	0.82	1.40	0.64[a]
Promedio nitrógeno	0.15[c]	0.21[c]	0.69[b]	0.76[b]	1.01[a]	

C.V. = 80.77%

APENDICE 5. Efecto indirecto en Otoño de la leguminosa (Ton. de materia seca/Ha).

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.27	0.14	0.48	0.21	-0.58	0.10[a]
Lotus	-0.03	-0.03	0.21	-0.18	-0.55	-0.12[a]
Trébol subterráneo	0.16	-0.08	0.13	0.03	-0.52	-0.06[a]
Trébol carretilla	0.10	0.15	0.25	0.12	-0.21	0.08[a]
Promedio nitrógeno	0.13[a]	0.05[a]	0.27[a]	0.05[a]	-0.47[a]	

APENDICE 6. Rendimiento en Invierno de las asociaciones y gramíneas sembrada sola (Ton.de materia seca/Ha).

Leguminosa acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
- -	0.14	0.58	0.98	1.32	1.31	0.92[cd]
Trébol blanco	0.94	1.89	1.71	2.18	2.04	1.74[a]
Lotus	0.22	0.69	0.70	1.40	1.15	0.83[d]
Trébol subterráneo	0.25	1.20	1.36	1.68	1.52	1.20[bc]
Trébol carretilla	0.96	1.77	1.41	1.60	1.44	1.44[ab]
Promedio nitrógeno	0.50[c]	1.17[b]	1.24[b]	1.65[a]	1.49[ab]	

C.V. = 41.80%

APENDICE 7. Rendimiento en Invierno de la leguminosa acompañante en la asociación (Ton.materia seca/Ha).

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.30	0.57	0.39	0.41	0.31	0.39[a]
Lotus	0.05	0.08	0.03	0.06	0.05	0.05[b]
Trébol subterráneo	0.09	0.25	0.18	0.14	0.10	0.15[b]
Trébol carretilla	0.52	0.73	0.31	0.26	0.13	0.39[a]
Promedio nitrógeno	0.22[b]	0.40[a]	0.23[b]	0.22[b]	0.15[b]	

C.V. = 88.00%

APENDICE 8. Rendimiento en Invierno de la gramínea sembrada sola y en asociación (Ton. de materia seca/Ha).

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
- -	0.14	0.58	0.98	1.32	1.31	0.92[a]
Trébol blanco	0.64	1.32	1.32	1.77	1.73	1.35[a]
Lotus	0.17	0.61	0.67	1.34	1.10	0.78[a]
Trébol subterráneo	0.16	0.95	1.18	1.54	1.42	1.05[a]
Trébol carretilla	0.44	1.04	1.10	1.34	1.31	1.05[a]
Promedio nitrógeno	0.31[b]	0.90[a]	1.05[a]	1.46[a]	1.37[a]	

C.V. = 86.28%

APENDICE 9. Efecto indirecto en invierno de la leguminosa (Ton. de materia seca/Ha).

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de Ton/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.50	0.74	0.32	0.45	0.42	0.49[a]
Lotus	0.03	0.03	-0.33	0.02	-0.20	-0.09[c]
Trébol subterráneo	0.02	0.37	0.19	0.22	0.11	0.18[b]
Trébol carretilla	0.31	0.46	0.10	0.02	0.01	0.18[b]
Promedio nitrógeno	0.15[a]	0.40[a]	0.07[a]	0.17[a]	0.08[a]	

APENDICE 10. Rendimiento en Primavera de las asociaciones y gramínea sembrada sola (Ton.de materia seca/Ha).

