

7.1628

MINISTERIO DE EDUCACION Y CULTURA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE DOSIS DE NITROGENO Y DEL
FRACCIONAMIENTO SOBRE LA EFICIEN-
CIA DE USO DE N EN UNA MEZCLA DE
RAY-GRASS-AVENA

por

Juan José CASTILLO SALLE

Gerardo César QUETJO BLOIS

TESIS

Montevideo
URUGUAY
1984

MINISTERIO DE EDUCACION Y CULTURA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE DOSIS DE NITROGENO Y DEL
FRACCIONAMIENTO SOBRE LA EFICIEN-
CIA DE USO DE N EN UNA MEZCLA DE
RAY-GRASS-AVENA

por

Juan José CASTILLO SALLE

Gerardo César QUEIJO BLOIS

TESIS presentada como uno de los re-
quisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo (Orientación
Agrícola-Ganadera)

Montevideo
URUGUAY
1984

Tesis aprobada por:

Director: Luz. Ags. Omar Casanova
Nombre completo y firma

Luz. Ags. Milton Caravantes
Nombre completo y firma

Luz. Ags. Antonio Cuellarino
Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autores: Juan José CASTILLO SALLE Juan José Castillo
Nombre completo y firma

Gerardo César QUEIJO BLOIS Gerardo Queijo
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Omar Nelson Casanova, por su colaboración en la dirección de este trabajo.

Al personal de la Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes por su constante apoyo.

Al personal de Biblioteca de la Facultad de Agronomía, por su valiosa ayuda en las consultas bibliográficas.

SR. LECTOR: Este libro ha sido adquirido para beneficio suyo y de sus compañeros. El manejo cuidadoso que Ud. tenga a bien brindarle, permitirá un mejor y más prolongado aprovechamiento de la información que contiene.

Por tal motivo le solicitamos:

1. No subrayar el texto.
2. No tomar mate cerca del libro.
3. No hacer reparaciones con cinta scotch.
4. Cuando retire un libro, si detecta alguna anomalía o deterioro en el estado físico del mismo, tenga a bien denunciarlo inmediatamente al Bibliotecario de Sección Préstamos.

Atentamente,

LA DIRECCION

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS Y GRAFICOS.....	VIII
I. <u>INTRODUCCION</u>	1
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
II.A. <u>INTRODUCCION</u>	3
II.B. <u>DINAMICA DEL NITROGENO EN EL SUELO</u>	3
II.B.1. <u>Procesos de abastecimientos</u>	3
II.B.1.1. <u>Materia orgánica</u>	3
II.B.1.2. <u>Fijación microbiológica</u>	4
II.B.1.3. <u>Precipitaciones</u>	4
II.B.1.4. <u>Fertilizante</u>	5
II.B.2. <u>Procesos de pérdidas de nitrógeno</u>	5
II.B.2.1. <u>Lixiviación</u>	5
II.B.2.2. <u>Procesos de pérdidas en forma gaseosa</u>	5
II.B.2.3. <u>Erosión</u>	6
II.C. <u>RESPUESTA AL NITROGENO</u>	7
II.C.1. <u>Datos nacionales</u>	7
II.C.2. <u>Factores que inciden en la respuesta de la fertilización nitrogenada</u>	8
II.C.2.1. <u>Suelo</u>	8
II.C.2.2. <u>Especie</u>	10
II.C.2.3. <u>Dosis y formas de aplicación según el manejo de las pasturas</u>	11

Página

II.C.2.4.	Momento de aplicación.....	18	x
II.C.2.5.	Factores climáticos.....	18	x
III.	<u>MATERIALES Y METODOS.....</u>	22	
III.A.	LOCALIZACION DE LOS ENSAYOS.....	22	
III.A.1.	<u>Experimento I y IV.....</u>	22	
III.A.2.	<u>Experimento II.....</u>	22	
III.A.3.	<u>Experimento III.....</u>	22	
III.B.	CARACTERISTICA DE LOS SUELOS.....	22	
III.C.	DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS.....	23	
III.D.	MANEJO DE LOS EXPERIMENTOS.....	25	
III.D.1.	<u>Preparación del suelo.....</u>	25	
III.D.1.1.	Experimentos I y IV.....	25	
III.D.1.2.	Experimento II.....	25	
III.D.1.3.	Experimento III.....	25	
III.D.2.	<u>Calendario de trabajos reali-</u> <u>zados.....</u>	25	
III.D.3.	<u>Muestreo de suelo.....</u>	26	
III.D.4.	<u>Fertilización.....</u>	26	
III.D.5.	<u>Siembra.....</u>	26	
III.D.6.	<u>Cosecha.....</u>	26	
III.E.	ANALISIS DE LABORATORIO.....	27	
III.E.1.	<u>Análisis foliar.....</u>	27	
III.E.2.	<u>Análisis de suelo.....</u>	27	
III.F.	ANALISIS ESTADISTICO.....	28	
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSION.....</u>	29	
IV.A.	EXPERIMENTO I.....	29	
IV.A.1.	<u>Producción total.....</u>	29	
IV.A.1.1.	Materia seca.....	29	
IV.A.1.2.	Tasa diaria de pro- ducción de materia seca total.....	31	

IV.A.1.3.	Absorción total de nitrógeno.....	32
IV.A.1.4.	Eficiencia en la uti- lización de nitrógeno total.....	34
IV.A.2.	<u>Análisis estacional</u>	36
IV.A.2.1.	Producción otoñal....	36
IV.A.2.2.	Producción invernal..	41
IV.A.2.3.	Producción invernal tardía.....	46
IV.B.	EXPERIMENTO 2.....	51
IV.B.1.	<u>Producción total</u>	51
IV.B.1.1.	Materia Seca.....	51
IV.B.1.2.	Tasa diaria de produc- ción de materia seca total.....	54
IV.B.1.3.	Absorción total de Ni- trógeno.....	55
IV.B.1.4.	Eficiencia en la uti- lización de nitrógeno total.....	58
IV.B.2.	<u>Análisis estacional</u>	59
IV.B.2.1.	Producción otoñal....	59
IV.B.2.2.	Producción invernal..	64
IV.C.	EXPERIMENTO III.....	73
IV.C.1.	<u>Análisis estacional</u>	73
IV.C.1.1.	Producción otoñal....	73
IV.D.	EXPERIMENTO IV.....	78
IV.D.1.	<u>Producción total</u>	78
IV.D.1.1.	Materia Seca.....	78
IV.D.1.2.	Tasa diaria de produc- ción de materia seca.	81
IV.D.1.3.	Absorción de nitróge- no.....	81

Página

IV.D.1.4.	Eficiencia en la utilización de ni- trógeno.....	83
IV.D.2.	<u>Análisis estacional.....</u>	85
IV.D.2.1.	Producción otoñal...	85
IV.D.2.2.	Producción invernal.	91
IV.D.2.3.	Producción de fines de invierno.....	95
V.	<u>CONCLUSIONES GENERALES.....</u>	100
VI.	<u>COMPARACION DE LOS DIFERENTES MANEJOS DE LA FERTILIZACION (FRACCIONAMIENTO A FECHA FIJA VERSUS POR CORTE).....</u>	102
VI.1.	CONCLUSIONES.....	102
VII.	<u>RESUMEN.....</u>	106
VIII.	<u>SUMMARY.....</u>	108
IX.	<u>BIBLIOGRAFIA.....</u>	110
X.	<u>APENDICE.....</u>	117

LISTA DE CUADROS Y GRAFICOS

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Respuesta al fertilizante nitrogenado (Faggi y Kachele, 1978).....	7
2	Características de tres suelos (Casartelli y Vidal, 1983; González y Verdera, 1983, Priore y Uranga, 1983).....	8
3	Producción de forraje de raigrás y avena, con y sin nitrógeno, obtenida en "La Ez-tanzuela", Uruguay, en 1973 (Chiara, 1975).....	11
4	Producción de materia seca en el primer corte para distintos suelos, con distintas dosis de nitrógeno aplicados a la siembra (González y Verdera, 1983; Priore y Uranga, 1983).....	12
5	Eficiencia en la utilización de nitrógeno al primer corte por dos suelos diferentes frente a distintas dosis únicas (González y Verdera, 1983; Priore y Uranga, 1983).....	12
6	Absorción de nitrógeno en el primer corte, en distintos suelos frente a distintas dosis únicas (González y Verdera, 1983, Priore y Uranga, 1983).....	14
7	Eficiencia en la absorción de nitrógeno en el primer corte en distintos suelos frente a distintas dosis únicas (González y Verdera, 1983; Priore y Uranga, 1983).	14

Cuadro N°Página

8	Producción total de materia seca, con el fraccionamiento en dos veces de las dosis para dos suelos distintos (González y Verd <u>e</u> ra, 1983; Priore y Uranga, 1983).....	17
9	Producción otoñal de materia seca, con el fraccionamiento en dos veces para dos suelos distintos (González y Verd <u>e</u> ra, 1983; Priore y Uranga, 1983).....	17
10	Producción total de materia seca y distri <u>b</u> ución estacional, con el fraccionamiento en tres veces de la dosis para un suelo con alta fertilidad (Casartelli y Vi <u>d</u> al, 1983).....	18
11	Características químicas de los tres suelos.....	23
12	Diagrama de los doce tratamientos fertilizados después de cada corte.....	24
13	Producción total promedio de materia seca (kg/ha) para el Experimento I.....	29
14	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción total de materia seca para el Experimento I).....	31
15	Tasa diaria en la producción de materia seca total estimada en función de la dosis y la época de aplicación del fertilizante para el Experimento I (kg/ha/día/M.S.).....	32

Cuadro N°Página

16	Absorción total promedio de nitrógeno para el Experimento I, expresada en kg de N/ha.....	33
17	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (absorción total de nitrógeno, para el Experimento I).....	34
18	Eficiencia total en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento I..	36
19	Producción otoñal promedio de materia seca (kg/ha) para el Experimento I.....	37
20	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción otoñal para el Experimento I).....	37
21	Tasa diaria en la producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I (kg/ha/día/M.S.).....	39
22	Eficiencia otoñal en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I.....	41

Cuadro N°Página

23	Producción invernal promedio de materia seca (kg/ha) para el Experimento I.....	41
24	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (Producción invernal para el Experimento I).....	43
25	Tasa diaria en la producción de materia seca invernal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I.....	45
26	Eficiencia invernal en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I..	45
27	Producción invernal tardía promedio de materia seca (kg/ha) para el Experimento I.....	46
28	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de fines de invierno para el Experimento I).....	47
29	Tasa diaria en la producción de materia seca de fin de invierno estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I..	50

Cuadro N°Página

30	Eficiencia de fin de invierno en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I.....	50
31	Producción total promedio de materia seca (kg MS/ha) para el Experimento II....	51
32	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción total de MS para el Experimento 2).....	52
33	Tasa diaria de producción de M.S. total en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II.....	55
34	Absorción total promedio de Nitrógeno para el Experimento II, expresada en kg de N/ha.....	56
35	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (absorción total de N en kg/ha para el Experimento II).....	58
36	Eficiencia en la utilización del N aplicado, estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante (kg de MS/kg de N aplicado) para el Experimento II.....	59

Cuadro N°Página

37	Producción otoñal promedio de materia seca para el Experimento II (kg de MS/ha)...	60
38	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de otoño para el Experimento II).....	61
39	Tasa diaria de producción de M.S. otoñal estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II.....	63
40	Eficiencia otoñal en la utilización de N aplicado, estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II (kg de MS/kg de N aplicado).....	64
41	Producción invernal promedio de materia seca para el Experimento II (kg MS/ha)...	65
42	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de invierno para el Experimento II).....	66
43	Tasa diaria de producción de materia seca invernal estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II.....	68
44	Eficiencia invernal en la utilización del nitrógeno aplicado, estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II (kg de MS/kg de N aplicado).....	69

Cuadro N°Página

45	Producción de fines de invierno, promedio de materia seca para el Experimento II (kg de MS/ha).....	69
46	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de fines de invierno para el Experimento II).....	70
47	Tasa diaria de producción de M.S. de fines de invierno estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II.....	71
48	Eficiencia de fines de invierno en la utilización del N aplicado estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II (kg de MS/kg de N aplicado).....	72
49	Producción otoñal promedio de materia seca (kg/ha) para el Experimento III....	73
50	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción otoñal para el Experimento III).....	74
51	Tasa diaria en la producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento III.....	76

Cuadro N°Página

52	Eficiencia otoñal en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento III.....	77
53	Producción total promedio de materia seca (kg/ha) para el Experimento IV.....	78
54	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción total de materia seca para el Experimento IV).....	79
55	Tasa diaria de producción de materia seca total (kg/ha/día de materia seca) estimada en función de las dosis y la época de aplicación del fertilizante para el Experimento IV.....	81
56	Absorción total promedio de nitrógeno para el Experimento IV, expresado en kg de nitrógeno/ha.....	82
57	Ecuación de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (Absorción total de nitrógeno para el Experimento IV).....	83
58	Eficiencia total en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento IV.	85

Cuadro N°Página

59	Producción otoñal. Promedio de materia seca (kg/ha) para el Experimento IV.....	86
60	Ecuación de respuesta y coeficientes de determinación, ajustadas para cada época de aplicación del fertilizante (Producción otoñal de materia seca para el Experimento IV).....	87
61	Tasa diaria en la producción de materia seca del primer corte, del segundo corte y de la suma de ambos (kg de materia seca/ha/día) para el Experimento IV).....	89
62	Eficiencia en la producción de materia seca del primer corte, del segundo corte y de la suma de ambos (kg de materia seca/kg de nitrógeno aplicado) para el Experimento IV.....	90
63	Producción de materia seca invernal promedio para el Experimento IV.....	91
64	Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustadas para cada época de aplicación del fertilizante (Producción invernal para el Experimento IV).....	92
65	Tasa diaria de producción de materia seca invernal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento IV.....	84

Cuadro N°Página

66	Eficiencia invernal en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento IV.....	94
67	Producción de materia seca de fines de invierno para el Experimento IV.....	95
68	Ecuación de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de fines de invierno para el Experimento IV).....	97
69	Tasa diaria de producción de materia seca de fines de invierno para el Experimento IV.....	99
70	Eficiencia en la producción de materia seca en fines de invierno para el Experimento IV.....	99

Gráfico N°

1	Respuesta en materia seca al agregado de nitrógeno (extraído de Reid, 1966)....	13
2	Respuesta en proteína cruda al agregado de nitrógeno (extraído de REID, 1966).	16
3	Representación gráfica de la absorción total de nitrógeno estimada en función de la dosis y la época de aplicación del mismo para el Experimento I.....	35
4	Producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I.....	38

Gráfico N°Página

5	Producción de materia seca invernal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I.....	44
6	Producción de materia seca de fin de invierno estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I.....	49
7	Representación gráfica de las ecuaciones de producción de materia seca para cada época y para las diferentes dosis.....	53
8	Representación gráfica de las ecuaciones de absorción de nitrógeno para cada época de aplicación del fertilizante y para las diferentes dosis para el Experimento II.....	57
9	Producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y la época de aplicación para el Experimento II.....	62
10	Producción de materia seca invernal estimada en función de la dosis y la época de aplicación para el Experimento II.....	67
11	Producción de Materia SEca de fines de invierno estimada en función de la dosis y la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II.....	72
12	Producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento III.....	75

13	Producción de materia seca total estimada en función de la dosis y la forma de aplicación del fertilizante para el Experimento IV.....	80
14	Representación gráfica de la absorción de nitrógeno total en función de la dosis y la época de aplicación del mismo para el Experimento IV.....	84
15	Representación gráfica de la producción de materia seca en el primer corte, segundo corte y por último la suma de ambos, para el Experimento IV.....	88
16	Representación gráfica de la producción de materia seca invernal para el Experimento IV.....	93
17	Representación gráfica de la producción de materia seca de fines de invierno para el Experimento IV.....	98

I. INTRODUCCION

Durante el otoño y el invierno, la disponibilidad de forraje de las praderas permanentes y los campos naturales, dada su marcada estacionalidad, no llegan a los niveles deseables para la producción de leche.

Por lo tanto, la necesidad de mantener una determinada cuota de leche durante todo el año, obliga a los productores lecheros a utilizar cultivos forrajeros anuales invernales tales como Avena y Raigrás.

Justifica el uso de la mezcla (Avena - Raigrás) como pradera temporaria, su adaptación a un amplio rango de suelos, su comportamiento complementario en la entrega de forraje, su alta producción en materia seca en un corto período de tiempo, su fácil instalación y manejo (Carámbula, 1977).

Si bien el costo de instalación de los verdeos es mayor que el de las praderas permanentes, dado que aquellas deben amortizarse en un solo año, sus altos rendimientos y la calidad del forraje justifican su instalación (Graneros, Colombres y Juárez, 1974; Carámbula, 1977).

Para la obtención de una importante producción forrajera, la fertilización nitrogenada de los verdeos se convierte en una herramienta de manejo de primer orden, dada la degradación existente en los suelos de la cuenca lechera.

Por tal motivo, durante el año 1983, se llevaron a cabo cuatro ensayos, dos de los cuales se hicieron en la intersección de las Rutas 81 y 64, otro en el Km. 61 de la Ruta 1 y el último en el Km. 18 de la Ruta 8, llevándose a cabo estudios con el propósito de evaluar el efecto de la dosis y el fraccio

namiento del fertilizante nitrogenado sobre la producción es
tacional y total de materia seca y nitrógeno, de una mezcla
de Avena y Raigrás.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

II.A. INTRODUCCION

El siguiente trabajo es la culminación de los ensayos llevados a cabo por la Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes durante tres años, realizados como trabajo de tesis durante el año 1981 por González y Verdera (1983) y Priore y Uranga (1983) y en el año 1982 por Casartelli y Vidal (1983).

