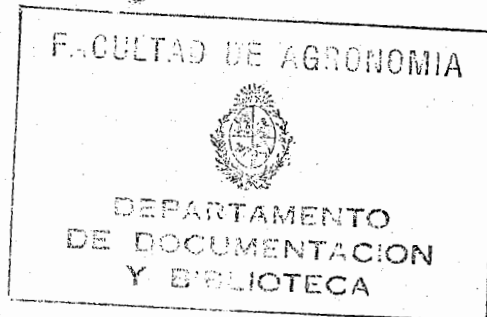


T. 1197

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFECTO RESIDUAL DE LAS PASTURAS EN

EL CULTIVO DE TRIGO POSTERIOR

Gonzalo J. CIBILS

Tesis presentada ante la Facultad de Agronomía
como requisito final para la obtención del grado de
Ingeniero Agrónomo.-

Montevideo, Diciembre - 1977

27 JUN 1978

Este trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Dr. Alberto Eeberger", en la Estación Exp. La Estanzuela, desde julio de 1976 a octubre de 1977, y forma parte de la actividad de investigación del Proyecto Suelos de la mencionada Estación.-

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer:

A la Dirección del Centro de Investigaciones Agrícolas "Dr. Alberto Boerger", por haber permitido la realización de este trabajo.-

A los Ings. Agrs. José L. Castro y Roberto Díaz por su aporte en la dirección y realización del mismo.-

Al Técnico Rural A.S. Bossano por su colaboración en distintas etapas del experimento.-

Al Técnico Rural W. Ibáñez quien supervisó el análisis estadístico.-

A los integrantes de los laboratorios de Nutrición Animal y Suelos de La Estanzuela, por su colaboración en los análisis efectuados.-

A la Biblioteca por los servicios brindados.-

Al personal de campo del Proyecto Suelos, por su ayuda en los trabajos realizados.-

A todos aquellos integrantes del Centro, que de una u otra forma colaboraron para que este trabajo llegara a término.-

Consuelo J. CIBILS

A mis padres, mi esposa
y mis hijos

INDICE

		<u>Página</u>
I	- INTRODUCCION.....	1
II	- REVISION DE LITERATURA.....	3
	1.-Antecedentes de investiga ción sobre el efecto resi dual de las pasturas.....	3
	2.-Efecto de las praderas en las propiedades de los sue los.....	5
	2.1.- Propiedades químicas.	5
	2.1.1.-Rol de la materia orgánica.....	5
	2.1.2.-Cambios en el con tenido de nitróge no del suelo....	10
	2.1.2.a.-Tasa de cambio del nitrógeno del suelo....	13
	2.1.2.b.-Pérdidas de ni trógeno del sue lo bajo pasturas.	15
	2.1.2.c. Adición por fija ción no simbióti ca en praderas de gramíneas pu ras	16

2.1.3.-Algunas condiciones de la pastura que afectan la dis ponibilidad de nitrógeno.....	17
2.1.3.a.-Composición botánica.....	18
2.1.3.b.-Productividad de la pas tura.....	20
2.1.3.c.-Manejo de la pastura.....	21
2.2.-Propiedades físicas.....	23
2.2.2.-Cambio en diversas propie dades.....	26
2.2.3.-Importancia de las gramíneas	29
2.2.4.-Riesgo de erosión.....	31
2.3.-Otros efectos de las pasturas en la fertilidad del suelo.....	33
3.-Duración de la pastura y sus efectos.	34
4.-Residualidad de los efectos.....	39
III - Materiales y Métodos.....	43
Descripción del suelo.....	44
Diseño experimental.....	45
Tratamientos.....	46
Manejo.....	47
Determinaciones.....	50
IV - Resultados y Discusión.....	53
4.1.-Contenido de nitrógeno.....	53
4.2.-Producción de materia seca.....	62
4.3.-Nitrógeno total.....	66

Página

4.4.-Rendimiento en grano.....	80
4.5.-Edad de la pastura.....	88
4.6.-Productividad de la pastura y rendimiento del trigo poste rior.....	91
4.7.-Absorción de nitrógeno y ren dimiento en grano.....	97
V - Conclusiones.....	100
VI - Resumen.....	103
Apéndice.....	105
VII - Bibliografía citada.....	118

I. INTRODUCCION

En los sistemas de producción imperantes en nuestra agricultura, donde el productor generalmente se mueve dentro de un marco en el cual el fertilizante nitrogenado es prioritario en determinar el nivel de los costos del cultivo, la utilización racional del nitrógeno aportado por las praderas de gramíneas y le guminosas, deberá ser uno de los objetivos para maximizar el resultado económico de los cultivos.-

En ese sentido, si las leguminosas en pasturas, son importantes como fuente económica de nitrógeno, es de interés poder determinar sus efectos en los cultivos que le siguen. Silva (1966) y Blanchoud (1968) estudiaron la contribución de diferentes legu minosas e importancia del nitrógeno aplicado, en la productividad de las praderas, llegando a estimaciones del nitrógeno mineral equivalente aportado por las especies a través de la fijación simbiótica.-

Este trabajo forma parte de un experimento instalado en 1972 en el Centro de Investigaciones Agrí colas, Dr. Alberto Boerger, en la Estación Experimental La Estanzuela, Colonia, con la finalidad de estudiar el efecto de distintas leguminosas en asociación con festuca, en cuanto al suministro de nitrógeno para el cultivo de trigo posterior. En él se pretende evaluar el aporte de las pasturas a través del nitrógeno absorbido por el primer cultivo de trigo posterior, y el rendimiento en grano alcanzado por el mismo, a la vez que evaluar la importancia de la duración de la

pastura en la residualidad de sus efectos.-

Un conocimiento más exacto de estas relaciones, será beneficioso para la determinación de la duración óptima relativa de las fases de pasturas y cultivos, en sue los que como los de este experimento han sido degradados por muchos años de agricultura continua, y en los que se implanta una pradera para recuperar su fertilidad.-

II- REVISION DE LITERATURA

1.- Antecedentes de Investigaci3n sobre el efecto residual de las pasturas.-

La influencia de las praderas en el rendimiento de los cultivos posteriores es conocida desde hace mucho tiempo. Ripley (1941) en una revisi3n acerca de los efectos de un cultivo en aquellos que le siguen seala que ya antes de Cristo se conocia la importancia de alternar los cereales con cultivos leguminosos; Virgilio, 30 aros A.C. se percat3 de los descensos en rendimiento que ocasionaba el monocultivo y recomendaba alternar barbechos, cereales y cultivos leguminosos.-

En Inglaterra las praderas empezaron a aparecer en la mayoria de las rotaciones de cultivos desde comienzos del siglo XIX (Williams, 1960).-

La influencia de las praderas en el cultivo siguiente ha sido motivo de profusa investigaci3n. Spratt (1966) comprob3 que el trigo tenia rendimientos en grano mayores cuando integraba rotaciones que contenian tres aros de pasturas (gramineas y leguminosas) que cuando formaba parte de rotaciones que incluian solamente cereales. En su experimento la diferencia entre los rendimientos promedio del trigo en uno y otro sistema fue de 400 kg/ h3. en grano, aprox.- Concluye Spratt, que las praderas mixtas de tres aros de duraci3n, que se venian incluyendo periodicamente en la rotaci3n iniciada 50 aros antes, fueron

las causantes de la diferencia en los rendimientos, a través de una mejora en las condiciones físicas, químicas (status de N) y biológicas del suelo.-

Mc Clelland (1970) comparó el rendimiento del trigo en rotación con praderas con la producción que se obtenía en una secuencia barbecho-trigo. En cuatro años (1962-1965), la producción promedio de grano en la secuencia barbecho-trigo, fue 1.260 kg/há., mientras que el trigo rindió 1630 kg/há. de grano en la rotación con praderas de dos años de duración. El agregado de 30 kg/há. de N redujo notoriamente las diferencias en rendimiento de los dos sistemas: 1710 kg/há. de promedio en la rotación comparado con 1680 kg/há. en la secuencia barbecho - trigo.-

Resultados similares fueron hallados por Hoyt y Hennig (1971) en Alberta, Canadá. Entre 1962 y 1966 se obtuvieron 71, 82, 75 y 68% más en grano a continuación de una pradera de alfalfa que en una secuencia barbecho - trigo, respectivamente.-

El efecto beneficioso de las pasturas en el rendimiento del cultivo posterior ha sido reportado también por A.J. Rixon (1969), Wheeler (1958), Williams et al. (1960), Watson (1963), Milbourn et al (1963), Singh (1967); Vrock et al (1969), Roszak (1972). La investigación en este tema ha sido amplia, pero a pesar de ello, la disponibilidad de datos acerca de la magnitud de este efecto es mucho menor.-

2.- Efecto de las praderas en las propiedades de los suelos.-

Hanley et al (1964) señalan que la inclusión de praderas en una rotación puede afectar el rendimiento de los cultivos que la integran de cuatro formas principales por incidir en:

- 1) el status de nutrientes del suelo.-
- 2) el nivel de patógenos en el suelo.-
- 3) la infestación de malezas.-
- 4) las propiedades físicas del suelo.-

2.1.- Propiedades químicas

2.1.1.- ROL DE LA MATERIA ORGANICA

Entre los constituyentes de un suelo la materia orgánica tiene una importancia considerable ya que promueve muchos de los procesos físicos, químicos y biológicos necesarios para el normal crecimiento de los cultivos.-
Cuanto mayor es el nivel de materia orgánica de un suelo, mayor es su productividad potencial.-

La materia orgánica está en continuo cambio, debido a influencias físicas, químicas y biológicas. La magnitud del cambio depende de factores como el clima, cubierta vegetal, topografía, textura del suelo y drenaje del mismo. En general, tiempo cálido y alta pluviosidad favorecen la rápida descomposición y pérdida de la materia orgánica del suelo.-

Estos factores mantienen un equilibrio con el nivel de materia orgánica presente en el suelo. El laboreo del suelo provoca generalmente un descenso en el contenido de materia orgánica y se llega a un nuevo valor de equilibrio, que dependerá del manejo al cual se ha sometido el suelo. La inclusión de las praderas en las rotaciones agrícolas lleva a que se obtengan valores de materia orgánica mayores en el equilibrio, que en los casos en los cuales las rotaciones sólo incluyen cultivos. Marchesi (1971) puntualiza que el nivel inicial de la materia orgánica del suelo y el nivel potencial bajo vegetación de pradera, determinan la magnitud del efecto de las praderas en la materia orgánica del suelo.-

El manejo del suelo afecta pues, de manera sustancial su tenor en materia orgánica. Así Jones ^{et al.} (1966) en un suelo liviano bajo cultivo, verificó un contenido de materia orgánica entre 1 y 1.5%, mientras que el mismo suelo bajo pasturas durante 75 años tenía un contenido de 4.0% de materia orgánica. aproximadamente. Es obvio que el cultivo hace descender el contenido de materia orgánica de los suelos y debido a ello, el desarrollo de prácticas de manejo tendientes a elevar los niveles de materia orgánica han sido motivo de investigación desde hace mucho tiempo.-

La acumulación de materia orgánica en un suelo bajo pasturas puede estar influenciada por factores como ser composición botánica, manejo (pastoreo o corte, fertilización). Element y Williams (1964) estudiaron el efecto de quince praderas de diferente composición botánica en la materia orgánica de un suelo de Hurley, Berkshire. Partiendo de un nivel inicial de Carbono entre

1.24 y 1.36% en el suelo, registraron un aumento promedio de 0.18 - 0.22% después de cuatro años de pasturas. Dicho aumento representó aproximadamente la sexta parte del Carbono presente en los primeros quince cms. del suelo. Los mismos autores comprobaron que el % de Carbono pasó de 1.2% a aproximadamente 1.7% luego de siete años en una pradera pastoreada de raigrás y trébol blanco, o sea que el % de Carbono aumentó 0.07% cada año. Se observó una tendencia lineal en el incremento. Si este mismo suelo se sometía a cultivos (trigo y cebada), el porcentaje de carbono descendió a 1.1%.-

El aumento en el contenido de carbono de suelos bajo pastura es un efecto neto que resulta de diferencias en las tasas de ganancia y pérdida de materia orgánica - (Clement y Williams, 1964). La producción anual de raíces es la mayor fuente de materia orgánica del suelo.-

Baker y Garwood (1959) observaron que el peso de raíces de una pradera promediaba 2.800 kg/há en un año, lo cual sería similar a la producción anual de raíces de gramíneas puras. En ese sentido, hay poca evidencia de que los cultivos cerealeros contribuyan con menos raíces a la materia orgánica del suelo, que una pradera de corte, al cabo de un año (Troughton, 1957, citado por Clement y Williams, 1964). Esto podría implicar que la acumulación de materia orgánica que se produce en el suelo bajo pasturas sea más bien el resultado de una reducción en la tasa de descomposición.-

La tasa de pérdida de carbono por mineralización a formas gaseosas o susceptibles de ser lavadas en el perfil, pueda ser reducida de distintas maneras, bajo pasturas. Como se ha encontrado que la materia orgánica se acu

mula mayormente en la superficie del suelo (Garwood et al. 1972) se descarta que la falta de aereación pueda ser una causa (Clement y Williams, 1964). El hecho de que la superficie del suelo es más propensa al desecamiento podría tener influencia. Clement y Williams (1962) encontraron que la producción de CO_2 de suelos en incubación decrecía rápidamente cuando el contenido de humedad llegaba a ser menor del 10%.-

Por debajo de 2-3 cms. de suelo, el % de carbono se mantuvo incambiado luego de cuatro años de pastura (Clement y Williams, 1964), lo que indicaba que a partir de esa profundidad el crecimiento radicular sólo fue suficiente para reemplazar el carbono perdido por descomposición.-

Garwood et al (1972) determinaron el contenido de materia macro-orgánica de suelos sometidos a pasturas de diferente composición botánica y manejo. La materia macro-orgánica es una fracción de la materia orgánica del suelo, de naturaleza fibrosa y vasta, que consiste principalmente de raíces y restos vegetales parcialmente descompuestos, retenidos por un tamiz de mallas de 0.25 mm. Las raíces, tallos basales y otros restos orgánicos, en el suelo, con inclusión de las heces de los animales que pastorean la pradera, contribuyen a la fracción macro-orgánica. Aproximadamente un 70 - 80% de la materia macro-orgánica está formada por raíces (Garwood et al., 1972) y dado que la mayoría de las raíces de gramíneas viven menos de un año, probablemente gran parte de la materia macro-orgánica no identificada sea también derivada de las raíces.- (Garwood et al. 1967, citados por Garwood et al, 1972).-

La materia macro-orgánica aumentó en los primeros ocho años de pastura, mostrando una tendencia exponencial de ganancia, asintótica a un valor similar al encontrado en pasturas permanentes en el mismo suelo en la vecindad del experimento citado. Se encontró un incremento de 0.084% en el contenido de C de la materia macro-orgánica en un período de tres años. Representa menos de la mitad del aumento reportado en el carbono total orgánico (0.19%) por Clement y Williams (1964) en las mismas pasturas. Después de tres años bajo pastura, la materia macro-orgánica explicaba sólo el 10% de la variación en el carbono orgánico total del suelo. Las diferentes pasturas, niveles de N usados y manejo, afectaron más el carbono orgánico total que el carbono en la materia macro-orgánica. En este experimento, aproximadamente la mitad del nitrógeno acumulado bajo pasturas, estuvo en la materia macro-orgánica. Los autores concluyen que la variación en el contenido total de carbono orgánico del suelo bajo pasturas, es atribuible en partes a diferencias en la fracción macro-orgánica, influenciada por la composición botánica y manejo de la pastura. La proporción de material macro-orgánico y productos de descomposición humificados es importante para evaluar los efectos de las pasturas sobre las propiedades físicas de los suelos.-

Heard (1965) no encontró correlación entre la cantidad de materia macro-orgánica en los suelos y el rendimiento en grano o contenido de nitrógeno del trigo siguiente. Esto sugirió a Greenland (1971) la necesidad de relacionar estas variables con la fracción "liviana" de la materia orgánica, más fina y parcialmente humificada.-

Hay relación entre el aumento de materia orgánica en suelos bajo pastura y los cambios en el status de nitrógeno y propiedades físicas del suelo. En general se considera que cuando a un suelo sometido a cultivos se le implantan pasturas, no sólo se restaura el nivel de nitrógeno presente en el suelo, sino que se agregan materiales orgánicos los cuales generalmente cambian las condiciones físicas del suelo de manera tal que hacen del suelo un medio más apto para el crecimiento vegetal (Greenland, 1971).-

2.1.2. CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE NITROGENO DEL SUELO

El aporte de nitrógeno al suelo, por pasturas de leguminosas, es el efecto más universalmente reconocido de las praderas. El aumento en nitrógeno disponible en el suelo es debido principalmente a la fijación simbiótica, la cual se realiza a través de microorganismos del género Rhizobium, en simbiosis con las leguminosas. Puede haber aporte de nitrógeno por fijación no simbiótica a cargo de organismos libres (Azotobacter, Clostridium).-

Un período bajo pasturas ejerce una gran influencia en la mineralización del nitrógeno del suelo como puede ser comprobado incubando suelos bajo condiciones standard de laboratorio (Clement, 1961). Richardson (1938) ^{citado por Williams et al, 1960)} reconoció la importancia del aumento en el contenido de nitrógeno de los suelos, hecho que invariablemente ocurre cuando los suelos cultivados se ponen bajo pradera. Lawes (1889, citado por Williams et al., 1960) ya se había percatado de que las pasturas causaban aumentos en el contenido de materia orgánica y nitrógeno total de los suelos.-

Richardson (1938) comprobó que el nitrógeno adicional es encontrado casi en su totalidad en combinaciones orgánicas; los suelos bajo pasturas contienen típicamente pequeñas cantidades de nitrógeno mineral.-

Greenland (1971) establece que la determinación del cambio en la cantidad total de nitrógeno del suelo no es suficiente para estimar la contribución de las pasturas al status de nitrógeno del suelo. Es necesario conocer algo acerca del cambio en las formas físicas y químicas del nitrógeno del suelo y de los factores que determinan la velocidad de liberación del nitrógeno mineral de las reservas acumuladas bajo pastura. A la vez interesa determinar que factores afectan la proporción de este nitrógeno que es perdido por el suelo en relación al nitrógeno que es absorbido por la planta.-

Greenland (1958) comprobó que en una sabana natural de Ghana, muy poco nitrógeno mineral era liberado aún cuando el nitrógeno nitrificable determinado por incubación de muestras de suelo tenía un valor alto. Consideró que su evidencia soportaba la hipótesis de Theron por la cual la mineralización bajo pasturas es afectada negativamente por excreciones radiculares tóxicas a determinados pasos del proceso de nitrificación. Parte del nitrógeno podría acumularse como ión amonio asociado con arcilla o materiales orgánicos en forma no disponible para las plantas de la pradera. Si bien los niveles de amonio fijados son mayores bajo pastura que bajo cultivo (Williams y Clement, 1966, citados por Clement y Williams, 1967) las cantidades son pequeñas.-

Bremner (1949) reporta que el 30% del nitrógeno del suelo fué extraído como grupos amino lo cual indicaría que una gran parte del aumento de nitrógeno bajo pastura sería bajo esta forma. Lo que aún no está suficientemente aclarado es por qué estos materiales no se descomponen rápidamente y liberan nitrógeno mineral, durante la fase de pasturas.-

La fertilización de una pastura tiene influencia sobre el rendimiento del cultivo siguiente, a través de su acción sobre la disponibilidad de nitrógeno del suelo. The ron (1951) sugirió que la materia orgánica del suelo bajo pasturas, aumentaba en proporción al suministro de nitrógeno al suelo, lo cual sería cierto bajo condiciones de severa deficiencia de nitrógeno. Por otra parte, Clement y Williams (1964) mostraron que el aumento de nitrógeno agregado como fertilizante en pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas no afectaba la tasa de acumulación de la materia orgánica. Bajo pasturas de gramíneas productivas, las cuales requieran un adecuado suministro de nitrógeno, ya sea proveniente de la leguminosa o del fertilizante, la materia orgánica del suelo, considerada como sustrato de la actividad microbiana, tiende a ser rica en nitrógeno y deficiente en carbono disponible (Clement y Williams, 1962).-

Entonces, parecería que bajo pasturas asociadas (gramíneas-leguminosas) o de gramíneas puras fertilizadas con nitrógeno, la acumulación de nitrógeno orgánico en el suelo depende del suministro de carbono por raíces muertas, hojas o tallos.-



Clement y Williams (1967) verificaron que la mayor parte del nitrógeno se acumula en los primeros cuatro cms. del suelo. En su experimento, el nitrógeno del suelo, medido hasta 15 cms. de profundidad aumentó hasta una tasa de 0.005% por año y comprobaron que por debajo de 4 cms. el contenido de nitrógeno del suelo no aumentaba después de tres años y medio de pradera. Encuentran que bajo una pastura de varios años, el suelo contiene aprox. 12.000 kg/há de nitrógeno y la pastura sólo obtiene 100-200 kg/há de nitrógeno por año, del suelo. El incremento de 0.019% encontrado representaría 480 kg/há de nitrógeno. Concluyen que en sistemas de cultivo en los cuales las praderas alternan con cereales, la liberación de nitrógeno al cultivo siguiente puede ser equivalente a más de 150 kg/há. de nitrógeno agregado como fertilizante. En La Estanzuela, Castro et al (1972) encontraron un efecto de las praderas equivalente a 115 kg/há de nitrógeno agregado como fertilizante en el trigo posterior.-

Sin embargo, gran parte de ese nitrógeno se puede perder, una vez arada la pradera, por lavado en inviernos húmedos y poco fríos.-

2.1.2.a. Tasa de cambio del nitrógeno del suelo

La tasa de cambio del nitrógeno orgánico sigue aproximadamente una relación lineal de la siguiente forma (Greenland, 1971, Bartholomew, 1972):

$$\frac{dN}{dt} = -k \cdot N + a$$

donde K es una constante de descomposición y representa el grado de mineralización anual; "a" es una constante de adición y representa la cantidad de nitrógeno adicionado a una masa dada de suelo en un año; N es el contenido de nitrógeno de una masa dada de suelo al tiempo t .-

Esta expresión indica que la proporción de cambio (dN) en el nitrógeno del suelo está positivamente relacionada a la proporción de adición e inversamente relacionada al grado de descomposición.-

En la fase de pastura, "a" normalmente superará a $k \cdot N$, de manera que el nivel de nitrógeno tenderá a aumentar. Durante la fase de cultivo "a" será pequeña, entonces el valor $k \cdot N$ es mayor, lo cual indica que el nivel de nitrógeno disminuirá.-

Después de varios ciclos de pasturas y cultivos el nivel de nitrógeno tenderá a un valor de equilibrio, el cual dependerá de la duración relativa de las fases de pastura y cultivos en la rotación, y de los valores "a" y "k" durante las dos fases de la rotación (Greenland, 1971).-

El valor de nitrógeno en el equilibrio alcanzado (N_e) debería ser de tal magnitud que el nitrógeno mineral liberado, $k \cdot N_e$, sea suficiente para producir buenos rendimientos en los cultivos.-

2.1.2.b.-Pérdidas de nitrógeno del suelo bajo pasturas.-

Allison (1955) afirma que la lixiviación es usualmente la principal fuente de pérdidas de nitrógeno del sistema suelo-planta, pero que un 5 a 25% de algún nitrógeno aplicado es comúnmente perdido por volatilización.-

Greenland (1971) considera que es probable que en Australia las pérdidas de nitrógeno se deban principalmente a la volatilización, ya que el régimen pluviométrico de ese país es insuficiente para causar un descenso pronunciado de nitratos en el perfil. Afirma que de acuerdo a los datos obtenidos por muestreos de campo y lisimetría de gases, la denitrificación puede ser un factor importante de pérdidas, y que pérdidas relativamente grandes pueden ocurrir después de arada una pastura, lo que reduciría el beneficio en nitrógeno obtenido durante la fase de praderas.-

Las pérdidas de amonio volátil, pueden ocurrir debido a la hidrólisis de la urea cercano a la superficie. La urea representa el 70 - 80% del nitrógeno total de la orina, por lo cual este proceso puede resultar en una lenta, pero continua pérdida de nitrógeno en praderas pastoreadas (Williams, 1970).-

Urea, nitritos y nitratos son solubles y son potencialmente susceptibles al lavado. Lluvias abundantes pueden traer aparejado su pérdida por lavado en suelos bajo pastura. El amonio puede ser adsorbido por el suelo y es perdido menos fácilmente por lixiviación. Es durante el período de activo crecimiento vegetal que el contenido de nitrógeno mineral del suelo permanece bajo

(citado por Williams, 1970).