Leguminosa acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
	0.77	1.12	1.30	1.96	2.60	1.55[b]
Trébol blanco	2.70	2.68	2.37	2.62	2.37	2.53[a]
Lotus	1.56	1.79	1.92	2.08	2.28	1.91[ab]
Trébol subterráneo	1.47	1.86	1.77	2.02	1.68	1.96[ab]
Trébol carretilla	1.21	1.08	1.73	1.99	2.67	1.24[b]
Promedio nitrógeno	1.52[b]	1.68[b]	1.83[ab]	2.13[ab]	2.52[a]	

C.V. = 48.45%

APENDICE 11. Rendimiento en Primavera de la leguminosa acompañante en la asociación (Ton.de materia seca/Ha)

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	1.05	1.08	0.52	0.29	0.22	0.65[a]
Lotus	0.51	0.51	0.27	0.17	0.16	0.32[b]
Trébol subterráneo	0.60	0.37	0.23	0.15	0.08	0.28[b]
Trébol carretila	0.19	0.14	0.01	0.00	0.01	0.16[b]
Promedio nitrógeno	0.58[a]	0.53[a]	0.26[b]	0.18[b]	0.11[b]	

C.V. = 69.70%

APENDICE 12. Rendimiento en Primavera de la gramínea sembrada sola y en asociación (Ton.de materia seca/Ha).

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
- -	0.77	1.12	1.30	1.96	2.60	1.50[a]
Trébol blanco	1.55	1.60	1.85	2.23	2.16	1.88[a]
Lotus	1.05	1.16	1.72	1.92	2.14	1.60[a]
Trébol subterráneo	0.87	1.49	1.54	1.88	2.60	1.67[a]
Trébol carretilla	1.02	0.93	1.72	1.99	2.67	1.67[a]
Promedio nitrógeno	1.05[d]	1.26[d]	1.62[c]	1.99[b]	2.43[a]	

C.V. = 26.95%

APENDICE 13. Efecto indirecto en Primavera de la leguminosa (Ton.de materia seca/Ha)

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.67	0.48	0.56	0.26	-0.44	0.31[a]
Lotus	0.27	0.04	0.43	-0.05	-0.39	0.04[a]
Trébol subterráneo	0.10	0.27	0.24	-0.08	0.25	0.17[a]
Trébol carretilla	0.25	-0.19	0.43	0.03	0.07	0.12[a]
Promedio nitrógeno	0.32[a]	0.17[ab]	0.41[a]	0.04[ab]	-0.15[b]	

APENDICE 14. Rendimiento anual de las asociaciones y gramínea sembrada sola (Ton.de materia seca/Ha)

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	50	100	150	200	Promedio asociación
- -	0.82	1.88	2.84	3.99	5.02	2.94[c]
Trébol blanco	3.89	4.93	4.94	5.81	5.50	5.01[a]
Lotus	1.80	2.51	3.19	4.05	4.58	3.22[bc]
Trébol subterráneo	1.92	3.15	3.53	4.42	5.30	3.67[b]
Trébol carretilla	2.39	3.18	3.68	4.45	5.32	3.81[b]
Promedio nitrógeno	2.19[c]	3.13[b]	3.66[b]	4.56[a]	5.13[a]	

C.V. = 26.00%

APENDICE 15. Rendimiento anual de la leguminosa acompañante en la asociación (Ton.de materia seca/Ha)

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	50	100	150	200	Promedio especies
Trébol blanco	1.38	1.70	1.03	0.90	0.59	1.12[a]
Lotus	0.56	0.60	0.33	0.27	0.28	0.40[b]
Trébol subterráneo	0.69	0.62	0.42	0.33	0.20	0.45[b]
Trébol carretilla	0.71	0.88	0.35	0.30	0.19	0.49[b]
Promedio nitrógeno	0.84[a]	0.95[a]	0.53[b]	0.45[b]	0.31[b]	

C.V. = 62.29%

APENDICE 16. Rendimiento anual de la gramínea sembrada sola y en asociación (Ton.de materia seca/Ha)

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	50	100	150	200	Promedio asociación
- -	0.82	1.88	2.84	3.99	5.02	2.93[b]
Trébol blanco	2.51	3.23	3.91	4.91	4.91	3.89[a]
Lotus	1.24	1.91	2.86	3.78	4.30	2.82[b]
Trébol subterráneo	1.23	2.53	3.11	4.15	5.10	3.22[b]
Trébol carretilla	1.68	2.30	3.33	4.15	5.13	3.23[b]
Promedio nitrógeno	1.52[e]	2.37[d]	3.21[c]	4.19[b]	4.89[a]	

C.V. = 24.07%

APENDICE 17. Efecto indirecto anual de la leguminosa (Ton.de materia seca/Ha).