Como los siguientes temas fueron ampliamente tratados en las revisiones bibliográficas de los trabajos anteriores, el presente trabajo se limitará a recopilar los principales conceptos en forma sintética y profundizar en otros puntos aún no tratados que se consideran también de gran importancia.

II.B. DINAMICA DEL NITROGENO EN EL SUELO

La dinámica del nitrógeno en el suelo, es la resultante de procesos de abastecimiento y de pérdida, dentro de las cuales se incluye la absorción por los cultivos.

II.B.1. Procesos de abastecimientos

Implica la mineralización de la materia orgánica, fijación simbiótica y asimbiótica, precipitaciones y el agregado en forma de fertilizante.

II.B.1.1. *Materia orgánica.* La disponibilidad del nitrógeno en el suelo, está dada por el balance entre mineralización e inmovilización.

La mineralización implica la transformación de formas orgánicas de nitrógeno y liberación de amonio (NH_4^+) a través de la actividad de microorganismos.

La inmovilización es el proceso que tiende a disminuir el nitrógeno disponible, por asimilación por microorganismos, y conversión a formas orgánicas.

El proceso de mineralización es afectado por el nivel de nitrógeno en el suelo, la relación C/N, la temperatura y la humedad. (Black, 1964; Tisdale y Nelson, 1970).

El laboreo previo a la siembra, es otro factor importante que incide directamente en la mineralización, el laboreo favorece la oxidación de la materia orgánica; si las condiciones son secas este proceso se ve favorecido.

En cambio, si se dan condiciones de anaerobiosis por exceso de agua se pueden dar pérdidas de nitrógeno por procesos de denitrificación y lixiviación (Castro, citado por Luizzi y Torres, 1982).

11.B.1.2. Fijación microbiológica. Puede ser directamente, en forma asimbiótica, por microorganismos que toman el nitrógeno atmosférico; o indirectamente, en forma simbiótica, por asociación de plantas y microorganismos a nivel de las raíces.

De estas dos fuentes, la más importante es la que surge de la asociación de las leguminosas y el rhizobium.

11.B.1.3. Precipitaciones. Ensayos realizados en I.N.T.A., E.E.R.A., Rafaela (1981), indican que las lluvias realizan un aporte anual promedio de 13,9 kg/ha de nitrógeno.

Hallaron además, más nitrógeno en lluvias de escasa magnitud, y al inicio de las mismas, siendo mayor el contenido en verano e inferior en invierno (H'Ein, Panigatti y Pirolo, 1981).

11.B.1.4. *Fertilizante*. Esta fuente resulta de la aplicación de productos químicos por parte del hombre, base del presente trabajo, por lo que aún este punto será tratado en forma extensa más adelante.

11.B.2. Procesos de pérdidas de nitrógeno

11.B.2.1. *Lixiviación*. Los NO_2^- y NO_3^- no constituyen parte importante en el intercambio iónico, por lo que pueden ser llevados por el agua a horizontes más profundos (Black, 1964).

La cantidad de nitrógeno lixiviado depende de la forma y cantidad de nitrógeno soluble, la cantidad e intensidad de las precipitaciones, de las tasas de infiltración, de la percolación y capacidad de retención de agua del suelo, del contenido de humedad del suelo, y de la presencia o ausencia de un cultivo (Allison, Kepauver and Roller, 1965; citado por Baethgen y Cardellino, 1979).

Estas causas llevan a pérdidas del nitrógeno aplicado como fertilizante, de un 20 a un 40% del nitrógeno agregado (Harmsen and Kulenbrander, 1965).

11.B.2.2. *Procesos de pérdidas en forma gaseosa. Denitrificación*. La denitrificación es la reducción de los NO_2^- y NO_3^- en condiciones de anaerobiosis, por los microorganismos del género *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Acromobacter* y *Bacillus*, a las formas gaseosas de nitrógeno (NO_2 , N_2 , ON_2). (Black, 1964; Tisdale y Nelson, 1970).

Este proceso se ve afectado por el pH del suelo, la humedad, el contenido de materia orgánica y la temperatura.

Quimiodenitrificación. Es la descomposición de los NO_2 (Clark, citado por Baethgen y Cardellino, 1979).

Este mecanismo se da en suelos ácidos (Tisdale y Nelson, 1970).

Pérdidas bajo la forma de NH_3 . El NH_3 puede provenir de la materia orgánica en descomposición y del NH_4^+ del fertilizante.

Si el fertilizante es aplicado en cobertura, este tipo de pérdidas aumenta.

Además hay otras causas como pH, C.I.C., temperatura, contenido de agua en el suelo, que incrementan las pérdidas de este tipo (Ernst y Mossey, 1960; Gasser, 1964; Overrein y Moe, 1967; Wahhab, 1960; citados por Hargrove and Kissel, 1979).

El tipo de pérdidas de nitrógeno aplicado como fertilizante pueden ser del 5 al 20% (Harmsen and Kulenbrander, 1965).

II.B.2.3. Erosión. Es la pérdida del suelo superficial, en donde la cantidad de nitrógeno es mayor que en estratos inferiores del perfil (Black, 1964).

La erosión es afectada por el clima (lluvias), topografía, cobertura vegetal, estructura del suelo, capacidad de infiltración y conductividad hidráulica, y por último, el manejo, que condiciona en gran medida a los factores anteriores. (Terzaghi y Sganga, 1981).

II.C. RESPUESTA AL NITROGENO

II.C.1. Datos nacionales

La respuesta al nitrógeno en gramíneas tiene un efecto positivo tanto en producción de materia seca, como en proteína cruda, afectando la distribución estacional de la pastura y su tasa de crecimiento diaria, todo lo cual puede redundar en una mayor producción animal.

En vacas lecheras, Faggi (1973), obtuvo resultados relevantes, para un promedio de tres años en cultivos de avena, raigrás y la mezcla (avena-raigrás), con y sin fertilizante nitrogenado.

Comparando los dos cultivos de avena, con y sin nitrógeno, se observa una diferencia de 400 litros de leche (corregida al 4% de grasa) como consecuencia de la fertilización nitrogenada de 270 kg/ha de urea.

En el raigrás, la respuesta fue de 1.312 litros de leche (corregida al 4% de grasa) y en la mezcla la respuesta fue de 926 litros de leche (corregidas al 4% de grasa) con el agregado de 355 kg/ha de Urea, como se observa en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1. Respuesta al fertilizante nitrogenado (Faggi y Kachele, 1978)

Avena	1,48 l. de leche/kg de urea
Raigrás	3,69 l. de leche/kg de urea
Mezcla	2,61 l. de leche/kg de urea

En el cuadro, se observa que la avena fue la forrajera que manifestó menor respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo puro.

En el otro extremo, el raigrás puro fertilizado con nitrógeno, fue el que logró las mayores respuestas.

Las respuestas intermedias de la mezcla a la fertilización nitrogenada, se debe a la participación de la avena en la mezcla.

11.C.2. Factores que inciden en la respuesta de la fertilización nitrogenada

11.C.2.1. Suelo. La fertilidad del suelo, condiciona la respuesta al nitrógeno.

Suelos con alta fertilidad, presentan baja respuesta al agregado del nutriente, por el contrario, en suelos pobres, es esperable obtener una respuesta positiva significativa (Carrámbula, 1977).

Las características de los suelos se pueden observar en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2. Características de tres suelos (Casartelli y Vidal, 1983; González y Verdara, 1983; Priore y Uranga, 1983)

Suelo	Prof.	pH	(%) M.O.	N-NO ₃ (ppm)	Rendim. testigo	Rend. dosis única 120	Incremento en el rend.
1	A	6,3	5,8	49,2	1700	1694	-6,0
	B	6,9	4,7	19,2			
2	A	5,1	3,0	23,0	1062	1685	623
	B	5,3	2,7	12,0			
3	A	4,9	2,7	4,4	969	2095	1126
	B	4,9	2,4	2,4			

El suelo 1 es un Vertisol rúptico, chacra nueva con alto tenor de materia orgánica.

El suelo 2 es un Brunosol subéutrico típico, que había tenido una pradera deteriorada, por un lapso de más de cinco años.

El suelo 3 es un Argisol dístrico ócrico abrupto, que estuvo previamente bajo cultivo de papa durante tres años y el año inmediatamente anterior había tenido trigo, con bajo tenor en materia orgánica.

El Cuadro N° 2 muestra que, con el agregado de una dosis única de 120 unidades de nitrógeno, en el suelo 1, de alta fertilidad, prácticamente no hay respuesta, mientras que en el suelo 2, con una fertilidad intermedia hay un incremento en la producción de materia seca de 623 kg/ha y en el suelo 3, de baja fertilidad, la respuesta es más significativa de 1126 kg/ha de materia seca.

Claasen y Rabuffetti (1971) llegaron a la misma conclusión, trabajando con trigo en chacras nuevas y viejas en suelos de Paysandú, dado que en la chacra nueva por mineralización los niveles de $N-NO_3$ (ppm) son más altos y por lo tanto con menor respuesta al fertilizante nitrogenado.

Russell (1979) citado por Campbell (1980) llegó a la conclusión que en suelos pesados es más difícil el desarrollo radicular que en suelos arenosos y Pearson (1966) y Shurman y Boer (1974) concluyen que el desarrollo radicular depende del grado de compactación y del contenido de agua en el perfil.

La importancia de la compactación disminuye cuando el nivel de agua se aproxima a la capacidad de campo y desaparece cuando llegan a exceder la capacidad de campo.

Asi mismo, la relación parte aérea-raíz aumenta cuando la compactación es más superficial (Shurman y Boer, 1974).

El grado de humedad del suelo, es otro factor que incide sobre el efecto de la fertilización nitrogenada. Tanto el mal drenaje, como la deficiencia de agua, afectan negativamente la respuesta al nitrógeno.

Las pérdidas por lavado cobran más relevancia en suelos arenosos que en suelos pesados, ya que son motivadas por el agua que se mueve y percola en el perfil.

Es por ello que son mayores las pérdidas en épocas húmedas que en épocas secas (Harmsen and Kulenbrander, 1965).

Como se sabe, aplicaciones repetidas de dosis medias a altas de fertilizantes nitrogenados, provocan un descenso del pH del suelo a lo cual se le llama acidez residual.

A pH bajos se afecta el crecimiento del cultivo, dado que se está modificando la mineralización, así como la oxidación del fertilizante aplicado; hecho que se observa en el Cuadro N° 2. Para solucionar esta situación, lo ideal es hacer encalado (Pearson, 1958).

Ogata y Caldwell (1960) estudiaron el efecto de encalado en avena y encontraron que este tratamiento provocó un aumento en la disponibilidad de nitrógeno.

11.C.2.2. *Especie.* Las respuestas al agregado de nitrógeno es mayor para el raigrás que para la avena, como se observa en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3. Producción de forraje de raigrás y avena, con y sin nitrógeno, obtenida en "La Estanzuela", Uruguay, en 1973, (Chiara, 1975)

Especie	Producción hasta junio			Producción total		
	kg/ha de N		kg MS/kg N	kg/ha de N		kg MS/kg N
	0	40		0	100	
Avena E.1095 a	377	944	14,1	957	2319	13,6
Raigrás E.284	44	1028	24,6	2736	4752	20,2

El cuadro demuestra que, por cada kg denitrógeno aplicado se obtuvo un incremento de 14,1 kg de materia seca en otoño con avena y de 24,6 kg con raigrás, lo cual indica que desde el punto de vista de la eficiencia en el uso del nitrógeno, el raigrás está mejor dotado que la avena para esta estación.

II.C.2.3. Dosis y formas de aplicación según el manejo de las pasturas. En infinidad de trabajos, se ha podido observar que los aumentos en las dosis de nitrógeno aplicado, proporcionan mayores rendimientos en materia seca (Abichandani, 1970; Hunt, 1973; Shirivastava, Chandrawanshi and Khare, 1973; Bajpai, 1976; González y Verdera, 1983; Priore y Uranga, 1983).

Como se puede observar en el Cuadro N° 4, los efectos de la dosis son más marcados para el suelo 3, menos fértil, que pasa el suelo 2, más fértil.

A su vez, se ha podido apreciar (ver Cuadro N° 5), que a medida que son aumentadas las dosis de nitrógeno aplicado, los incrementos en los kg de materia seca por kg de nitrógeno aplicado, son decrecientes (Grunes and Krantz, 1958; Hunt, 1973; Carrillo, 1974; González y Verdera, 1983; Priore y Uran

ga, 1983).

Cuadro N° 4. Producción de materia seca en el primer corte para distintos suelos, con distintas dosis de nitrógeno aplicados a la siembra (González y Verdera, 1983; Priore y Uranga, 1983)

Suelos	Dosis				
	0	30	60	120	240
2	1062	1356	1563	1685	1516
3	969	1214	1582	2095	2168

Cuadro N° 5. Eficiencia en la utilización de nitrógeno al primer corte por dos suelos diferentes frente a distintas dosis únicas (González y Verdera, 1983; Priore y Uranga, 1983)

Suelos	Dosis únicas		
	60	120	240
2	8,35	5,19	1,89
3	10,22	9,38	5,00

Para una misma dosis de fertilizante nitrogenado se observa en el Cuadro N° 5 que el suelo 3 es más eficiente en la utilización de nitrógeno que el suelo 2, debido a que los niveles de $N-NO_3$ (ppm) del suelo 3 son más bajos.

También se observó que la respuesta en materia seca al agregado de nitrógeno fue casi lineal hasta los 300 kg/ha de nitrógeno, como se observa en la Gráfica N° 1.

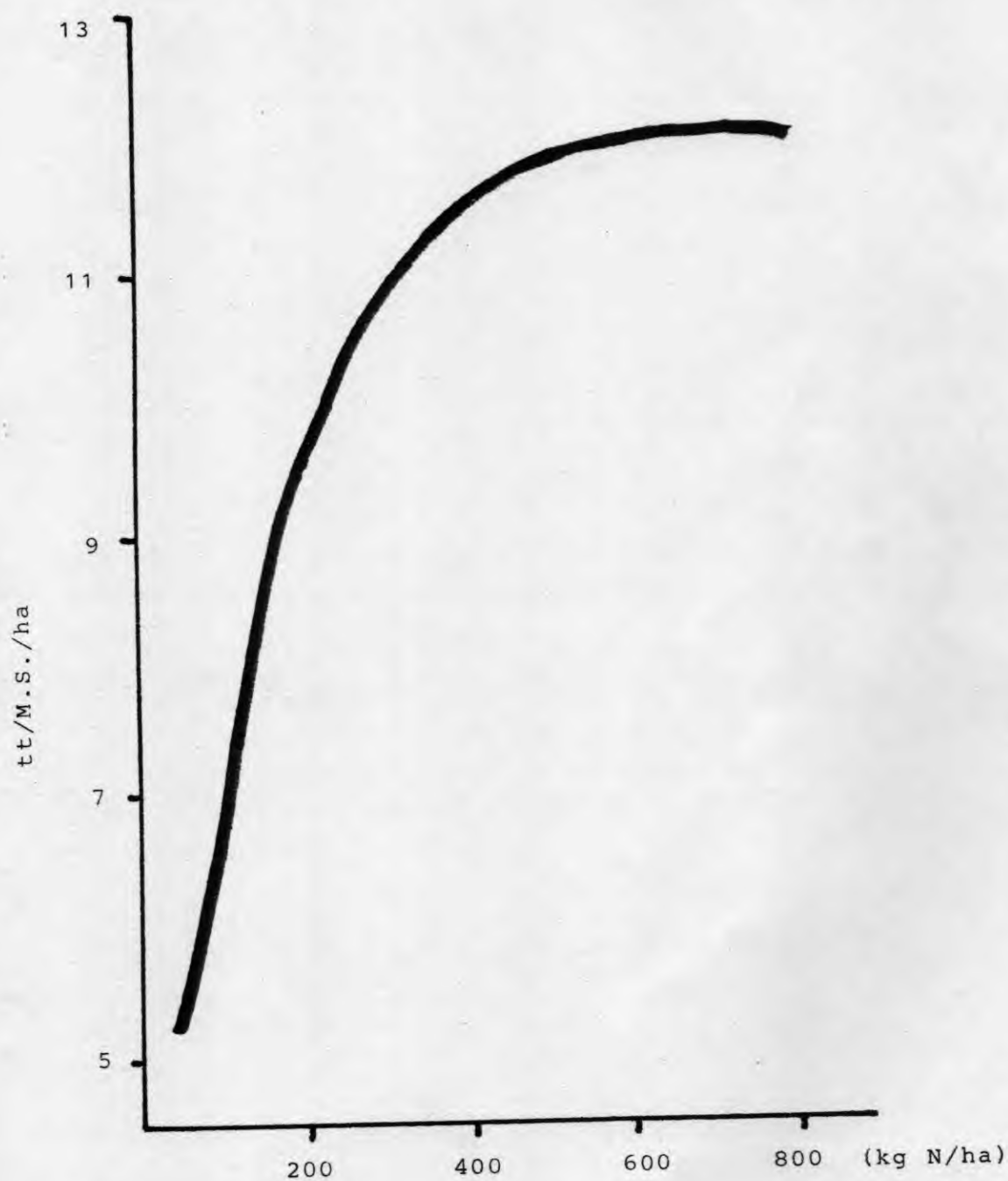


Gráfico N° 1. Respuesta en materia seca al agregado de nitrógeno (extraído de Reid, 1966)

La producción de proteína cruda, también se ve incrementada con los sucesivos aumentos en las dosis de nitrógeno (Brockman, 1966; Cowling, 1966; Toomre, 1966; Shirivasta, Chandrawanshi and Khare, 1973; Bajpai, 1976).

Cuadro N° 6. Absorción de nitrógeno en el primer corte, en distintos suelos frente a distintas dosis únicas (González y Verderra, 1983; Priore y Uranga, 1983)

Suelos	Dosis únicas				
	0	30	60	120	240
2	26,21	34,41	50,12	62,59	57,02
3	17,17	23,17	38,86	58,44	69,34

Del Cuadro N° 6 se desprende que a medida que las dosis aumentan los kg/ha de nitrógeno absorbido también aumentan.