(Richardson, 1938), por lo que la posibilidad de pérdidas severas por lavado durante este período es pequeña.-

2.1.2.c. - Adición por fijación no simbiótica en praderas de gramíneas puras.-

La fijación simbiótica de nitrógeno ha sido extensamente analizada (Roberts, 70, Timm y Danz, 1964; Norris, 1962; Andrew 1962) y no será analizada aquí. Cabe destacar que los considerables retornos de materia orgánica al suelo bajo pasturas, proveen de un buen sustrato para las bacterias fijadoras, así como también para las denitrificantes.-

La fijación no simbiótica ha sido tradicionalmente menospreciada. Parker (1957) encontró incrementos del nitrógeno del suelo del orden de 22 - 44 kg/há y por año, en tanto que Moore (1966) concluyó que la fijación no simbiótica puede ser de tal magnitud como para ser debidamente considerada en determinadas circunstancias.-

Guiddens et al (1971) explican el aumento en rendimiento del maíz posterior a praderas de festuca, al incremento en nitrógeno del suelo. Hay varias teorías que intentan explicar el aumento del nitrógeno del suelo bajo pasturas de gramíneas puras. Por un lado, la fijación no simbiótica de nitrógeno podría ser una de las causas (Alexander, 1961). La cantidad de residuos orgánicos acumulados en los suelos bajo gramíneas, podría suministrar una buena parte de los requerimientos microbianos de energía. Así Guiddens et al (1971) citan valores entre 2310 kg/há y 22559 kg/há de residuos en los primeros 15 cms. del suelo, en praderas de uno a cinco años de duración.-

Bacterias fijadoras de nitrógeno no-simbiótico han sido encontradas en el suelo y en hojas de festuca (Ferry, 1968, citado por Guiddens et al., 1971). A su vez, Porter y Grable (1969) demostraron una fijación apreciable de nitrógeno por no leguminosas en praderas. Whitt (1941) encontró un aumento de 112 kg/há de nitrógeno por año en una pradera de dactylis (*Dactylis glomerata*). Guiddens et al (1971) citan a Karraker et al (1962 1950) los cuales midieron un aporte anual de 33.6 kg/há. también en praderas de dactylis.-

Un cultivo de grano hace una considerable extracción de nitrógeno del suelo, dependiendo esto del cultivo en cuestión. Valores de hasta 20 kg/há de nitrógeno extraído por un cultivo de maíz, en grano, han sido encontrados (Guiddens et al., 1971). Mientras que durante la fase pastura, no hay una extracción considerable de nitrógeno, cada año, un cereal retira nitrógeno en el grano, por lo cual esta podría ser una de las causas de la acumulación de nitrógeno en praderas de gramíneas puras.-

Otra posible causa del aumento de nitrógeno observado en las capas superficiales de suelos bajo pasturas de gramíneas puede ser la absorción por las raíces de nitrógeno que había descendido en el perfil en años anteriores (Guiddens et al., 1971).-

2.1.3.- Algunas condiciones de la pastura que afectan la disponibilidad de nitrógeno.-

La cantidad de nitrógeno disponible que una pradera deja en el suelo, depende de una serie de factores (Marchesi, 1971):

- a) composición botánica;
- b) productividad de la pradera;

- c) manejo de la pradera;
- d) duración de la pastura.-

2.1.3.a.- Composición botánica

En cuanto a la composición botánica de las praderas, el efecto en la fijación de nitrógeno tiene dos aspectos: la especie de leguminosa que integra la misma y el porcentaje en que las leguminosas integran la pastura.-

Williams (1960) estableció que el rendimiento del cultivo posterior a una pradera está influenciado por la participación relativa de gramíneas y leguminosas. Encontré que el rendimiento en grano del trigo posterior a una pradera de leguminosas solamente fue superior al de aquel sembrado a continuación de una pradera mixta, y esta a su vez superó al trigo posterior a gramíneas puras. Los rendimientos en grano de trigo, sin fertilizar, fueron 4054 kg. 3662 y 2990 kg/há. respectivamente. Posteriormente, Hoyt y Hennig (1971) confirmaron la importancia de la leguminosa en el efecto de la pradera sobre el cultivo posterior, obteniendo un rendimiento de trigo de 1.320 kg/há. en promedio, en una secuencia barbecho-trigo, mientras que el promedio de rendimiento en grano cuando el antecesor fue una pradera de gramíneas fue de 670 kg/há. y 1990 kg/há cuando la pradera anterior fue de alfalfa y bromus (*Bromus inermis* Leyss). El mayor rendimiento en grano fue obtenido cuando el trigo fue precedido por un alfalfar puro, obteniéndose 2.260 kg/há. de promedio. Los rendimientos citados corresponden a trigos sembrados a continuación de praderas de 2 a 6 años de duración.-

Raininko (1968) comprobó que el rendimiento del trigo posterior a praderas mixtas y praderas de leguminosas puras fue 19 - 30% mayor que el rendimiento en grano obtenido a continuación de praderas de gramíneas solamente.-

En Oklahoma, Tucker et al (1968) compararon el rendimiento del trigo en monocultivo con el obtenido en rotaciones (3 años de gramíneas, 3 años de trigo). Los rendimientos en la rotación con gramíneas fueron mayores cuando no se fertilizaba el cereal. Si el trigo se fertilizaba con 45 kg/há de nitrógeno, los rendimientos eran similares en los dos casos. En este experimento, un cultivo de trigo sembrado a continuación de alfalfa fue muy vulnerable a la sequía, mientras que no hubo indicios de que esto sucediera en el primer trigo a continuación de gramíneas.-

Los resultados indicaron que los rendimientos fueron limitados por deficiencia de nitrógeno. Cuando se aplicó este elemento a las parcelas mientras estaban en la fase pastura, no fue suficiente para producir rendimientos máximos de trigo el primer año posterior. La deficiencia de nitrógeno en el sistema gramíneas - trigo, posiblemente enmascaró algún efecto benéfico de las gramíneas en la producción del trigo siguiente. Los autores concluyen que el trigo continuo, adecuadamente fertilizado, rendirá en la misma medida que en rotaciones gramíneas - trigo o trigo - alfalfa.-

Entonces, cuando las praderas se incluyen en rotación con cultivos, la productividad del suelo es aumentada, aunque el efecto observado depende, entre otros factores, del tipo de pradera y los rendimientos del cultivo posterior están en relación a la proporción de leguminosas presentes en la pradera. Hay concurrencia en el sentido de que las leguminosas puras tienen mayor efecto que en mezcla con gramináceas.-

Varios autores han investigado la posibilidad de que existan diferencias entre las distintas especies leguminosas. Nicol (1933) concluyó que para las condiciones de Rothamsted, la alfalfa fue la leguminosa que proporcionó mayores rendimientos del trigo posterior, seguida del trébol rojo. Williams et al (1960) encuentran que la alfalfa supera al trébol blanco, en términos del rendimiento de trigo obtenido a posteriori.-

2.1.3.b. Productividad de la pastura.-

El rendimiento del cultivo posterior a una pradera guarda relación con la productividad de la misma. Williams (1960) encontró que el rendimiento en grano del trigo posterior a pasturas aumentaba con el incremento en la productividad de la pastura, medida en términos del número de tallos de alfalfa presentes por unidad de superficia.-

La mayor productividad de la pradera se traduce en mayor peso de raíces, lo cual puede incidir en el efecto final de la pastura, dado que hay correlación positiva entre el peso de raíces aportado por la pradera y la materia orgánica del suelo en diferentes pasturas (Troughton, 1957).-

Silva (1966) estimó la cantidad de nitrógeno fijada por distintas leguminosas en La Estanzuela. La productividad de la especie de leguminosa fue la principal determinante del efecto total en kg. de nitrógeno/há. fijados anualmente. La incorporación de nitrógeno al suelo por la muerte de raíces y restos orgánicos, es función de los kg. de materia seca producidos por la pastura.-

En Nueva Zelanda, Melville et al. (1968) determinaron un efecto de las pasturas con trébol blanco equivalente a 500 kgs. de nitrógeno/há., siendo la productividad de la misma 6800 kg/há. de MS. Silva (1966) determinó un efecto de 150 kg/há., con niveles de productividad menores: 1.500 kg/há. para la misma especie.-

Esto señala la importancia de considerar la producción de la especie leguminosa en la pastura en relación al aporte de nitrógeno para el cultivo posterior. La diferencia entre especies en la residualidad de sus efectos pueden ser distintas según los ambientes considerados, ya que estos afectan su productividad.-

2.1.3.c. Manejo de la pastura.-

Muchos autores han destacado la importancia del manejo en el efecto de las praderas en los suelos. (Clement y Williams, 1964; Clement y Williams, 1967; Marchesi, 1971; Garwood et al., 1972). En general todos coinciden en que las praderas bajo pastoreo tienen un efecto mayor que bajo corte, debido a la devolución de los nutrientes extraídos en el primer caso.-

Sin embargo, en determinadas circunstancias, la devolución de nitrógeno en praderas pastoreadas puede causar una reducción en la fijación de nitrógeno por las leguminosas (Williams et al., 1960). Hay pues, dos efectos contrapuestos, y el resultado final puede depender de otros factores, aunque por lo general la ganancia por el nitrógeno devuelto es mayor que las "pérdidas" debidas a la reducción en el porcentaje de leguminosas que se puede producir en la pastura.-

Otro aspecto a considerar dentro del manejo es la fertilización de la pastura. Su efecto interactúa con el manejo (pastoreo o corte). Williams et al. (1960) encontraron que el agregado de nitrógeno en pasturas bajo pastoreo, causó aumentos en el rendimiento del trigo posterior. El retorno de nitrógeno con la excreta, aumentaría con las sucesivas dosis de nitrógeno, y compensa las pérdidas en aporte debidas a la reducción en el % de leguminosas de la pradera (en este caso, trébol blanco).-

En cambio en las praderas de corte el aumento de la dosis nitrogenada deprimió progresivamente el rendimiento del trigo posterior, lo cual se debió a que la contribución del trébol blanco en la pastura fue disminuyendo con el aumento en el agregado de nitrógeno. El % de trébol blanco en las praderas, cuando se agregaron dosis altas de nitrógeno fue muy bajo (las dosis más altas fueron 140 y 280 lb/acre/año de N).-

Entonces se concluye que si bien bajo pastoreo la fertilización deprime el % de leguminosas en la mezcla, debido a la devolución de nitrógeno a través de los animales, hay un aumento en el rendimiento del cultivo posterior, mientras que bajo corte la disminución porcentual de la leguminosa en la pradera va acompañada del retiro del nitrógeno en el forraje, por lo cual el aumento en el agregado de nitrógeno como fertilizante en este caso, deprimirá el rendimiento del cultivo posterior.-

2.2.- Propiedades físicas.-

Es conocido que la condición física de un suelo sometido a pasturas luego de varios años de cultivo, cambia. Diversos autores comprobaren cambios en la estabilidad de agregados al agua (Low, 1955; Jones, 1966; Low, ^{et al.} 1963). resistencia de los agregados húmedos a los efectos de simulación de la lluvia (Low, ^{et al.} 1963); drenaje (Low, ^{et al.} 1963); pérdidas por erosión (Mannering et al, 1968); facilidad del laboreo del suelo (Williams, 1960).-

2.2.1.- INCIDENCIA DE ESTE FACTOR SOBRE EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS.-

Sin embargo, a pesar de la amplitud de los estudios sobre el tema, aún no están totalmente aclarados todos los mecanismos por los que la mejora de las condiciones físicas del suelo producida por una pradera, afectan los rendimientos del cultivo siguiente. Es decir, no hay evidencias concluyentes que indiquen que el mejoramiento de la condición física del suelo después de una pastura contribuya a mejorar los rendimientos de los cultivos posteriores.-

Cooke (1967) destaca que la mayoría de los experimentos diseñados para determinar los beneficios de pasturas en rotaciones con cultivos, sólo ocasionalmente han atribuido la mejora en rendimiento de los mismos a los cambios en la condición física del suelo.-

Clement (1961) estudió la influencia conjunta del status de nitrógeno del suelo y la estabilidad de agregados en el rendimiento en grano del trigo posterior a praderas, mediante un análisis de regresión múltiple. Cuando el efecto directo del tenor de nitrógeno del suelo se descarta del modelo matemático, el coeficiente de regresión de la absorción de nitrógeno del trigo sobre la agregación estable al agua (medida inmediatamente antes de arar la pradera), es negativo y no significativo, lo cual demostraría que los cambios en la estabilidad de la estructura de los suelos de Hurley, bajo pasturas, no tienen efectos significativos en el rendimiento del trigo.-

Low (1973) establece que la estructura puede ser un factor de importancia en determinar los rendimientos a causa de su influencia en la aereación del suelo, disponibilidad de agua, drenaje y desarrollo radicular, pero el estudio del efecto de las praderas en la condición física del suelo debe tener presente que un determinado estado estructural del suelo puede afectar adversa o benéficamente los rendimientos en un año dado, pero no hacerlo en otro. La presencia de diferencias visibles, puede depender de las condiciones ambientales.-

Entonces, si la disponibilidad de agua de un suelo es baja, una sequía durante un estado crítico del desarrollo puede reducir considerablemente los rendimientos, pero si el año se presenta con adecuada pluviosidad, la influencia de algún cambio en este factor, debido al manejo anterior, puede ser escasa. Low (1973) concluye que la principal razón por la cual las mediciones de la estructura no proveen buenas correlaciones con el rendimiento durante un período de varios años en un suelo dado, es la variación en pluviosidad.-

Mientras que es relativamente fácil establecer relaciones entre el suministro de nitrógeno, fósforo y potasio y el máximo rendimiento, es más difícil determinar la importancia de los factores físicos, ya que la influencia de un factor determinado puede variar de un día al otro, y de estación en estación (Low et al, 1963).-

Entonces, las diferencias en preparación de las sembraderas para cultivos de invierno, según que el manejo anterior sea pasturas o cultivos, varían según sea una estación húmeda o seca. El manejo es mejor después de una pradera que a continuación de varios años de cultivos cerealeros, y si bien esto es una ventaja en inviernos húmedos, puede ser de poca importancia en inviernos secos.-

Low et al (1963) concluyeron que mientras que el mayor efecto de una pradera en el rendimiento del cultivo siguiente es debido probablemente al aumento en el suministro de nitrógeno, los cambios en la condición física de los suelos causados por la pastura, pueden tener influencia considerable, dependiendo ello de las condiciones ambientales.-

2.2.2.- CAMBIO EN DIVERSAS PROPIEDADES

Greenland (1971) estableció que la magnitud de los cambios en la condición física y la tasa a la cual ellos ocurren, difieren entre los distintos tipos de suelo y dependen de la composición botánica de la pastura y su vigor, pero en la mayoría de los casos la dirección del cambio es constante. Se pueden englobar los efectos de las praderas en los siguientes términos:

- 1) aumento de la porosidad de los suelos;
- 2) aumento de la estabilidad de agregados y micro agregados;
- 3) descenso en la resistencia mecánica a la penetración de raíces.-
- 4) aumento en la retención de agua para una succión dada e incremento en el agua disponible.-

Como consecuencia de estos cambios hay una mejora en la infiltración de agua, permeabilidad y una disminución en la susceptibilidad a la erosión.-

Greenland (1971) establece que el efecto de las praderas en la condición física del suelo es debido a una combinación de fuerzas físicas asociadas con el crecimiento radicular y la actividad de la fauna del suelo, y a modificaciones de las fuerzas existentes entre partículas, debido a los compuestos orgánicos.'

La proliferación de raíces juega un rol importante en la restauración de un suelo a un estado en el cual está integrado principalmente de agregados estables al agua y porosos, durante la fase de pasturas. Las raíces de las plantas pueden tener dos efectos en la estructura (Russell, 1971):

1) Por crecer a través del suelo, hacen canales y algunos ápices ejercen suficiente presión para empujar partículas del suelo, cambiando la distribución del espaciado poroso en el ambiente en el cual se mueven.-

2) Cuando las raíces mueren, algunas de las bacterias que descomponen las raíces y viven en la superficie de las mismas, producen sustancias cementantes las cuales difunden en las paredes del canal formando por la raíz en el suelo.-

Entonces, la raíz no sólo produce un canal en el suelo mientras viven, sino que a su muerte se estabilizan las paredes del mismo, a través de las sustancias mucoilaginosas producidas por bacterias. Según Russell esto tiene la importante consecuencia de que la estabilización de la estructura tiene lugar solamente en las zonas de crecimiento de las raíces o descomposición de las mismas, por lo cual el efecto no es uniforme en toda el área del suelo. Esto significaría que la estabilización es valiosa siempre que el suelo no sea perturbado. Si el suelo es cultivado, gran parte de la diferencia en agrega

gación entre el suelo bajo pasturas y el mismo suelo bajo rotación de cultivos, puede desaparecer (Emer son y Dettman, 1959, citados por Russell, 1971). La consecuencia de esto, es que el laboreo puede anular una buena parte del efecto de las raíces de la pastura, al romper el sistema de canales estabilizados formados por las mismas. Por ello, las técnicas basadas en mínimo y laboreo serían de labor cuando suelos bajo pasturas se destinan a cultivos'-

Jones ^{etal.} (1966) encontró una cantidad mayor de agregados mayores a 1 mm. de un suelo sometido a rotación cultivos-praderas asociadas (festuca + legu minosas) que en el mismo suelo bajo cultivo continuo. En el primer año de pastura, luego de tres años de cultivos, hubo un pequeño aumento en los agregados grandes, con un correspondiente descenso en el % de agregados pequeños. El efecto fue pronunciado en el segundo año de pasturas y decreció cuando se revertió a cultivos.-

Tal vez de mayor importancia que el tamaño de agregados, sea su resistencia a la influencia disruptiva del humedecimiento. Esta característica es medida por la estabilidad al agua de agregados que miden entre 3 y 5 mm. en la experiencia de Jones (1966) y fue mayor cuando el suelo estuvo bajo pasturas en rotación con cultivos que cuando se realizaban cultivos de continuo: el % de agregados estables al agua fue de 78% bajo pasturas, 64 - 67% bajo rotación cultivos - praderas mixtas, y 34 - 47% en secuencias de cultivos solamente.-

Carreker et al (1968) compararon varias rotaciones, algunas con praderas de distinta composición botánica y duración, con el maíz creciendo en monocultivo, en su efecto sobre las propiedades físicas de un suelo liviano. No encontraron diferencias en la distribución del tamaño de partícula y en la porosidad total, pero sí hubo un aumento en la estabilidad de los agregados y velocidad de infiltración en el suelo bajo pasturas.-

2.2.3.- IMPORTANCIA DE LAS GRAMINEAS

Greenland (1971) destaca la importancia de la naturaleza y distribución de las raíces en el efecto sobre las propiedades físicas del suelo. Las especies que producen numerosas y finas raíces tienen una influencia superior en las propiedades físicas que aquellas con raíces largas y menos numerosas. Debido a ello, las gramíneas son más eficaces en mejorar la estructura del suelo, y tradicionalmente se ha atribuido a las leguminosas el aumento en el tener de nitrógeno del suelo bajo pasturas mientras que las gramíneas serían responsables de la mejora en la condición física del suelo, en tanto que ambas contribuyen al aumento en materia orgánica del suelo (Troughton, 1964).-

Russell (1971) distingue dos efectos de las gramíneas en las propiedades físicas: estabilizar la estructura del suelo y hacer más friables los suelos de texturas pesadas. Mientras la estabilidad de la estructura es mejorada rápidamente en los suelos de cultivo cuando se pasan a pastura, el efecto en la "friabilidad" lleva mucho más tiempo.-

Adams (1974) señala que es beneficioso para el suelo la incorporación de pasturas con festuca en rotación con cultivos, porque hay una mejora en la condición física del suelo, en la estabilidad de la superficie a los impactos de las gotas de lluvia, lo cual permite una mayor retención de agua y causa menores pérdidas por erosión cuando el suelo posteriormente se cultiva con cereales.-

La estabilidad al agua de los agregados (3-5 mm.) fue mayor en el suelo bajo pastura que en cultivo continuo en una experiencia de Jones ^{et al.} (1966). Se encontró que el porcentaje de agregados estables al agua fue mayor cuando la pastura fue a base de festuca (78%), que cuando consistió de alfalfa solamente (45%). Cuando se volvía a la fase de cultivos el descenso en el % de agregados estables al agua que se observó el segundo año fue menor en el caso de praderas con festuca, lo cual indica que el efecto de las gramíneas no sólo fue mejor, sino que duró más tiempo.-

Comparando varias gramíneas entre sí, Troughton (1961) encontró que las pasturas con raigrás producían más peso de raíces que las pasturas de dactylis. A su vez el % de agregados estables al agua fue mayor en el caso de raigrás, aunque las diferencias no fueron significativas. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Clement y Williams (1958): el porcentaje de agregados estables al agua ^{fué} mejor en praderas de raigrás que en las de dactylis. Clarke et al (1967, citados por Greenland, 1971) encontraron que el raigrás es más efectivo que el falaris en producir agregados estables al agua. Sin embargo, las diferencias entre las

distintas especies de gramíneas no son de tal entidad como para tener importancia práctica.-

2.2.4.- RIESGO DE EROSIÓN.-

Además de sus efectos en el rendimiento de los cultivos, el mantener el suelo en buena condición física reduce las pérdidas por erosión y facilita su cultivo (Logan, 1960, citado por Greenland, 1971).-

La efectividad de las pasturas en rotación con cultivos para reducir las pérdidas por erosión es conocida. Los estudios de Bartholomew et al (1939), Wilson y Browning (1945), Johnson et al (1953) y Wischmeier (1960), registran en el primer año de maíz posterior a pasturas, pérdidas de suelo que varían entre 14 y 68% de las observadas en el mismo suelo bajo maíz continuo.-

Mannering et al (1968) estudiaron el efecto de varias rotaciones variando en intensidad de cultivo, desde maíz en monocultura hasta maíz alternando con tres años de pradera, sobre las pérdidas del suelo por erosión. Encontraron que la efectividad de las pasturas en reducir las pérdidas por erosión, descendía rápidamente después del primer año de maíz posterior a la pradera. Las pérdidas de suelo en el primer, segundo, tercer y cuarto año de maíz posterior a praderas de Bromus inermis (L) y Medicago sativa (L.), fueron 47, 17, 10 y 3% menor, respectivamente, de las pérdidas obtenidas en monocultivo de maíz. De todas las medidas físicas y químicas hechas en su estudio, concluyen que la estabilidad de los agregados al agua fue el mejor indicador del riesgo de erosión del suelo. La estabilidad de los agregados al agua fue mayor en las parcelas precedidas

de pastura y descendió marcadamente con los sucesivos años de cultivo.-

A medida que la agregación del suelo aumentaba, la infiltración aumentaba y las pérdidas de suelo de crecían. Las diferencias en agregación explicaban el 69% de la variación en infiltración ($r = 0.83^{++}$) y 71% de la variación en pérdidas de suelo, en uno de los años del experimento (1964).-

Esta relación dependía de la humedad inicial presente en el suelo. En el año siguiente, con un contenido inicial mayor que el año anterior, debido a las lluvias, la agregación explicó solamente el 36% de las diferencias en infiltración, aunque explicó el 77% de las variaciones en pérdidas de suelo.-

Hobbs (1971) en un estudio de cinco rotaciones en Manhattan, concluye que si bien las rotaciones con pasturas no elevaron los rendimientos de trigo y sorgo en relación a los obtenidos en monocultivo, si la erosión hídrica no puede ser controlada en determinados suelos, el daño puede atenuarse por incluir pasturas.-

La condición estructural del suelo y la estabilidad de la superficie del suelo para soportar el impacto de la lluvia son factores importantes que afectan la absorción de agua y la susceptibilidad a la erosión.- Adams (1974) comprobó que rotaciones con festuca o *Melilotus alba*, resultaron en mayor cantidad de agregados estables al agua en los 0 - 15 cms. de un suelo pesado, mayor retención de agua y menores pérdidas de suelo en comparación con sorgo continuo en el mismo suelo.-

El contenido de agregados estables al agua, sería entonces un buen indicador de la susceptibilidad a la erosión (Adams, 1974), lo cual concuerda con las conclusiones de Mannering et al (1968), y aumenta en suelos bajo pasturas.-

2.3.-Otros efectos de las pasturas en la fertilidad del suelo.-

Además de los efectos de las praderas en el tenor de nitrógeno del suelo, y las propiedades físicas del mismo, otras propiedades del suelo son afectadas.-

Las cantidades de azufre orgánico y fósforo aumentan (Williams y Donald, 1957), de manera similar al incremento en N y la tasa de aumento de la materia orgánica es a menudo influenciada por la cantidad de fosfato inorgánico y sulfatos en el suelo.-

Williams y Donald (1957) demostraron que la cantidad de superfosfato agregado a una pastura, a menudo determina la tasa a la cual la materia orgánica se acumula.-

La acumulación de materia orgánica provoca un aumento en la capacidad de intercambio catiónico del suelo (Williams y Donald, 1957). Greenland(1971), cita a Edwards (1966), el cual estableció que la ma

teria orgánica del suelo juega un papel importante en absorber e inactivar los residuos de varios pesticidas. Donde la persistencia de estos materiales o sus productos de descomposición sea cuestionable, puede llegar a ser importante el mantenimiento de un buen nivel de materia orgánica. En este aspecto, y en relación a la importancia general de los suelos como un buffer mitigando la contaminación del ambiente, las pasturas tienen un efecto importante en mantener y aumentar los niveles de materia orgánica del suelo.-

Ripley (1941) establece que las leguminosas aumentan la actividad bacteriana del suelo, lo cual contribuye al efecto benéfico de las praderas. Este autor cita a Headden (1930) que atribuía los efectos benéficos de las leguminosas a la gran cantidad de CO_2 producida en el suelo por sus raíces. El CO_2 producido se combina con el agua del suelo, para formar ácido carbónico, el cual aumenta la disponibilidad de potasio en el suelo. También el CO_2 aumentaría el ácido fosfórico soluble en el suelo.-

3.- Duración de la pastura y sus efectos.-

Los datos de Mannering et al (1968) indican que dos o más años de pradera son significativamente más efectivos que un solo año para reducir las pérdidas de suelo en el cultivo siguiente, en su caso el maiz. No hubo diferencias consistentes entre los rendimientos de forraje obtenidos en el primer, segundo y tercer años de pradera, lo que indicaría que el rendimiento en sí mismo no fue la causa principal de las diferencias en pérdidas del suelo, obtenidas de acuerdo a los años de pastura precedentes.-

El tiempo que las praderas de alfalfa tuvieron en producción, no tuvo ningún efecto en el rendimiento del trigo posterior (Heyt y Hennig, 1971). Lyon y Bizzell (1933) encontraron que la alfalfa incrementaba considerablemente el rendimiento de trigo posterior y que era irrelevante el hecho de que la alfalfa creciera uno o tres años.-

Heard (1969) encontró que las diferencias en la estructura del suelo, después de un año de pradera o tres años y medio, no tenían efecto en el rendimiento en grano del trigo posterior.-

Low et al (1963) estudiaron el efecto de rotaciones con pasturas de diferente duración en las propiedades físicas y químicas del suelo. Una rotación 2 años pasturas - 3 años cultivos, mantuvo el nivel de nitrógeno del suelo en aproximadamente 0.16% en un suelo limo arenoso, mientras que hubo una tendencia a aumentar este valor en las rotaciones con tres años de pastura, y a decaer en aquellas con un año de pastura y cuatro de cultivos.-

En este ensayo, la estabilidad de agregados al agua aumentó en proporción al número de años en que el suelo estuvo bajo pasturas. El % de agregados estables al agua mayores a 0.5 mm fue 19.02; 14.27; 6.13 y 1.29 según que el suelo estuviera tres, dos o uno o ningún año bajo pastura.-

También las praderas mejoraron las características de drenaje, aumentaron la porosidad a capacidad de campo y mejoraron la condición del suelo para ser trabajado. El alcance de estos cambios estuvo marcadamente relacionado al número de años en que el cultivo estuvo bajo pradera.-

Guiddens et al (1961) encontraron que el rendimiento en grano del cultivo de maíz aumentaba cuanto mayor era la duración de la pradera de festuca pura que le precedía, en un rango de 0 - 5 años de duración.-Ajustaron la siguiente ecuación: $y = 2.268 + 649 X$ ($r = 0.895^{**}$) lo cual indica que cada año más de pastura importa 649 kgs. de rendimiento en grano. No encontraron aumento en la estabilidad de agregados al agua ni disminución de la densidad aparente de acuerdo a la duración de la pastura, pero sí reportan que los residuos orgánicos aportados por la pastura eran mayores a medida que la edad de la pastura aumentaba. La velocidad del aumento a partir del tercer año de edad de la pastura, declinó.-

Greenland (1971) utiliza un modelo matemático simple para estimar la duración de la fase pastura en relación a la fase de cultivos requerida para mantener el nivel de nitrógeno en un valor de equilibrio satisfactorio, Si llamamos t_c y t_p a la duración de la fase de cultivos y pastura respectivamente, la pérdida de N durante la fase de cultivos es $\frac{dN}{dt} \cdot t_c$ y la ganancia bajo pastura es

$$\frac{dN}{dt} \cdot t_p$$

El contenido de N durante las dos fases será aproximadamente igual a N_m (el valor de equilibrio). Entonces si ese equilibrio es mantenido, las pérdidas deben ser iguales a las ganancias, por lo cual, según la ecuación clásica del cambio en el contenido de N del suelo (Bartholomew y Kirkham, 1960):

$$(-k_c \cdot N_m + a_c) t_c + (-k_p \cdot N_m + a_p) t_p = 0$$

donde N_m es el nivel de N presente en el equilibrio, k_c es la constante de descomposición durante la fase de cultivos, y k_p corresponde a la fase de pasturas; a_c y a_p corresponden a la constante de acumulación en las fases de cultivos y pasturas respectivamente.-

$$\text{Entonces: } \frac{t_c}{t_p} = \frac{a_p - k_p \cdot N_m}{k_c \cdot N_m - a_c}$$

Asignando valores a las constantes de acumulación y descomposición en las dos fases, se puede calcular la duración relativa de las fases de pastura y cultivo, para mantener un determinado nivel de nitrógeno del suelo. Es posible deducir que para un conjunto de valores "a" y "k", cuanto mayor es la duración de la fase de pastura, el valor de equilibrio es mayor, por lo cual las praderas de larga duración alcanzan niveles altos de nitrógeno en el suelo.-

Low (1972) midió los cambios en la estabilidad de agregados al agua y otras medidas en un suelo bajo una rotación 3 años praderas, 3 años cereales, diez años después de establecida. Encontró que esta relación entre la duración de la fase pastura y la dura

ción de la fase de cultivos fue correcta para mantener en buen nivel las propiedades físicas y químicas del suelo. Un año más de pastura proporcionó poco incremento en la estabilidad de los agregados al agua.-

Existen evidencias que indican que la naturaleza del efecto que tiene la duración de la pastura en el nivel de nitrógeno cambiará de acuerdo al aporte o no de fósforo como fertilizante. Donald y Williams (1954), citados por Watson, (1969) concluyeron que había una relación lineal entre la cantidad de superfosfato aplicada en pasturas de trébol subterráneo y el tenor de N del suelo, pero Russell (1960) no encontró esa relación y consideró que una vez que los requerimientos iniciales de fósforo de la pastura están satisfechos, la duración de la pastura es el único factor directamente relacionado al tenor de nitrógeno del suelo.-

Watson (1969) encontró que mientras la relación entre edad de la pastura y porcentaje de N del suelo era lineal cuando no se agregaba superfosfato -- ($r^2 = 0.78$), el ajuste de una regresión cuadrática ($r^2 = 0.96$) era más conveniente cuando 42, 125 y 375 kg/há de superfosfato se agregaban por año, respectivamente.-

En el mismo experimento Watson encontró que el carbono orgánico aumentó en el suelo, con el aumento en la duración de la pastura, pero la tasa de aumento fue menor que la del N, por lo cual la relación C/N decreció de 18/1 en el primer año de pastura, a un valor de 12/1 en el décimo año (1952-1962).-