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	50	100	150	200	Promedio especies
Trébol blanco	1.55	1.35	1.07	0.92	-0.01	0.96[a]
Lotus	0.29	0.04	0.02	-0.21	-0.72	-0.12[b]
Trébol subterráneo	0.28	0.66	0.27	0.16	0.09	0.29[ab]
Trébol carretilla	0.72	0.72	0.47	0.16	0.12	0.44[ab]
Promedio nitrógeno	0.71[a]	0.69[a]	0.46[a]	0.26[a]	-0.16[a]	

APENDICE 18. Rendimiento en Otoño de las asociaciones y gramínea sembrada sola (Ton.proteína cruda/Ha)

Leguminosa acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg.de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
- -	0.01	0.04	0.05	0.14	0.33	0.11[a]
Trébol blanco	0.07	0.06	0.16	0.15	0.23	0.13[a]
Lotus	0.00	0.02	0.08	0.10	0.27	0.09[a]
Trébol subterráneo	0.03	0.02	0.07	0.13	0.25	0.10[a]
Trébol carretilla	0.03	0.06	0.09	0.15	0.33	0.13[a]
Promedio nitrógeno	0.03[b]	0.04[b]	0.09[b]	0.13[b]	0.28[a]	

C.V. = 116.66%

APENDICE 19. Rendimiento en Otoño de la leguminosa acompañante en la asociación (Ton.de proteína cruda/Ha)

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02[a]
Lotus	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01[b]
Trébol subterráneo	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00[c]
Trébol carretilla	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01[b]
Promedio nitrógeno	0.00[b]	0.00[b]	0.01[a]	0.01[a]	0.01[a]	

C.V. = 100%

APENDICE 20. Rendimiento en Otoño de la gramínea sembrada sola y en asociación (Ton.de proteína cruda/Ha)

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
- -	0.01	0.04	0.05	0.14	0.33	0.11[a]
Trébol blanco	0.06	0.05	0.13	0.13	0.21	0.11[a]
Lotus	0.00	0.02	0.07	0.09	0.25	0.09[a]
Trébol subterráneo	0.03	0.02	0.06	0.12	0.24	0.09[a]
Trébol carretilla	0.03	0.06	0.08	0.14	0.32	0.12[a]
Promedio nitrógeno	0.03[b]	0.04[b]	0.08[b]	0.12[b]	0.27[a]	

C.V. = 72.72%

APENDICE 21. Efecto indirecto en Otoño de la leguminosa (Ton.de proteína cruda/Ha).

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.05	0.01	0.08	-0.01	-0.12	0.00[a]
Lotus	-0.01	-0.02	0.03	-0.05	-0.07	-0.02[a]
Trébol subterráneo	0.02	-0.02	0.02	-0.02	-0.09	-0.02[a]
Trébol carretilla	0.02	0.02	0.03	0.01	-0.01	0.01[a]
Promedio nitrógeno	0.02[a]	0.00[a]	0.04[a]	-0.02[a]	-0.07[a]	

APENDICE 22. Rendimiento en Invierno de las asociaciones y gramínea sembrada sola (Ton.de proteína cruda/Ha).