A su vez se ha podido apreciar que al aumentar la dosis de nitrógeno, los incrementos en los kg de nitrógeno absorbido por kg de nitrógeno aplicado, son decrecientes (ver Cuadro N° 7).

Cuadro N° 7. Eficiencia en la absorción de nitrógeno en el primer corte, en distintos suelos frente a distintas dosis únicas (González y Verderra, 1983; Priore y Uranga, 1983)

Suelos	Dosis únicas			
	30	60	120	240
2	20	36	34	22
3	27	40	30	13

Del cuadro se puede concluir, que para una misma dosis, el suelo 3 es más eficiente en la absorción de nitrógeno que el suelo 2, dado que este último presenta un mayor nivel de N-NO_3 (ppm).

La gráfica N° 2 muestra la relación existente entre kg de proteína cruda por kg de nitrógeno aplicado y se observa que la respuesta fue casi lineal hasta los 672 kg/ha de nitrógeno, luego de la cual la relación comienza a decrecer.

Es importante tener en cuenta el destino de la pastura, ya que si es para conservación bajo la forma de heno o silo, en donde se realiza un único corte, así como para diferir forraje, es recomendable la aplicación de dosis únicas y altas, debido a que con un amplio período de crecimiento, hace un uso más eficiente del nitrógeno aplicado, teniendo una mayor cantidad de forraje pero de menor calidad (Cowling, 1962; Cook and Lovett, 1974).

En cambio, cuando el objetivo es el pastoreo, donde las defoliaciones son más frecuentes, con el fraccionamiento de la dosis, se logra una mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno por parte de la pastura (Van Burg, 1960; Brockman, 1966).

El efecto de dicho fraccionamiento no es el de aumentar el volumen de producción de materia seca, sino de lograr una distribución más uniforme y de mayor calidad (Kaltofen, 1966).

Todo esto se explica porque la velocidad de absorción de nitrógeno por parte de las gramíneas es más rápida que la producción de materia seca (Brockman, 1966; Cowling, 1966).

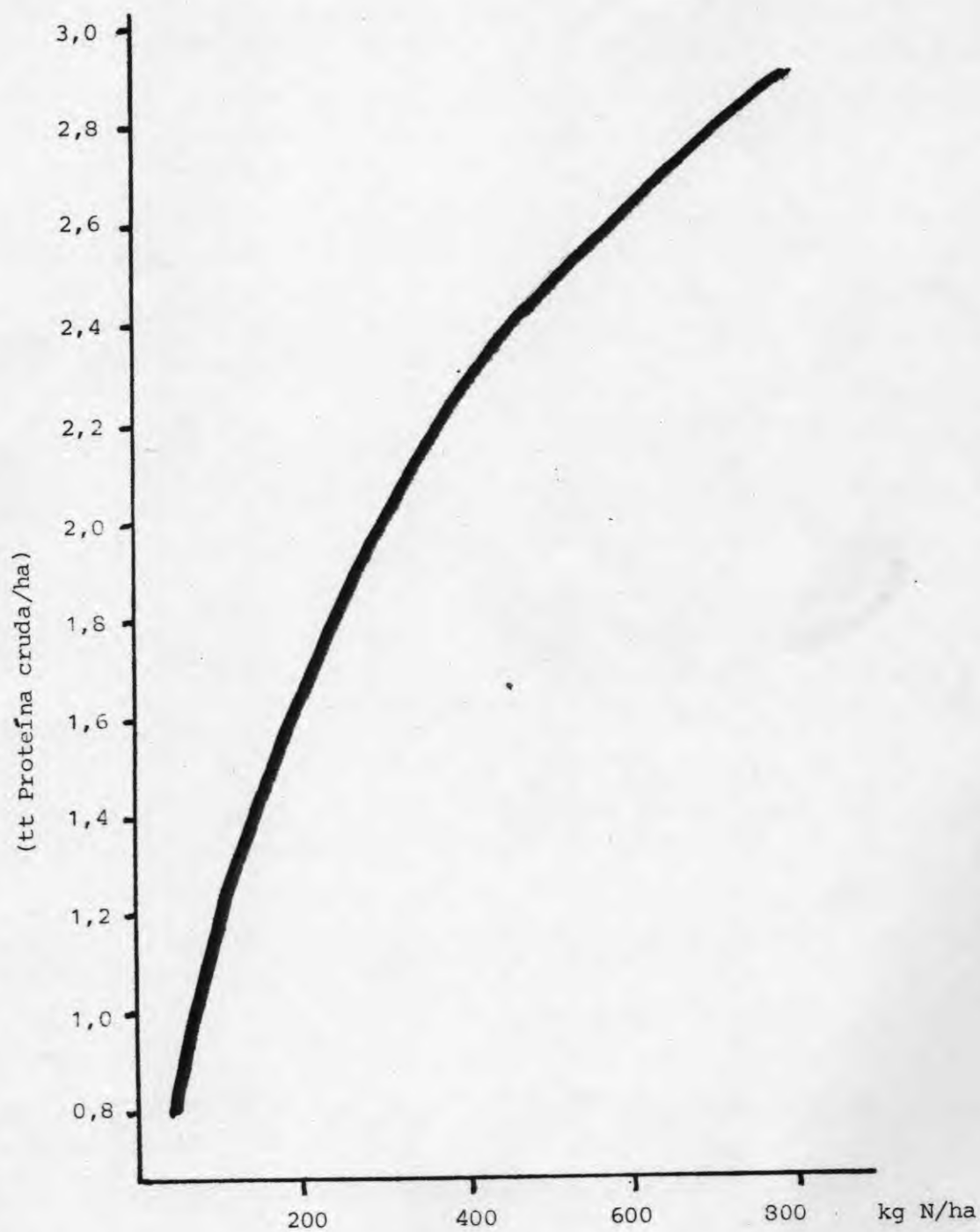


Gráfico N° 2. Resposta em proteína cruda al agregado de nitrógeno (extraído de REID, 1966)

En los suelos pobres en materia orgánica, la respuesta al fraccionamiento es notoria tanto en producción total como estacional de materia seca, como se observa en los Cuadros N° 8 y 9.

Cuadro N° 8. Producción total de materia seca, con el fraccionamiento en dos veces de las dosis para dos suelos distintos
(González y Verdera, 1983; Priore y Uranga, 1983)

Suelos	Dosis fraccionada (dos veces)			
	30	60	120	240
2	5489	5652	6924	7774
3	6400	7921	8742	10257

Como lo indica el Cuadro N° 8, el suelo 3, es el más pobre y muestra una respuesta más importante al fraccionamiento y a las dosis, con rendimientos en kg/ha de materia seca más altos que el suelo 2.

Cuadro N° 9. Producción otoñal de materia seca, con el fraccionamiento en dos veces para dos suelos distintos (González y Verdera, 1983; Priore y Uranga, 1983)

Suelos	Dosis fraccionada (dos veces)			
	30	60	120	240
2	2352	2303	2397	3437
3	3007	3492	4067	3805

Como lo indica el Cuadro N° 9, la respuesta al fraccionamiento también se refleja en la producción estacional, en donde el suelo 3 es el que manifiesta mayor respuesta.

En suelos ricos en materia orgánica, no se registró respuesta al fraccionamiento en la producción total de materia seca, pero mejoró la distribución estacional de la pastura (Kaltofen, 1966; Vera, 1966) como se observa en el Cuadro N° 10.

Cuadro N° 10. Producción total de materia seca y distribución estacional, con el fraccionamiento en tres veces de la dosis para un suelo con alta fertilidad (Casartelli y Vidal, 1983).

Suelo 1	Dosis fraccionada en tres veces			
	30	60	120	240
Producción				
Total	5572	5408	6087	6239
Otoño	2330	2562	2543	2535
Invierno	1044	1225	1593	1906
Primavera	2198	1621	1951	1798

II.C.2.4. Momento de aplicación. Si esta es temprana en el otoño, aprovechando el macollaje activo y las de fines de invierno cuando la pastura comienza a alargar sus entrenudos, es cuando se logra la mejor eficiencia en el uso del nitrógeno (Van Burg, 1960; Cowling, 1962; Carámbula, 1977).

II.C.2.5. Factores climáticos. Los factores climáticos que más afectan la respuesta al nitrógeno son dos; temperatura y humedad

Humedad. Boer (1966) indica la importancia de los contenidos y la disponibilidad de agua en el suelo en la absorción de nitrógeno. Este autor pudo comprobar que en años de sequía se daban problemas en el establecimiento y rebrote de las pasturas.

Por otro lado el exceso de lluvia ocasiona movimientos de nitratos en el perfil del suelo, debiendo analizarse, tan to desde el punto de vista de la cantidad como de la intensi dad de las precipitaciones (Baethgen y Cardellino, 1979).

Mientras que para una misma intensidad, la lluvia de mayor volumen da mayores pérdidas de nitratos por lavado, para volúmenes iguales de lluvia, la menos intensa y por lo tanto la de mayor duración, es la que produce más lavado.

De acuerdo con Carámbula (1977) el exceso de agua ade más de lavado de nitratos, provoca una menor absorción del nu triente, dado que al faltar oxígeno se retarda el crecimiento y la actividad de las raíces, desaprovechándose el fertilizan te.

El uso de agua está relacionado con el crecimiento y el desarrollo radicular. Sharma y Ghildyal (1977), estudiaron el crecimiento radicular y la tasa de extracción de agua, a dos niveles de agua, uno adecuado y otro bajo

Con un nivel adecuado las raíces presentan un mayor vo lumen en el suelo, son más cortas, de menor peso seco y tie nen una menor tasa de extracción de agua. En cambio, en sue los con nivel de agua bajos, son más ramificadas, son más fi nas, más largas, con mayor peso seco y con mayor tasa de ex tracción de agua.

Campbell (1973) llegó a la conclusión de que la produc ción de materia seca y acumulación de nitrógeno en las raíces responde a los factores ambientales en forma similar al creci miento vegetativo de la parte aérea.

Al incrementar la disponibilidad de nitrógeno, aumenta la producción y el peso de las raíces en los horizontes superficiales (Rosemark, citado por Campbell (1973)).

Trogthon (1957) y Oswalt (1959) citados por Pearson (1966), encontraron que aplicaciones superficiales de nitrógeno, promovían el crecimiento del sistema radicular en su superficie, siempre y cuando no hubiera movilización de nitrógeno a horizontes profundos.

Knoch (1954) encontró que cuando se aplica nitrógeno en superficie hay desarrollo radicular en profundidad, y Pearson (1966) explicó este comportamiento por la gran movilidad de nitratos en el perfil del suelo.

Gliemerorth (1955) citado por Black (1964) llegó a la conclusión, que en las zonas donde se localiza el nitrógeno es donde se registra mayor desarrollo radicular.

La mayoría de los trabajos concluyen, que la eficiencia del uso del nitrógeno está determinada fundamentalmente por el nivel de agua del suelo y su movimiento en el perfil.

En este sentido, el agua actúa directamente en la absorción de nitrógeno, así como en el lavado del mismo, e indirectamente en la denitrificación y en la actividad radicular.

Al respecto Rabuffetti y Labuonora (1980), trabajando en trigo, encontraron una correlación positiva entre agregado de nitrógeno y lluvias ocurridas en el período de dos meses post-siembra.

Temperatura. Según Kretschmer (1958), tanto las altas como las bajas temperaturas, y variaciones entre máximas y mínimas diarias afectan el contenido de nitratos, el cual también se fue afectado por la temperatura del suelo.

Según este autor, las variaciones en bajas temperaturas afectan más los cambios de contenido de nitratos que las variaciones de altas temperaturas diarias.

Deschenes et Pierre (1980), trabajando con dos tipos de suelos, uno arcilloso y otro arenoso, encontraron que las bajas temperaturas disminuían significativamente el peso seco y la productividad total de la avena.

Trogthon (1962) y Power (1970); citados por Deschene y Pierre (1980), llegaron a la conclusión que las bajas temperaturas retrasan el desarrollo de las raíces primarias y secundarias.

En un experimento realizado sobre fertilización nitrogenada de *Agropyron intermedium*, Lawrence (1963); citado por Black (1964), observó que los porcentajes de pasto que sobre vivía en primavera eran de 78,42 y 6% donde las aplicaciones de nitrato de amonio en el mes de agosto anterior habían sido equivalentes a 0, 37 y 74 kg/ha de nitrógeno.

Estas comprobaciones son un ejemplo extremo del efecto que ejerce el nitrógeno en la disminución de la resistencia al frío.

III. MATERIALES Y METODOS

III.A. LOCALIZACION DE LOS ENSAYOS

El presente trabajo consta de cuatro experimentos:

III.A.1. Experimento I y IV

Ubicado en el establecimiento del Sr. Alcidez Fernández, intersección de las Rutas 81 y 64, San Antonio, Departamento de Canelones.

III.A.2. Experimento II

Ubicado en el establecimiento del Ingeniero Agrónomo Horario Leaniz, Ruta 1, km. 61, Kiyú, Departamento de San José.

III.A.3. Experimento III

Ubicado en el predio de la Escuela Jackson, Ruta 8, Km. 18, Departamento de Canelones.

III.B. CARACTERISTICA DE LOS SUELOS

El suelo del experimento I y IV es un Vertisol Rúptico.

El suelo del experimento II es un Brunosol Subéutrico con carácter Vértico.

El suelo del experimento III es un Brunosol Subéutrico Lúvico.

Las principales características químicas de los tres suelos se muestran en el Cuadro N° 11.

Cuadro N° 11. Características químicas de los tres suelos

Suelo	Horizonte	Profundidad (cm)	pH en H ₂ O	% M.O.	Fósforo (Bray, ppm)	N-NO ₃ (ppm)	Potasio (meq/100 g)
I	A	0 - 20	6,3	3,8	11,5	4,2	0,43
	B	20 - 40	6,3	3,1	10,7	6,9	0,44
II	A	0 - 20	6,4	2,9	16,2	3,2	0,24
	B	20 - 40	6,6	2,0	3,1	2,8	0,27
III	A	0 - 20	5,6	2,1	31,6	2,0	0,47
	B	20 - 40	5,9	1,6	32,3	1,9	0,47

III.C. DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS

Se plantearon doce tratamientos y un testigo que resultan un factorial, en bloques al azar, compuesto por cuatro dosis y tres formas de aplicación.

Las dosis corresponden a 30, 60, 120 y 240 kg/ha de nitrógeno.

La forma de aplicación del fertilizante nitrogenado en tres de los experimentos (I, II y III) fueron:

- todo a la siembra.
- mitad a la siembra y la otra mitad al primer corte.
- un tercio a la siembra, otro tercio al primer corte y el último tercio al segundo corte.

El Cuadro N° 12 muestra a los 12 tratamientos resultantes de la fertilización después de cada corte.

Cuadro N° 12. Diagrama de los doce tratamientos fertilizados después de cada corte

Tratamientos	Siembra	1er. corte	2do. corte
1	30		
2	60		
3	120		
4	240		
5	15	15	
6	30	30	
7	60	60	
8	120	120	
9	10	10	10
10	20	20	20
11	40	40	40
12	80	80	80

La forma de aplicación del fertilizante nitrogenado en el experimento IV fue:

- todo a la siembra.
- mitad a la siembra y la otra mitad a los 106 días.
- un tercio a la siembra, el otro tercio a los 80 días y el último tercio a los 150 días.

Los doce tratamientos y un testigo se repitieron en tres bloques en donde la dimensión de las parcelas fue de tres me tros de ancho por cuatro metros de largo.

III.D. MANEJO DE LOS EXPERIMENTOS

III.D.1. Preparación del suelo

III.D.1.1. *Experimentos I y IV.* El suelo era un campo natural regenerado al cual se le hicieron dos años de avena.

Se le pasó cincel el 10 de febrero de 1983 y posteriormente una nueva pasada de cincel el 7 de marzo de 1983.

III.D.1.2. *Experimento II.* El suelo había estado previamente bajo avena durante tres años.

Se le pasó cincel el 10 de febrero de 1983 y posteriormente una nueva pasada de cincel el 25 de febrero de 1983.

III.D.1.3. *Experimento III.* El suelo había estado previamente bajo maíz en forma continua.

Se le aró en diciembre de 1982 y posteriormente una pasada de excéntrica el 7 de marzo de 1983.

III.D.2. Calendario de trabajos realizados

Trabajos realizados	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III	Exp. IV
Siembra, fertilización, 1er. muestreo	7/3	28/2	7/3	7/3
1er. corte, 2do. muestreo	21/4	2/5	20/5	21/4
Refertilización	21/4	2/5	20/5	-
2do. corte, 3er. muestreo, refertilización	25/5	10/6	30/6	25/5
Refertilización	-	-	-	20/6
3er. corte	3/8	16/8	-	3/8
Refertilización	-	-	-	3/8
4to. corte	22/10	4/10	-	22/10

III.D.3. Muestreo de suelo

Antes de la siembra y después de cada corte, se realizó muestreos del suelo, obteniéndose de cada parcela una muestra compuesta a dos profundidades.

Estos muestreos se llevaron a cabo a la siembra, al primer corte y al segundo corte en cada uno de los experimentos.

III.D.4. Fertilización

En los cuatro ensayos se utilizó urea como fuente de nitrógeno.

A la siembra se incorporó superfosfato en una aplicación de 100 kg/ha de P_2O_5 a los efectos de uniformizar el suelo.

En todos los casos la fertilización fue a mano.

III.D.5. Siembra

Las densidades de siembra utilizadas para la mezcla fueron las siguientes:

- 100 kg/ha de avena
- 25 kg/ha de raygrass.

Posteriormente se tapó la semilla con pasadas cruzadas de rastra.

III.D.6. Cosecha

La cosecha se realizó con una guadañadora Holder, obteniéndose un área cosechada de 3,2 metros cuadrados.