Uno de los problemas que surgen al discutir la duración ideal de la pastura es que el tipo de pastura deseable para pastoreo o para incrementar la fertilidad del suelo no necesariamente coinciden. Sears y Evans (1953, citados por Watson, 1963) establecen que una pastura con predominio de gramíneas, aunque es muy productiva, contribuye poco al N del suelo, en cambio una pastura con alto contenido porcentual de leguminosas proporciona mayor aporte de N al suelo, aunque este tipo de pastura no siempre es el deseable desde el punto de vista del pastoreo, por los desórdenes que puede suscitar el exceso de leguminosas en la mezcla, en el animal que pastorea.-

Desde el punto de vista de los cultivos, la pradera de corta duración (2 años) proporciona beneficios máximos ya que el aporte de nitrógeno al suelo disminuye en los años posteriores a medida que la participación porcentual de leguminosas decrece. Así Watson (1963) opina que el éxito de rotaciones con pasturas de corta duración depende de la composición y producción de la pastura durante el período de pradera. En base a ello, recomendaba para el área de Kojonup, Australia, utilizar uno o dos años de pradera seguido de un solo año de cultivos antes de revertir a praderas.-

4.- Residualidad de los efectos.-

La duración del efecto beneficioso de las pasturas depende de varios factores. Nicol (1933) analizando los

resultados obtenidos en los ensayos de rotaciones de Rothamsted entre 1899 y 1922, estableció que el efecto beneficioso de las leguminosas se reflejaba en el incremento en grano de los cultivos siguientes, aún varios años después. Encontró que el valor residual de la alfalfa era marcadamente superior al del trébol rojo, y estas dos especies a su vez superaban a otras seis leguminosas entre las que figuraba el trébol blanco. Los efectos beneficiosos de la alfalfa en el cultivo del trigo perduraban luego de cinco años de trigo sin fertilizar.-

Russell (1961) comenta los experimentos en Agdell Field, Rothamsted, los cuales indicaban que una pastura de trébol rindiendo 6.500 kg/há beneficiaba al suelo por lo menos tres años. Rigley (1941) sugirió que una pradera de trébol de un año de duración podía tener efectos beneficiosos durante el segundo y aún el tercer año de cultivo posterior. En opinión de Russell, (1961) sería prudente asumir que los efectos residuales son pequeños en el segundo y tercer año de cultivo posterior a una buena pradera de tréboles.-

Mannerling et al (1968) encontraron que aun que algún efecto residual de una pradera mixta (*Bro nus* sp. - *Medicago sativa*) sobre la retención de agua y pérdidas por erosión de un suelo, fue detectado después de dos años de cultivo de maíz, la mayoría del efecto había desaparecido el primer año. En cambio, Adams et al (1970) comprobaron que una pradera de *Festuca arundinacea* (Schreb.) y trébo, de tres años o más de duración, en un suelo arenoso-franco, tuvo un efecto benéfico en el rendimiento del maíz posterior, por lo menos hasta cuatro años después de arada la pradera.-

Adams (1974) estudió la duración del efecto residual de pastura de gramíneas (*Pestuca arundinacea* Schreb. y *Avena sativa* L.) y leguminosas (*Melilotus alba* Desr.) en las propiedades físicas de un suelo pesado y en el rendimiento del cultivo de sorgo sembrado a continuación de las pasturas hasta la desaparición del efecto residual de las mismas. En el primer año de sorgo hubo diferencias significativas al 5% en la retención de agua y pérdidas del suelo en favor de las rotaciones con pasturas, en relación al monocultivo de sorgo. Un año después, veinte meses después que las praderas habían sido aradas, las parcelas que previamente estaban con festuca todavía mostraban superioridad en estas dos características sobre el monocultivo de sorgo y la rotación avena-sorgo. En 1957, treinta y dos meses después, no hubo diferencias en retención de agua y pérdidas de suelo entre todos los tratamientos, por lo cual se consideró desaparecido el efecto residual en estas características.-

Adams encontró ciertos efectos residuales del trébol dulce en la retención de agua y el efecto sobre la estabilidad desapareció después de un año de sorgo. Haller y Kemper (1962) reportan que el efecto residual de la alfalfa en la estabilidad de agregados decreció apreciablemente después de una estación de crecimiento. Sin embargo, en el estudio de Adams (1974) cinco cultivos de sorgo forrajero no causaron cambios en el contenido de materia orgánica en parcelas sometidas previamente a rotaciones festuca-sorgo o avena-sorgo.-

Otros investigadores también encontraron que la descomposición de la materia orgánica es más rápida en los residuos de leguminosas que en los de gramíneas (Clark y Hallam, 1953, citados por Adams, 1974).-

Low et al (1963) comprobaron que mientras después de dos años de cultivo, el efecto de una pradera de tres años de duración en la estabilidad de agregados al agua se mantenía aún, el efecto de una pradera de dos años ha bía desaparecido en gran parte y el de una pastura de un año había desaparecido por completo. La duración de la pra dera aparece así relacionada con el efecto residual.-

Russell (1961) analiza los experimentos de Woburn (1941 - 1956) los cuales sugieren que una pradera de alfalfa de tres años de duración, o una pastura trébol- raigrás pastoreada, de tres años, pueden afectar hasta al tercer cultivo posterior a las mismas. El efecto residual de una pradera, sin embargo, depende del manejo que se le brinda, dado que si el manejo tiende a favorecer al trébol, parti cularmente en la estación previa a la arada de la pradera, los efectos residuales pueden ser mayores que si el maneje previo causó un predominio de gramíneas.-

III - MATERIALES Y METODOS

Este estudio forma parte de un experimento iniciado en otoño de 1972 en el Centro de Investigaciones Agrícolas Dr. Alberto Boerger, Estación Experimental La Estanzuela, cuyos objetivos son:

- 1) Estudiar el efecto de distintas leguminosas en asociación con festuca en cuanto al suministro de nitrógeno al cultivo de trigo posterior y determinar la duración de su efecto en cultivos sucesivos de este cereal.-
- 2) Evaluar directa e indirectamente el efecto de praderas en distintas asociaciones sobre las propiedades físicas del suelo.-
- 3) Estimar comparativamente el nitrógeno fijado por cada leguminosa en el año de implantación y en años siguientes.-
- 4) Determinar por medio de análisis de suelos, la capacidad de nitrificación de un suelo pardo de pradera sobre Libertad.-

Dentro de este contexto, el período de estudio de este trabajo abarca desde junio de 1976 a diciembre del mismo año, duración del ciclo del primer cultivo de trigo posterior a la pastura.-

Descripción del suelo

De acuerdo a la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay, tomo I, Clasificación de Suelos, el Suelo utilizado en este ensayo corresponde al Orden de los Suelos Melánicos, Gran Grupo Brunosoles, subéctrico típico. Está situado en el Campo experimental N° 4, faja 1B de la Estación Experimental, sobre Formación Libertad.-

Este Suelo tiene un horizonte superficial pardo muy oscuro, de textura franco limosa a franco arcillo limosa de 15 - 20 cms. y le sigue un horizonte pardo grisáceo oscuro arcillo limoso hasta los 75 cms. apareciendo a veces con algún moteado rojizo. El material madre es pardo, franco arcilloso y tiene un horizonte de carbonatos. Es el más extendido en la Estación Experimental, siendo característico de laderas con pendientes de 2 - 5%, y es un fiel exponente de los suelos agrícolas del litoral, degradados por muchos años de agricultura.-

En el Cuadro 1 se observa el peso del suelo a distintas profundidades de estudio, cálculo hecho mediante la determinación de su densidad aparente.-

Las características químicas del suelo determinadas en el otoño de 1972, previo a la siembra de las praderas, se muestran en el cuadro N° 2.-

Cuadro 1. - Peso del suelo (kg/há.) a cada profundidad, calculado a partir de su densidad aparente (gr/cm³).-

<u>Profundidad</u>	<u>Densidad Aparente</u>	<u>Peso del suelo</u>
0 - 10 cm.	1.36 gr/cm ³	2.720.000 kg/há
20 - 40 cm.	1.48 gr/cm ³	2.960.000 kg/há
40 - 60 cm.	1.47 gr/cm ³	2.940.000 kg/há

Cuadro 2. - Características químicas del suelo, en sus 20 cms. superiores, a la instalación de las pasturas.

Bloque	pH		Materia Orgánica (%)	N total (%)	P (ppm) Bray N°1	Resinas
	H ₂ O	KCl				
I	5.4	4.7	3.3	0.19	4.4	6.2
II	6.8	5.2	3.2	0.20	6.6	7.6
III	6.0	4.8	3.4	0.20	6.1	6.9

Diseño experimental

El ensayo se planteó en el campo como bloques al azar, con tres repeticiones. Los distintos tratamientos surgen de la combinación de cuatro tipos diferentes de pasturas y tres edades de duración de las mismas, más un testigo sin pastura (barbecho).-

En el año 1972 se realiza la primera siembra (4 parcelas por bloque); en 1973 se sembraron cuatro más y por último en el año 1974 se completó la misma con las últimas cuatro parcelas.- En 1976 se aró el ensayo, siendo entonces la duración de las praderas 2,3 y 4 años.-

En ese año, al sembrar el cultivo de trigo se introduce un nuevo factor, la fertilización nitrogenada en cuatro niveles: 0, 50, 100 y 150 kgs de N/ há., dividiéndose entonces cada parcela original en cuatro subparcelas, aleatoriamente, por lo cual los datos del cultivo de trigo se analizan como parcela dividida.-

Tratamientos. Los tratamientos son:

a) En parcelas grandes:

- 1) Festuca sola - 2 años de duración
- 2) Festuca sola - 3 años de duración
- 3) Festuca sola - 4 años de duración
- 4) Festuca + Trébol Blanco (2 años de duración)
- 5) Festuca + Trébol Blanco (3 años de duración)
- 6) Festuca + Trébol Blanco (4 años de duración)
- 7) Festuca + Trébol Rojo (2 años de duración)
- 8) Festuca + Trébol Rojo (3 años de duración)
- 9) Festuca + Trébol Rojo (4 años de duración)
- 10) Festuca + Alfalfa (2 años de duración)
- 11) Festuca + Alfalfa (3 años de duración)
- 12) Festuca + Alfalfa (4 años de duración)
- 13) Barbecho

b) En subparcelas:

Nivel 0 - 0 kg/há de N aplicado

Nivel 1 - 50 kg/há de N aplicado

Nivel 2 - 100 kg/hás. de N aplicado

Nivel 3 - 150 kg/há. de N aplicado

De la combinación de los trece tratamientos en parcelas principales con los cuatro niveles de fertilización nitrogenada surgen los 52 tratamientos que conforman el experimento.-

Las parcelas grandes eran de 9 mts. de ancho por 20 mts. de largo, pero para eliminar efectos de borde se utilizaron 8 x 18 mts. Cada parcela grande está constituida por cuatro subparcelas de 2 x 18 mts. cada una.-

Cada subparcela fue dividida en dos partes: una fracción de 2 x 13 mts. Se utilizó para determinar el rendimiento en grano de cultivo; la otra fracción, de 2 x 5 mts. se utilizó para muestrear el cultivo durante el ciclo del mismo.-

Manejo

La preparación del suelo para la siembra de las pasturas se realizó de manera convencional. Previo a la misma se aplicaron 500 kgs. de superfosfato 22/24 en toda el área experimental.-

El 23 de mayo de 1972 se sembró por bloques:

- una parcela de Festuca pura.-
- una parcela con Festuca + Trébol Blanco.-
- una parcela de Festuca + Trébol Rojo.-
- una parcela de Festuca + Alfalfa.-

Una parcela se dejó en barbecho, sin vegetación.-

Las cantidades sembradas ese año fueron las si
guientes:

- Festuca (var. Festuca arundinácea,
var. K 31)..... 16 kg/há.
- Festuca en mezclas..... 10 kg/há.
- Trébol Blanco (Trifolium repens,
var. Zapicán)..... 3 kg/há.
- Trébol Rojo (Trifolium pratense,
var. Estanzuela)..... 7 kg/há.
- Alfalfa (Medicago sativa, var. Est.
Chaná)..... 14 kg/há.

Para determinar el rendimiento de las pasturas se realizaron cortes con una pastera Gravely cuando las praderas alcanzaban una altura promedio de 20 cms., a una altura de corte de 4 cm. En cada corte se tomó una muestra a la cual se le hizo análisis botánico, determinación de materia seca y análisis de laboratorio para determinar N total.-

Luego de realizados los cortes con pastera, se pasó una rotativa, dejándose el ferraje picado sobre la pastura.-

En 1973 previo a la siembra se fertilizó con su perfosfato 21/23 a una dosis de 300 kg/há. El 7 de mayo se sembraron las doce parcelas correspondientes a ese año, utilizando las mismas dosis de siembra del primer año.-

Los cortes se hicieron siguiendo el mismo criterio utilizado el año anterior.-

En 1974, el 20 de mayo, previa fertilización general de toda la faja con 300 kg/há. de superfosfato granulado 22/24, se sembraron las últimas doce parcelas. También se resembraron con Trébol Rojo las tres parcelas de Festuca + T. Rojo sembradas en el año 1972.-

Los cortes realizados este año se efectuaron de la misma forma que en los dos años anteriores. Las parcelas de barbecho se trataron de mantener libres de vegetación, mediante labores muy superficiales. En 1974, debido al enmalezamiento existente se araron nuevamente y se sembraron con trigo de la variedad Estanzuela Sabiá, a razón de 110 kg/año/há. Al año siguiente se repitió la misma con 120 kg/há. de Estanzuela Dolores.-

El 1° de agosto de 1975 se refertilizó el área experimental con 300 kg/há. de superfosfato 21/23. Durante este año nuevamente se realizaron cortes.-

En el año 1976, el 15 de marzo se hizo el último corte de rendimiento en las parcelas. Luego se pasó una cortadora rotativa y posteriormente se aró toda la superficie del ensayo.-

El 25 de mayo se rastreó con excéntrica y un mes después, el 22 de junio se pasó rastra de dientes. Se aplicó Aldrin 24 (10 lt/há) para controlar la isoca, incorporándose con rastra de discos. El laboreo secundario se terminó con una pasada de rastra de dientes, sembrándose con trigo de la variedad Estansuela Farariras el día 22 de junio de 1976 con una densidad de siembra de 110 kg/há.-

Al mes de la siembra y sin que hubiera llevido hasta el momento, se registró una precipitación pluvial de 120 mm. en pocas horas.-

El 13 de agosto se fertilizó con urea en las subparcelas. El cultivo se encontraba algo ralo y comenzando a macollar.-

Determinaciones

a) en el campo. El 16 de agosto, a los 55 días post-siembra se realizó el primer muestreo de plantas. Se tomaron al azar 2 hileras del cultivo, de 1 metro de longitud cada una, dentro de la superficie destinada a muestreo. El área muestreada por subparcela fue de 0,3 m². Las plantas se cortaban en la base del tallo, a nivel del suelo.-

El 27 de agosto se aplicó 2,4 D amina a una dosis de 1.600 lts. de principio activo por há.-

A los 84 días de la siembra, el 14 de setiembre, se realizó el segundo muestreo, de la misma forma que el anterior y en un área de 0,3 m² por subparcela.-

El tercer muestreo se hizo el día 19 de octubre (120 días post-siembra). Se tomó la misma superficie de muestreo que en los dos muestreos anteriores.-

El 20 de noviembre se aplicó Endrex a razón de 1,2 lt/há. de activo, al constatarse un fuerte ataque de lagarta.-

El 26 de noviembre (157 días post-siembra) se realizó el cuarto muestreo, tomándose 2 hileras de 0,8 mts. de largo cada uno por lo cual el área muestreada fue de 0,24 mt².-

Una granizada afectó seriamente el cultivo el 24 de diciembre, produciéndose pérdidas del orden del 30 -40 %. Cinco días después se efectuó el último muestreo en un área de 0,15 mt² por subparcela, y tomándose solamente el primer bloque. Por lo tanto se hicieron cinco muestreos durante el ciclo del cultivo, a partir del macollaje y con intervalos de 30 días aproximadamente entre ellos.-

El mismo día se procedió a cosechar con una cosechadora automotriz Zuzuó.-

b) en el laboratorio. Las muestras recolectadas en cada muestreo se secaron a estufa durante 6 horas a 90°C el mismo día de su recolección, para determinar el rendimiento de materia seca de cada subparcela. Posteriormente las muestras fueron molidas y preparadas para su análisis en laboratorio con la finalidad de determinar el % N y N total en cada una de ellas.-

Para ello fueron digeridas según el método de Hutten y Nye (Jour. Sc. Food Agric., 9 jun/58) con algunas modificaciones: se pesaron 0.2 gr. de muestra (previamente sometida a 10 horas de estufa a 70 grados) y 0.02 gr. de selenio, colocándose en un balón previamente tarado. Luego se agregaron 3 ml. de H_2SO_4 y se realiza la digestión durante dos horas. Al terminar la digestión, se dejó enfriar y se agregó ácido sulfúrico hasta completar un peso final del residuo de 4.9 grs., lo cual llevó la normalidad final de la solución a 1. Se agregó 20 ml. de agua destilada, se dejó enfriar, y posteriormente se filtró. Terminado el filtrado se llevó la solución a un volumen final de 100 ml. con agua destilada.-

El contenido de nitrógeno fue determinado mediante un método automático para la determinación de nitrógeno en planta, usando un autoanalizador "Technicon". En este método el nitrógeno es determinado como ión complejo indofenol azul.-

IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.-CONTENIDO DE NITRÓGENO.-El contenido de nitrógeno de las partes aéreas de la planta de trigo a través del ciclo de crecimiento del cultivo, se muestra en el cuadro N° 1. Se observa que para todos los tratamientos, sin excepción, los % de nitrógeno más altos se obtuvieron en el primer muestreo (macollaje). El contenido de nitrógeno varió entre 2.90 y 4.77, con un valor medio de 3.8%. En los sucesivos muestreos, se observó una disminución en el contenido de nitrógeno. Así, en el último muestreo realizado en el momento de la cosecha, el % de nitrógeno varió entre 0,44 y 1,0. Esta tendencia registrada en la evolución del porcentaje de nitrógeno en partes aéreas de la planta de trigo es coincidente con la reportada por Whitehead (1970) quien encuentra una declinación en el contenido de nitrógeno de las gramíneas durante el ciclo de crecimiento, partiendo de niveles iniciales del orden del 5% para llegar a la madurez con un contenido de nitrógeno aproximado del 1%.-

En la figura N° 1 se observa la evolución del contenido de nitrógeno del trigo, para distintos manejos previos, cuando no se aplicó fertilizante al cultivo. Dado que los análisis de varianza no detectaron efectos de la edad de las pasturas en el contenido de nitrógeno del trigo posterior, los valores de las distintas especies leguminosas y de la festuca son promedios de las respectivas praderas de 2,3 y 4 años.-

Se observa que el 15 de agosto, en pleno saco llaje, el contenido de nitrógeno fue mayor en las par celas que habían tenido previamente pastura, en rela ción al testigo (trigo continuo). A su vez el conteni do de nitrógeno es mayor si las praderas previas son mixtas (gramíneas-leguminosas).-

Si bien las diferencias entre los tratamientos persisten, estas se hacen más pequeñas a medida que transcurre el ciclo del cultivo. En el tercer muestreo, las diferencias entre las distintas especies son signi ficativas al 1% mientras que en el cuarto sólo lo son a un nivel de significación del 5%. -

En los tres subtratamientos que recibieron ni trógeno, se observa la misma tendencia en la disminu- ción del porcentaje de nitrógeno, aunque los niveles iniciales obtenidos son mayores. Para un muestreo de terminado, los mayores contenidos de nitrógeno se ob tuvieron en los niveles altos de aplicación de nitró- geno.-

En las figuras 2, 3 y 4 se observa la evolución del contenido de nitrógeno en el cultivo de trigo, en los tres niveles de fertilización nitrogenada aplicada al mismo. Se aprecia que la aplicación de nitrógeno a tenía las diferencias encontradas entre los distintos tratamientos de parcelas principales. Cuando se aplica ron 150 kg/há. de N, las diferencias en contenido de nitrógeno entre los distintos tratamientos en los pri meros muestreos es menor. Sin embargo, las diferencias

persistieron aún con 150 kg/há de nitrógeno lo cual lleva a considerar la importancia que pueden tener otros factores, aparte del aporte de nitrógeno por la pastura, en la absorción del mismo por el trigo y que pueden explicar las diferencias entre distintos tipos de pastura en cuanto al contenido de nitrógeno observado en el cultivo posterior.-

Interesa considerar el contenido de nitrógeno como un indicador del grado en el cual las necesidades nitrogenadas de la planta se han satisfecho. La figura N° 5 ilustra la evolución del contenido de nitrógeno del trigo precedido por pasturas de festuca, y festuca más leguminosas, sin fertilizar, en comparación con los testigos fertilizados. Wikitishen (1974) concluye que la nutrición de las plantas de trigo era óptima cuando el contenido de nitrógeno de la materia seca de la planta era 5.0 - 5.4% al macollaje y 3.3 - 3.6% en la fase de elongación del tallo. En este experimento se obtuvieron valores cercanos al 4% en macollaje. Al no alcanzarse el máximo de respuesta al nitrógeno se puede pensar que en condiciones de máximo rendimiento, el % de nitrógeno en partes aéreas al macollaje, hubiera llegado a valores cercanos al 5%.-

Mientras que el % de nitrógeno del trigo precedido por festuca es alcanzado y superado con adición de 50 kg/há. de nitrógeno, para conseguir valores como los obtenidos con praderas previas de festuca más leguminosas, son necesarios entre 100 y 150 kg/há. de nitrógeno aproximadamente.-

**CUADRO 1 - CONTENIDO DE NITROGENO DEL CULTIVO DE TRIGO
EN CINCO ESTADOS DIFERENTES DEL CICLO DE
CRECIMIENTO**

Días post- siembra	55				64			
	0	50	100	150	0	50	100	150
Barbecho	2.90	3.15	3.40	3.45	2.17	2.49	2.82	3.36
festuca (2 años)	3.12	3.86	3.79	4.15	2.96	2.76	3.06	3.40
festuca (3 años)	3.17	2.75	3.32	3.85	1.95	2.57	2.92	3.59
festuca (4 años)	3.45	3.90	3.30	3.68	1.82	2.74	2.95	2.96
festuca-t. blanco (2 años)	3.93	3.65	3.58	4.77	2.71	3.19	3.05	3.27
festuca-t. blanco (3 años)	3.75	3.61	4.24	4.15	2.52	2.95	3.13	3.48
festuca-t. blanco (4 años)	3.81	3.34	4.58	4.23	2.83	3.03	3.34	3.56
festuca-t. rojo (2 años)	3.75	4.13	3.81	3.71	2.47	3.08	2.43	3.26
festuca.t. rojo (3 años)	3.47	4.08	4.09	3.68	2.65	2.68	2.97	2.72
festuca-t. rojo (4 años)	3.98	3.27	4.12	4.18	2.62	3.09	3.20	3.07
festuca-alfal fa (2 años)	4.16	4.22	4.23	4.29	2.51	2.50	3.11	3.04
festuca-alfal fa (3 años)	4.25	4.24	4.38	4.07	3.06	2.98	2.75	3.33
festuca-alfal fa (4 años)	3.91	4.02	4.29	4.17	2.83	3.24	3.58	3.40

(CUADRO 1 (continuación)

Días post- siembra	120				157			
	0	50	100	150	0	50	100	150
Barbecho	1.06	1.24	1.30	1.80	0.86	0.66	0.69	0.78
festuca (2 años)	0.94	0.97	1.24	1.86	0.82	0.62	0.73	0.84
festuca (3 años)	0.96	1.02	1.31	1.77	0.78	0.70	0.69	0.85
festuca (4 años)	0.88	0.96	1.39	1.65	0.77	0.49	0.86	0.90
festuca-t. blanco (2 años)	1.43	1.67	1.77	2.19	0.81	0.82	0.86	1.15
festuca-t. blanco (3 años)	1.07	1.39	1.64	1.95	0.70	0.72	0.89	1.05
festuca-t. blanco (4 años)	1.04	1.26	1.41	1.80	0.79	0.80	0.84	0.94
festuca-t. rojo (2 años)	0.96	1.14	1.39	1.68	0.59	0.74	0.84	0.84
festuca-t. rojo (3 años)	0.94	0.95	1.66	1.78	0.89	0.76	0.79	0.89
festuca-t. rojo (4 años)	1.00	1.29	1.65	1.71	0.77	0.71	0.73	0.87
festuca-alfal fa (2 años)	0.93	1.32	1.35	1.71	0.67	0.77	0.83	0.99
festuca-alfal fa (3 años)	1.37	1.51	1.76	1.96	0.79	0.81	0.99	1.01
festuca-alfal fa (4 años)	1.17	1.28	1.19	1.65	0.71	0.62	0.82	0.81

CUADRO 1 (continuación)

Días post-siembra	188			
Niveles de N	0	50	100	150
Barbecho	0.51	0.84	0.47	0.73
festuca (2 años)	0.54	0.56	0.56	0.66
festuca (3 años)	0.62	0.67	0.73	0.93
festuca(4 años)	0.76	0.62	0.68	0.77
festuca-t.blan co(2 años)	0.57	0.64	0.75	0.93
festuca-t.blan co (3 años)	0.68	0.63	0.75	0.77
festuca-t.blan co(4 años)	0.49	0.63	0.74	0.81
festuca-t.rojo (2 años)	0.53	0.59	0.79	0.82
festuca-t.rojo (3 años)	0.72	0.69	0.77	0.56
festuca-t.rojo (4 años)	0.64	0.59	0.69	0.46
festuca-alfalfa (2 años)	0.51	0.48	0.62	0.75
festuca-alfalfa (3 años)	0.74	0.73	0.78	1.00
festuca-alfalfa (4 años)	0.74	0.44	0.84	0.74

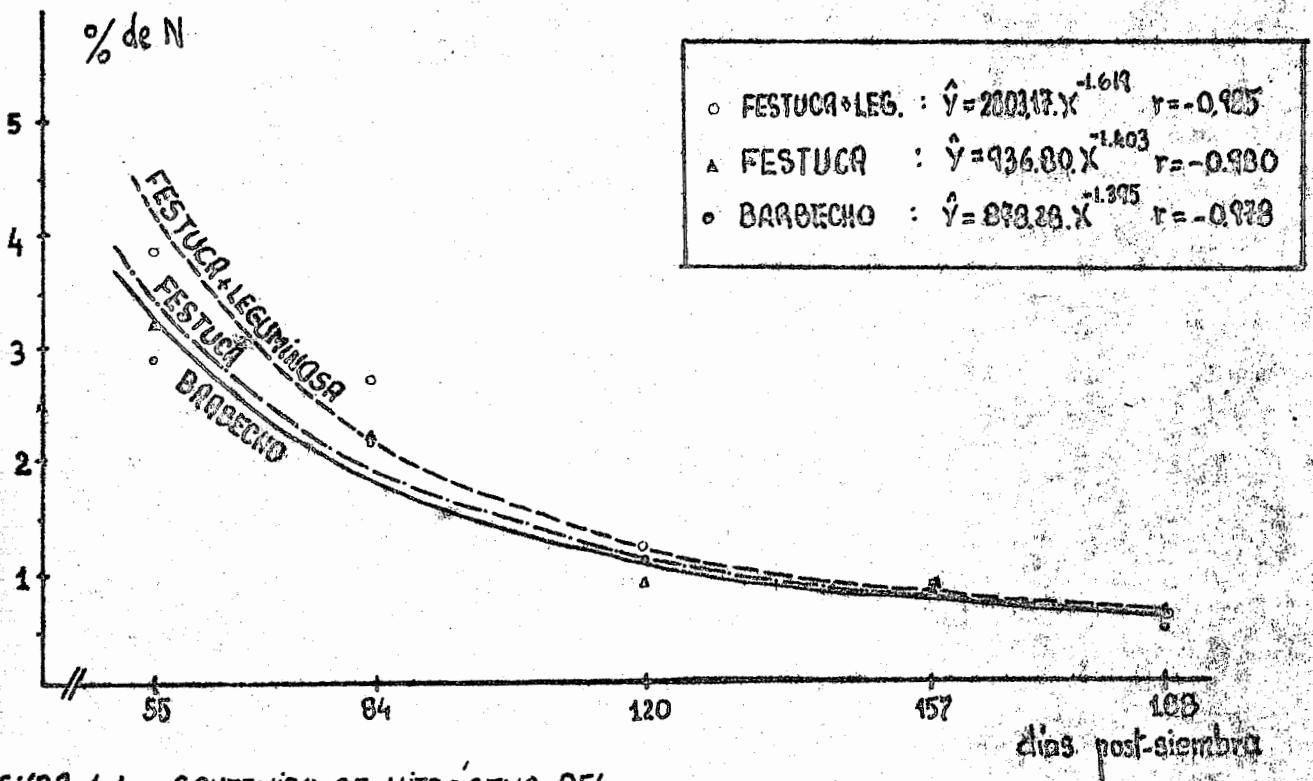


FIGURA 4.1.- CONTENIDO DE NITRÓGENO DEL TRIGO SIN FERTILIZAR SEGUN EL MANEJO PREVIO..