Leguminosa acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
- -	0.03	0.10	0.15	0.25	0.25	0.15[b]
Trébol blanco	0.19	0.39	0.34	0.41	0.40	0.35[a]
Lotus	0.04	0.13	0.13	0.26	0.23	0.16[b]
Trébol subterráneo	0.11	0.23	0.27	0.31	0.29	0.24[ab]
Trébol carretilla	0.21	0.37	0.28	0.30	0.29	0.28[ab]
Promedio nitrógeno	0.11[b]	0.24[ab]	0.23[ab]	0.30[a]	0.30[a]	

C.V. = 45.83%

APENDICE 23. Rendimiento en Invierno de la leguminosa acompañante en la asociación (Ton.de proteína cruda/Ha)

Especie	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.07	0.14	0.09	0.06	0.07	0.09[a]
Lotus	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01[b]
Trébol subterráneo	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03[b]
Trébol carretilla	0.13	0.18	0.07	0.06	0.03	0.09[a]
Promedio nitrógeno	0.06[b]	0.10[a]	0.05[b]	0.04[b]	0.03[b]	

C.V. = 100%

APENDICE 24. Rendimiento en Invierno de la gramínea sembrada sola y en asociación (Ton.de proteína cruda/Ha)

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
- -	0.03	0.10	0.15	0.25	0.25	0.15[b]
Trébol blanco	0.12	0.24	0.25	0.35	0.33	0.26[a]
Lotus	0.03	0.11	0.12	0.25	0.22	0.15[b]
Trébol subterráneo	0.09	0.17	0.23	0.28	0.27	0.21[a]
Trébol carretilla	0.08	0.19	0.21	0.24	0.26	0.19[a]
Promedio nitrógeno	0.07[c]	0.17[b]	0.18[b]	0.28[a]	0.26[a]	

C.V. = 5.26%

APENDICE 25. Efecto indirecto en Invierno de la leguminosa (Ton. de proteína cruda/Ha)

Especies	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.09	0.14	0.11	0.07	0.08	0.10[a]
Lotus	0.00	0.02	-0.02	0.00	-0.03	-0.01[b]
Trébol subterráneo	0.06	0.08	0.08	0.03	0.02	0.05[a]
Trébol carretilla	0.05	0.09	0.06	-0.01	0.01	0.04[a]
Promedio nitrógeno	0.05[a]	0.08[a]	0.06[a]	0.02[a]	0.02[a]	

APENDICE 26. Rendimiento en Primavera de las asociaciones y gramínea sembrada sola (Ton.de proteína cruda/Ha)

Leguminosa acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
- -	0.11	0.15	0.19	0.29	0.42	0.23[c]
Trébol blanco	0.47	0.49	0.42	0.49	0.42	0.46[a]
Lotus	0.25	0.28	0.29	0.33	0.38	0.30[bc]
Trébol subterráneo	0.27	0.26	0.31	0.32	0.47	0.32[b]
Trébol carretilla	0.21	0.18	0.25	0.26	0.38	0.26[bc]
Promedio nitrógeno	0.26[c]	0.27[bc]	0.29[bc]	0.34[b]	0.41[a]	

C.V. = 29.03%

APENDICE 27. Rendimiento en Primavera de la leguminosa acompañante en la asociación (Ton.de proteína cruda/Ha)

Especie	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.25	0.25	0.13	0.09	0.07	0.16[a]
Lotus	0.12	0.12	0.06	0.04	0.04	0.07[b]
Trébol subterráneo	0.12	0.06	0.05	0.03	0.05	0.06[b]
Trébol carretilla	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02[c]
Promedio nitrógeno	0.14[a]	0.12[a]	0.05[b]	0.04[b]	0.04[b]	

C.V. = 62.50%

APENDICE 28. Rendimiento en Primavera de la gramínea sembrada sola y en asociación (Ton.de proteína cruda/Ha)

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio asociación
- -	0.11	0.15	0.19	0.29	0.42	0.23[b]
Trébol blanco	0.22	0.24	0.29	0.40	0.35	0.30[a]
Lotus	0.13	0.16	0.23	0.29	0.34	0.23[b]
Trébol subterráneo	0.15	0.20	0.26	0.29	0.42	0.26[ab]
Trébol carretilla	0.15	0.14	0.25	0.26	0.38	0.24[ab]
Promedio nitrógeno	0.15[d]	0.18[d]	0.25[c]	0.31[b]	0.38[a]	

C.V. = 28.00%

APENDICE 29. Efecto indirecto en Primavera de la leguminosa(Ton. de proteína cruda/Ha).