Se pesó el material cortado de cada parcela (peso fresco) con una balanza a campo, luego se tomó una submuestra de aproximadamente 500 gramos a efectos de determinar el rendimiento en materia seca y análisis químicos posteriores.

III.E. ANALISIS DE LABORATORIO

III.E.1. Análisis foliar

La muestra foliar seca fue molida y antes del análisis se las volvió a secar a 60° centígrados durante dos horas; luego de lo cual se tomaron 0,5 gramos de la misma y se colocaron en tubos de digestión.

Posteriormente, a cada tubo se le agregaron 10 mililitros de ácido sulfúrico concentrado, se agregaron dos cucharaditas de CuSO_4 y Na_2SO_4 y se introdujeron en el digestor durante una hora a 350° centígrados.

Una vez decolorados, se los dejó enfriar y el contenido de los tubos de digestión se traspasó a los balones de destilación, a los cuales se le agregó aproximadamente 250 mililitros de agua destilada.

La solución así obtenida fue utilizada para determinar el porcentaje de nitrógeno por el método de Kjeldhal.

III.E.2. Análisis de suelo

Para la determinación del contenido de nitratos, a cada muestra de suelo, se colocó en estufa en recipientes adecuados, para realizar el secado a 60° centígrados durante 24 horas.

A continuación se molieron y tamizaron en malla intermedia (2 mm) tomándose de cada una muestra 25 gramos de suelo y se colocaron en un Erlenmeyer de 250 mililitros.

Se agregaron 125 mililitros de agua destilada y luego 20 gotas de CuSO_4 .

Se agitó durante un minuto y se dejó reposar durante 30 minutos.

Nuevamente se agitó durante 10 minutos y se filtraron 100 mililitros de la misma.

Se realizó la determinación o lectura directa de nitratos por potenciometría, usando electrodo específico para nitratos.

III.F. ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizaron las técnicas de Análisis de Varianza y Regresión múltiple expuestas por los autores T.M. Little y F.J. Hills (1965).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

IV.A. EXPERIMENTO I

IV.A.1. Producción total

IV.A.1.1. *Materia seca.* A los efectos de analizar la producción total de materia seca, se presenta en el cuadro siguiente los datos promedio correspondientes a los 12 tratamientos y el testigo, extraídos del Cuadro N° 71 del apéndice.

Cuadro N° 13. Producción total promedio de materia seca
(kg/ha) para el Experimento I

<i>Dosis</i>					
<i>Epoca</i>	0	30	60	120	240
I	3141	4592	5142	6296	7384
II	3141	3672	4956	6795	8283
III	3141	5202	5975	6403	7815
$\bar{x}$	3141	4489	5358	6498	7827

En este suelo se constatan grandes diferencias entre tratamientos, oscilando los valores entre 3.000 y 9.000 kg/ha de materia seca.

Por lo tanto, existe una marcada respuesta en kg de materia seca a las dosis crecientes de nitrógeno, siendo el efecto del fraccionamiento poco importante, mostrando como tendencia general un comportamiento más favorable las aplicaciones diferidas.

Estos datos se estudiaron estadísticamente, realizando un Análisis de Varianza con descomposición factorial, como se

observa en el Cuadro N° 105 del Apéndice.

De la prueba F, se concluye que en este suelo se hallaron diferencias significativas al 1% para dosis y al 5% para interacción, mientras que para época las diferencias fueron no significativas, lo que estaría indicando un aprovechamiento más eficiente a iguales dosis al realizar aplicaciones diferidas en el tiempo.

Si bien los datos observados muestran diferencias en rendimiento tanto para dosis como para fraccionamiento, al hacer el análisis estadístico este arrojó diferencias significativas solamente para dosis y no para fraccionamiento.

Si bien el nivel inicial de N mineral fue medio a bajo a la siembra, el contenido de materia orgánica supone un poder medio a alto de aportar N mineral, lo cual pudo haberse reflejado en un mejor aprovechamiento relativo de las dosis bajas aplicadas en forma diferida, pudiendo existir otros factores como limitante, a que el mismo efecto no se haya producido con la misma magnitud a dosis altas, lo cual surge de la observación de los rendimientos máximos relativamente menores a los obtenidos en años anteriores (más de 10.000 kg de MS/ha).

Además, el propósito del fraccionamiento consistía en mantener un nivel adecuado de nitratos durante el ciclo del cultivo, pero como las lluvias de este año fueron atípicas, y prácticamente no hubo exceso hídrico en otoño e invierno, por lo tanto las pérdidas fueron poco probables y entonces las dosis aplicadas en una sola vez no presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a las dosis aplicadas en forma fraccionada.

Estos datos de lluvia los podemos observar en el Cuadro N° 132 del Apéndice.

La respuesta en materia seca a la fertilización nitrogenada tuvo en las tres épocas un ajuste de tipo cuadrático.

Las mismas y sus coeficientes de determinación los encontramos en el Cuadro N° 14.

Cuadro N° 14. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción total de materia seca para el Experimento I)

Epoca I	$y = 3326,0 + 34,78 N - 0,075 N^2$ $R^2 = 0,93$
Epoca II	$y = 2894,1 + 35,58 N - 0,072 N^2$ $R^2 = 0,95$
Epoca III	$y = 3625,6 + 37,89 N - 0,088 N^2$ $R^2 = 0,84$

Lo que significa que la respuesta en materia seca fue creciendo a tasas decrecientes (siguiendo la ley de los rendimientos decreciente) para todas las dosis ensayadas.

Además, se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión y en todos los casos; la prueba F, fue significativa al 1%, y los R^2 fueron altos, lo cual nos permite concluir que el ajuste de estas ecuaciones es bueno, como se observa en el Cuadro N° 106 del apéndice.

IV.A.1.2. Tasa diaria de producción de materia seca total.
Los valores estimados se encuentran en el Cuadro N° 15.

Cuadro N° 15. Tasa diaria en la producción de materia seca total estimada en función de la dosis y la época de aplicación del fertilizante para el Experimento 1 (kg/ha/día/M.S.)

<i>Dosis</i>						
<i>Epoca</i>	<i>0</i>	<i>30</i>	<i>60</i>	<i>120</i>	<i>240</i>	<i>Promedio</i>
<i>I</i>	16	23	26	32	34	26
<i>II</i>	16	18	25	34	42	27
<i>III</i>	16	18	30	32	39	27
<i>Promedio</i>	16	20	27	33	38	

Como surge de los datos estimados, existe un incremento en la tasa diaria de producción de materia seca al registrarse aumentos en las dosis para cada forma de aplicación del fertilizante y para las tres formas.

El efecto del fraccionamiento fue positivo para dosis muy altas mientras que para dosis bajas no presentó ventajas.

IV.A.1.3. *Absorción total de nitrógeno.* El nivel de nitrógeno total promedio absorbido durante el ciclo de producción de la pastura, expresado en kg de nitrógeno por ha se lo puede observar en el Cuadro N° 16, el cual fue extraído del Cuadro N° 72 del Apéndice.

Del cuadro se puede concluir que, a medida que aumentamos la dosis de nitrógeno aplicado, también aumentamos la absorción de nitrógeno por parte de la planta.

Podemos observar en el cuadro, que no hubo respuesta al fraccionamiento.

Cuadro N° 16. Absorción total promedio de nitrógeno para el Experimento 1, expresada en kg de N/ha

<i>Dosis</i>					
<i>Epoca</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>120</i>	<i>240</i>	<i>Promedio</i>
I	59,3	134,2	178,2	216,8	172,2
II	59,3	119,9	175,9	233,7	172,2
III	59,3	132,1	153,7	209,4	163,7
Promedio	59,3	128,7	169,3	220,0	

Estos datos se estudiaron estadísticamente, donde en primer lugar se realizó un Análisis de Varianza con descomposición factorial como se observa en el Cuadro N° 107 del Apéndice.

De la prueba F, se concluye que en este suelo se hallaron diferencias significativas al 1% para dosis, mientras que para época e interacción las diferencias fueron no significativas.

La respuesta en absorción de nitrógeno a la fertilización con el mismo, tuvo en las tres épocas un ajuste del tipo cuadrático, lo que significa que la respuesta fue creciendo a tasas decrecientes.

Las mismas y sus coeficientes de determinación se observan en el Cuadro N° 17.

Además se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión y en todos los casos, la prueba F, fue significativa al 1% y los R^2 fueron altos, lo cual nos permite concluir que el ajuste es bueno, como se observa en el Cuadro N° 108 del Apéndice.

Cuadro N° 17. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (absorción total de nitrógeno, para el Experimento I)

Epoca I	$y = 60,4 + 1,35 N - 0,003 N^2$ $R^2 = 0,98$
Epoca II	$y = 58,3 + 1,19 N - 0,002 N^2$ $R^2 = 0,99$
Epoca III	$y = 65,0 + 1,05 N - 0,002 N^2$ $R^2 = 0,88$

La representación Gráfica de estas ecuaciones se realizó en el Gráfico N° 3. En el gráfico se puede observar, que la máxima absorción de nitrógeno se obtiene por encima de las 240 unidades del mismo para cualquiera de las épocas

IV.A.1.4. *Eficiencia en la utilización de nitrógeno total.* La eficiencia es estimó mediante la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{kg de MS}}{\text{kg de N aplicado}} = \frac{\text{kg de MS del tratamiento} - \text{kg de MS del testigo}}{\text{kg de N aplicado}}$$

Los valores estimados de eficiencia se encuentran en el Cuadro N° 18.

Del cuadro se puede concluir, para las tres formas de aplicación, a medida que aumentamos la dosis, la eficiencia de crece, no existiendo tendencia clara respecto a las diferentes formas de aplicación entre sí.

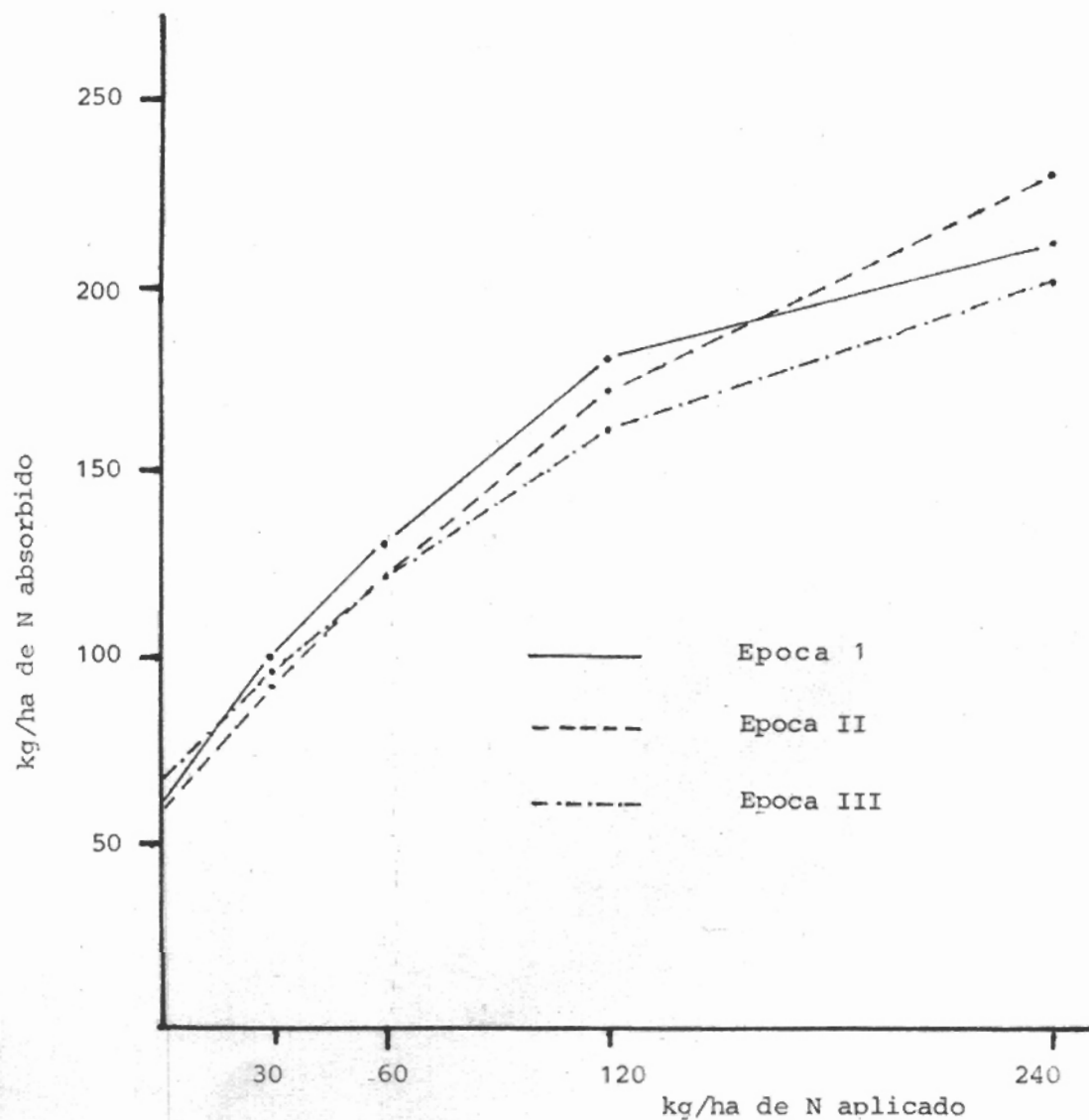


Gráfico N° 3. Representación gráfica de la absorción total de nitrógeno estimada en función de la dosis y la época de aplicación del mismo para el Experimento I

Cuadro N° 18. Eficiencia total en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento I.

<u>Dosis</u>					
<u>Epoca</u>	<u>30</u>	<u>60</u>	<u>120</u>	<u>240</u>	<u>Promedio</u>
I	48	33	26	15	31
II	18	30	30	22	25
III	12	47	27	19	26
Promedio	26	37	28	19	

IV.A.2. Análisis estacional

IV.A.2.1. Producción otoñal. Materia seca. Este análisis nos permite conocer la evolución de la entrega de forraje a lo largo del ciclo de la pastura.

Dicha producción es la suma del forraje cosechado los dos primeros cortes, cuyas fechas de realización fueron el 21 de abril y el 25 de mayo respectivamente.

Los datos promedios de producción otoñal de materia seca los podemos observar en el Cuadro N° 19, extraído de los Cuadros Nos. 73 y 75 del apéndice.

Se perciben claras diferencias en los tratamientos atribuidas al efecto dosis, con rendimientos que van desde los 1.000 a 3.800 kg/ha de materia seca, observándose diferencias realmente importante en forma de aplicación solamente en las dosis mayores.

La respuesta en materia seca a la fertilización nitrogenada tuvo en las dos épocas un ajuste del tipo cuadrático.

Cuadro N° 19. Producción otoñal promedio de materia seca
(kg/ha) para el Experimento I

<u>Dosis</u>					
<u>Epoca</u>	<u>0</u>	<u>30</u>	<u>60</u>	<u>120</u>	<u>240</u>
<u>I</u>	1036	1896	2476	2984	2962
<u>II</u>	1036	1875	2307	3155	3753

Para comprobar si el ajuste de dichas ecuaciones es bueno se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión como se observa en el Cuadro N° 109 del Apéndice.

En dicho análisis, la prueba F, dió diferencias significativas al 1% y los R^2 fueron altos, tanto para dosis únicas como para el fraccionamiento en dos veces.

Esto está demostrando el muy buen ajuste de las ecuaciones.

Las mismas y sus coeficientes de determinación se observan en el Cuadro N° 20.

Cuadro N° 20. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación,
ajustados para cada época de aplicación del fertilizante
(producción otoñal para el Experimento I)

<u>Epoca I</u>	$y = 1122,70 + 25,27 N - 0,074 N^2$ $R^2 = 0,95$
<u>Epoca II</u>	$y = 1220,2 + 18,78 N - 0,030 N^2$ $R^2 = 0,90$

Estas ecuaciones se representan en el Gráfico N° 4.