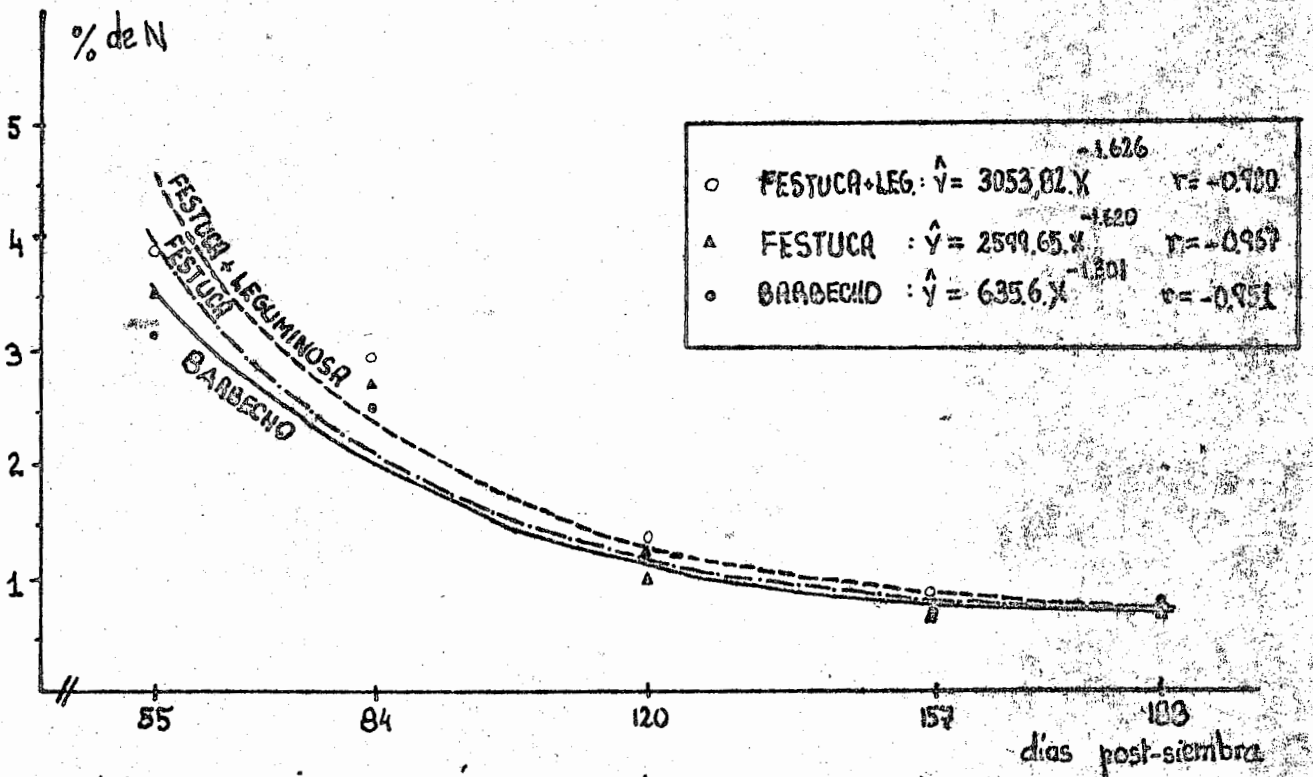


FIGURA 4.2.- CONTENIDO DE NITRÓGENO DEL TRIGO FERTILIZADO CON 50 kg/ha DE N APLICADO COMO UREA..

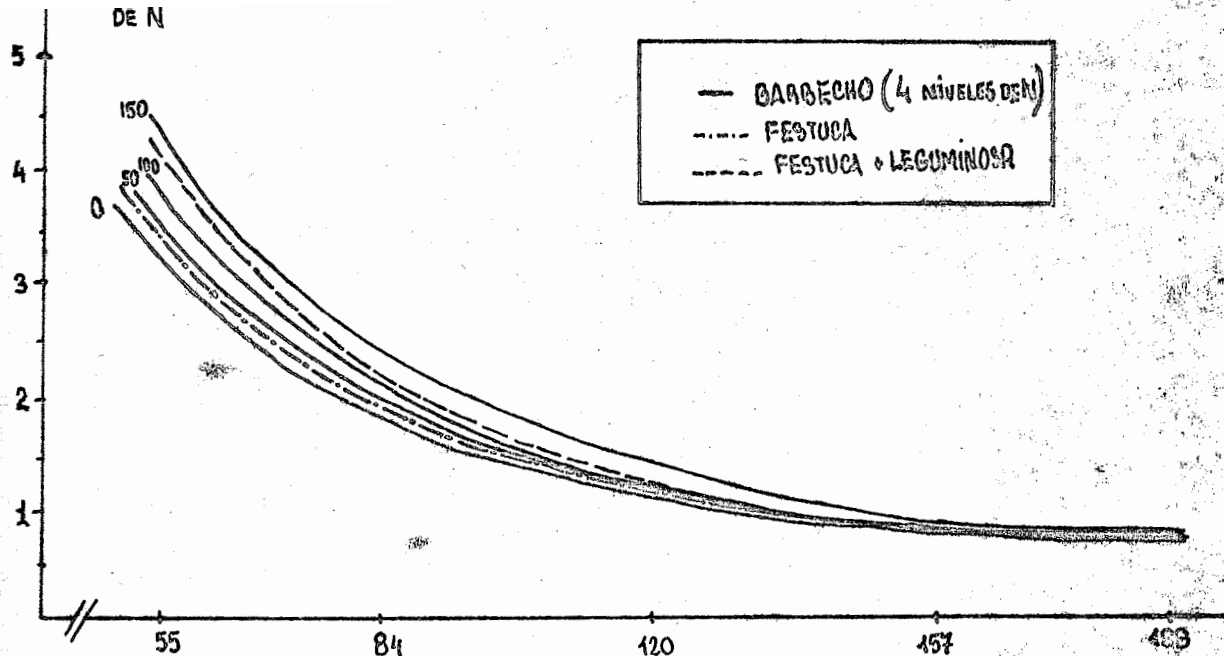


FIGURA 4.5.- CONTENIDO DE NITRÓGENO DEL TRIGO PRECEDIDO DE PASTURAS EN COMPARACIÓN CON LOS TESTIGOS, FERTILIZADOS CON 4 NIVELES DE N.-

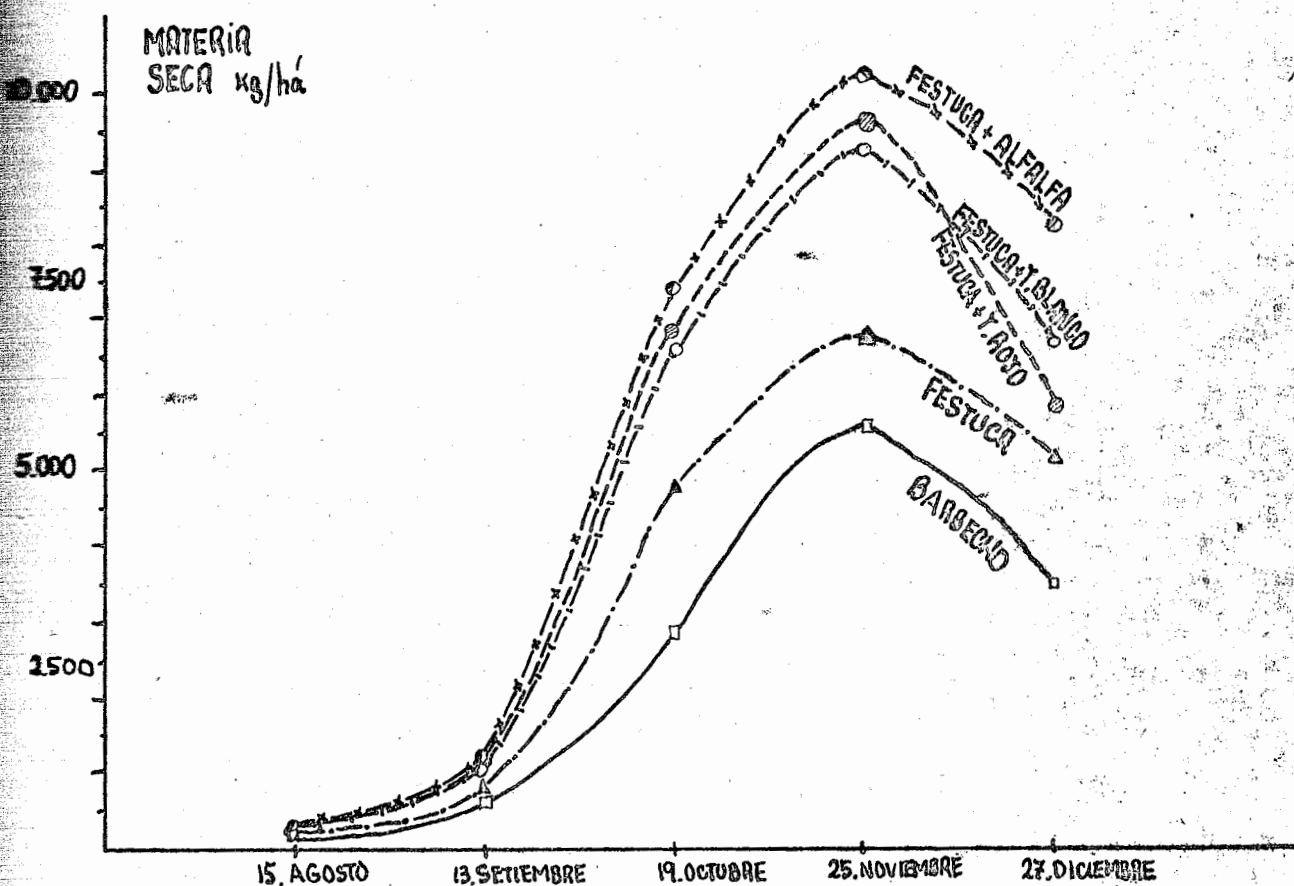


FIGURA 4.6.- PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DEL CULTIVO DE TRIGO.-

Con respecto a las distintas leguminosas no es posible concluir diferencias en los % de nitrógeno del trigo, debido a su efecto. De los análisis de varianza para el tercer y cuarto muestreos se observa que des cartando a la festuca del análisis, el efecto especie es significativo ($P < 0.05$) en el 3er. muestreo y no sig nificativo en el cuarto mientras que cuando se incluye a la festuca en el análisis el efecto especie es alta mente significativo ($P < 0.01$) y significativo ($P < 0.05$) en los dos muestreos respectivamente, lo cual sugiere que el efecto especie está determinado en gran parte per la diferencia entre la festuca y las restantes leguminosas y no entre las leguminosas entre sí. Sin embargo, hubo una tendencia de la alfalfa de proporcionar contenidos de nitrógeno superiores en el trigo siguiente, con res pecto al trébol blanco y al trébol rojo.-

4.2.- PRODUCCION DE MATERIA SECA

En el apéndice N° 2 se aprecia la producción de materia seca del cultivo de trigo, en los cinco muestreos realizados. Para todos los tratamientos, al comienzo hubo un aumento gradual de materia seca, se guido por una fase de activo incremento en la cual la tasa de acumulación fué máxima (setiembre-octubre), pa ra luego registrar aumentos a una tasa decreciente. Es to se observa gráficamente en la figura N° 6. La cur- va de crecimiento es del tipo sigmoide, Whitehead -- (1970) registra una tendencia similar para gramíneas.-

Dado que el análisis de varianza no detectó diferencias significativas de las interacciones es pecie x edad, nitrógeno x especie, y nitrógeno x e dad, las funciones se ajustan en base a la produc ción acumulada de cada especie, en los tres años de siembra y a los cuatro niveles.-

La producción de materia seca fue máxima en las parcelas precedidas por pasturas mixtas, de fos tuca con leguminosas. Cuando el antecesor del trigo fue una pradera de festuca, el trigo acumuló materia seca en menor cantidad. Para cualquier muestras con siderado, las mayores producciones de materia seca de trigo se obtuvieron en las parcelas donde previamen te hubo praderas mixtas, mientras los valores mene ras correspondieron a los barbechos.-

Analizando los datos del tercer muestreo se obtuvieron los valores promedios de materia seca que figuran en el cuadro N° 2 (en kg/há.)

CUADRO 2 - MATERIA SECA (kg/há) PRODUCIDA POR EL CULTIVO DE TRIGO POSTERIOR A PASTURAS (Muestreo realizado a los 120 días post-siembra).-

Manejo previo	MS producida
barbecho	2958
festuca	4866
festuca t. blanco	6556
festuca t. rojo	6856
festuca alfalfa	7478

CUADRO 3 - NITROGENO ABSORBIDO POR EL CULTIVO DE TRIGO
 (valores en Kg/Ha.).-

nivel de N	días post-siembra		
	55	84	120
<u>Barbicho</u>			
0			
50	5.3	9.3	17.3
100	6.3	20.0	32.3
150	5.3	17.0	40.0
	8.0	25.3	82.3
<u>Festuca</u>			
0			
50	9.8	13.3	26.1
100	8.1	23.6	38.0
150	6.7	26.4	75.0
	8.6	28.9	124.8
<u>Festuca-t.blanco</u>			
0			
50	8.4	28.1	68.9
100	7.5	31.4	86.8
150	9.7	47.0	111.3
	13.8	41.9	147.3
<u>Festuca-t. rojo</u>			
0			
50	8.6	26.0	57.0
100	8.6	27.6	74.3
150	8.8	36.7	105.6
	10.6	84.9	128.6
<u>Festuca-alfalfa</u>			
0			
50	12.0	29.3	78.2
100	12.0	33.3	99.7
150	12.1	42.6	108.6
	12.7	44.0	149.2
<u>Promedio de las tres leguminosas:</u>			
<u>Festuca-leguminosa</u>			
0			
50	9.7	27.8	68.0
100	9.4	30.8	69.8
150	10.2	42.1	108.5
	12.4	40.3	141.7

CUADRO 3 (continuación)

nivel de N	días post-siembra	
	157	188
<u>Barbecho</u>		
0	16.5	8.0
50	36.8	52.0
100	49.7	10.0
150	75.5	33.4
<u>Festuca</u>		
0	31.7	20.2
50	31.7	29.6
100	64.0	42.0
150	78.8	47.4
<u>Festuca-t.blanco</u>		
0	54.4	30.2
50	65.0	39.6
100	62.5	53.2
150	124.3	70.8
<u>Festuca-t.rojo</u>		
0	53.2	30.0
50	70.7	42.6
100	84.6	47.4
150	100.4	30.8
<u>Festuca-alfalfa</u>		
0	68.8	52.4
50	73.6	47.2
100	89.2	71.4
150	109.0	63.4
Promedio de las tres leguminosas:		
<u>Festuca-leguminosa</u>		
0	58.8	37.6
50	69.8	43.2
100	78.8	57.4
150	111.2	55.0

Las diferencias entre el barbecho y las praderas es muy significativa ($P < 0.01$). Comparando las distintas pasturas entre sí, se observó que si bien hay diferencias significativas a un nivel del 1% entre las mismas (análisis de varianza correspondiente al tercer muestreo, apéndice N° 3) eliminando a la festuca de la comparación las diferencias no son significativas entre las restantes, por lo cual se concluye que el efecto especie está determinado por la festuca, en tanto que la producción de materia seca del trigo es similar para las tres leguminosas que se compararon, aunque hubo una leve superioridad de la mezcla festuca-alfalfa en relación a las restantes.-

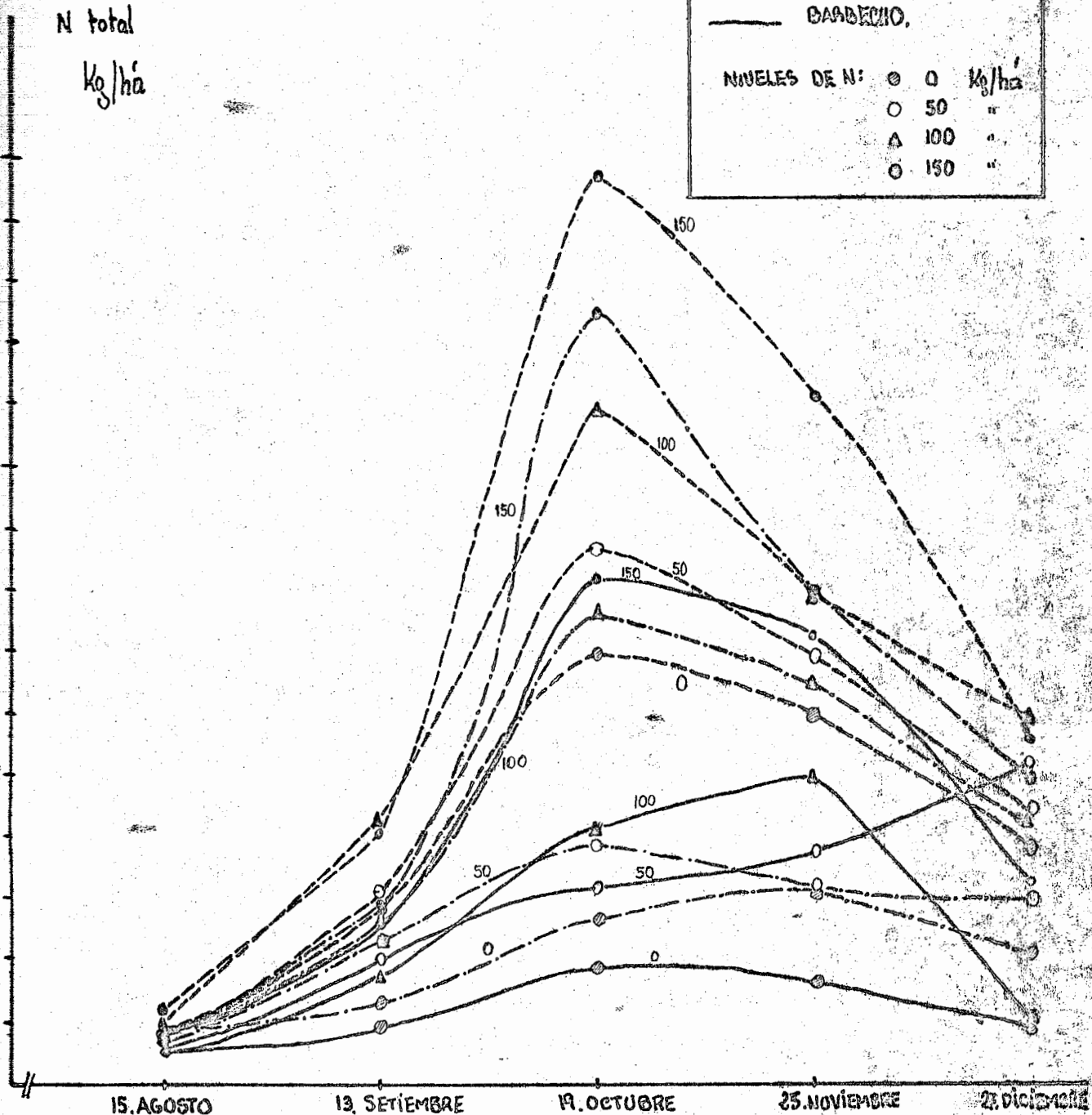
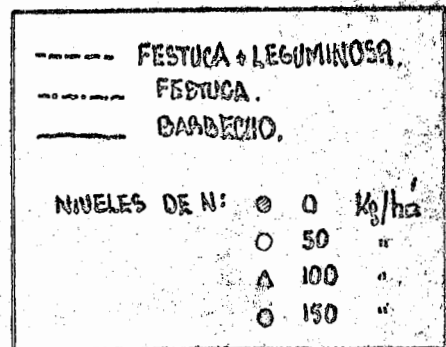
Se puede notar un descenso en los rendimientos de materia seca en el último muestreo, realizado el 27 de diciembre, lo cual es debido a los daños causados por el granizo tres días antes.-

4.3.- NITROGENO TOTAL

El nitrógeno total extraído se obtuvo multiplicando la producción de materia seca por su respectivo contenido en nitrógeno. En el cuadro N° 4 se detalla el nitrógeno total, extraído por el cultivo en kg/há. para los diferentes tratamientos.-

Las figuras 8, 9 y 10 han sido diseñadas utilizando los datos del cuadro N° 3. En ellas se representa el nitrógeno absorbido por el cultivo en los cinco muestreos realizados, para los cuatro niveles de fertilización considerados, de acuerdo al tratamiento efectuado.-

N total
kg/ha



15. AGOSTO 13. SEPTIEMBRE 19. OCTUBRE 25. NOVIEMBRE 21. DICIEMBRE

FIGURA 4.7 ... NITRÓGENO TOTAL EXTRAÍDO POR EL CULTIVO DE TRIGO, A CUATRO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA, SEGÚN EL MANEJO ANTERIOR...

Dado que los análisis de varianza para nitrógeno total (apéndices N° 6, 7, 8 y 9) no detectaron diferencias significativas entre las distintas edades de pasturas, para cada especie se agruparon los datos de sus correspondientes tres años de siembra, y se expresan en kg/há.-

Hubo diferencias significativas a un nivel de 1% entre el testigo (barbecho) y las praderas. A su vez, en todos los muestreos analizados hubo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las especies. En tanto que el efecto del nitrógeno fue altamente significativo ($P < 0.01$) no hubo interacción significativa entre la edad de la pastura y la especie utilizada, entre el nitrógeno aplicado y la especie utilizada, ni entre el nitrógeno con la edad de las praderas.-

En el cuadro N° 4 se analizan los promedios de nitrógeno absorbido en los primeros cuatro muestreos, por el trigo, de acuerdo al tipo de pradera anterior.-

CUADRO 4.- NITROGENO ABSORBIDO POR EL CULTIVO DE TRIGO
(g/parcela) EN LOS PRIMEROS CUATRO MUESTREOS.-

	Muestreo			
	1°	2°	3°	4°
Festuca	0.25	0.69	1.97	1.25
Festuca-T.rojo	0.27	0.94	2.85	1.80
Festuca-T.blanco	0.30	1.11	3.15	1.97
Festuca-Alfalfa	0.36	1.13	3.25	2.05

En todos los muestreos la absorción es mayor el trigo posterior a praderas de festuca-alfalfa, que a continuación de praderas de festuca-trébol blanco,

siendo a su vez estas últimas superiores a las praderas de festuca - trébol rojo. Los muestreos más consistentes fueron el 2°, 3°, y 4° y en los tres existieron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las praderas de festuca y las praderas de festuca con leguminosas. Sin embargo, entre las tres leguminosas no hubo diferencias significativas a un nivel del 5% en el 4° y 3er. muestreo, mientras que en el 2° hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre la alfalfa y el trébol rojo.-

La figura 7 muestra la evolución en el nitrógeno extraído durante el ciclo del cultivo, de acuerdo a los cuatro niveles de fertilización nitrogenada y al tipo de pradera que precedió al cultivo. El nitrógeno total extraído es mayor cuando la pradera previa es mixta (gramíneas- leguminosas), que cuando es de festuca solamente, y esta a su vez es mayor que el testigo, cuando los tres se comparan en los niveles 0 de nitrógeno aplicado. Interesa comparar el nitrógeno total extraído por el trigo precedido por pasturas, sin nitrógeno aplicado, con los distintos niveles de nitrógeno aplicado en el testigo. En el tercer y cuarto muestreo se aprecia que recién con 150 kg/há de nitrógeno aplicados, el testigo (trigo continuo) absorbe más nitrógeno que el trigo precedido de pasturas mixtas.-

El efecto del nitrógeno fue altamente significativo ($P < 0.01$) en todos los muestreos, lo cual denota que el agregado de nitrógeno causó un aumento en el nitrógeno total extraído por el cultivo. El hecho de que el trigo fertilizado iguale el nitrógeno total extraído por el trigo precedido por pasturas indica que el efecto de las praderas se debe en parte al aumento en la disponibilidad de nitrógeno para el cultivo siguiente.-

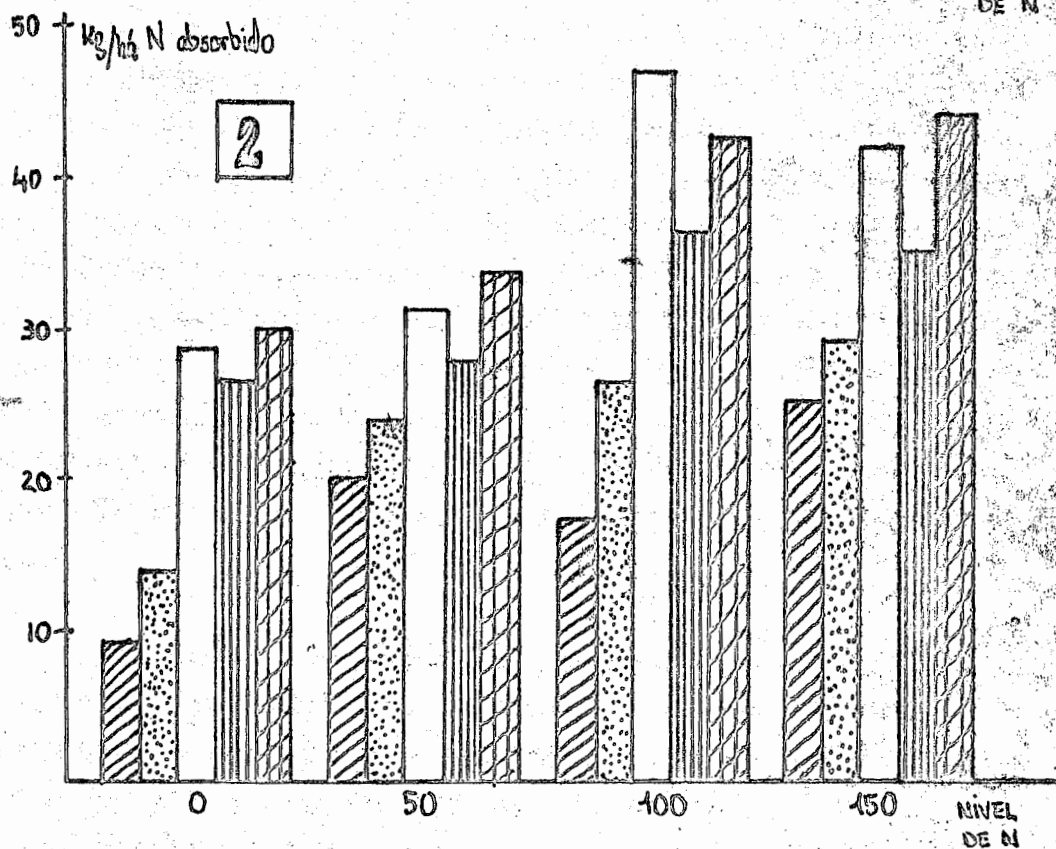
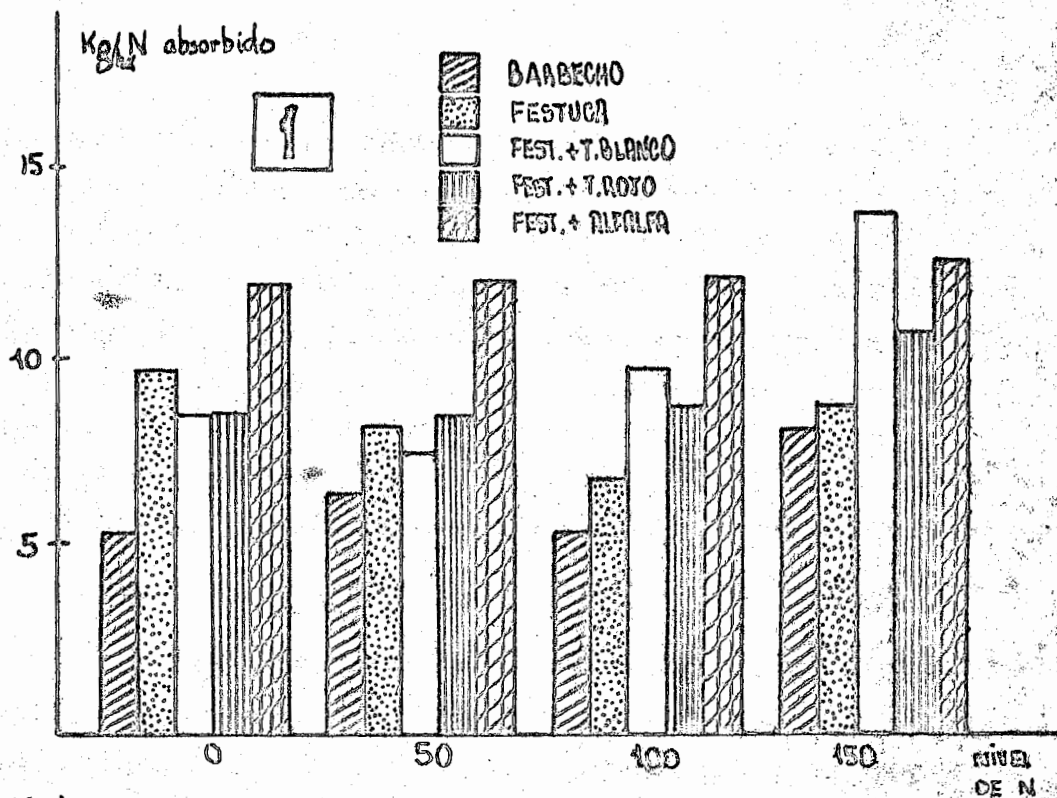


FIGURA 4.8 .. NITRÓGENO TOTAL ABSORBIDO POR EL CULTIVO DE TRIGO .. 1º Y 2º MUESTREOS.