Especie	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	17	33	50	67	Promedio especies
Trébol blanco	0.09	0.09	0.10	0.12	-0.07	0.07[a]
Lotus	0.02	0.01	0.05	0.01	-0.08	0.00[a]
Trébol subterráneo	0.04	0.04	0.07	0.01	0.00	0.04[a]
Trébol carretilla	0.04	-0.02	0.07	-0.01	-0.03	0.01[a]
Promedio nitrógeno	0.04[a]	0.03[a]	0.07[a]	0.03[a]	-0.04[b]	

APENDICE 30. Rendimiento anual de las asociaciones y gramínea sembrada sola (Ton.de proteína cruda/Ha)

Leguminosa acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	50	100	150	200	Promedio asociación
- -	0.14	0.28	0.38	0.67	0.99	0.49[c]
Trébol blanco	0.72	0.92	0.92	1.11	1.03	0.94[a]
Lotus	0.30	0.43	0.50	0.68	0.88	0.55[bc]
Trébol subterráneo	0.46	0.50	0.64	0.73	0.99	0.66[b]
Trébol carretilla	0.45	0.61	0.61	0.71	0.98	0.67[b]
Promedio nitrógeno	0.41[d]	0.55[c]	0.61[c]	0.78[b]	0.98[a]	

C.V. = 25.76%

APENDICE 31. Rendimiento anual de la leguminosa acompañante en la asociación (Ton.de proteína cruda/Ha)

Especie	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	50	100	150	200	Promedio especies
Trébol blanco	0.33	0.40	0.25	0.23	0.14	0.27[a]
Lotus	0.14	0.14	0.07	0.05	0.07	0.09[b]
Trébol subterráneo	0.14	0.12	0.09	0.07	0.08	0.10[b]
Trébol carretilla	0.19	0.22	0.08	0.07	0.04	0.12[b]
Promedio nitrógeno	0.20[a]	0.21[a]	0.12[b]	0.10[b]	0.08b	

C.V. = 57.14%

APENDICE 32. Rendimiento anual de la gramínea sembrada sola y en asociación (Ton.de proteína cruda/Ha)

Especie acompañante	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	50	100	150	200	Promedio asociación
- -	0.14	0.28	0.38	0.67	0.99	0.49[b]
Trébol blanco	0.39	0.52	0.67	0.88	0.89	0.67[a]
Lotus	0.16	0.29	0.43	0.63	0.81	0.46[b]
Trébol subterráneo	0.32	0.38	0.55	0.66	0.91	0.56[b]
Trébol carretilla	0.26	0.39	0.53	0.64	0.94	0.55[b]
Promedio nitrógeno	0.25[c]	0.37[d]	0.51[c]	0.70[b]	0.91[a]	

C.V. = 25.45%

APENDICE 33. Efecto indirecto anual de la leguminosa (Ton. de proteína cruda/Ha)

Especie	Niveles de Nitrógeno (Kg de N/Ha) 0	50	100	150	200	Promedio especies
Trébol blanco	0.25	0.24	0.30	0.21	-0.10	0.18[a]
Lotus	0.02	0.01	0.01	-0.04	-0.18	-0.04[c]
Trébol subterráneo	0.18	0.15	0.17	-0.01	-0.08	0.08[ab]
Trébol carretilla	0.11	0.10	0.18	-0.03	-0.05	0.06[bc]
Promedio nitrógeno	0.11[a]	0.10[a]	0.13[a]	0.03[a]	-0.08[b]	

SILVA GENNEVILLE, M.
Efecto de diferentes niveles de...

DATE	ISSUED TO
16.I.69	Biblog 17.I.69
140	JUL-15
300	MAR-11
316	MAY-22
312	JUN-24
382	AUG-28

Luis Apizar Díaz

IBM (EXT)

Walter Flores M.