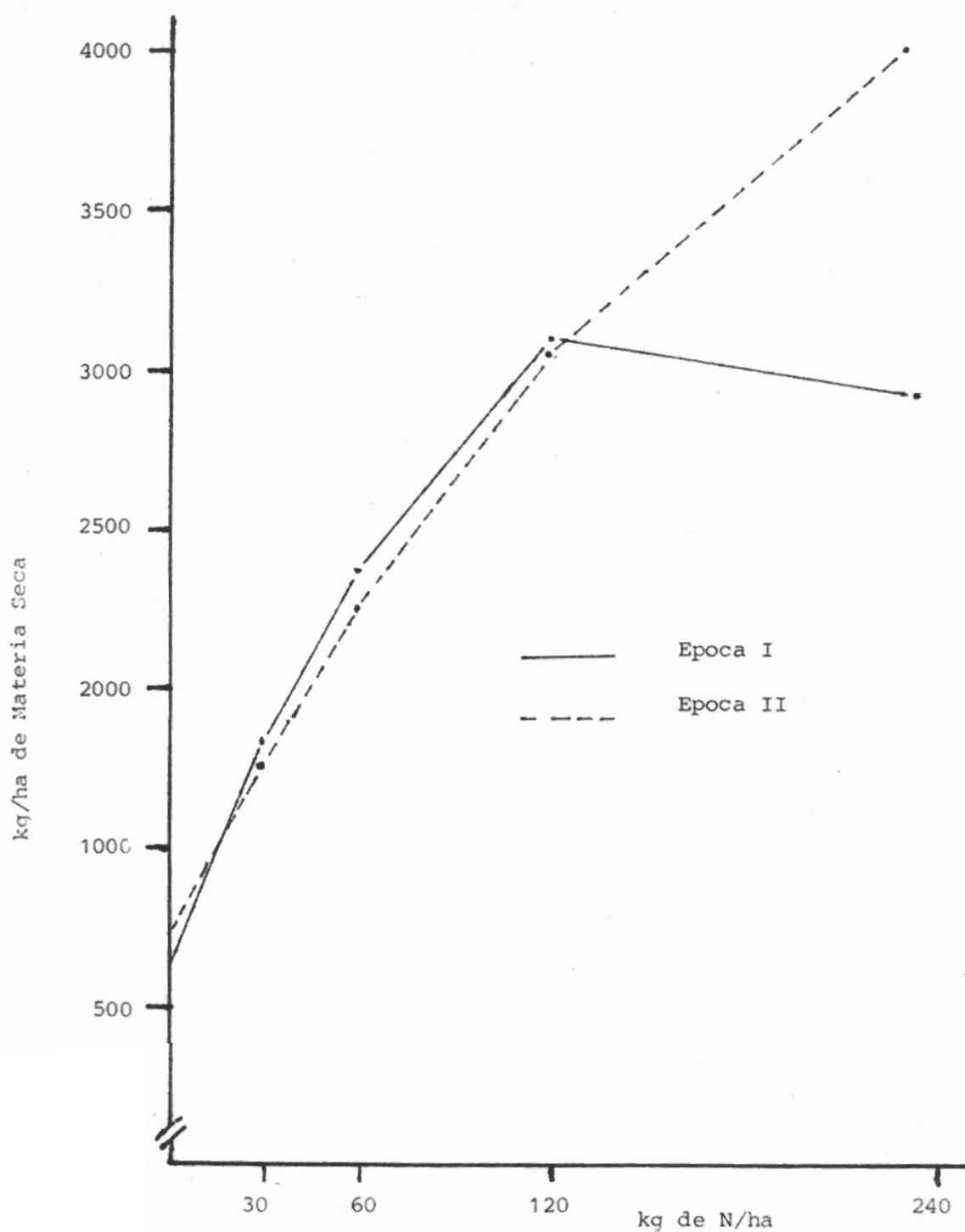


Gráfico N° 4. Producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I

La respuesta que aparece en el gráfico, es debida al estado de macollaje activo en que se encuentra la ' pastura por un lado y de la alta disponibilidad de nitrógeno suministrada por el fertilizante y a los bajos niveles de nitrato en el inicio del ensayo (ver Cuadro N° 138 del Apéndice).

Si bien hay un aumento en la producción de materia seca con el aumento de la dosis no se ven diferencias en el fraccionamiento, hasta 120 unidades, por encima de lo cual se observa un efecto del fraccionamiento.

O sea que con dosis únicas, se llega a la máxima producción de materia seca entre 120 y 240 unidades, mientras que fraccionando en dos veces, el máximo se logra por encima de las 240 unidades.

Dosis muy altas a la siembra no se manifestaron en toda su magnitud por la presencia de otros factores limitantes, mientras que la aplicación diferida permitió un mejor aprovechamiento del medio ambiente, manteniendo una alta respuesta a una dosis muy elevada.

Tasa diaria de producción de materia seca otoñal. La estimación de la tasa diaria, la podemos ver en el Cuadro N° 21.

Cuadro N° 21. Tasa diaria en la producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I (kg/ha/día/M.S.)

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	13	24	31	38	37
II	13	24	29	40	48

Todas estas tasas fueron calculadas en base al número de días a partir del día de la siembra hasta el segundo corte, por esta razón los valores subestiman la verdadera tasa de producción de materia seca, debido a que no se determinó la fecha de emergencia.

La tasa diaria fue creciente a medida que aumentamos la dosis durante toda la estación y para las dos formas de aplicación del fertilizante.

Considerando una dosis fija, la diferencia comienza a manifestarse a partir de las 120 unidades a favor del fraccionamiento en dos veces, porque antes las diferencias eran muy pequeñas.

Queda claro entonces, que uno de los beneficios más significativos de la fertilización nitrogenada en el momento de la siembra, es la obtención anticipada de forraje otoñal, subsanando así las urgentes necesidades nutricionales del ganado en ese período.

Se debe mencionar además, el gran volumen de forraje otoñal logrado con este manejo y la importancia del mismo si se decide diferir forraje para la estación invernal.

Eficiencia otoñal en la utilización del nitrógeno. La estimación de la eficiencia la podemos ver en el Cuadro N° 22.

Del cuadro, podemos concluir que a medida que aumentamos la dosis, la eficiencia disminuye, o sea que la producción de materia seca aumenta con el aumento de la dosis pero a tasas decrecientes.

Cuadro N° 22. Eficiencia otoñal en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento 1

Dosis				
Epoca	30	60	120	240
I	29	24	16	8
II	28	21	18	11

Mientras que para una dosis fija, a dosis bajas hasta las 120 unidades de nitrógeno, no hay diferencias en la eficiencia entre dosis únicas y fraccionadas y por encima de las 120 unidades se hace más eficiente el fraccionamiento.

Aquí se observan rendimientos decrecientes por pasar a ser limitantes otros factores para dosis muy elevadas y demuestra que el fraccionamiento permite una utilización más adecuada de dosis muy elevadas.

IV.A.2.2. Producción invernal. Materia Seca. La evaluación de la materia seca invernal se realizó mediante el tercer corte, cuya fecha de realización fue el 3 de agosto.

Los datos promedios de materia seca se presentan en el Cuadro N° 23, extraídos del Cuadro N° 77 del Apéndice.

Cuadro N° 23. Producción invernal promedio de materia seca (kg/ha) para el Experimento 1

Dosis					
Epoca	0	30	60	120	240
I	993	1202	1197	1509	2110
II	993	804	1295	1708	2349
III	993	1422	1550	2097	2000

La producción de materia seca se encuentra entre los 1.000 y 2.400 kg/ha.

Del cuadro se puede concluir que para el suelo evaluado y para las condiciones climáticas que se registraron en el año en que fue realizado el ensayo, se pueden lograr aumentos en la producción con las dosis para las tres formas de aplicación del fertilizante.

El fraccionamiento también aumenta la producción de materia seca para esta estación.

Como a esta altura todos los tratamientos se encuentran completos, se puede realizar un Análisis de Varianza con descomposición factorial como se observa en el Cuadro N° 110 del Apéndice.

De la prueba F, podemos concluir que se dieron diferencias significativas al 1% para dosis e interacción y al 5% para época.

La respuesta en materia seca a la fertilización nitrogenada, fue lineal para dosis únicas y el fraccionamiento en dos veces y del tipo cuadrático, para el fraccionamiento en tres veces.

Las mismas y sus coeficientes de determinación se los puede ver en el Cuadro N° 24.

Para comprobar si el ajuste de dichas ecuaciones era bueno, se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión como se observa en el Cuadro N° 111 del Apéndice.

Cuadro N° 24. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (Producción invernal para el Experimento I)

Epoca I	$y = 991,2 + 4,57 N$ $R^2 = 0,90$
Epoca II	$y = 861,9 + 6,31 N$ $R^2 = 0,91$
Epoca III	$y = 994,1 + 13,29 N - 0,038 N^2$ $R^2 = 0,79$

De la prueba F, podemos concluir que existen diferencias significativas al 1% y los R^2 fueron altos, por lo tanto podemos decir que el ajuste de dichas ecuaciones fue bueno.

Estas ecuaciones aparecen en el Gráfico N° 5.

En el gráfico se puede observar que la máxima producción de materia seca para el fraccionamiento en tres veces la logra a dosis intermedias de nitrógeno porque a dosis altas aparecen otras limitantes como temperatura y luz.

Tasa diaria de producción de materia seca invernal. Los datos estimados de la tasa diaria de crecimiento, los observamos en el Cuadro N° 25.

La tasa de crecimiento aumentó con el aumento de la dosis para cualquiera de las tres formas de aplicación del fertilizante, mientras que cuando la dosis es fija, siempre fue mayor la tasa de crecimiento con el fraccionamiento frente a la dosis única.

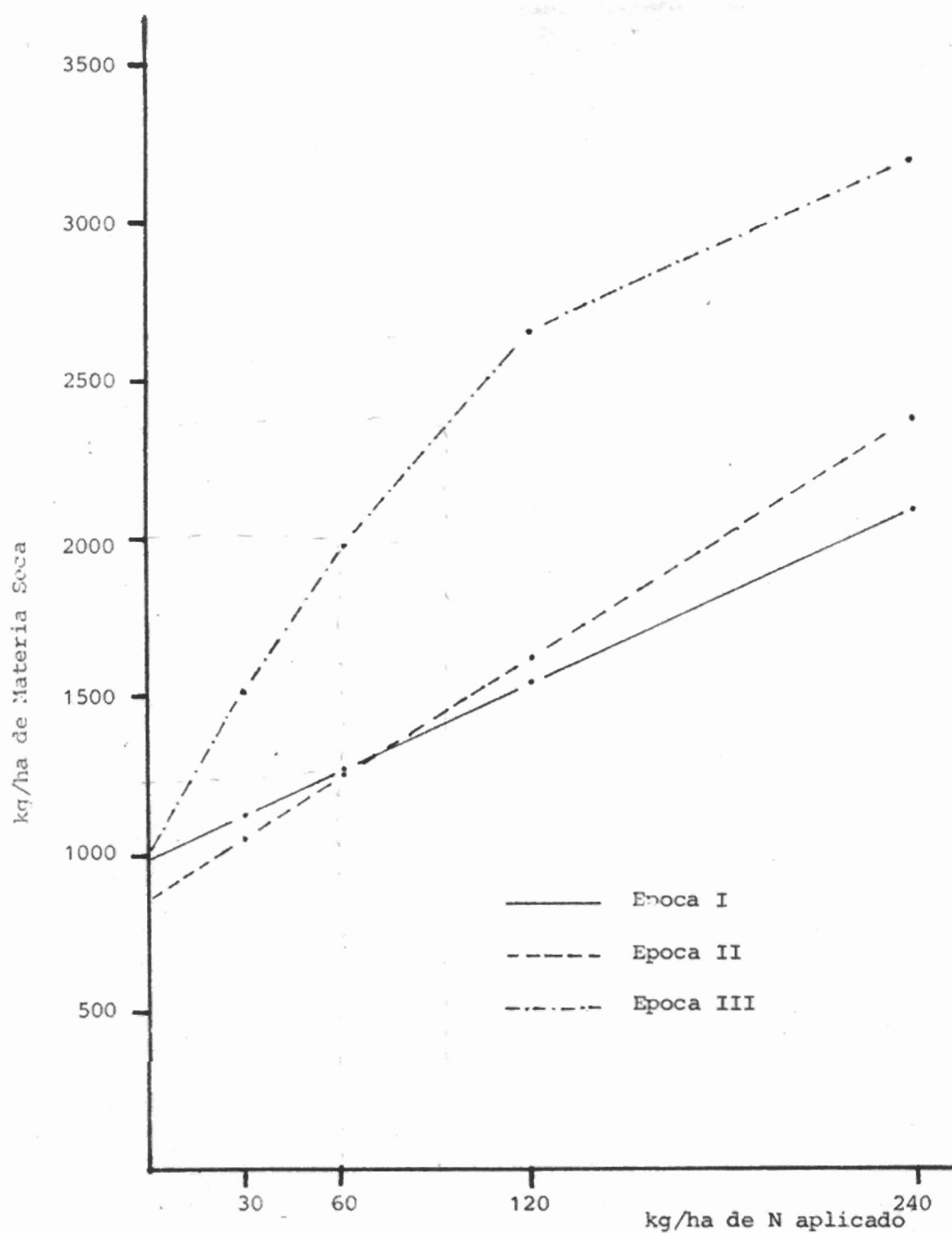


Gráfico N° 5. Producción de materia seca invernial estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I

Cuadro N° 25. Tasa diaria en la producción de materia seca invernal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I

Dosis					
Epoca	0	30	60	120	240
I	11	14	13	17	24
II	11	9	15	19	26
III	11	16	17	24	22

Y dentro del fraccionamiento fue mayor la tasa con el fraccionamiento en tres veces hasta las 120 unidades y después de la cual el fraccionamiento en dos veces es el de mayor tasa.

Los valores que aparecen en el cuadro son los esperados para esta estación, siendo menores a los registrados en otoño.

Eficiencia invernal en la utilización del nitrógeno. La estimación de la eficiencia la podemos observar en el Cuadro N° 26.

Cuadro N° 26. Eficiencia invernal en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I

Dosis				
Epoca	30	60	120	240
I	7	3	4	5
II	-6	5	6	6
III	14	9	9	4
Promedio	11	6	6	5

A medida que aumentamos la dosis, la eficiencia disminuye.

En esta estación la eficiencia fue menor que la otoñal, dadas las bajas temperaturas y la baja insolación que se constata a pesar de haber sido un año bueno.

Los datos de temperatura se presentan en el Cuadro N° 136 del Apéndice.

Para una dosis fija, se observa en el Cuadro que con el aumento del fraccionamiento también hay un aumento en la eficiencia.

IV.A.2.3. *Producción invernal tardía. Materia Seca.* La producción invernal tardía de la pastura corresponde al cuarto corte, el cual fue hecho el 22 de setiembre.

Los datos promedio de producción de materia seca invernal se observan en el Cuadro N° 27, extraído del Cuadro N° 79 del apéndice.

Cuadro N° 27. Producción invernal tardía promedio de materia seca (kg/ha) para el Experimento I

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	1112	1494	1469	1803	2312
II	1112	993	1354	1928	2185
III	1112	1645	2035	1682	2846

Lo que podemos observar, es que a medida que aumenta la dosis, también aumenta la producción de materia seca, lo cual se cumple para las tres épocas.

Con el fraccionamiento de la dosis, también se produce un pequeño aumento en la producción de materia seca, siendo más notoria para la aplicación en tres veces respecto al resto.

Como en esta estación, todos los tratamientos se hallan completos, los datos se estudiarán estadísticamente, mediante un Análisis de Varianza con descomposición factorial como se observa en el Cuadro N° 112 del Apéndice.

De la prueba F, se concluye que existen diferencias significativas al 1% para dosis e interacción, mientras que para época las diferencias fueron no significativas, poniendo de manifiesto la incidencia del manejo diferido del nitrógeno aún en esta estación de crecimiento y en particular del aplicado luego del 2do. corte (tres veces).

La respuesta en materia seca a la fertilización nitrogenada fue lineal para las tres épocas de aplicación.

Las ecuaciones y sus coeficientes de determinación se los presenta en el Cuadro N° 28.

Cuadro N° 28. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de fines de invierno para el Experimento I)

Epoca I	$y = 1220,5 + 4,64 N$ $R^2 = 0,75$
Epoca II	$y = 1051,1 + 5,15 N$ $R^2 = 0,71$
Epoca III	$y = 1320,0 + 6,04 N$ $R^2 = 0,73$

Para saber si las ecuaciones tenían buen ajuste, se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión como se observa en el Cuadro N° 113 del Apéndice.

De la prueba F, se concluye que existen diferencias significativas al 1% y valores de R^2 que permiten afirmar que las ecuaciones ajustadas serían adecuadas. Estas ecuaciones se presentan en el Gráfico N° 6.

Si bien los datos observados muestran diferencias en rendimientos tanto para dosis como para fraccionamiento, al hacer el análisis estadístico, este arrojó diferencias significativas solamente para dosis y no para fraccionamiento.

Como las lluvias registradas a partir del mes de agosto fueron elevadas y por lo tanto hubo un exceso hídrico el cual pudo provocar pérdidas de nitratos, desaparecen las ventajas entre dosis únicas y el fraccionamiento.

Los registros de lluvias se los puede observar en el Cuadro N° 136 del Apéndice.

Las tendencias que muestran las ecuaciones de respuesta a la dosis, reflejadas en los coeficientes de regresión, posiblemente se deba a un mayor desarrollo inicial de las parcelas con mayor disponibilidad de nitrógeno dada por el fertilizante que les permite aprovechar mejor el nitrógeno aportado por el suelo a través de la mineralización, que en esta estación se vuelve de importancia.

Tasa diaria de producción de materia seca de fin de invierno.
La estimación de la tasa la podemos observar en el Cuadro N° 29.