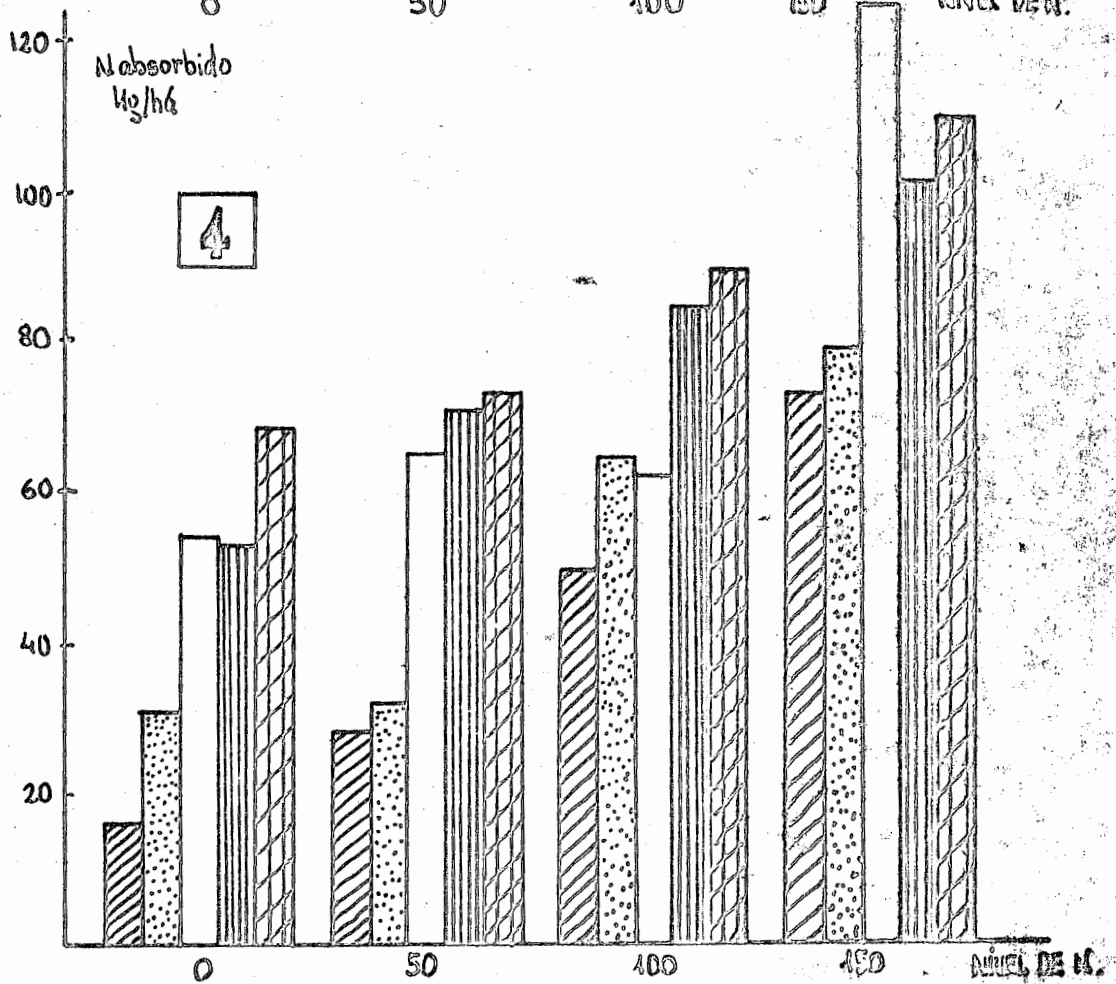
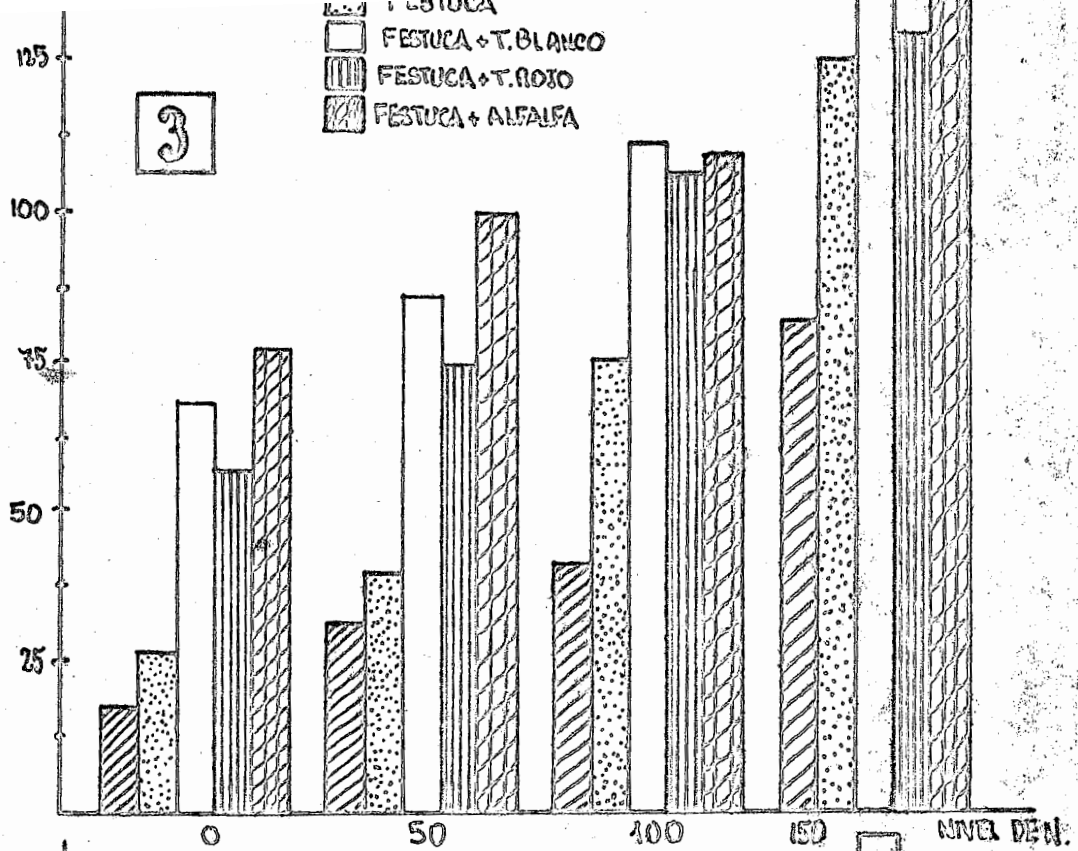


FIGURA 4.9.- NITRÓGENO TOTAL ABSORBIDO POR EL CULTIVO DE TRIGO.- 3^{er} y 4^{er} MUESTREOS.-

En el caso de praderas con gramíneas, su efecto es equivalente a una cantidad cercana a los 50 kgs. (figura 7). El aumento en el nitrógeno del suelo bajo pasturas de gramíneas ha sido discutido por Guiddens et al (1971) los cuales sugieren la posibilidad de que las raíces de gramíneas absorban nitrógeno que haya descendido en el perfil en años anteriores. Este sería uno de los mecanismos que podría explicar la acumulación de una cierta cantidad de nitrógeno en el suelo, cuando la pradera consiste solamente de gramíneas.-

El nitrógeno total absorbido no se vio influido por la duración de la pastura previa. En vista de ello, y dado que no hubo interacción especie por edad, nitrógeno por especie, y nitrógeno por edad, se agrupan los datos para mostrar el nitrógeno total absorbido por el testigo en comparación con praderas de distinta composición botánica, los cuales figuran en el cuadro N° 5 y en la figura N° 11.-

CUADRO 5.- NITROGENO TOTAL EXTRAIDO POR EL CULTIVO (kg./há.) DE ACUERDO AL MANEJO ANTERIOR

	15 ago.	13 set.	19 oct.	25 nov.	27 dic.
barbecho	6.1	17.4	42.0	44.6	25.8
festuca	8.2	23.1	55.8	51.8	35.0
festuca-trébol blanco	10.1	37.1	105.0	81.9	48.4
festuca-trébol rojo	9.1	31.3	94.8	75.0	42.4
festuca-al falfa	12.0	37.5	108.4	85.5	58.6

En la figura 11 se puede notar que si bien la máxima producción de materia seca se había producido en el cuarto muestreo, el valor más alto de nitrógeno total absorbido por el cultivo se obtuvo en el tercer muestreo, un mes antes. Esto se debe al ataque de la garta, que afectó en mayor medida la fracción la fracción hoja de la planta, haciendo descender el nitrógeno total determinado. Se observan los niveles más altos de nitrógeno total absorbido por el trigo precedido de praderas en comparación al barbecho (trigo continuo). Por otro lado, se confirma el predominio de las praderas de leguminosas sobre las praderas que sólo contienen festuca, y se nota en todos los muestreos un predominio de las praderas que contienen alfalfa.-

Estos valores de nitrógeno total absorbido son similares a los reportados por Spratt y Gasser (1970) en Rothamsted, los cuales encuentran valores entre 10 y 15 kg/há. de nitrógeno absorbido, a los 47 días post-siembra, en trigo, mientras que en este ensayo, los valores obtenidos a los 55 días post-siembra variaron entre 6 y 12 kgs. A los 120 días, estos autores reportan valores que varían entre 40 kg. para el testigo sin fertilizar (valor cercano a los acá determinados para los barbechos a los 120 días, cuando se fertilizan con 50 y 100 kg/há de N) y 80 - 90 kg., para el trigo fertilizado con 112 kg/há de nitrógeno.-

El aumento en nitrógeno agregado como fertilizante trajo aparejado un aumento en el nitrógeno absorbido por el cultivo. De acuerdo a los datos obtenidos en este experimento, y debido posiblemente al elevado régimen pluviométrico registrado durante el ciclo del

cultivo, el ajuste de funciones cuadráticas para explicar la absorción de nitrógeno por el cultivo agregaba poca exactitud adicional, por lo cual se ajustaron funciones lineales a los datos disponibles. En la figura 12 se grafican las regresiones lineales del nitrógeno absorbido sobre el nitrógeno agregado como fertilizante, para los tres muestreos más consistentes en este ensayo. Debido a que no se detectaron diferencias entre las edades de pagura, cada especie incluye datos de tres tratamientos de parcela principal (tres distintas edades).-

Para los tres muestreos considerados, a cualquier nivel dado de N agregado, el trigo absorbió más cantidad de nitrógeno si la pradera previa fue de festuca - leguminosas que si era de festuca solamente. El valor inferior de absorción se obtiene siempre en los testigos, a cualquier nivel de N aplicado. El aporte de nitrógeno de las praderas se manifiesta en la mayor absorción de nitrógeno del cultivo posterior, para este caso el trigo.-

En el cuadro N° 6 se presentan las ecuaciones ajustadas para cada manejo y su correspondiente muestreo, obtenidas a partir de los datos del 2°, 3er. y 4° muestreos.

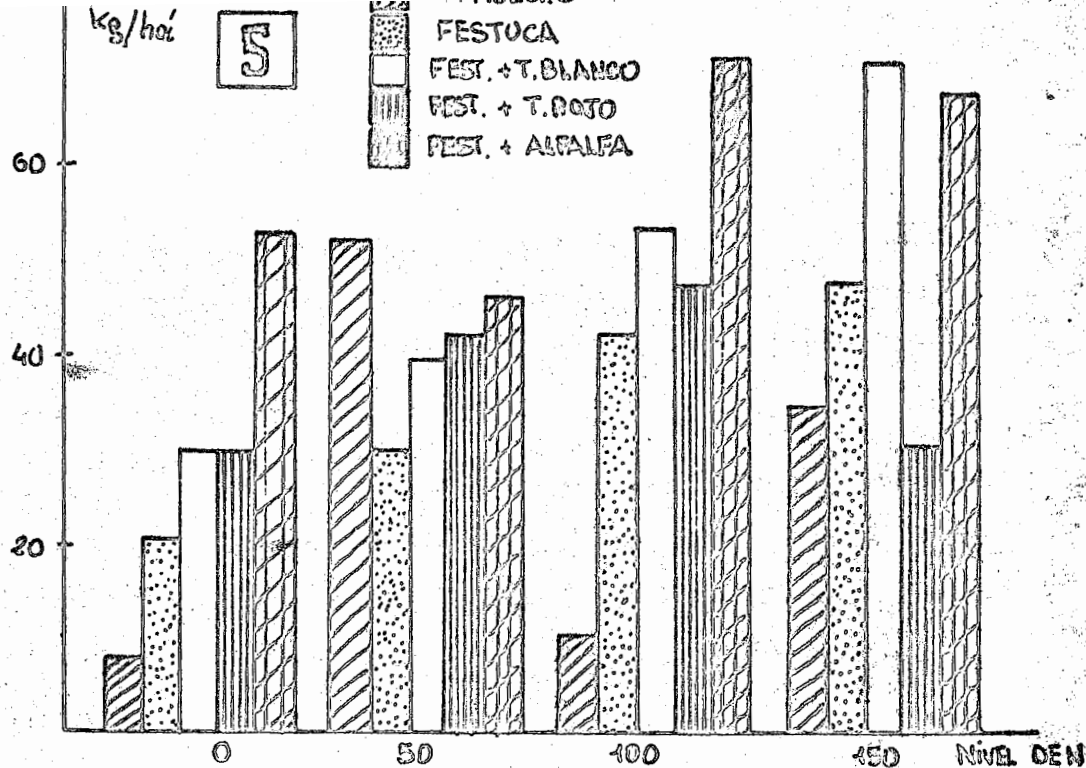


FIGURA 4.10 -- NITRÓGENO TOTAL ABSORBIDO POR EL CULTIVO DE TRIGO, 5º MUESTREO.

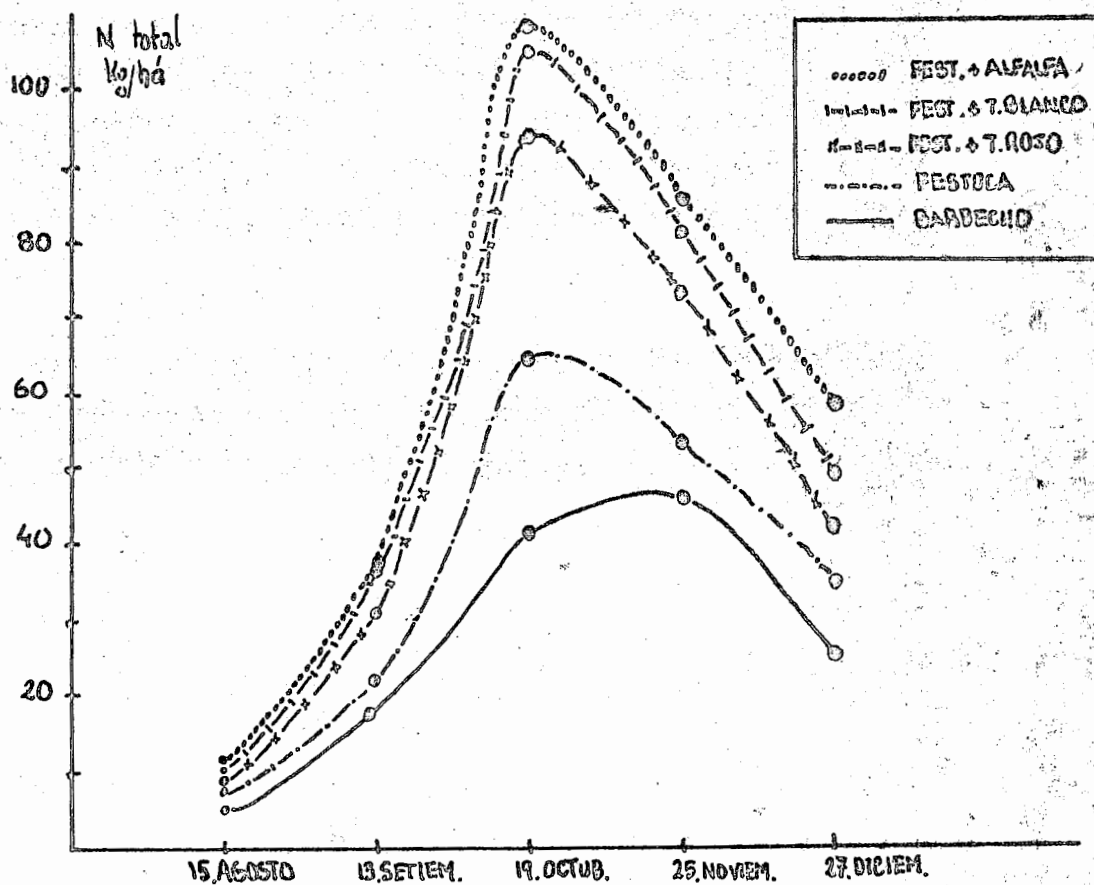


FIGURA 4.11 -- NITRÓGENO TOTAL ABSORBIDO POR EL CULTIVO DE TRIGO POSTERIOR A PRADERAS.

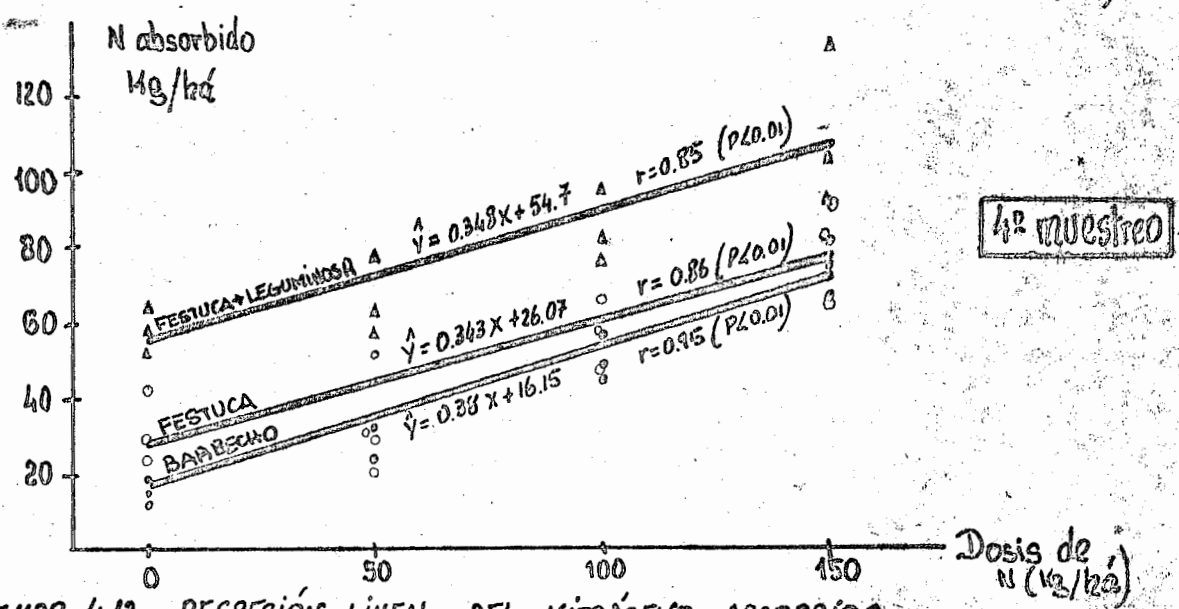
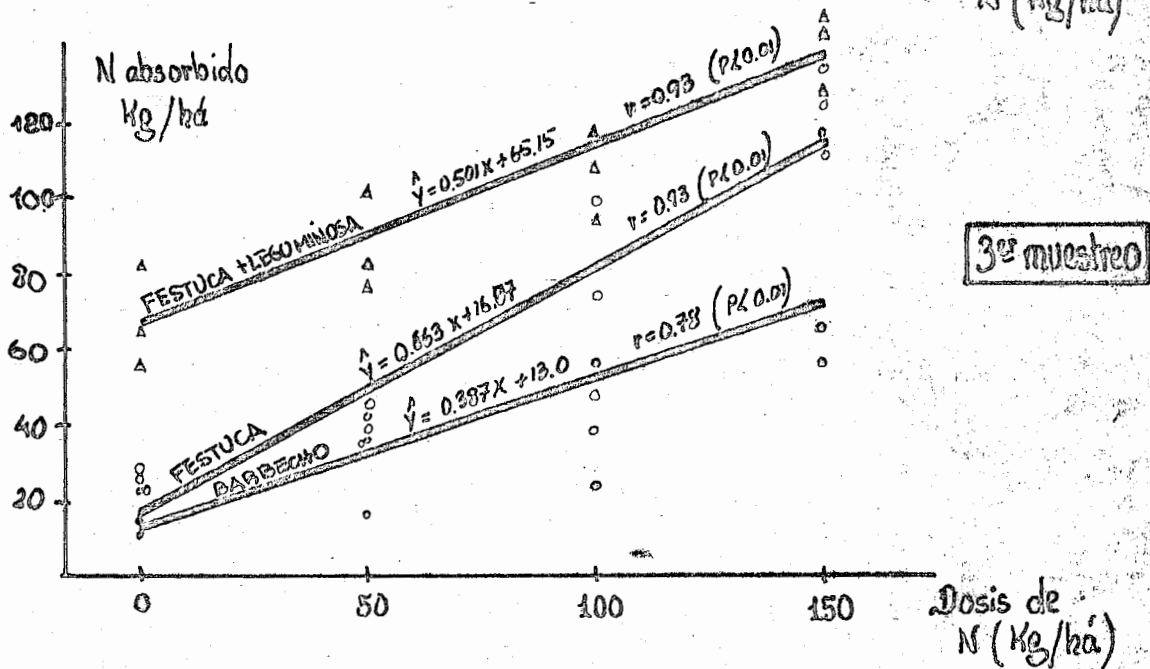
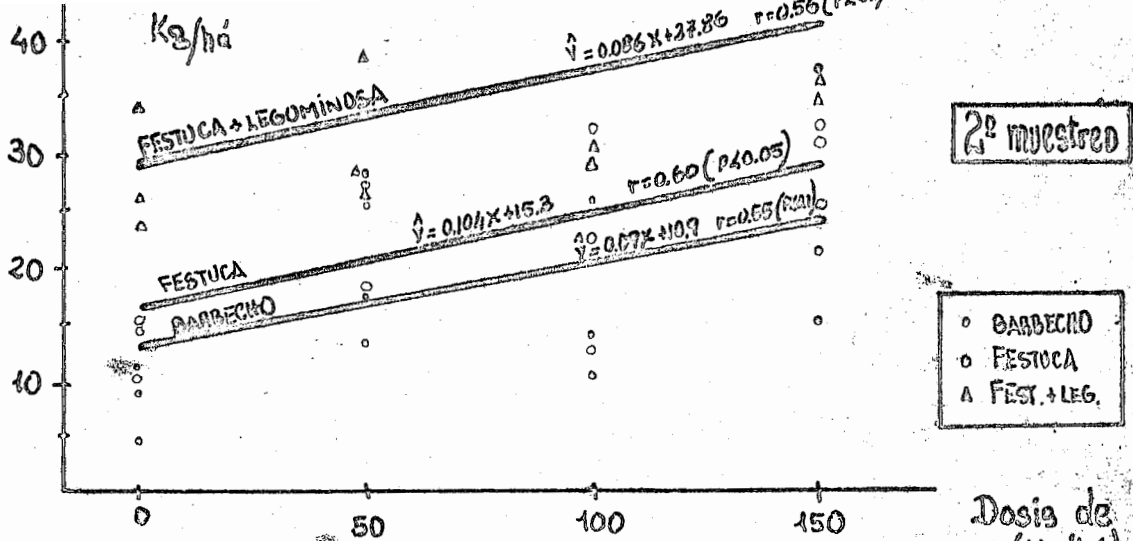


FIGURA 4.12.- REGRESIÓN LINEAL DEL NITRÓGENO ABSORBIDO POR EL CULTIVO DE TRIGO, SOBRE EL N AGRESADO COMO UREA.