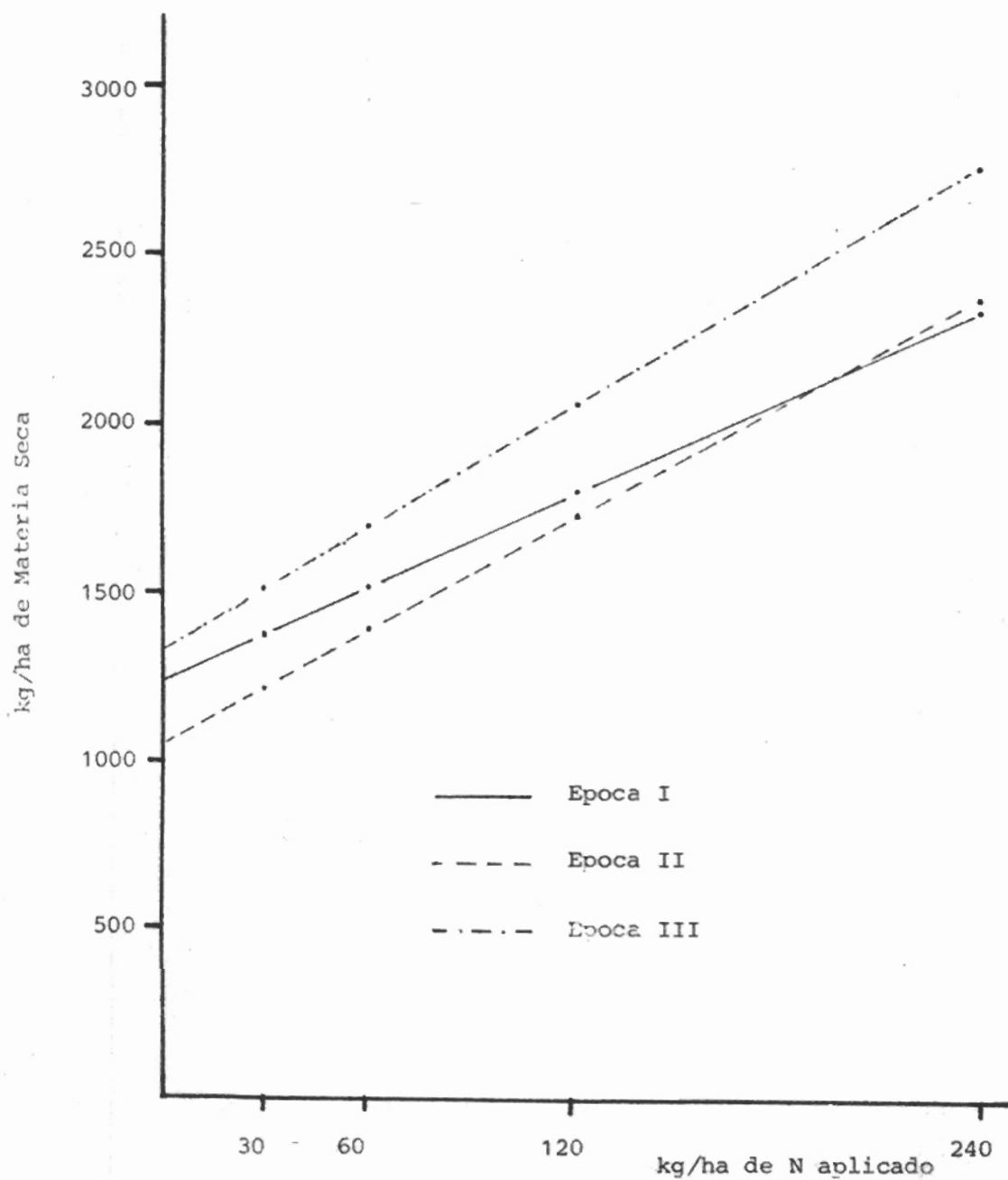


Gráfico N° 6. Producción de materia seca de fin de invierno estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I

Cuadro N° 29. Tasa diaria en la producción de materia seca de fin de invierno estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	22,2	29,9	29,4	36,1	46,2
II	22,2	19,9	27,1	38,6	43,7
III	22,2	32,9	40,7	33,6	56,9

Con el aumento de la dosis podemos concluir que hay un aumento en la tasa diaria de crecimiento y lo mismo se vió dentro de una dosis fija, al aumentar el fraccionamiento.

Eficiencia de fines de invierno en la utilización del Nitrógeno. La estimación de la eficiencia la podemos ver en el Cuadro N° 30.

Cuadro N° 30. Eficiencia de fin de invierno en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I

Epoca	Dosis			
	30	60	120	240
I	12,7	5,9	5,8	5,0
II	-4,0	4,0	6,8	4,5
III	18,7	15,4	4,7	7,2

Del cuadro surge que, a medida que aumentamos la dosis, la eficiencia disminuye; mientras que para una dosis fija, al aumentar el fraccionamiento aumentamos la eficiencia.

IV.B, EXPERIMENTO 2

IV.B.1. Producción total

IV.B.1.1. Materia Seca. Para el análisis de la producción total de materia seca, se presenta en el Cuadro siguiente los datos promedio correspondientes a los 12 tratamientos y el testigo, extraído del Cuadro N° 81 del Apéndice.

Cuadro N° 31. Producción total promedio de materia seca
(kg MS/ha) para el Experimento II



Dosis						
Epoca	0	30	60	120	240	$\bar{x}$
I	2912	4409	4718	5713	7876	5126,
II	2912	4544	4903	7095	8747	5640,
III	2912	5134	4762	6851	10094	5950,
Promedio	2912	4696	4794	6553	8906	

En este suelo se constatan grandes diferencias entre tratamientos, oscilando los valores entre 3000 y 10000 kg/ha de materia seca.

Por lo tanto, de la observación de este cuadro se puede concluir que dentro de cada forma de aplicación del nitrógeno y para las tres formas, hay un incremento en la producción de materia seca con el incremento en las dosis de nitrógeno, mientras que para una dosis fija, en el cuadro observamos que con el aumento en el fraccionamiento de la dosis aumentamos la producción de materia seca.

Estos datos, por último, se estudiaron estadísticamente, donde en primer lugar se realizó un Análisis de Varianza con descomposición factorial como se observa en el Cuadro N° 114

del Apéndice.

De la prueba F, se concluye que en este suelo se encontraron diferencias significativas al 1% para dosis y época y al 5% para la interacción.

La respuesta en materia seca a la fertilización nitrogenada tuvo un ajuste cuadrático para el fraccionamiento en dos veces, mientras que con el fraccionamiento en tres veces y con dosis única, ajustó un modelo lineal.

Lo que está indicando el ajuste a un modelo cuadrático, es que los rendimientos de materia seca crecen a tasas decrecientes, siguiendo la ley de los incrementos decrecientes.

Mientras que cuando el ajuste fue a un modelo lineal, los rendimientos en materia seca crecen a tasas constantes.

Además se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión y en todos los casos la prueba F fue significativa al 1% y los R^2 fueron altos, lo cual nos permite concluir que el ajuste de estas funciones es bueno, como se muestra en el Cuadro N° 115 del Apéndice.

Los mismos y sus coeficientes de determinación se presentan en el Cuadro N° 32.

Cuadro N° 32. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción total de MS para el Experimento 2)

Epoca I	$y = 3487,7 + 17,96 N$ $R^2 = 0,85$
Epoca II	$y = 3072,1 + 40,7 N - 0,071 N^2$ $R^2 = 0,91$
Epoca III	$y = 3563,0 + 27,48 N$ $R^2 = 0,93$

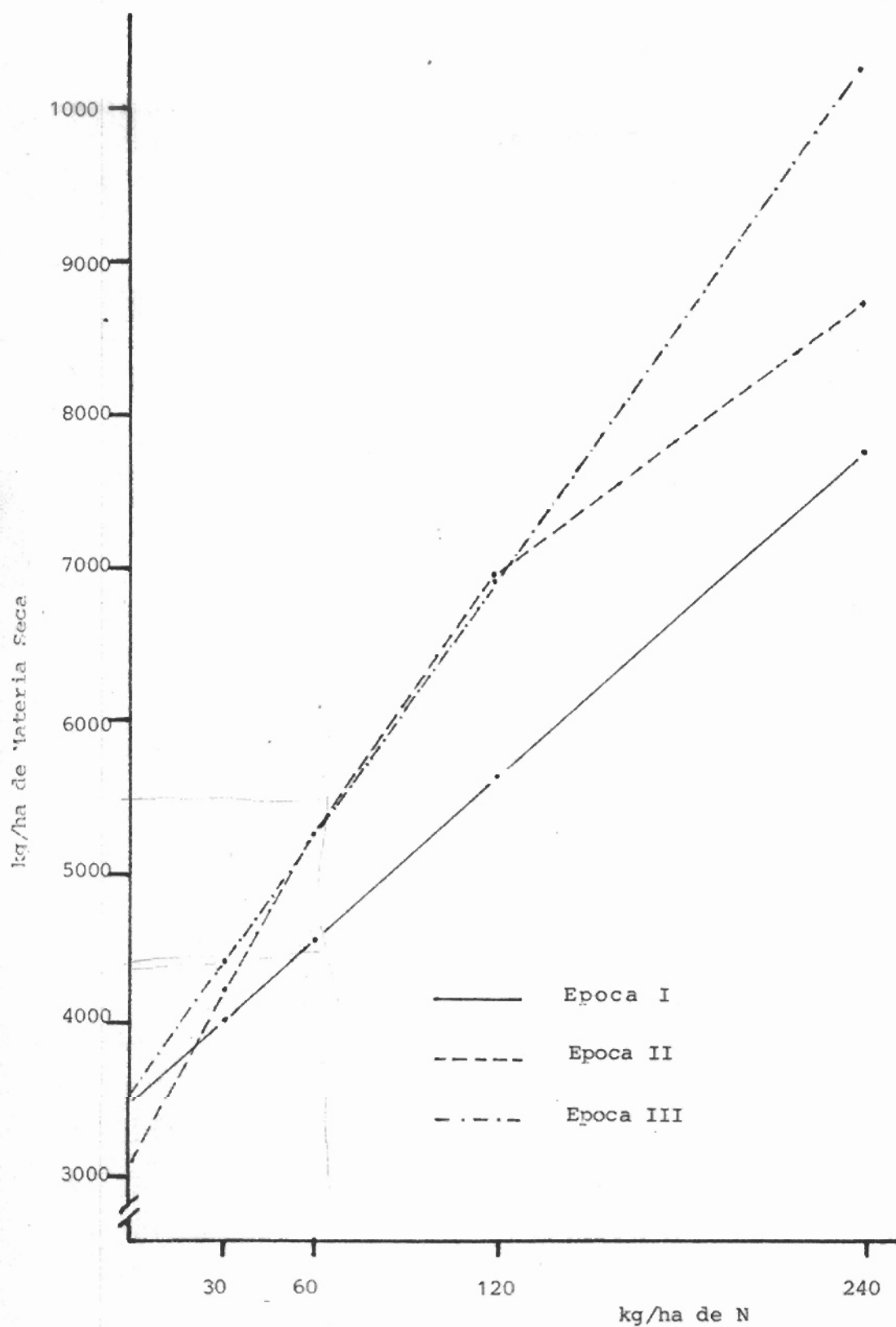


Gráfico N° 7. Representación gráfica de las ecuaciones de producción total de Materia Seca estimada en función de la dosis y la forma de aplicación del fertilizante para el Experimento II

A partir de las ecuaciones podemos graficar los rendimientos estimados de forraje, como se observa en el Gráfico N° 7.

En el gráfico, se puede observar que al fraccionar la dosis en dos veces, el nivel máximo de producción de materia seca se va a dar por encima de las 240 unidades de nitrógeno.

Como este es un suelo muy pobre, en el cual los aportes de NO_3^- por la mineralización son muy bajos, es probable que las dosis bajas hayan sido utilizadas para restablecer el equilibrio de N del suelo, siendo inmovilizado, ya que el manejo anterior con 2 años de avena-raigrás hizo un uso muy esquilante del N.

Por lo antes expuesto se deduce que recién cuando la dosis inicial es superior a 60 unidades de N se asegura no sólo una buena implantación y posterior macollaje de la pastura, sino como consecuencia una potencialidad con el fin de aprovechar mejor las aplicaciones posteriores de nitrógeno.

Se observa, además que con dosis intermedias comienza a encontrarse mayores respuestas al fraccionamiento que a dosis únicas, y esto se debe a otros factores como ser la interacción entre el momento en que se aplica el N y el momento en que se dan las condiciones más favorables para el crecimiento de la pastura y esto se visualiza en el Análisis de Varianza, en donde la interacción N-Epoca dio diferencias significativas al 5%.

IV.B.1.2. *Tasa diaria de producción de materia seca total.*
Los kilogramos de materia seca por hectárea por día estimados los podemos observar en el Cuadro N° 33.

Cuadro N° 33. Tasa diaria de producción de M.S. total en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II

Epoca	Dosis					
	0	30	60	120	240	x
I	13,8	20,9	22,4	27,1	37,3	24,3
II	13,8	21,5	23,2	33,6	41,4	26,7
III	13,8	24,3	22,6	32,5	47,8	28,2

Como surge de los datos estimados, existe un incremento en la tasa diaria de producción de materia seca, al registrarse aumentos en la dosis para cada forma de aplicación del fertilizante y para las tres formas.

Considerando una dosis fija, la tasa diaria de producción de materia seca se vió incrementada con el fraccionamiento del fertilizante, por lo tanto, el mejor comportamiento se logró fraccionando en tres veces a dosis altas.

IV.B.1.3. Absorción total de Nitrógeno. En el Cuadro N° 34, extraído del Cuadro N° 82 del Apéndice, se muestra la cantidad de nitrógeno total absorbido durante el ciclo de producción de la pastura.

De los cuadros se puede concluir que a medida que aumentamos las dosis de nitrógeno aplicado, también aumentamos la absorción de nitrógeno por parte de la planta, esto se cumple en las tres formas de aplicación.

Tomando una dosis fija, las observaciones mayores se logran con el fraccionamiento del nitrógeno.

Cuadro N° 34. Absorción total promedio de Nitrógeno para el
Experimento II, expresada en kg de N/ha

<i>Dosis</i>					
<i>Epoca</i>	0	60	120	240	x
I	58,6	113,8	136,2	206,4	128,8
II	58,6	110,2	176,1	225,2	142,5
III	58,6	110,0	142,9	225,7	134,3

Por último, estos datos se estudiaron estadísticamente y se hizo un Análisis de Varianza con descomposición factorial como se observa en el Cuadro N° 116 del Apéndice.

De la prueba F se concluye que se hallaron diferencias significativas al 1% para dosis, mientras que para época e interacción, las diferencias fueron no significativas.

La respuesta a la absorción de nitrógeno tuvo un ajuste lineal para dosis únicas y fraccionadas en tres veces, mientras que para el fraccionamiento a dos veces el ajuste fue cuadrático.

Además se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión y en todos los casos la prueba F fue significativo al 1%, como se observa en el Cuadro N° 117 del Apéndice.

Las ecuaciones y sus coeficientes de determinación se presentan en el Cuadro N° 35.

Esas ecuaciones se observan en el Gráfico N° 8.

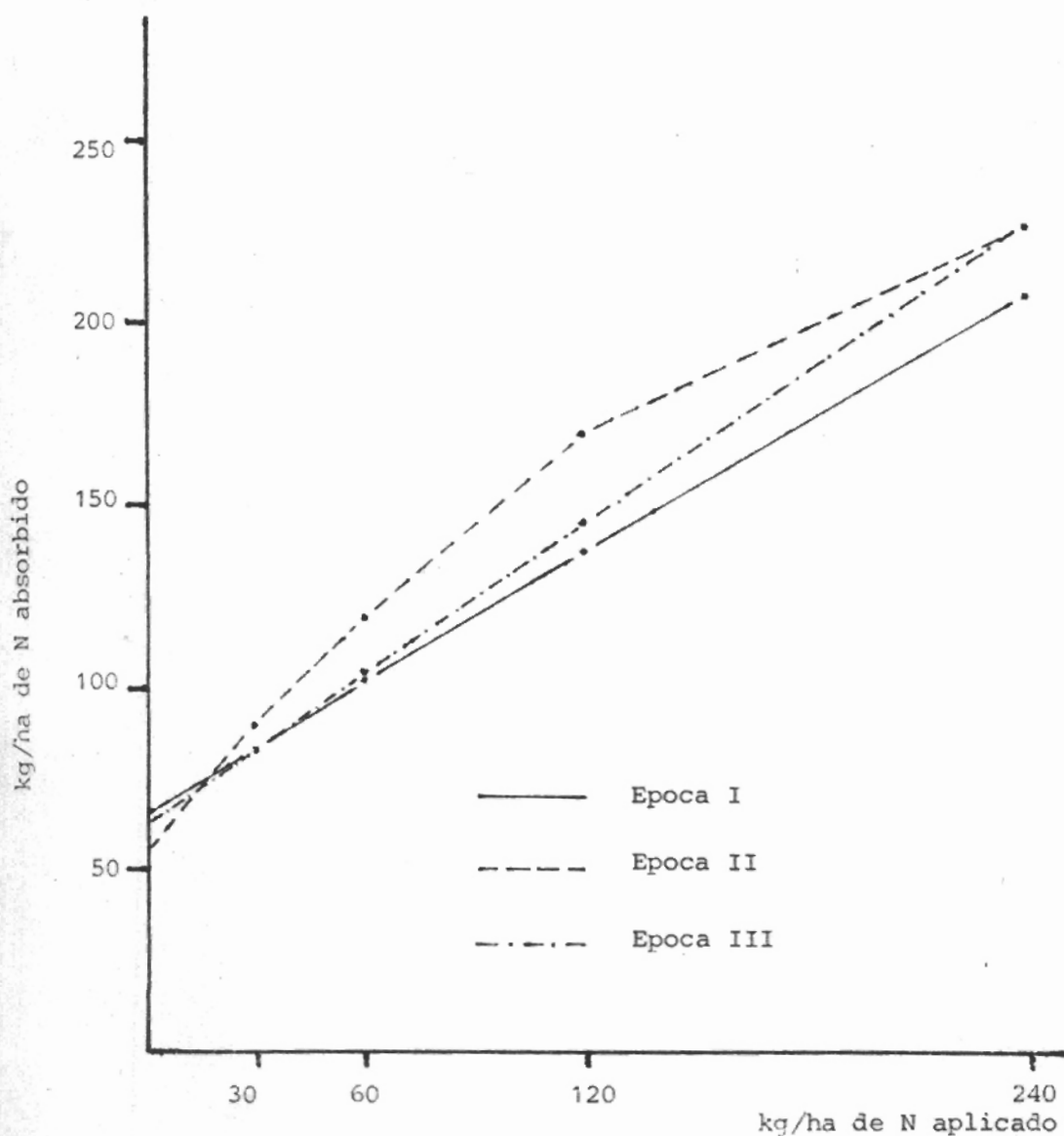


Gráfico N° 8. Representación gráfica de las ecuaciones de absorción de nitrógeno para cada época de aplicación del fertilizante y para las diferentes dosis para el Experimento II

Cuadro N° 35. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (Absorción total de N en kg/ha para el Experimento II)

Epoca I	$y = 66,7 + 0,58 N$ $R^2 = 0,89$
Epoca II	$y = 55,2 + 1,19 N - 0,002 N^2$ $R^2 = 0,90$
Epoca III	$y = 62,6 + 0,68 N$ $R^2 = 0,95$

En el gráfico se puede observar que al fraccionar la dosis en dos veces, el nivel máximo de absorción de nitrógeno se va a dar por encima de las 240 unidades de nitrógeno.

Este comportamiento del nitrógeno absorbido demuestra la alta relación entre N y producción de M.S., ya que hay una coincidencia en la tendencia de los parámetros usados para ambos.

Además, demuestra que no existen otros factores limitantes y que la producción de materia seca es posterior a la absorción de N.

IV.B.1.4. Eficiencia en la utilización de nitrógeno total.
La eficiencia se estimó mediante la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{Kg de M.S.}}{\text{Kg de N aplicado}} = \frac{\text{Kg. de M.S. del tratamiento} - \text{kg de M.S. del testigo}}{\text{Kg de Nitrógeno aplicado}}$$

Como se observa en el Cuadro N° 36.

Cuadro N° 36. Eficiencia en la utilización del N aplicado, estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante (kg de MS/kg de N aplicado) para el Experimento 11

Epoca	Dosis				$\bar{x}$
	30	60	120	240	
I	50	30	23	21	31
II	54	33	35	24	37
III	74	30	33	30	42
$\bar{x}$	59	31	30	25	

De lo observado en el cuadro, se puede concluir que para cada forma de aplicación del fertilizante y para las tres formas, resultan más eficientes las dosis bajas que las dosis altas.

Mientras que para una dosis fija, la eficiencia de utilización del nitrógeno aplicado varió de acuerdo a la forma de aplicación de la misma, en donde con el fraccionamiento, la eficiencia fue mayor que con dosis únicas.

IV.B.2. Análisis estacional

IV.B.2.1. Producción otoñal. Materia Seca. Dicha producción es la suma del forraje cosechado en los dos primeros cortes, cuyas fechas fueron el 2 de mayo y el 10 de junio.

La producción otoñal de materia seca se presenta en el Cuadro N° 37, extraído de los Cuadros Nos. 83 y 85 del Apéndi

Cuadro N° 37. Producción otoñal promedio de materia seca para el Experimento II (kg de MS/ha)

<u>Dosis</u>						
<u>Epoca</u>	<u>0</u>	<u>30</u>	<u>60</u>	<u>120</u>	<u>240</u>	<u>$\bar{x}$</u>
I	1743	2743	2937	3491	4200	3023
II	1743	2749	3166	4182	4782	3324

En esta estación aún no se ha completado la aplicación de nitrógeno correspondiente al fraccionamiento en tres veces.

Del cuadro se concluye que para las dos épocas, un aumento en las dosis provoca un aumento en la producción de materia seca.

Mientras que cuando las dosis son fijas, las diferencias entre las dosis únicas y el fraccionamiento en dos veces, son muy pequeñas hasta las 60 unidades.

Por encima de 60 unidades, las mejores producciones de materia seca se obtienen fraccionando en dos veces.

Del cuadro se desprende que los valores de producción de materia seca van desde 1700 a 4800 kg y que en esta estación el fraccionamiento en dos veces arroja ventajas solamente a dosis altas.

Como forma de cuantificar la respuesta al nitrógeno en función de la dosis y la época de aplicación, se ajustarán ecuaciones de respuesta de tipo cuadrático en las dos épocas.

También se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión dando significativo al 1%, como se aprecia en el Cuadro N° 118 del apéndice.

Las ecuaciones de respuesta se ven en el Cuadro N° 38.

Cuadro N° 38. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de otoño para el Experimento II)

Epoca I	$y = 1932,4 + 18,87 N - 0,040 N^2$ $R^2 = 0,78$
Epoca II	$y = 1822,0 + 27,25 N - 0,062 N^2$ $R^2 = 0,86$

Estas ecuaciones aparecen representadas en el Gráfico N° 9.

Esta gran respuesta que se observa en la figura es debida al macollaje activo de la pastura y a la alta disponibilidad de nitrógeno suministrado por el fertilizante y a lo poco que aporta el suelo, como se aprecia en el Cuadro N° 139 del Apéndice.

Los niveles de materia orgánica son bajos y por lo tanto los niveles de NO_3^- son bajos al principio del ensayo, aunque las condiciones climáticas fueron buenas y esto explica la respuesta importante al fertilizante.

A dosis bajas y únicas, el aprovechamiento de la dosis de N es alta, dado que las condiciones ambientales son favorables por niveles adecuados de H_2O , temperatura, fotoperíodo, por los bajos niveles de NO_3^- del suelo y además por un macollaje activo por parte de las plantas como se da en otoño.

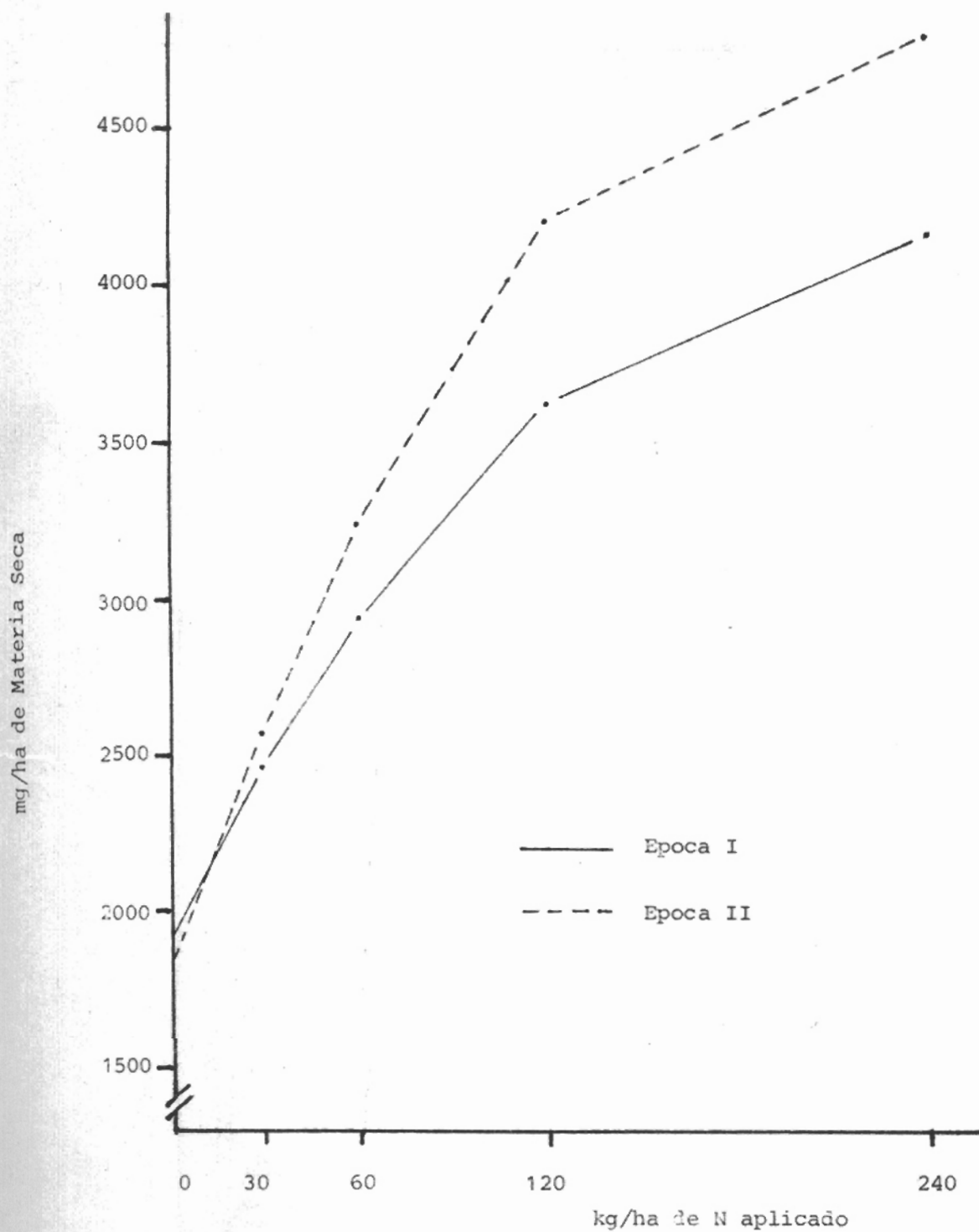


Gráfico N° 9. Producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y la época de aplicación para el Experimento II

Pero con un fraccionamiento de la dosis baja, tenemos una fertilización inicial muy reducida, lo cual provoca un menor desarrollo de la planta, tanto en parte aérea como en raíces, y cuando aplicamos la segunda dosis, que por otro lado también es baja, la planta no puede hacer un uso eficiente de esta refertilización por su escaso desarrollo inicial.

En cambio, con una dosis alta, hay un efecto positivo al fraccionamiento, ya que la dosis inicial es adecuada permitiendo un buen desarrollo radicular y de la parte aérea de la planta, y las raíces se desarrollan en superficie, en donde se localiza el N como lo demuestran los trabajos de Glime-roth y cuando refertilizamos con la segunda dosis, ésta puede ser usada en forma más eficiente.

Tasa diaria de producción de materia seca otoñal. La estimación de la tasa diaria de producción de materia seca la podemos ver en el Cuadro N° 39.

Cuadro N° 39. Tasa diaria de producción de M.S. otoñal estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	17	27	29	34	41
II	17	27	31	41	47

La tasa diaria de producción de materia seca fue creciente con el aumento de la dosis en toda la estación.

Para cada dosis, se ve que la tasa diaria es mayor con el fraccionamiento en dos veces frente a dosis única, pero es

tas diferencias son pequeñas en dosis bajas, en cambio, por encima de las 60 unidades de nitrógeno estas diferencias comienzan a ser más marcadas.

Eficiencia otoñal en la utilización del nitrógeno. La estimación de la eficiencia la podemos ver en el Cuadro N° 40.

Cuadro N° 40. Eficiencia otoñal en la utilización de N aplicado, estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II (kg de MS/kg de N aplicado)

<i>Dosis</i>				
<i>Epoca</i>	30	60	120	240
I	33,3	19,9	14,6	10,2
II	33,5	23,7	20,3	12,7

Del cuadro podemos concluir que al aumentar la dosis, la producción de materia seca crece pero a tasas decrecientes y las dosis bajas fueron las más eficientes.

Pero para una dosis fija, la mayor eficiencia se logra cuando fraccionamos el fertilizante en dos veces.

IV.B.2.2. Producción invernal. Materia Seca. Dicha producción se estimó mediante el tercer corte, cuya fecha de realización fue el 10/8.

En este momento se hallan completos todos los tratamientos.

La producción invernal de materia seca se presenta en el Cuadro N° 41, extraído del Cuadro N° 87 del Apéndice.

Cuadro N° 41. Producción invern^{al} promedio de materia seca para el Experimento II (kg MS/ha)

Epoca	Dosis					
	0	30	60	120	240	x
I	235	345	303	656	1133	534
II	235	425	391	964	1249	653
III	235	700	477	1140	2181	947

Del cuadro se concluye que la producción de materia seca invern^{al}, se encuentra entre valores que van desde 200 a 2100 kg/ha.

A medida que aumentamos la dosis, la respuesta en materia seca aumenta en las tres épocas y para una dosis fija, se observa una mayor respuesta con el aumento del fraccionamiento.

Con estos datos podemos realizar un Análisis de Varianza con descomposición factorial como se observa en el Cuadro N° 119 del Apéndice.

De la prueba F se concluye que existen diferencias significativas al 1% para dosis e interacción, y el 5% para época.

Como forma de cuantificar la respuesta al nitrógeno en función de la dosis y el fraccionamiento, se ajustaron funciones que resultaron de tipo lineal.

Esto nos está mostrando que para cualquiera de las tres épocas, la respuesta en materia seca es creciente a tasas constantes.

Lo anterior pone de manifiesto que las condiciones particulares del año considerado, y para este sitio específico, fueron lo suficientemente benévolos para que se manifestara la respuesta invernal observada (ver Cuadros Nos. 133 y 135 del Apéndice). Confirma también lo anterior los elevados rendimientos obtenidos en producción total, así como una tasa de producción diaria de M.S. muy superior a la observada en años anteriores.

Las ecuaciones y sus coeficientes de determinación se presentan en el Cuadro N° 42.

Cuadro N° 42. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de invierno para el Experimento II)

Epoca I	$y = 221,0 + 3,06 N$ $R^2 = 0,76$
Epoca II	$y = 258,0 + 4,39 N$ $R^2 = 0,82$
Epoca III	$y = 237,0 + 7,88 N$ $R^2 = 0,87$

Se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión y en todos los casos, la prueba F fue significativa al 1% y los R^2 fueron altos, por lo cual nos permite concluir que el ajuste de estas ecuaciones es bueno, como se muestra en el Cuadro N° 128 del Apéndice.

Estas ecuaciones aparecen en el Gráfico N° 10.

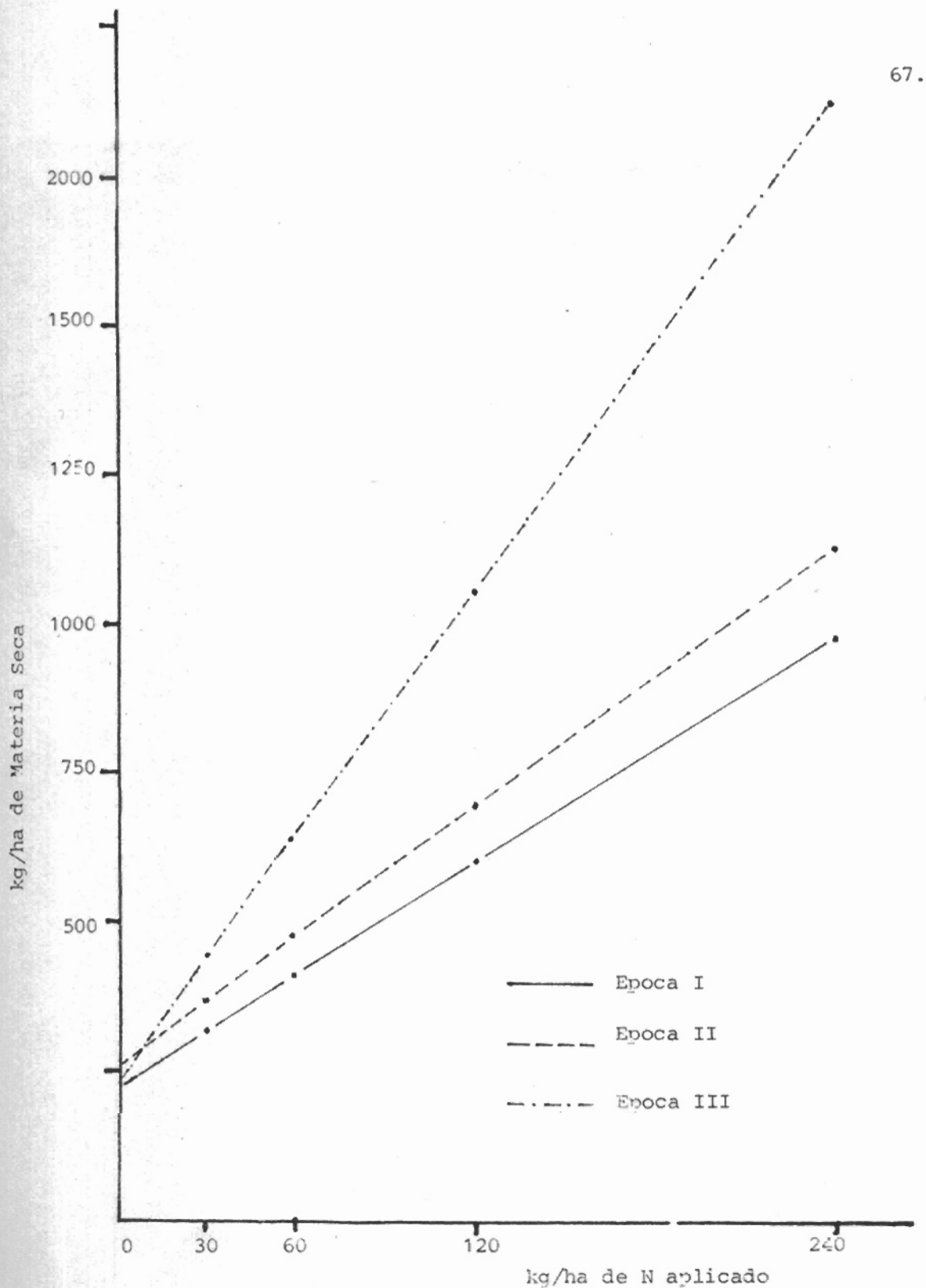


Gráfico N° 10. Producción de materia seca invernal estimada en función de la dosis y la época de aplicación para el Experimento II

Tasa diaria de producción de materia seca invernal. La estimación de tasa diaria de producción de materia seca la podemos ver en el Cuadro N° 43.

Cuadro N° 43. Tasa diaria de producción de Materia Seca invernal estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	4	5	4	10	17
II	4	6	7	14	19
III	4	10	7	17	33

La tasa diaria de producción es creciente a medida que aumentamos las dosis en cualquiera de las formas de aplicación del nitrógeno.

A su vez, cuando la dosis es fija, con el aumento en el fraccionamiento también aumentamos la tasa de crecimiento diaria.

Estos valores registrados durante el invierno, son menores a los registrados durante el otoño, como se esperaba, y si bien esto se explica por razones de crecimiento limitantes, para este año en particular fueron poco acentuados ($9,8^{\circ} \text{C } \bar{x}$ y $92,3 \bar{x}$ de la estación)

Eficiencia invernal en la utilización del nitrógeno. La estimación de la eficiencia la podemos ver en el Cuadro N° 44.

Cuadro N° 44. Eficiencia invernal en la utilización del nitrógeno aplicado, estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II (kg de MS/kg de N aplicado)

Epoca	Dosis			
	30	60	120	240
I	3,7	11,3	3,5	3,7
II	6,3	2,6	6,1	4,2
III	15,5	4,0	7,5	8,1

IV.B.2.3. Producción de fines de invierno. Materia Seca. Dicha producción se estimó mediante el cuarto corte, cuya fecha de realización fue el 4/10.