**CUADRO 6.- REGRESION LINEAL DEL N ABSORBIDO POR
EL CULTIVO SOBRE EL N AGREGADO COMO
FERTILIZANTE.-**

Muestreo

	2°	3°	4°		
Festuca-leguminosa					
Y=0.086X	27.86	Y= 0.501X	65.15	Y= 0.348X	54.7
Festuca					
Y=0.104X	15.3	Y= 0.663X	16.07	Y= 0.343X	27.07
Barbecho					
Y= 0.09X	10.9	Y= 0.387X	13.0	Y= 0.38X	16.15

En el segundo muestreo (84 días post-siembra) méntras el trigo absorbe un valor aproximado de 11 kg/há sin fertilizar, si fue precadido por trigo, absorbe 15 y 28 kg/há si existieron previamente praderas de gramíneas puras y praderas mixtas, respectivamente.-

El tercer muestreo se realizó a los 120 días post-siembra, y es cuando se obtuvieron los máximos valores de absorción (figura N° 11). Valores menores se obtuvieron en el muestreo siguiente debido a las pérdidas ocasionadas por el ataque de la lagarta al cultivo.-

El coeficiente de regresión de la ecuación ajustada nos determina el valor de eficiencia de uso del fertilizante. En el segundo muestreo se obtienen valores entre el 8.6% y 10.4% de recobro del N agregado, en partes aéreas de la planta. En el tercer muestreo se obtienen valores de 39% para el barbecho, 66% para festuca y 50.1% para festuca-leguminosa. El aumento de la eficiencia puede ser debido al hecho de que el cultivo satisface en parte sus necesidades nitrogenadas en los primeros estadios del crecimiento a expensas del nitrógeno aportado por el suelo, en mayor medida (en términos relativos) que a los 120 días post-siembra (fecha del 3er. muestreo), en comparación al nitrógeno agregado como fertilizante. Ello determina la mayor pendiente de las líneas ajustadas. Los datos del 4° muestreo reflejan una eficiencia que varía entre 34 y 38%, lo cual está influenciado posiblemente por el daño de la lagarta que atacó al cultivo.-

El nitrógeno aportado por las praderas tiene un efecto residual en los cultivos posteriores, el cual es medido comúnmente en términos de kg. de grano producidos; uno de los objetivos de este experimento es proporcionar una estimación del aporte de las pasturas en términos de nitrógeno total absorbido por el cultivo. Con los valores del 2°, 3er. y 4° muestreos realizados se estimó este aporte en términos de los kgs. de nitrógeno necesarios de agregar como fertilizante, para obtener en los testigos niveles de absorción similares a los obtenidos con trigo precedido por pasturas, sin fertilizar. El cuadro 7 proporciona los valores estimados para el 3er. y 4° muestreos.-

CUADRO 7 - ESTIMACION DEL EFECTO RESIDUAL DE LAS PRADERAS EN TERMINOS DE KG. DE NITROGENO NECESARIOS COMO FERTILIZANTE.-

Muestreo	Praderas de gramíneas (festuca)	Praderas mixtas (festuca-leguminosa)
2°	60.1	185.1
3°	61.43	156.85
4°	18.8	95.13

Los valores estimados a partir del 2° muestreo, son similares a los estimados a partir del 3er. muestreo. Los valores del cuarto muestreo son inferiores y están afectados por el ataque diferencial de la lagarga al cultivo, ya que las partes más verdes son las más afectadas, por lo cual las parcelas con barbecho (las cuales se distinguían en el campo por su color más amarillento), se vieron menos atacadas. Esto altera las estimaciones del aporte, en base a la absorción de los testigos.-

Mediante este procedimiento, y sin considerar el cuarto corte, se estima un efecto residual de las praderas de leguminosas que es equivalente a 170.97 kg. de nitrógeno; las praderas de festuca equivalen a 60.76 kg. de nitrógeno - fertilizante.-

4.4 RENDIMIENTO EN GRANO

Otra forma de apreciar el aporte realizado por las praderas, es a través del rendimiento en grano del cultivo posterior. Este procedimiento ha sido el más utilizado para evaluar el beneficio de incluir praderas en las rotaciones de cultivos (Nicol, 1933).-

En este ensayo, se obtuvo un rendimiento promedio de 1536.6 Kg/há. de grano de trigo, valor relativamente bajo si consideramos que es el primer cultivo posterior a praderas de 2 a 4 años de duración. La intensa granizada ocurrida el veinticuatro de diciembre, deprimió los rendimientos obtenidos (ver cuadro N° 3).-

Se obtuvieron mayores rendimientos en grano cuando el trigo fue precedido por pasturas, que cuando el cultivo anterior fue trigo ($P < 0.01$). Esto confirma la importancia de las praderas en rotaciones con cultivos como medio de incrementar el rendimiento de los mismos, lo cual ha sido confirmado por numerosos investigadores (Clement, 1961; Watson, 1963; Spratt, 1966; Rixon, 1969; Mc Cielland, 1970). El trigo tuvo un rendimiento promedio de 399 kg/há en los testigos, sin fertilizar, mientras que se obtuvieron 1109 kg/há. de grano en trigo a continuación de praderas, sin fertilización.-

Hubo diferencias significativas entre las especies de pradera ($P < 0.01$). Se obtuvieron mayores rendimientos de trigo cuando la pradera anterior al cultivo, fue mixta, que cuando fue de festuca solamente.-

Del análisis de varianza (cuadro N° 9) se concluye que hay una interacción muy significativa ($P < 0.01$) entre el nitrógeno y la especie a utilizar en la pradera y el barbecho (N X (especie + barbecho) lo cual implica que la respuesta al nitrógeno no es la misma en barbechos, que en trigos posteriores a praderas. Si se excluyen al barbecho y a la festuca del análisis, la interacción es no significativa, lo cual permite comparar a las distintas especies leguminosas entre sí, a nivel de parcelas principales, tal como se detalla en el cuadro N° 10).-

CUADRO 10.- RENDIMIENTO PROMEDIO DEL TRIGO EN KG/HA.,
SEGUN LA LEGUMINOSA PRESENTE EN LA PRA
DERA PREVIA (1)

Pradera previa	Rendimiento en grano del cultivo
festuca - alfalfa	1.778 ^a
festuca - t. blanco	1.618.9 ^b
festuca- t. rojo	1.583.9 ^b

(1) Los promedios seguidos por la misma letra no difie
ren significativamente a un nivel de protección del
5%, usando la prueba de rango múltiple de Dancan.-

CUADRO 8.- RENDIMIENTO EN GRANO DEL CULTIVO DE TRIGO,
EXPRESADO EN KG/HA.-

	Niveles de nitrógeno			
	0	50	100	150
Barbecho	399	864	1215	1588
festuca (2 años)	645	1267	1575	1756
festuca (3 años)	719	1273	1615	1914
festuca (4 años)	621	1215	1629	1851
festuca-t.blanco (2 años)	1392	1860	1808	1932
festuca-t.blanco (3 años)	976	1750	1795	1824
festuca-t.blanco (4 años)	1189	1404	1595	1901
festuca-t. rojo (2 años)	1293	1850	1755	1554
festuca-t. rojo (3 años)	1056	1461	1690	1826
festuca-t. rojo (4 años)	1049	1728	1818	1927
festuca-alfalfa (2 años)	1449	2282	1915	2026
festuca-alfalfa (3 años)	1731	1973	1748	1938
festuca-alfalfa	1188	1503	1775	1808

CUADRO 9 - ANALISIS DE VARIANZA: Rendimiento en grano del cultivo de trigo

F. VARIACION	G. LIBERTAD	S. CUADRADOS	C. MEDIO	F
BLOQUES	2	2:757.653,86	1:378.826,93	15,63 **
ESPECIES	3	3:538.423,90	1:179.474,63	13,37 **
EDAD	2	435.520,00	217.760,00	2,46 NS
ESPECIE x EDAD	6	844.733,20	140.788,86	1,59 NS
BAR vs. PRADERA	1	3:518.320,76	3:518.320,76	39,90 **
Er. (a)	24	2:116.142,14	88.172,58	-
<hr/>				
NITROGENO	3	13.453.159,50	4:484.386,50	124,05 **
E x (Espec.+B)	12	2:231.354,59	185.946,21	5,14 **
E x EDAD	6	567.393,24	94.565,54	2,61 *
E x Especie x Ed.	18	1:008.373,08	56.020,72	1,54 NS
Er (b)	78	2:819.599,34	36.148,70	-
<hr/>				
	155	33:290.673,61		

\bar{x} : 1536,81 Kgs.

CU(a) : 19,32 %

CU(b) : 12,37 %

Se observa un mayor rendimiento de trigo cuando la pradera anterior incluía alfalfa, que cuando la leguminosa fue trébol blanco o trébol rojo. Varios investigadores han encontrado un predominio de la alfalfa sobre otras especies. Nicol (1933) en Rothamsted concluyó que la alfalfa previa al trigo, era superior al trébol blanco, en términos del rendimiento del trigo obtenido a continuación. Williams et al (1960) encuentran superioridad de la alfalfa con respecto al trébol blanco, en cuanto a beneficiar al trigo posterior. Por otra parte, la superioridad de una especie leguminosa con respecto a otra, está vinculada al manejo que se le brinde. En este ensayo se realizaron cortes de la pradera, con posterior devolución. El hecho de que la pradera previa al cultivo se pastoree, puede causar un comportamiento distinto en la comparación alfalfa:tréboles.-

En la figura N° 13 (a) se observa la respuesta del trigo al nitrógeno, de acuerdo al manejo anterior. Se nota gráficamente, los rendimientos superiores de trigo que se obtienen cuando el cereal se siembra a continuación de praderas con leguminosas (nivel 0 de nitrógeno). En el cuadro N° 11 se comparan los rendimientos de trigo obtenidos en los cuatro niveles de fertilización.-

(ver cuadro 11 en hoja siguiente)

CUADRO 11.- RENDIMIENTO DEL TRIGO A CUATRO NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA. 1.-

Tipo de pradera	Nivel de nitrógeno			
	0	50	100	150
Festuca	662 ^a	1252 ^a	1606 ^a	1840 ^a
Festuca-t. rojo	1133 ^b	1680 ^b	1754 ^a	1769 ^a
Festuca-t. blanco	1186 ^b	1671 ^b	1733 ^a	1886 ^a
Festuca-al falfa	1456 ^c	1919 ^a	1813 ^a	1924 ^a

1: Los valores seguidos por la misma letra, no difieren significativamente, a un nivel de protección del 5%, dentro de cada nivel de nitrógeno, usando la prueba de rango múltiple de Duncan.-

Se observa que los rendimientos en grano difieren significativamente ($P < 0.05$) a los niveles 0 y 50 de aplicación de nitrógeno. Las praderas con leguminosas posibilitan alcanzar rendimientos mayores; con praderas de festuca solamente, el rendimiento fue menor. A los niveles altos de aplicación de nitrógeno las diferencias entre praderas con o sin leguminosas desaparece, lo cual indica que el efecto beneficioso de las leguminosas se da principalmente a través de su aporte en nitrógeno.-

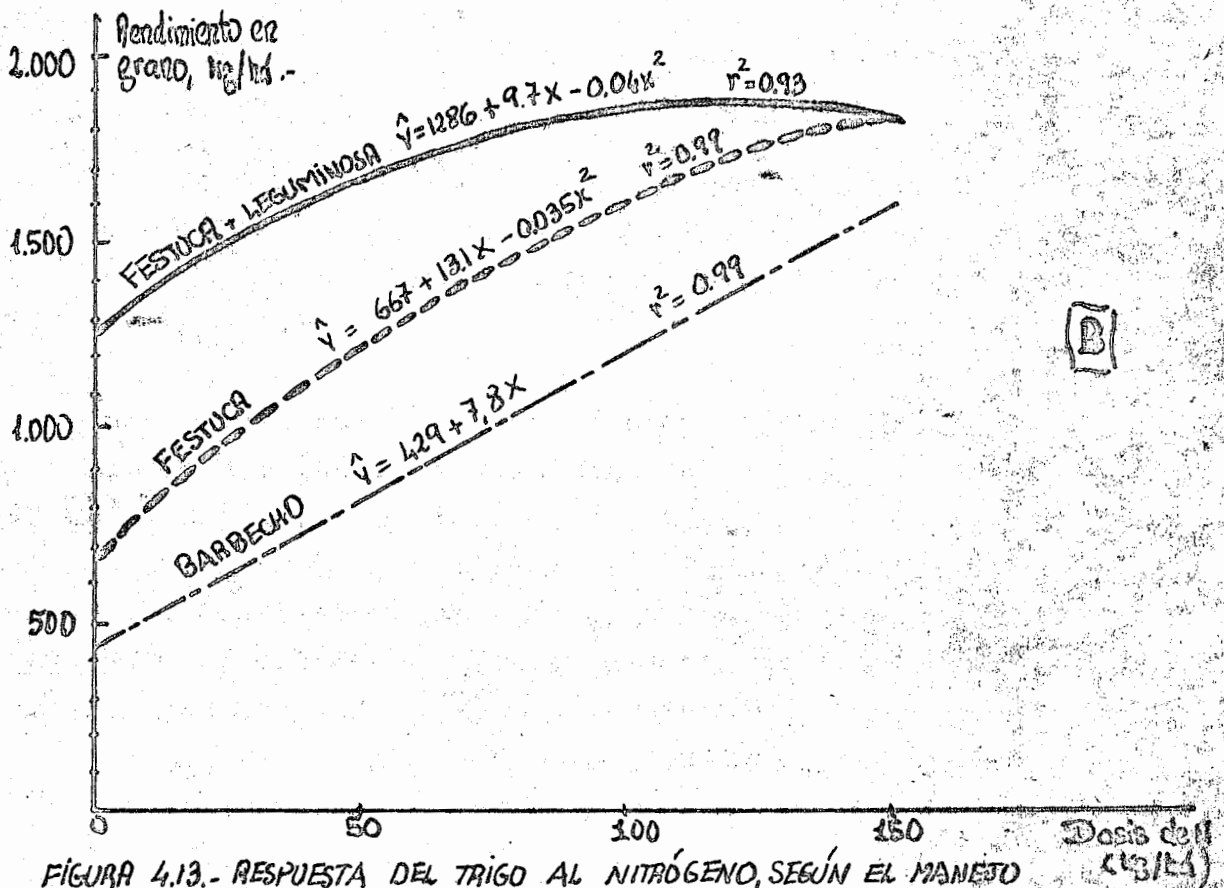
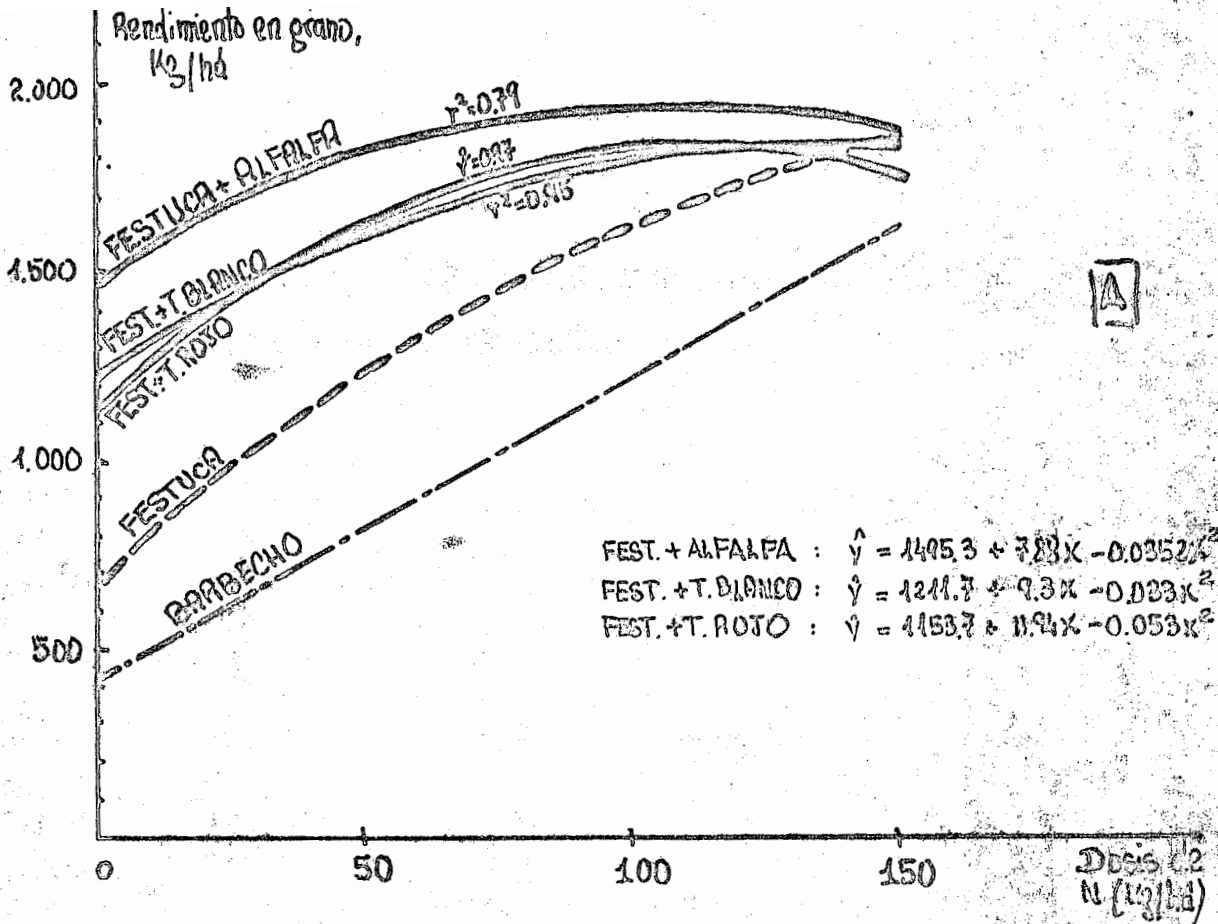


FIGURA 4.13.- RESPUESTA DEL TRIGO AL NITRÓGENO, SEGÚN EL MANEJO PREVIO. A: TRES PADERAS MIXTAS, Y UNA DE GRAMÍNEAS. B: LAS TRES PADERAS CON LEGUMINOSAS SE PROMEDIAN.

En la figura 13b, los rendimientos de trigo en kg/há se han éponmediado para las distintas leguminosas y se ajustaron tres ecuaciones de respuesta, de acuerdo al manejo previo.-

La ordenada en el origen para cada caso, indica el rendimiento obtenible sin agregar nitrógeno y evidencia la importancia del manejo anterior de la chacra: las praderas de leguminosas dan los rendimientos de trigo más altos. Si esos valores se sustituyen en la función ajustada al testigo, se obtiene una estimación del nitrógeno necesario como fertilizante, para obtener rendimientos similares, cuando no hubo pradera, y es una forma de medir la residualidad de las pasturas.- La festuca equivale a aproximadamente 30 kg/há de nitrógeno, en tanto que las praderas con leguminosas equivalen a 110 kg/há. de nitrógeno agregados como urea.-

Estos valores son inferiores a los estimados de acuerdo a los datos de absorción del cultivo (60 kgs y 150 - 180 kg/há. respectivamente). Esto implica que la evaluación del efecto residual de las pasturas a través del rendimiento en grano del cultivo posterior, subestima el aporte real, debido a que hay otros factores que pueden influenciar los rendimientos de grano obtenidos y hacerlos menores.-

Los 110 kg/há. de nitrógeno mineral representan aproximadamente 240 kg/há. de urea-fertilizante, cifra muy similar a la reportada por Castro et al (1972) quienes encuentran un efecto de las praderas sobre el trigo posterior aprox. equivalente a 250 kg/há de urea.-

4.5.- EDAD DE LA PASTURA

La edad de la pradera no causó diferencias significativas. Los rendimientos promedio de pasturas de 2, 3 y 4 años de duración, no fueron estadísticamente significativos aunque el rendimiento en grano fue levemente superior en trigos precedidos de praderas de dos años, en relación a las de tres años. Los menores rendimientos se obtuvieron en el trigo posterior a pasturas de cuatro años.-

Al aplicar nitrógeno se observó una respuesta diferencial, lo cual gráficamente se observa en la figura N° 14. Sorprende encontrar una respuesta al agregado de nitrógeno en un cultivo sembrado luego de dos a cuatro años de pastura. Ello es consecuencia de un año climáticamente anormal, con valores de precipitación pluvial considerablemente superiores a los registrados en la zona en años normales (apéndice 1).-

En la figura N° 15 se compara la respuesta al nitrógeno del trigo posterior a pasturas, en este ensayo, con la obtenida por Castro et al (1972) en trigos sembrados a continuación de praderas de alfalfa, en el año 1966. La respuesta obtenida al agregado de nitrógeno en este ensayo, a pesar de que el trigo fue precedido por praderas de 2 a 4 años de duración, guarda relación con el régimen pluviométrico. En el año 1966, catalogado como seco en relación al promedio de 62 años de la región, no hay respuesta, y el agregado de nitrógeno causa descensos en los rendimientos en grano. Esto es una evidencia clara de la gran importancia que tienen las condiciones climáticas (temperatura y lluvias) en los fenómenos relacionados a la dinámica

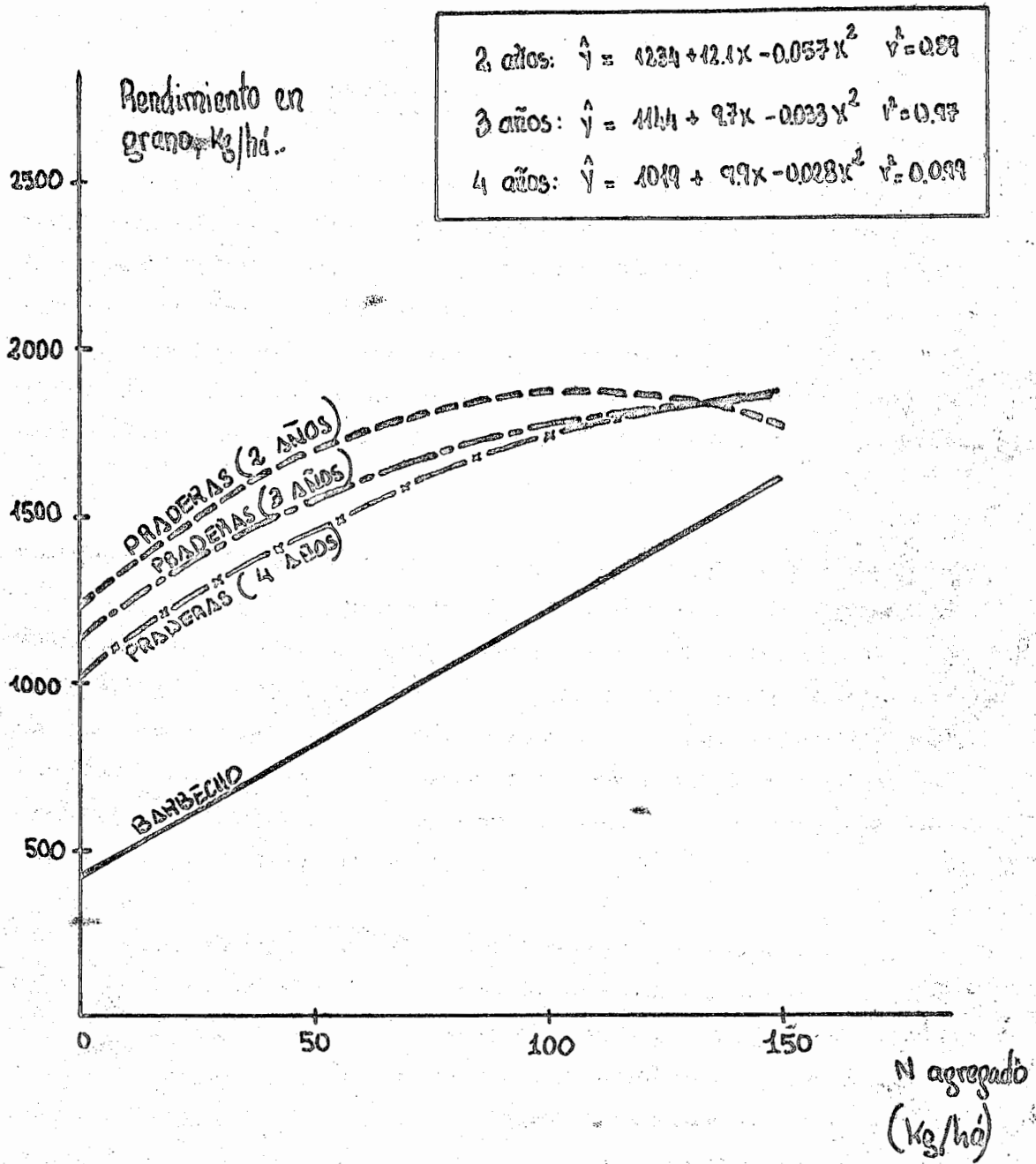


FIGURA 4.14.- DURACIÓN DE LA PASTURA Y RENDIMIENTO EN GRANO DEL CULTIVO POSTERIOR, CON DISTINTOS NIVELES DE N.

del nitrógeno, y el riesgo de predecir una respuesta determinada al agregado de nitrógeno de acuerdo al manejo previo, sin tener en cuenta la aleatoriedad del factor clima que puede provocar un comportamiento muy variable.-

4.6.- PRODUCTIVIDAD DE LA PASTURA Y RENDIMIENTO DEL TRIGO POSTERIOR.-

En el cuadro N° 12 se presentan los rendimientos en materia seca y nitrógeno total de las praderas, correspondientes a las siembras de 1972, 1973 y 1974. En todos los años se observó una mayor producción de materia seca en las praderas con leguminosas comparadas con las praderas de festuca solamente.-

Williams et al (1960) remarcan la importancia de la productividad de la pastura en el efecto sobre el cultivo posterior. Estos autores encontraron que los rendimientos de trigo estaban correlacionados con la producción de las praderas de alfalfa previas. Midiéron la productividad de las pasturas en términos del número de renuevos de alfalfa por unidad de superficie y encontraron una correlación positiva y lineal entre la cantidad de alfalfa presente en la pradera antes de ararla y el rendimiento del primer cultivo de trigo posterior ($r = .92, P < 0.001$).-

En este ensayo se observó una tendencia similar, el rendimiento de trigo fue superior en aquellas parcelas que presentan mayor producción de sus praderas, en términos de materia seca y de nitrógeno total determinado en las mismas. La productividad de la pastura es uno de los factores

relacionados al efecto que tiene la pradera sobre el suelo y ello se refleja en el rendimiento del trigo posterior, lo cual se observa en las figuras Nos. 16 y 17. En ellas se relaciona el rendimiento de trigo con la productividad acumulada de la pastura.-

Sin embargo, si se relaciona la producción de la pastura en su último año, es decir en el año previo al trigo, con el rendimiento en grano obtenido, se observa que la relación es más estrecha (figuras Nos. 18 y 19). Para materia seca producida por la pradera, y nitrógeno total de las mismas, los coeficientes de correlación lineal entre estas medidas de productividad de la pastura y el rendimiento en grano del trigo, son 0.45 ($P < 0.01$) y 0.58 ($P < 0.01$), respectivamente.-

En cambio, cuando se vinculó el rendimiento en grano con la productividad de la pastura en el último año, estos coeficientes toman valores de 0.84 ($P < 0.001$) y 0.84 ($P < 0.001$) respectivamente. Esto concuerda con los datos de Williams et al (1960), ya que estos autores relacionaron la producción del trigo con el número de renuevos de alfalfa presentes en la pradera, en el momento previo a su arada, o sea midieron la productividad en el último año, e indica la importancia que tiene el manejo de la pastura para maximizar su efecto en el cultivo posterior, en el sentido de arar las praderas cuando ellas se encuentran en plena producción. En este ensayo, algunas de las praderas de 3 y 4 años de duración se encontraban en declinación y dieron producciones inferiores a las praderas de dos años, en el año previo al trigo.-

CUADRO 12 - PRODUCCIÓN ANUAL DE LAS PASTURAS. SIEMBRAS
1972, 1973 Y 1974 (kg/há. de MS y NT)

Materia seca	Nitró- geno total	AÑO			MS	NT	MS	NT
		72/73	73/74	74/75				
festuca	2601	27.95	3394	32.65	1409	1367	14.20	
festuca-t. rojo	7753	130.40	7142	110.81	4923	3046	65.20	
festuca-t. blanco	10797	270.0	8900	191.85	8748	3366	56.93	
festuca- alfalfa	6959	148	7253	92.27	3927	4215	117.21	
festuca			4099	45.79	1658	1305	16.18	
festuca-t.rojo			10339	250.03	7910	2990	59.90	
festuca-t.blanco			7005	168.69	8696	4359	95.96	
festuca-alfalfa			7374	133.50	7432	11039	321.71	
festuca			3737	54.89	920	920	9.43	
festuca-t. rojo			6792	136.84	4862	4862	138.5	
festuca-t.blanco			5086	90.70	6815	6815	193.96	
festuca-alfalfa			2182	56.7	7893	7893	224.28	

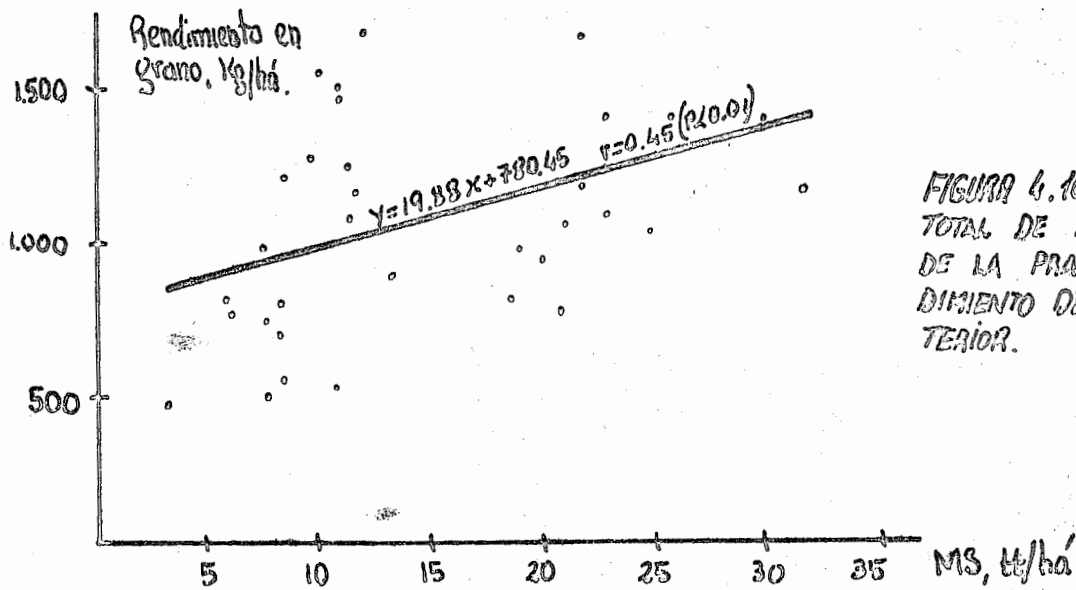


FIGURA 4.16.- RENDIMIENTO TOTAL DE MATERIA SECA DE LA PRADERA Y RENDIMIENTO DEL TRIGO POSTERIOR.

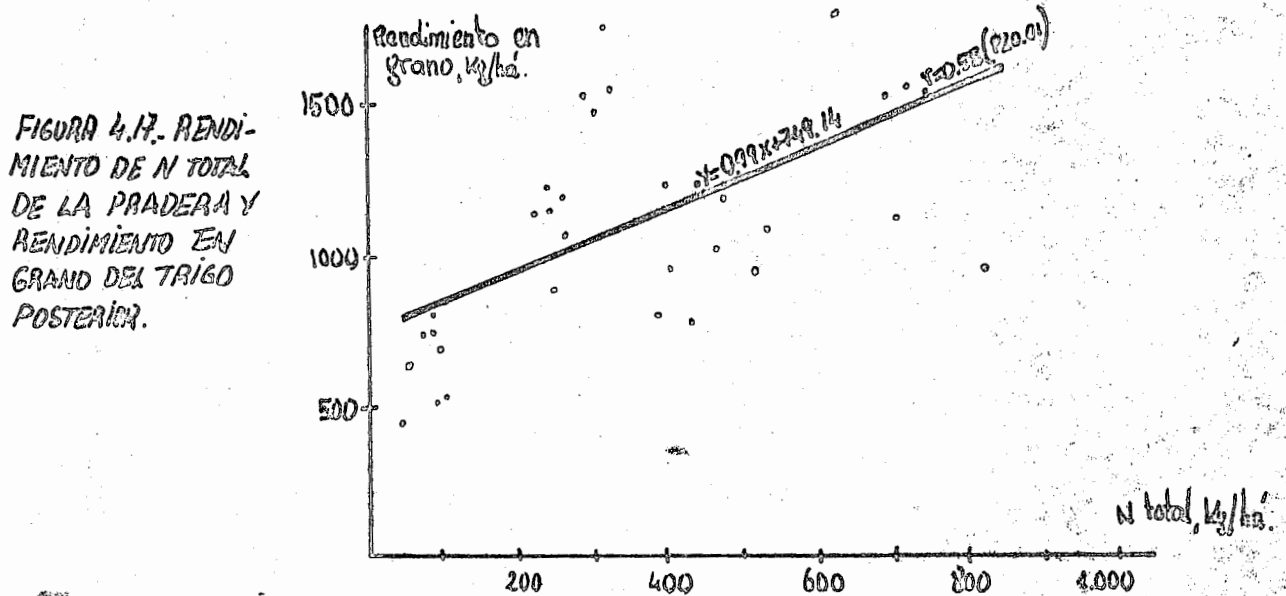


FIGURA 4.17.- RENDIMIENTO DE N TOTAL DE LA PRADERA Y RENDIMIENTO EN GRANO DEL TRIGO POSTERIOR.

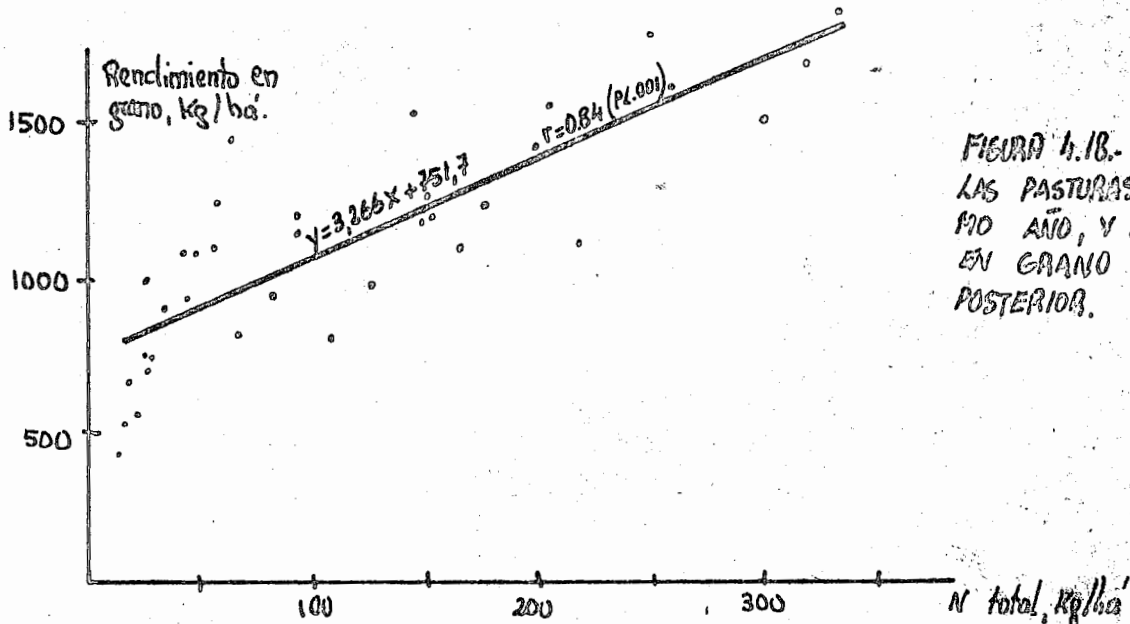


FIGURA 4.18.- N TOTAL DE LAS PASTURAS EN EL ÚLTIMO AÑO, Y RENDIMIENTO EN GRANO DEL TRIGO POSTERIOR.

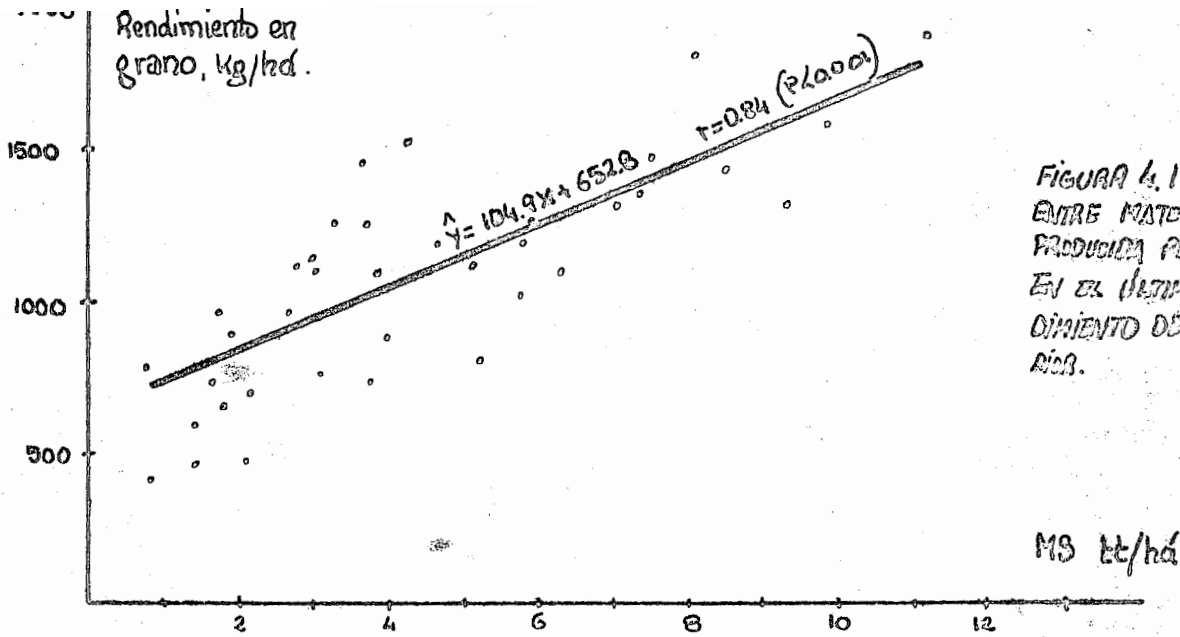


FIGURA 4.19. RELACION ENTRE MATERIA SECA PRODUCIDA POR LA PRADERA EN EL ÚLTIMO AÑO, Y RENDIMIENTO DEL TRIGO POSTERIOR.

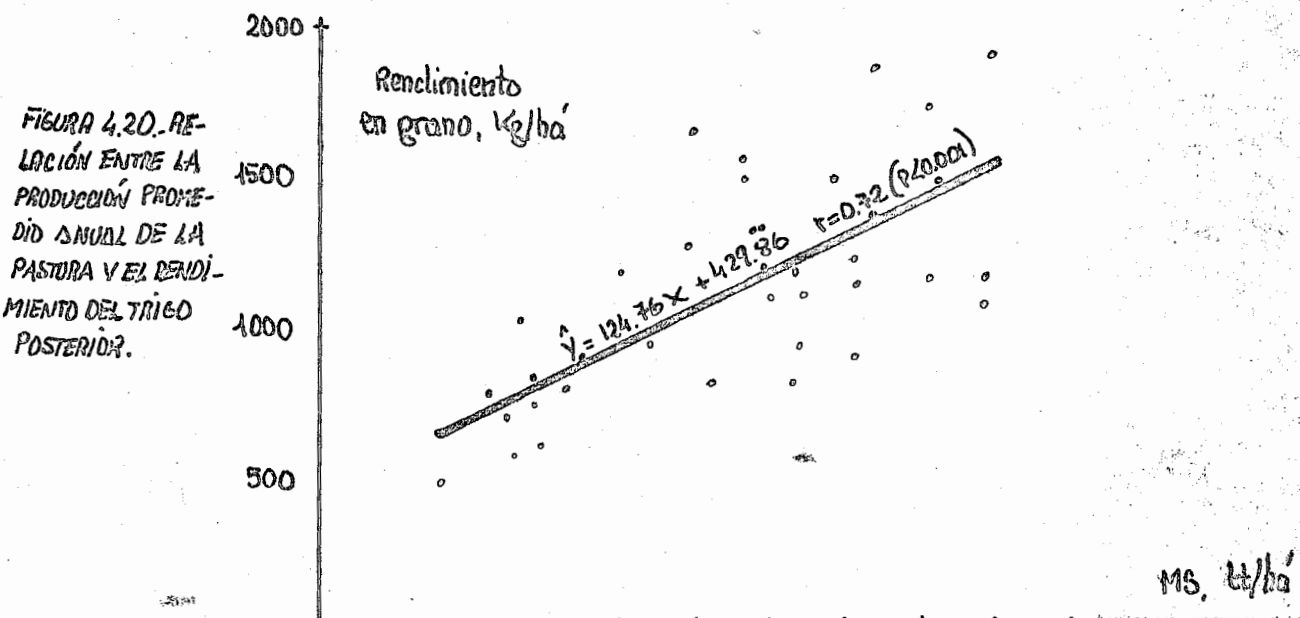


FIGURA 4.20. RELACION ENTRE LA PRODUCCION PROMEDIO ANUAL DE LA PASTURA Y EL RENDIMIENTO DEL TRIGO POSTERIOR.

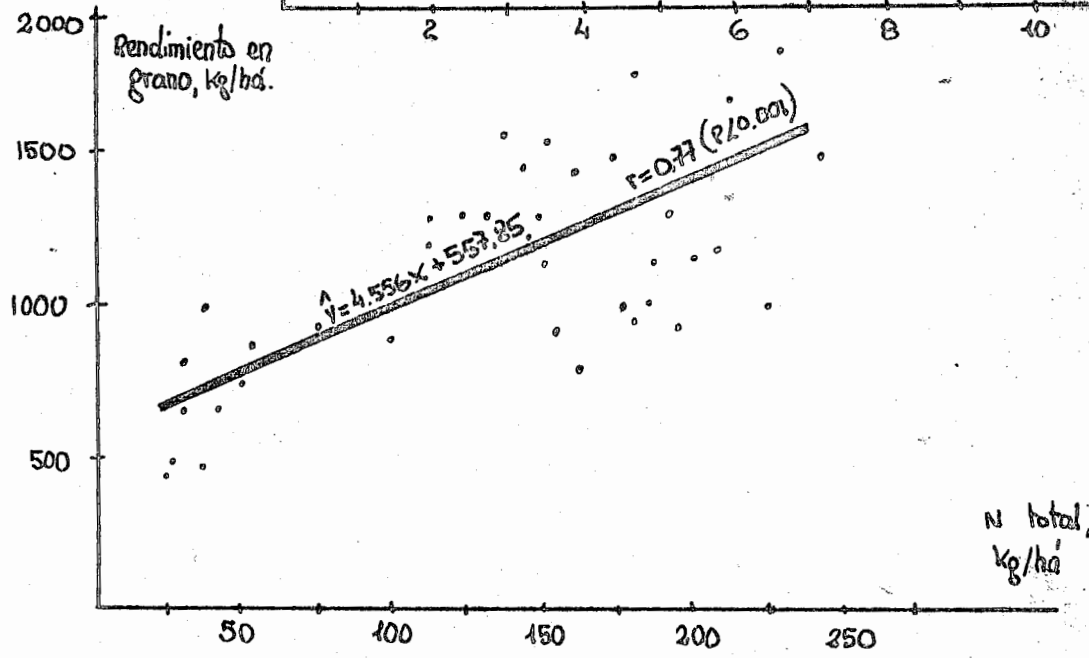


FIGURA 4.21. RELACION ENTRE EL N TOTAL EN LA PASTURA (PROMEDIO ANUAL) Y RENDIMIENTO DEL TRIGO POSTERIOR.

La relación entre la producción promedio por año de las pasturas, en términos de Materia seca y nitrógeno total, y el rendimiento del trigo posterior, tanbién es positiva (figuras Nos. 20 y 21).-

Los resultados indican que por cada tonelada adicional de producción de la pastura por año, el rendimiento en grano de trigo se incrementa en 120 kgs/ há. De acuerdo a los datos de producción de las pasturas en el último año, cada tonelada adicional de materia seca producida por há. en el último año, aumenta el rendimiento en grano del trigo posterior en 104 kgs.-

Estas relaciones son importantes si pensamos en el rendimiento de un solo cultivo posterior a la pastura; el estado de la pastura en el último año afecta principalmente la cantidad de nitrógeno disponible a corto plazo, para el cultivo siguiente. La alta asociación determinada entre producción de materia seca en el último año y el rendimiento del trigo posterior, justificaría lo observado en las funciones de respuesta ajustadas para rendimientos de trigo luego de pasturas de 2, 3 y 4 años. Allí, tal como fue visto, existe una tendencia (no significativa) a que la respuesta sea menor en las pasturas de dos años, intermedia en las de tres y mayor en las de 4 años. Este comportamiento podría tener una justificación teórica basada en dos hechos:

- los residuos orgánicos incorporados al suelo por una pastura, que más mineralizan nitrógeno luego de ararla, son aquellos más recientemente incorporados, principalmente los del último año.-
- el ciclo de producción de una pradera permanente tiene su máximo en el segundo año, tanto en proporción de leguminosas como en producción de materia seca, disminuyendo estos valores a medida que avanza la edad de la pastura.-

Pero si pensamos no solamente en el efecto sobre el primer cultivo luego de arada una pastura, sino en la residualidad de ese efecto para tres o cuatro años de cultivos, importa el aporte de nitrógeno a largo plazo, y en ese caso cobrará importancia el factor duración de la pastura. Los sucesivos años de este experimento servirán para relacionar la duración de la pastura con la duración del efecto residual.-

4.7.- ABSORCIÓN DE NITRÓGENO Y RENDIMIENTO EN GRANO

La necesidad de nitrógeno del cultivo, asociada a un determinado rendimiento en grano, se observa en la figura N° 22.-

Los datos corresponden al nitrógeno absorbido por el cultivo, determinadas en el tercer y cuarto muestreos. De acuerdo a la tendencia observada se ajustaron ecuaciones empíricas. Esta tendencia es coincidente con la observada por

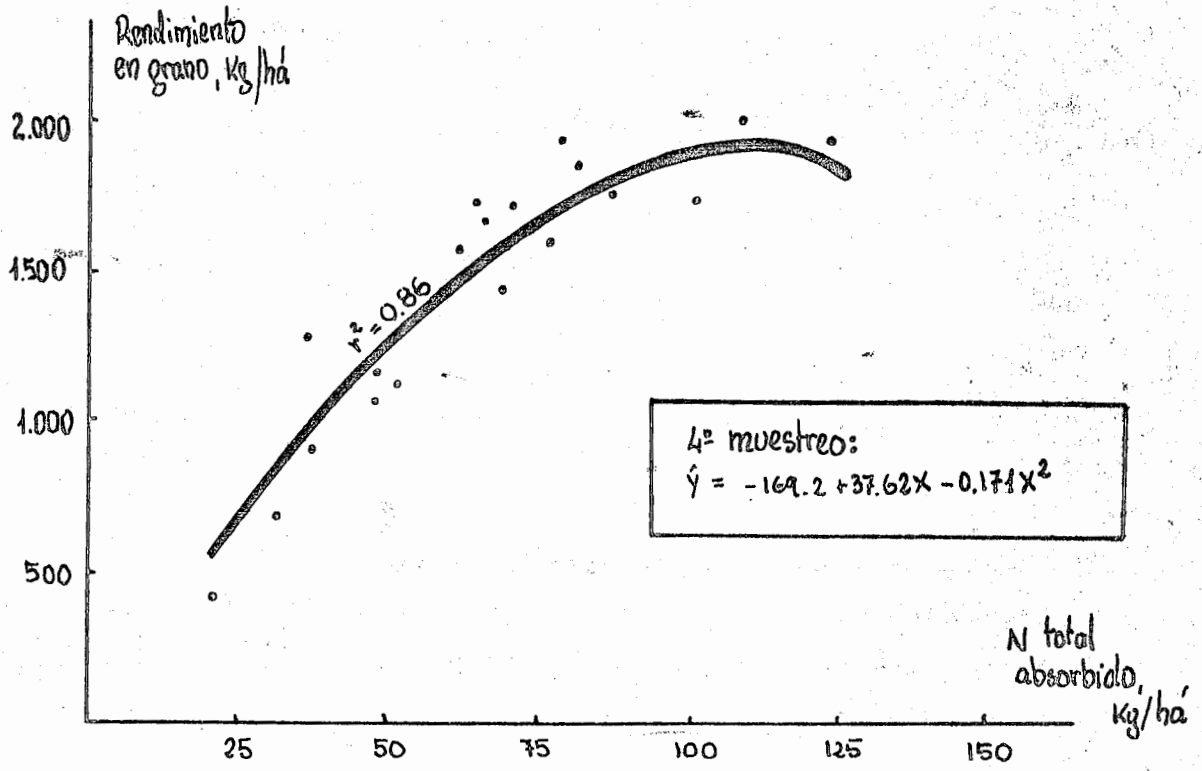
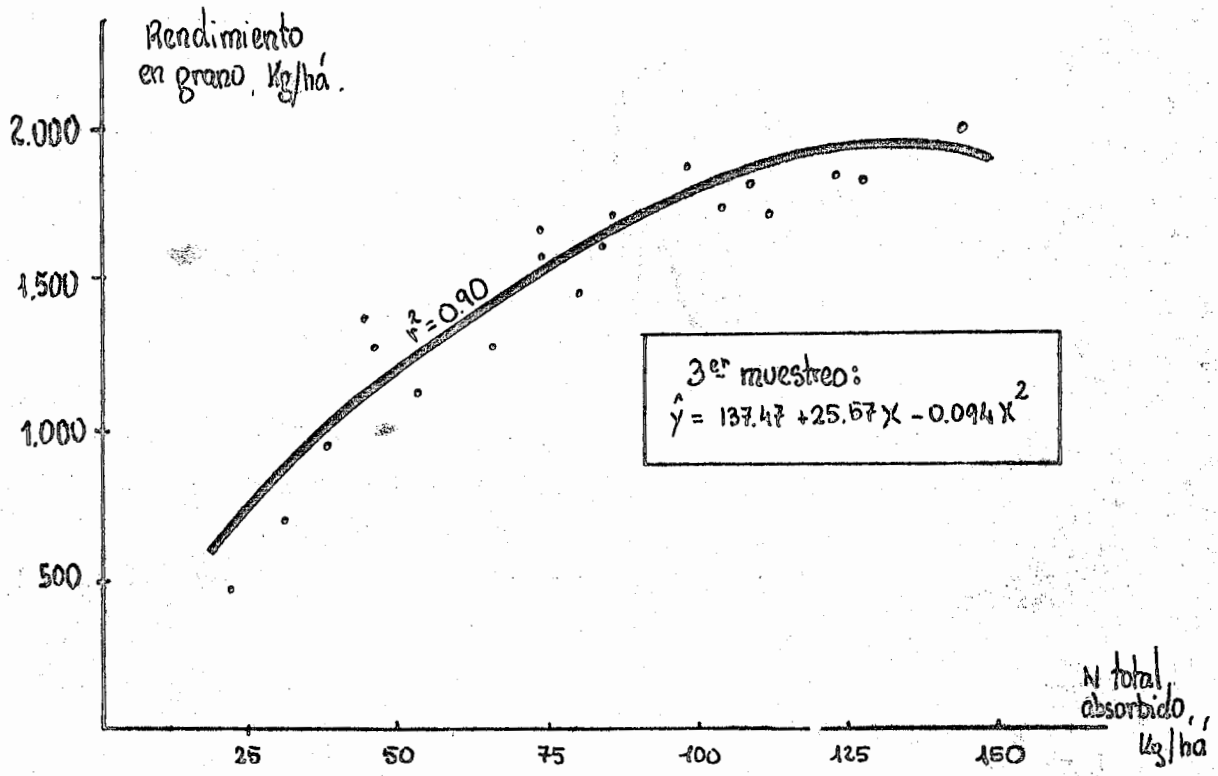


FIGURA 4.22.- NECESIDAD DE NITRÓGENO DEL TRIGO PARA UN DETERMINADO RENDIMIENTO EN GRANO. (3er y 4o muestreos).

Soper et al (1971) en cebada, los cuales ajustaron una función exponencial a los datos observados.-

Se observa que son necesarias mayores cantidades de nitrógeno para aumentar 100 kgs. el rendimiento en grano en niveles altos de producción, lo cual indica que las altas producciones de grano están asociadas a una mayor concentración de nitrógeno. En este sentido, el aporte de nitrógeno, ya sea por la pastura y por el fertilizante, juega un papel fundamental en asegurar el éxito del cultivo.-

V. CONCLUSIONES

1.- El contenido de nitrógeno de la planta de trigo es mayor a continuación de praderas mixtas, en comparación al observado con praderas previas de festuca solamente. El agregado de nitrógeno va acompañado de una disminución en las diferencias en contenido de nitrógeno en comparación al testigo, pero éstas no desaparecen en su totalidad lo cual indica que las praderas tienen efectos adicionales al aporte de nitrógeno.-

2.- Cuando el trigo es precedido de pasturas, hay una mayor producción de materia seca por el cultivo, y un aumento en el nitrógeno absorbido, siendo los incrementos mayores si las praderas incluyen leguminosas. Los valores más bajos de absorción se obtuvieron en los testigos, para cualquier nivel de nitrógeno aplicado, lo cual indica que hay un aporte adicional de nitrógeno por la pradera, para el cultivo que le sigue. En términos de la absorción de nitrógeno, se estimó un efecto residual de las praderas con leguminosas equivalente a 170 unidades de nitrógeno, mientras que para la festuca se estimó un valor de 60 unidades.-

3.- El rendimiento en grano de trigo es superior si previamente hubo pasturas con leguminosas. Si las praderas son de gramíneas puras, el aumento es menor. El agregado de nitrógeno hizo desaparecer las diferencias en rendimiento debidas al manejo previo. En términos de la cantidad de nitrógeno necesaria para obtener rendimientos

en grano similares, la pradera de leguminosas equivale a 110 kgs. de nitrógeno agregados como fertilizante, mientras que las praderas de festuca representan 30 kgs. de nitrógeno mineral.-

4.- No se encontró un efecto significativo de los factores duración de la pastura, y especie de leguminosa que constituye la misma. Para el cultivo de trigo del primer año posterior a las praderas, los distintos tipos de pasturas proporcionaron nitrógeno residual que casi satisfizo las necesidades del cultivo.-

5.- A pesar de ser precedido por praderas, el trigo respondió a 150 kgs. de nitrógeno. El clima jugó un papel importante en la respuesta obtenida e indica la necesidad de considerarlo junto al manejo previo, cuando se quiere predecir situaciones de respuesta al agregado de nitrógeno.-

6.- La productividad de la pastura (medida en términos de materia seca o nitrógeno total) guarda relación con el rendimiento en grano del cultivo que le sigue. La asociación es más estrecha si se vincula el rendimiento del cultivo con la productividad de la pradera en su último año solamente. Por cada tonelada adicional de producción de las pasturas en el año previo al cultivo, se rendimiento el grano de trigo sumentó en 104 kgs. El estado de la pradera en el último año, afecta principalmente el rendimiento del primer cultivo posterior, por la importancia de los residuos incorporados por la pastura en el año previo.-

La generalización de los resultados de este experimento se vé limitada por tratarse de un sólo año de análisis. Los sucesivos años de trigo permitirán obtener información acerca de la importancia de la duración de la pastura y su relación con el efecto residual, así como confirmar los resultados aquí señalados.-

VI. RESUMEN

En el año 1972 se instaló en el Centro de Investigaciones Agrícolas, Dr. Alberto Boerger, Estación Experimental La Estanzuela, Colonia, un ensayo para estudiar el efecto de distintas leguminosas en asociación con fostuca en cuanto al suministro de nitrógeno al cultivo de trigo posterior, y determinar la duración de su efecto en cultivos sucesivos de este cereal.-

El ensayo se planteó en el campo como bloques al azar con tres repeticiones, surgiendo los tratamientos de la combinación de cuatro tipos diferentes de pasturas y tres edades de duración de las mismas, más un testigo sin pasturas (barbecho - trigo). Aradas las praderas, al sembrarse trigo en el año 1976, se introdujo un nuevo factor, la fertilización nitrogenada en cuatro niveles: 0,50, 100, y 150 kgs/há. de nitrógeno, dividiéndose así cada parcela en cuatro subparcelas, por lo cual los datos del cultivo se analizan como parcela dividida.-

Se evaluó la absorción de nitrógeno a lo largo del ciclo de crecimiento del trigo mediante cinco muestreos realizados con intervalos de aproximadamente 30 días entre uno y otro.-

El efecto de las praderas en el cultivo posterior fue cuantificado de dos formas:

- mediante el nitrógeno absorbido durante el ciclo de crecimiento, en comparación a los testigos. De esta forma se estimó un efecto residual de las praderas con leguminosas que fue equivalente a 170 kg. de nitrógeno agregado como fertilizante, mientras que para la festuca se estimó un valor de 60 kgs.-

- evaluando el rendimiento adicional en grano del cultivo, cuando fue precedido por pasturas. El agregado de nitrógeno hizo desaparecer diferencias en rendimiento de bidas al manejo previo: el trigo precedido por praderas con leguminosas tuvo rendimientos en grano superiores. En términos de la cantidad de nitrógeno necesaria para obtener rendimientos similares, la pradera fue equivalente a 110 kgs. de nitrógeno por há. Las praderas de gramíneas solamente representan 30 kgs. de nitrógeno mineral, por lo cual hay un efecto físico de la pradera, además del efecto universalmente reconocido a través de la fijación simbótica de nitrógeno por las leguminosas.-

La duración de la pastura y el tipo de especie leguminosa utilizada no fue relevante en este experimento. La productividad de las pasturas, medida en materia seca e en nitrógeno total estuvo vinculada al rendimiento en grano del trigo posterior. Por cada tt. adicional de materia seca producida por la pastura en el año previo al trigo, el rendimiento en grano de éste aumentó en 104 kg/há.-

La relación entre productividad total de la pastura y rendimiento en grano fue menos estrecha. El estado de la pradera en el último año fue importante en relación al rendimiento del primer cultivo posterior. Los sucesivos cultivos de trigo servirán para evaluar la importancia de la duración de la pradera en el efecto residual.-

APENDICE 1. Condiciones climáticas en las que se desarrolló el experimento en comparación a los datos promedio de la región.-

Año 1976	Temperatura (°C)	Promedio (1915-1964)	Lluvia (mm.)	Promedio (1915-1976)
Enero	22.8	23.3	205.0	96.0
Febrero	21.3	22.8	49.0	88.5
Marzo	18.0	20.8	156.7	121.2
Abril	15.9	16.9	74.8	104.8
Mayo	13.7	13.8	27.4	88.3
Junio	9.7	10.1	44.3	75.6
Julio	10.2	10.4	124.1	63.9
Agosto	11.0	11.3	86.5	79.1
Setiembre	12.9	13.1	121.4	87.8
Octubre	15.3	15.5	221.2	86.2
Noviembre	17.9	18.7	83.7	95.0
Diciembre	20.9	21.5	225.4	85.9

Año 1977

Enero	23.7		128.8	
Febrero	21.6		257.0	
Marzo	20.0		139.8	
Abril	19.6		34.0	

APENDICE N° 2 - Producción de Materia Seca del cultivo de
trigo, expresada en Kg./há.-

Días de post- siembra

55

nivel de N	0	50	100	150
barbecho	178.9	197.8	148.9	224.4
festuca (2 años)	285.6	196.7	144.4	204.4
festuca (3 años)	316.7	264.4	171.1	203.3
festuca (4 años)	294.4	240.0	257.8	238.9
festuca-t. blanco (2 años)	158.9	202.2	224.4	326.7
festuca-t.blanco (3 años)	222.2	202.2	197.8	284.4
festuca-t.blanco (4 años)	270.0	230.0	254.4	334.4
festuca-t. rojo (2 años)	230.0	144.4	215.6	334.4
festuca-t.rojo (3 años)	260.0	252.2	222.2	221.1
festuca-t. rojo (4 años)	198.1	285.6	207.8	248.9
festuca-alfalfa (2 años)	252.2	265.6	270.0	365.6
festuca-alfalfa (3 años)	303.3	250.0	350.0	288.9
festuca-alfalfa (4 años)	311.1	347.8	212.2	246.7

APENDICE N° 2 - Producción de Materia Seca del cultivo de
 (continuación) trigo, expresada en Kg./Há.-

Días de post - siembra	84			
	0	50	100	150
barbecho	424.4	791.1	597.8	752.2
festuca (2 años)	452.2	1065.6	1061.1	1056.7
festuca (3 años)	676.7	708.9	876.7	633.3
festuca (4 años)	667.8	827.8	712.2	930.0
festuca-t.blanco (2 años)	1246.7	1105.6	1224.4	1154.4
festuca-t.blanco (3 años)	1165.6	1041.1	1725.6	1495.6
festuca-t.blanco (4 años)	722.2	921.1	1485.6	990.0
festuca-t.rojo (2 años)	1082.2	1177.8	1157.8	1184.4
festuca-t. rojo (3 años)	1011.1	608.9	1461.1	1397.8
festuca-t. rojo (4 años)	908.9	964.4	1196.7	903.3
festuca-alfalfa (2 años)	851.1	1043.3	1551.1	1338.9
festuca-alfalfa (3 años)	1235.6	1285.6	1247.8	1268.9
festuca-alfalfa (4 años)	1012.2	1105.6	1254.4	1443.3

(continúa...)

APENDICE N° 2 (continuación)

días de post-
siembra

120

nivel de N	0	50	10	150
barbecho	1611.1	2588.9	3061.1	4572.2
festuca (2 años)	2694.4	4644.4	5966.7	6294.4
festuca (3 años)	2255.6	3627.8	5466.7	8944.4
festuca (4 años)	3555.6	3288.9	5668.9	5966.7
festuca-t.blanco (2 años)	6500.0	5733.3	6194.4	7911.1
festuca-t.blanco (3 años)	3572.2	5572.2	6833.3	7033.3
festuca-t.blanco (4 años)	7233.3	6855.6	7944.4	7288.9
festuca-t. rojo (2 años)	6644.4	6944.4	6872.2	7638.9
festuca-t. rojo (3 años)	6233.3	5577.8	7066.7	9411.1
festuca-t.rojo (4 años)	4833.3	7027.8	6277.8	7744.4
festuca-alfalfa (2 años)	5861.1	6472.2	8233.1	9544.4
festuca-alfalfa (3 años)	8444.4	8288.9	6638.9	8177.8
festuca-alfalfa (4 años)	5500.0	6872.2	8177.8	7522.2

(continúa...)

APENDICE N° 2 (continuación)

días post-
siembra

157

nivel de N	0	50	100	150
barbecho	1930.6	4388.9	7180.6	9277.8
festuca (2 años)	3319.4	5500.0	6180.6	9000.0
festuca (3 años)	5305.6	4125.0	8986.1	10152.8
festuca (4 años)	3472.2	6555.6	9888.9	8277.8
festuca-t.blanco (2 años)	7444.4	9027.8	7819.4	12625.0
festuca-t.blanco (3 años)	7833.3	9305.6	11116.7	12680.6
festuca-t.blanco (4 años)	6458.3	7777.8	9722.2	10069.4
festuca-t.rojo (2 años)	9513.9	9833.3	8736.1	11486.1
festuca-t.rojo (3 años)	6513.9	7638.9	12125.0	10819.4
festuca-t.rojo (4 años)	7569.4	8777.8	11583.3	12444.4
festuca-alfalfa (2 años)	7680.6	11916.7	12527.8	11747.2
festuca-alfalfa (3 años)	12083.3	8361.1	9777.8	12819.4
festuca-alfalfa (4 años)	8305.6	9861.1	8152.8	10027.8

(continúa...)

APENDICE N° 2 (continuación)

días post-
siembra

188

nivel de N	0	50	100	150
barbecho	1533.0	6133.0	2000.0	4533.0
festuca(2 años)	4400.0	5667.0	5600.0	5867.0
festuca (3 años)	2200.0	3933.0	5800.0	5933.0
festuca(4 años)	2933.0	4800.0	8000.0	6200.0
festuca-t.blanco (2 años)	6533.0	7533.0	6733.0	10800.0
festuca-t.blanco (3 años)	5600.0	4400.0	9133.0	7000.0
festuca-t.blanco (4 años)	3000.0	6667.0	5333.0	7133.0
festuca.t.rojo (2 años)	5000.0	4133.0	5466.7	3666.7
festuca-t.rojo (3 años)	4266.7	8000.0	7467.0	4133.0
festuca-t.rojo (4 años)	5067.0	8133.0	5866.7	8400.0
festuca-alfalfa (2 años)	6533.0	5800.0	4467.0	6000.0
festuca-alfalfa (3 años)	9533.0	8800.0	11067.0	5667.0
festuca-alfalfa (4 años)	7200.0	11067.0	11800.0	11867.0

APENDICE N° 3 - Análisis de varianza correspondiente a la producción de Materia Seca en el tercer muestreo (120 días post-siembra)

Causa de Variación	g.l.	S. de <u>cu</u> dados	C. Medio	F
Bloques	2	46.940.1667	23470.0833	7.22 **
Especie	3	121187.1900	40395.7300	12.43 **
Edad de la past.	2	478.4900	239.2400	0.07 NS
Especie x Edad	6	20620.9300	3436.8200	1.06 NS
Barbecho vs. pradera	1	120777.9500	120777.9500	37.16 **
Er (a)	24	78010.7500	3250.4479	
Nitrógeno	3	127588.0561	42529.3529	22.11**
Nitrógeno x (especie + barbecho)	12	24708.3119	2059.0259	1.07 NS
Nitrógeno x Edad	6	10479.6146	1746.6024	0.91 NS
N x Especie x Edad	18	60156.7443	3342.0413	1.74 NS
Er (b)	78	150046.0833	1923.6677	
TOTAL	155	760994.2869		
\bar{X} : 185.1378			CV (a): 30.79%	
			CV (b): 23.69%	

APENDICE N° 4 - Análisis de varianza correspondiente al contenido de nitrógeno en el tercer muestreo (120 días post-siembra)

Causa de variación	g.l.	S. de cuadrados	C. Medio	F
Bloques	2	0.05874	0.02937	0.27 NS
Especie	3	1.83489	0.61163	5.67 **
Edad de la pastura	2	0.29266	0.14633	1.36 NS
Especie x Edad	6	1.59517	0.26586	2.46 NS
Barbecho vs. Pradera	1	0.02391	0.02391	0.22 NS
Er (a)	24	2.58936	0.10789	
Nitrógeno	3	12.28753	4.09584	49.56 **
Nitrógeno x (especie barbecho)	12	0.75141	0.06261	0.76 NS
Nitrógeno x Edad	6	0.20880	0.03480	0.42 NS
N x Especie x Edad	18	0.41204	0.02289	0.28 NS
Er (b)	78	6.44647	0.08264	
TOTAL	155	26.50098		

\bar{X} : 1.3886

CV (a) : 23.67%

CV (b) : 20.71%

APENDICE N° 5 - Análisis de varianza correspondiente al contenido de nitrógeno del cultivo de trigo en el cuantio muestreo (157 días post-siembra).-

Causa de variación	g.l.	S. de cuadrados	C. Medio	F
Bloques	2	0.0829	0.0414	1.41 NS
Especie	3	0.2670	0.0890	3.04 *
Edad de la pastura	2	0.0444	0.0222	0.76 NS
Especie x Edad	6	0.1518	0.0253	0.86 NS
Barbecho vs. pradera	1	0.0335	0.0335	1.14 NS
Er (a)	24	0.7042	0.0293	
Nitrógeno	3	0.9655	0.3218	37.86 **
Nitrógeno X (especie + barbecho)	12	0.3533	0.0294	3.46 **
Nitrógeno X Edad	6	0.0699	0.0117	1.37 NS
N X Especie X Edad	18	0.2477	0.0138	1.62 NS
Er (b)	78	0.6645	0.0085	
TOTAL	155	3.5847		

\bar{X} : 0.795 %

CV (a): 21.530

CV (b): 14.606

Causa de variación	g.l.	S. de C.	CN	F
(Especie sin festuca)	2	0.1533	0.0767	2.62 NS

APENDICE N° 6 - Análisis de varianza correspondiente al nitrógeno absorbido por el cultivo de trigo en el primer muestreo (55 días post-siembra).-

Causa de Variación	g.l.	S. de Cuadrados	C. Medio	F
Bloques	2	0.13825	0.06912	6.32 **
Especie	3	0.25535	0.08512	7.92 **
Edad de la pastura	2	0.00972	0.00486	0.45 NS
Especie X Edad	6	0.03995	0.00666	0.62 NS
Barbecho vs pradera	1	0.13590	0.13590	12.64 **
Er (a)	24	0.25805	0.01075	
Nitrógeno	3	0.10586	0.03528	2.99 **
Nitrógeno X (especie + barbecho)	12	0.15938	0.01328	1.12 NS
Nitrógeno X Edad	6	0.09235	0.01439	1.30 NS
Nitrógeno X Especie X Edad	18	0.10660	0.00592	0.50 NS
Er (b)	76	0.89804	0.01181	
TOTAL	153	2.19945		

\bar{x} : 0.286 grs.

CV (a): 36.25%

CV (b): 38.0%

APENDICE N° 7 - Análisis de varianza correspondiente al nitrógeno absorbido por el cultivo de trigo en el segundo muestreo (84 días post-siembra).-

Causa de Variación	g.l.	S. de Cuadrados	C. Medio	F
Bloques	2	3.6932	1.8466	12.87 **
Especie	3	4.4167	1.4722	10.26 **
Edad	2	0.0679	0.0339	0.24 NS
Especie X Edad	6	0.9324	0.1554	1.08 NS
Banbecho vs. pradera	1	2.2209	2.2209	15.48 **
En (a)	24	3.4458	0.1435	
<hr/>				
Nitrógeno	3	4.6562	1.5520	23.20 **
Nitrógeno X (especie + banbecho)	12	0.7446	0.0621	0.93 NS
Nitrógeno X Edad	6	0.3866	0.0644	0.96 NS
N X Especie X Edad	18	2.5536	0.1419	2.12 *
En (b)	77	5.1544	0.0669	

\bar{X} : 0.93 grs.

CV(a): 40.59%

CV(b): 27.71%

APENDICE N° 2 - Análisis de varianza correspondiente al nitrógeno absorbido por el cultivo de trigo en el tercer muestreo (120 días post-siembra).-

Causa de Variación	g.l	S. de Cuadrados	C. Medio	F
Bloques	3	10.3448	5.1724	3.417 *
Especie	3	36.4147	12.1382	8.02 **
Edad de la pastura	2	2.1939	1.0970	0.72 NS
Especie X Edad	6	10.9577	1.8263	1.21 NS
Barbecho vs. Pradera	1	26.4029	26.4029	17.44 **
Er (a)	24	36.3284	1.5136	
<hr/>				
Nitrógeno	3	127.9238	42.6413	83.18 **
Nitrógeno X (especie+barbecho)	12	6.2475	0.5206	1.14 NS
Nitrógeno X Edad	6	4.4911	0.7485	1.64 NS
N X Especie X Edad	18	11.9530	0.6641	1.56 NS
Er (b)	78	35.6988	0.4576	
<hr/>				
TOTAL	155	308.9566		

\bar{X} : 2.686 grs.

CV(a): 45.80%

CV(b): 25.19%

APENDICE N° 9 - Análisis de varianza correspondiente al nitrógeno total absorbido por el cultivo de trigo determinado en el cuarto muestreo (157 días post-siembra)

Causa de Variación	g.l.	S. de Cuadrados	C. Medio	F	
Bloques	2	4.45950	2.22975	7.16	**
Especie	3	14.26846	4.75615	15.27	**
Edad de la pastura	2	1.37180	0.68590	3.30	NS
Especie X Edad	6	3.08002	0.51330	1.64	NS
Barbecho vs. pradera	1	5.33760	5.33760	17.14	**
Er (a)	24	8.47124	0.31130		
<hr/>					
Nitrógeno	3	35.72898	11.90632	30.16	**
Nitrógeno X (especie + barbecho)	12	2.44816	0.20401	0.51	NS
Nitrógeno X edad	6	2.43586	0.40597	1.02	NS
N X Especie X Edad	18	5.65053	0.31391	0.79	NS
Er (b)	78	30.78733	0.3947		
<hr/>					
TOTAL	155	113.02948			

\bar{X} : 1.712 grs.

CV (a): 32.58 %

CV (b): 36.69%

VII - BIBLIOGRAFIA

- Adams, J.E. 1974. Residual effects of crop rotations on water intake, soil loss and sorghum yield. Agronomy Journal, 66(2): 299-304.-
- Adams, W.E.; Hurris, H.D.; Dawson, R.N. (1970). Effect of cropping systems and nitrogen level on corn (Zea mays) yields in the Southern Piedmont region. Agronomy Journal. 62:655-659.-
- Alexander, M. 1961. Introduction to Soil Microbiology, John Wiley and Sons, Inc. New York.-
- Allison, F.E. 1955. The enigma of soil nitrogen balance sheets. Advances in Agronomy, 7:213-250.-
- Allison, F.E. 1966. The fate of nitrogen applied to soil. Advances in Agronomy. 18:219-259-
- Andrew, C.S. 1962. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. Commonw. Bur. Pastures and Field Crops Bull. 46:130-146.-
- Baker, H.K.; Garwood E.A. 1959. Studies on the root development of herbage plants. IV. Seasonal changes in the root and stubble weights of various leys. Jour. of The Brit. Grass. Soc. 14:94-99.-
- Bartholomew, R.P.D.; Carter, D.; Hulburt, W.C. and Kapp, L.C. 1939. Influence of rainfall cropping and cultural methods on soil and water losses. Arkansas Agr. Exp. St., Fayetteville.-
- Bartholomew, W.V.; Kirkham, D. (1960). Mathematical Description and interpretations of culture-induced soil nitrogen changes. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci. 2,471-477.-
- Bartholomew, W.V. 1972. El Nitrógeno del Suelo. Boi. Técnico N° 6 North Carolina State University.-
- Blanchoud, G. 1968. Contribución de diferentes especies de leguminosas y la influencia de la fertilización nitrogenada en la productividad de una pradera de gramínea. Tesis, Mag.Sci., La Estanzuela, Uruguay, IICA, 90 pp. (mimeografiado).-
- Bremner, J.M. (1949). Studies on soil Organic Matter. I. The chemical nature of soil organic nitrogen. Jour. of agric. Sci. 39° 183-193.-

- Carreker, J.R.; Bertrand, A.R.; Elkins, C.B. Jr. et al. (1968). Effect of cropping systems on soil physical properties and irrigation requirements. *Agron. Jour.* 60: 299-302.-
- Castro, J.L.; Pérez, J; Zamus, E.M. de 1972. Fertilización nitrogenada del trigo. C.I.A.A.B. Est. Exp. La Estanzuela. Bol. Técnico N° 16, 32 pp.-
- Clement, C.R. 1961. Benefits of leys-Structural improvement or nitrogen reserves. *J. of the Brit. Grass. Soc.* 16: 194-200.-
- Clement, C.R.; Williams, T.E. 1958. An examination of the method of aggregate analysis by wet sieving in relation to the influence of diverse leys on arable soils. *J. of Soil. Sci.* 9: 252-266.-
- Clement, C.R.; Williams, T.E. (1962). An incubation technique for assessing the nitrogen status of soils newly ploughed from leys. *J. of Soil Sci.* 13:82-91.-
- Clement, C.R.; Williams, T.E. 1964. Leys and soil organic matter. I. The accumulation of organic carbon in soils under different leys. *J. of agric. Sci.* 63(3):377-383.-
- Clement, C.R.; Williams, T.E. 1967. Leys and soil organic matter. II. The accumulation of nitrogen in soils under different leys. *J. of agric. Sci.* 69(1): 133-138.-
- Cochran, W.G., Cox, G.H. 1957. *Experimental Designs*. 2nd. ed. John Wiley & Sons. New York.-
- Cooke, G.E. 1967. *The control of Soil Fertility*. Crosby Lockwood, London.-
- Garwood, E.A.; Clement, C.R.; Williams, T.E. (1972) Leys and soil organic matter. III. The accumulation of macro-organic matter in the soil under different swards. *J. of Agric. Sci.* 78 (2): 333-341.-
- Greenland, D.J. 1958. Nitrate fluctuations in tropical soils. *J. of agric. Sci.*, 50:82-92.-

- Greenland, D.J. 1971. Changes in the nitrogen status and physical condition of soil under pastures, with special reference to the maintenance of the fertility of Australian soils used for growing wheat. *Soils and Fertilizers*, 34:237-249.-
- Guiddens, J.; Adams W.E.; Dawson, R.E. 1971. Nitrogen accumulation in fescue-grass sod. *Agron. J.* 63:452-454.-
- Guiddens, J.; Hauck, R.D.; Adams, W.E. 1971. Forms of nitrogen and nitrogen availability in fescue-grass sod. *Agron. J.* 63:458-460.-
- Hanley, F.; Eideman, W.; Jarvis, R.E. 1964b. The effects of leys and their management on the yield of succeeding wheat crops on heavy lan. *J. of agric. Sci.* 62:39-46.
- Heard, A.J. 1965. The effect of the nitrogen content of residues from leys on amounts of available soil nitrogen and on yields of wheat. *J. of agric. Sci.* 64:329-334.-
- Heard, A.J. (1968). An analysis of the effects of various leys on the yield of subsequent crops. (Summary). Ph.D. Thesis, Univ. of Reading. *Field Crops Abs.* 22(3): 2316.-
- Hobbs, J.A. 1971. Yields and protein contents of crops in various rotation. *Agron. J.* 63(6):832-836.-
- Hoyt, P.B.; Hennig, A.M.G. 1971. Effect of alfalfa and grasses on yield of subsequent wheat crops and some chemical properties of a grey wooded soil. *Can.J. of Soil Sc.* 51:177-183.-
- Johnson, J.B.; Breeding, G.M.; Russell, M.B. 1953. The effect of cropping practices on aggregation of organic matter and soil loss and water loss on Marshall silt loam. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 7:105-107.-
- Jones, L.S.; Anderson, D.E.; Stacy, E.V. 1966. Some effects of sod-based rotations upon soil properties. *Bull. Ga. agric. Exp. Sta. N° 166*, 22 pp.-

- Low, A.J. 1955. Improvements in the structural state of soils under leys. *J. of Sci. Soil.* 6:179-199.-
- Low, A.J.; Piper, F.J.; Roberts, F. 1963. Soil changes in leys-arable experiments. *J. of agric. Sci.* 60:229-238.-
- Low, A.J. 1972. The effect of cultivation on the structure and other physical characteristics of grass land and arable soils (1945-1970). *J. of Soil Sci.* 23:363-380.-
- Low, A.J. 1973. Soil structure and crop yield. *J. of Soil Sci.* 24(2): 249-259.-
- Little, T.K.; Jackson Hills, F. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas, 1a. edición, 270 pp.-
- Lyon, T.L.; Dixell, J.A. 1933. Nitrogen accumulation in soils as influenced by the cropping system. *J. Amer. Soc. Agron.* 25:266-272.-
- Mannering, J.V.; Meyer, L.D.; Johnson C.B. 1968. Effect of cropping intensity on erosion and infiltration. *Agron. J.* 60:206-209.-
- Marchesi, E. 1971. Rotaciones. Est. Exp. de Paysandú. Fac. de Agronomía. Bol. de Divulgación N° 1. Prod. Vegetal, 97-124.-
- McClelland, V.F. 1970. Effects of nitrogen fertilizer on the yield and protein content of wheat grown under different cropping rotations. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husband.* 10, 45:450-454.-
- Melville, J; Sears, P.D. (1953). Pasture growth and Soil Fertility. Part II. Composition of Pasture. N.Z. *J. Sci. Tech.* 35A, Suppl. I, 30-41.-
- Milbourn, G.M.; Innes, P.; Holmes, W. 1963. The response to fertilizer treatments of winter wheat sown after leys. *J. of the Brit. Grass. Soc.* 18: 310-317.-
- Moore, A.W. 1966. Non-symbiotic nitrogen fixation in soils and soil-plant systems. *Soils and Fertilizers.* 29(2): 113-128.-
- Nicol, H. 1933. Residual values of leguminous crops. *The Exp. J. of Exper. Agric.* 1(1):22-32.-

- Sikitishen, V.I. (1974).** The nitrogen content of the plant as a measure of the nitrogen supply for winter wheat. (Sumario). *Soils and Fertilizers*. 38(10) 4229.-
- Norris, D.O. 1962.** The biology of nitrogen fixation. *Commonw. Bur. Pastures and Field Crops, Bull.* 46:113-129.-
- Parker, C.A. 1957.** Non-symbiotic nitrogen-fixing bacteria in soil. III. Total nitrogen changes in a field soil (sumario). *Soils and Fertilizers* 20(2):542.-
- Porter, L.K.; Grable, A.R. 1969.** Fixation of atmospheric nitrogen by non legumes in wet mountain meadows. *Agron. J.* 61:521:523.-
- Raininko, K. 1968.** The effects on nitrogen fertilization, irrigation and number of harvestings upon leys established with various seed mixtures. (sumario) *Soil and Fertilizers*, 31(5): 3630.-
- Ripley, F.C. 1941.** The influence of a cultivate in that which follows. *Sci.Agric.* 21: 523.-
- Rixon, A.J. 1969.** The influence of annual and perennial irrigated pastures on soil fertility as shown by the yield and quality of a subsequent wheat crop. *Aust. J. of Agric. Res.* 20:243-255.-
- Rixon, A.J. 1972.** Yield and quality of four wheat crops subsequent to annual and perennial irrigated pastures. *Aust. J. of Agric.Res.* 23(4):561-571.-
- Roberts, E.R. 1970.** Mechanisms of Biological Nitrogen Fixation. In "Nitrogen Nutrition of the Plant" Kirby. E.A., Ed. Univ. Leeds, 9-21, London.-
- Roszak, W. 1972.** Crop rotation and fertilization effect on yields of some cereals. (sumario). *Field Crops Abs.* 27(9): 4532.-
- Russell, J.S. 1960.** Soil fertility changes in long-term experimental plots at Kybybelite. South Australia. Changes in pH, total nitrogen, organic carbon, and bulk density. *Aust. J of agric. Res.* 11:302.-

- Russell, W. 1960. Soil Conditions and Plant Growth. 9 th. ed. Longmans, England.-
- Russell, E.W. 1971. Soil structure: its maintenance and improvement J. of Soil Sci. 22(3): 137-151.-
- Silva, M. 1966. Efecto de distintos niveles de nitrógeno y leguminosas asociadas sobre la producción de una pradera en La Estanzuela, Uruguay. Tesis. Mg. Sci., La Estanzuela, Uruguay. IICA 92 pp. (mimeografiado).-
- Singh, C. 1967. Effect of different legumes on the succeeding wheat crop. (supario). Soils and Fertilizers, 31(4): 2839.-
- Soper, R.J.; Raab, G.J.; Fahr, E.I. 1971. Nitrate nitrogen in the soil as a means of predicting the fertilizer nitrogen requirements of barley. Can. J. of Soil Sci. 51: 1-11.-
- Spratt, E.D. 1966. Fertility of a chernozemic clay soil after 50 years of cropping with and without forage crops in the rotation. Can. J. of Soil Sci. 57:207-212.-
- Spratt, E.D.; Gasser, J.K.R. 1970. Effects of fertilizer-nitrogen and water supply on distribution of dry matter and nitrogen between the different parts of wheat. Can. J. of Plant. Sci. 50(6): 613-625.-
- Thoren, J.J. (1951). The influence of plants on the mineralization of nitrogen and the maintenance of organic matter in the soil. J. of agric. Sci. 41:289-296.-
- Timm, E. Danz, W. (1964). History of nitrogen fixation processes. Amer. Chem. Soc. Monogr. Ser. 161: 40-57.-
- Troughton, A. 1957. The underground organs of herbage grasses. Bull. N° 44. C.A.B. Hurley, Berkshire.-
- Troughton, A. 1961. The effect on the soil of the components and management of a ley. J. of the Brit. Grass. Soc. 16(1): 1-5.-
- Tucker, E.B.; Cox, M.B.; Eck, H.V. 1971. Effects of rotations, tillage, methods, and N fertilization on winter wheat production. Agron. J. 63(5): 699-702.-

- Vreck, F.; Dechaková, G.; Čhot, M. 1969. Influence of some leguminous crops and legume-and-cereal mixtures on the yields of subsequent crops (sumario). Soils and Fertilizers, 32(4): 3143.-
- Watson, E.R. 1963. The influence of subterranean clover pastures on soil fertility. I. Short term effects. Aust. J. of Agric. Res. 14:796 - 807.-
- Watson, E.R. 1969. The influence of subterranean clover pastures on soil fertility. III. The effect of applied P and S. Aust. J. of Agric. Res. 20:447-456.-
- Wheeler, J.L. 1958. The influence on the following arable crop of sheep excreta and fertilizer treatments applied to the ley. J. of the Brit. Grass. Soc. 13:262-269.-
- Whitehead, D. 1970. The Role of Nitrogen in Grassland Productivity. A. Review of Information from Temperate Regions. Bucks, England. C.A.B. Bull N° 48.-
- Whitt, D.M. 1941. The role of blue grass in the conservation of the soil and its fertility. Soil Sci. Amer. Proc. 6:309-311.-
- Williams, T.E. 1960. Leys and subsequent arable productivity. J. of the Brit. Grass. Soc. 15:189-194.-
- Williams, T.E.; Clement, C.R.; Heard, A.J. 1960. Soil nitrogen status of leys and subsequent wheat yields. Proc. of the Eight int. Grass. Con., Reading, 1960, 237-241.-
- Williams, C.H., Donald, C.M. 1957. Changes in organic matter and pH in a podolic soil as influenced by subterranean clover and superphosphate. Aust. J. of Agric. Res. 8:179-189.-
- Williams, C.H. 1970. Pasture nitrogen in Australia. J. of the Aust. Inst. agric. Sc. 36:199-205.-
- Wilson, H.A.; Browning, G.M. 1945. Soil Aggregation, yields, runoff and erosion as affected by cropping systems. Soil Sci. Amer. Proc. 10 :51-57.-
- Wise, W.H. 1960. Cropping management factor evaluation for a universal soil loss equation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25(4): 322-326.-