La producción de fines de invierno de materia seca se puede ver en el Cuadro N° 45, extraído del Cuadro N° 89 del Apéndice.

Cuadro N° 45. Producción de fines de invierno, promedio de materia seca para el Experimento II (kg de MS/ha)

	Dosis					
Epoca	0	30	60	120	240	$\bar{x}$
I	934	1321	1478	1566	2543	1568
II	934	1370	1346	1949	2716	1663
III	934	1761	1169	2353	3635	1970

Del cuadro podemos concluir que a medida que aumentan las dosis, la respuesta en la producción de materia seca fue aumentando.

Para una dosis fija, se observó que al aumentar el fraccionamiento del nitrógeno, la producción de materia seca también aumenta.

Como en esta estación todos los tratamientos están completos, estos datos se pueden estudiar estadísticamente, mediante un Análisis de Varianza con descomposición factorial.

De la prueba F, podemos concluir que hay diferencias significativas al 1% para dosis y al 5% para época e interacción, como se observa en el Cuadro N° 121 del Apéndice.

Con el fin de predecir la respuesta al nitrógeno, frente a las distintas dosis y forma de fraccionamiento, se ajustaron funciones que resultaron del tipo lineal para las tres épocas.

Esto nos está indicando que la respuesta en materia seca para las tres épocas es creciente a tasas constantes.

Las ecuaciones y sus coeficientes de determinación se pueden ver en el Cuadro N° 46.

Cuadro N° 46. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de fines de invierno para el Experimento II)

Epoca I	$y = 1016,4 + 6,13 N$ $R^2 = 0,68$
Epoca II	$y = 1014,8 + 7,2 N$ $R^2 = 0,91$
Epoca III	$y = 992,4 + 10,68 N$ $R^2 = 0,83$

Se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión, en el cual la prueba F dió que hay diferencias significativas al 1% (ver Cuadro N° 122 del Apéndice).

Estas ecuaciones se representaron en el Gráfico N° 12.

Analizando el gráfico, vemos que las mayores respuestas en la producción de materia seca se obtienen fraccionando las dosis en tres veces (con un coeficiente angular, $b = 10,86$), en forma intermedia cuando fraccionamos la dosis en dos veces (con un $b = 7,20$) y por último, cuando las dosis son únicas a la siembra (con un $b = 6,13$).

Tasa diaria de producción de M.S. de fines de invierno . La tasa de crecimiento diaria (kg/ha/día de M.S.) la podemos ver en el Cuadro N° 47.

Cuadro N° 47. Tasa diaria de producción de M.S. de fines de invierno estimada en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	19	27	30	32	52
II	19	27	27	40	55
III	19	36	24	48	74

Del cuadro se desprende que con el aumento de la dosis hay un aumento en la tasa de crecimiento para las tres épocas.

Lo mismo se ve para las dosis fijas cuando aumentamos el fraccionamiento.

Se visualiza claramente que recién a dosis muy eleva

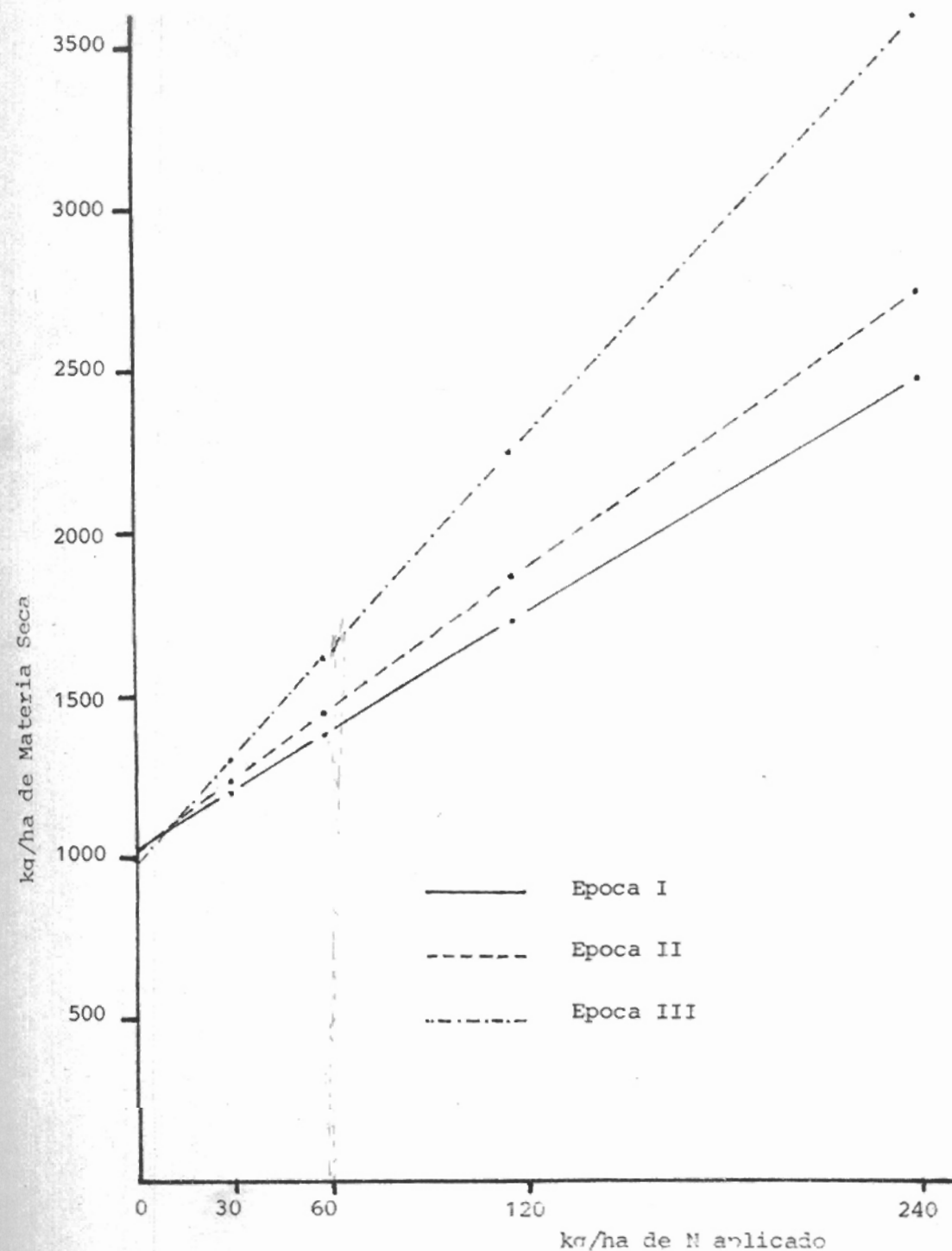


Gráfico N° 11. Producción de Materia Seca de fines de invierno estimada en función de la dosis y la época de aplicación del fertilizante para el Experimento II

IV.C. EXPERIMENTO III

Debido a las altas precipitaciones ocurridas durante el mes de agosto, como lo indican los datos de lluvia que se presentan en el Apéndice, en el Cuadro N° 132; seguidos de un pastoreo y pisoteo previo al tercer corte por vacunos, llevó a que el ensayo se perdiera.

Por lo tanto, sólo se pudo evaluar la producción otoñal.

IV.C.1. Análisis estacional

IV.C.1.1. *Producción otoñal. Materia seca.* Dicha producción es la suma del forraje cosechado en los dos primeros cortes, los cuales fueron cosechados el 20 de mayo y el 30 de junio.

La producción otoñal promedio de materia seca se puede observar en el Cuadro N° 49, extraído de los Cuadros Nos. 91 y 93 del Apéndice.

Cuadro N° 49. Producción otoñal promedio de materia seca (kg/ha)
para el Experimento III

Epoca	Dosis					
	0	30	60	120	240	$\bar{x}$
I	1400	1906	2406	3075	3425	2442
II	1400	1724	2336	2505	3413	2276

Como el fraccionamiento en tres veces no está completo, las conclusiones que sacaremos del cuadro las referiremos al fraccionamiento en dos veces y a las dosis únicas.

Del cuadro se deduce que a medida que aumentamos las dosis de nitrógeno se observa un incremento de los rendimientos.

La respuesta del suelo a la fertilización es significativa debido a los bajos niveles de materia orgánica de este y por lo tanto a los bajos niveles de nitratos, como se observa en el Cuadro N° 140 del Apéndice.

La respuesta en materia seca a la fertilización nitrógenada, fue del tipo cuadrático para dosis únicas y del tipo lineal para el fraccionamiento en dos veces.

Las mismas y sus coeficientes de determinación se los puede observar en el Cuadro N° 50.

Cuadro N° 50. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción otoñal para el Experimento III)

Epoca I	$y = 1531,0 + 16,77N - 0,035 N^2$
	$R^2 = 0,77$
Epoca II	$y = 1698,0 + 7,32 N$
	$R^2 = 0,61$

Se realizó un Análisis de Varianza de la Regresión en el cual la prueba F, dió significativa al 1%; y los R^2 fueron altos; lo cual nos permite concluir que el ajuste de dichas ecuaciones es muy bueno, como se muestra en el Cuadro N° 123 del Apéndice.

Estas ecuaciones aparecen en el Gráfico N° 12.

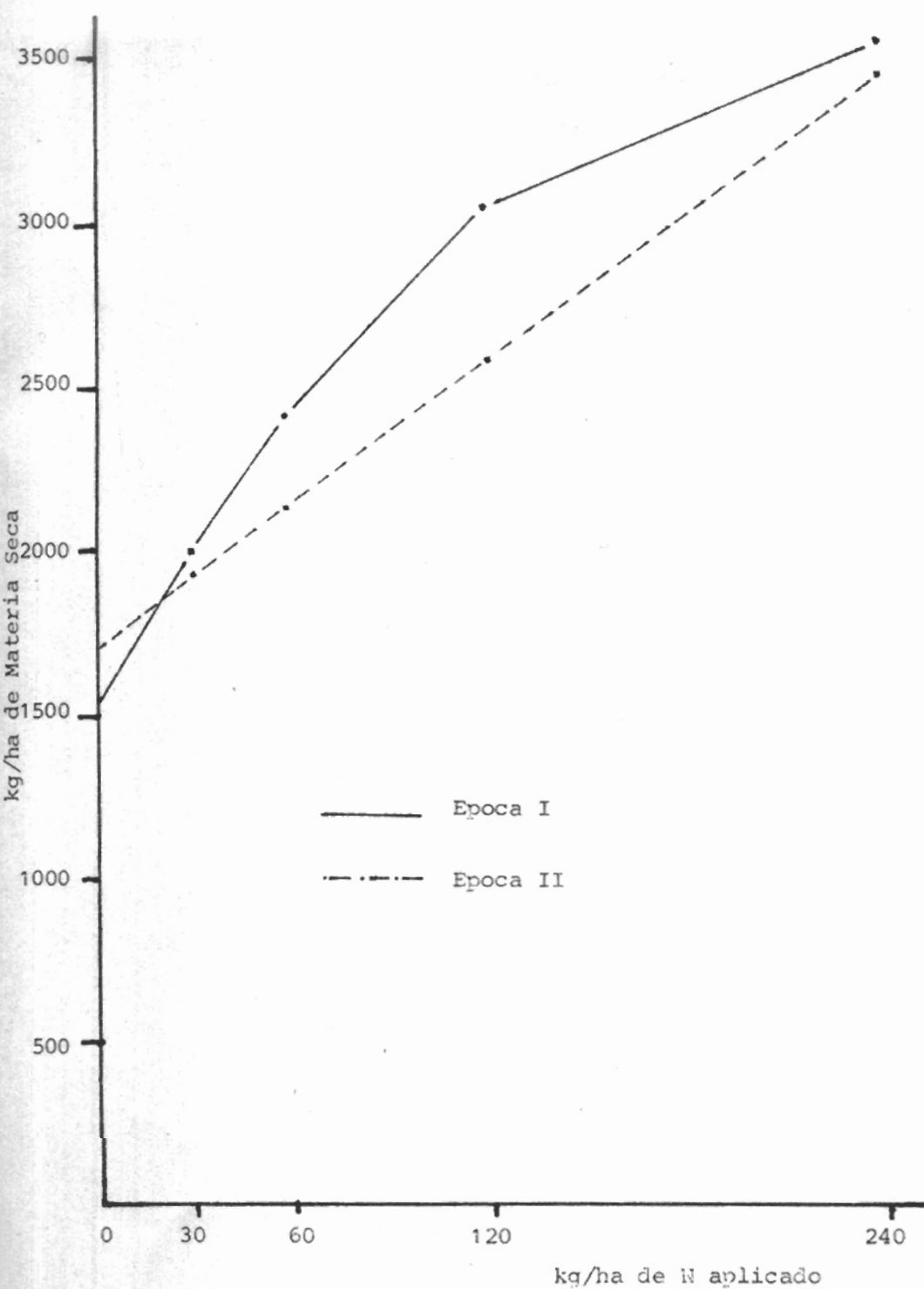


Gráfico N° 12. Producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento III

Estas respuestas que se observan en el gráfico, son debidas al macollaje activo de la pastura y a la disponibilidad de nitrógeno suministrada por el fertilizante.

Los datos de lluvia que se presentan en el Apéndice en el Cuadro N° 132, nos indican que los volúmenes de lluvia caídos fueron moderados.

Con dosis únicas hay incrementos decrecientes del rendimiento, o sea que a dosis más altas los incrementos son cada vez menores porque pueden existir otras limitantes.

Mientras que con el fraccionamiento en dos veces hay una respuesta lineal al aumento de la dosis y esto se puede deber a que los factores limitantes que afectan a las parcelas fertilizadas con dosis únicas aquí no están actuando.

La respuesta lineal nos indica que hay una relación muy estrecha entre nitrógeno y la producción.

Tasa diaria de producción de materia seca otoñal. La estimación de la tasa diaria de producción de materia seca la podemos observar en el Cuadro N° 51.

Cuadro N° 51. Tasa diaria en la producción de materia seca otoñal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento 111

Epoca	Dosis	0	30	60	120	240
I	12	12	16	21	27	30
II	12	12	15	20	22	30

La tasa diaria de producción de materia seca, fue creciente con el aumento de la dosis de nitrógeno, lo que también ocurre cuando no fraccionamos la dosis frente al fraccionamiento en dos veces.

Eficiencia otoñal en la utilización del nitrógeno. La estimación de la eficiencia la podemos observar en el Cuadro N° 52.

Cuadro N° 52. Eficiencia otoñal en la utilización del nitrógeno
aplicado, estimado en función de la dosis y época
de aplicación del fertilizante para el Experimento
III

<i>Epoca</i>	<i>Dosis</i>				
	30	60	120	240	
I	16,9	16,8	14,0	8,4	
II	10,8	15,6	9,2	8,4	

Del cuadro podemos concluir que al aumentar la dosis la producción de materia seca crece en tasas decrecientes, por lo cual las dosis bajas fueron las más eficientes en producción de Materia Seca.

Para una dosis fija, la mayor eficiencia se logra cuando no fraccionamos frente al fraccionamiento en dos veces, pero las diferencias fueron muy pequeñas.

Al no existir diferencia en la eficiencia del nitrógeno en producción de materia seca, ni en la tasa de producción de materia seca, es evidente que han existido otros factores que no han dejado manifestar la respuesta en toda su magnitud (preparación del suelo, estructura degradada).

Además los valores absolutos de los parámetros antes

indicados son relativamente menores respecto a condiciones similares de suelo y cultivo, lo que nos inclinaría aún más en justificar los resultados obtenidos a partir de condiciones de preparación de suelo muy desfavorables en tiempo y forma.

IV.D. EXPERIMENTO IV

IV.D.1. Producción total

IV.D.1.1. *Materia Seca.* Para el análisis de la producción total de la materia seca, los datos promedios se presentan en el Cuadro N° 53, extraídos del Cuadro N° 95 del Apéndice.

Cuadro N° 53. Producción total promedio de materia seca (kg/ha)
para el Experimento IV

<i>Dosis</i>						
<i>Epoca</i>	0	30	60	120	240	$\bar{x}$
I	3141	6123	6857	8394	8978	6699
II	3141	6573	7608	8323	9085	6946
III	3141	6619	7099	8292	10163	7063

9408,6

En este suelo se constatan grandes diferencias entre tratamientos, cuyos valores de producción oscilan entre 3.000 y 10.000 kg/ha de materia seca.

Por lo tanto, de la observación de este cuadro se puede concluir que dentro de cada forma de aplicación del fertilizante y para las tres formas, existe una marcada respuesta en kilogramos de materia seca a las dosis crecientes de nitrógeno, mientras que para el fraccionamiento no hubo respuesta.

Estos datos se estudiaron estadísticamente, donde en primer lugar se realizó un análisis de varianza con descompo

sición factorial (Cuadro N° 124 del Apéndice).

De la prueba F, se concluye que en este suelo se hallaron diferencias significativas al 1% para dosis mientras que para época e interacción las diferencias fueron no significativas. La respuesta en Materia Seca a la fertilización nitrogenada tuvo en las tres épocas un ajuste del tipo cuadrático.

Las mismas y sus coeficientes de determinación las encontramos en el Cuadro N° 54.

Cuadro N° 54. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción total de materia seca para el Experimento IV)

Epoca I	$y = 3677,9 + 60,05 N - 0,145 N^2$ $R^2 = 0,92$
Epoca II	$y = 3896,1 + 64,90 N - 0,183 N^2$ $R^2 = 0,83$
Epoca III	$y = 3924,3 + 57,70 N - 0,134 N^2$ $R^2 = 0,89$

Además se realizó un análisis de varianza de la regresión y en todos los casos; la prueba F, fue significativa al 1% y los R^2 fueron altos; lo cual nos permite concluir que el ajuste de estas funciones es bueno, como se observa en el Cuadro N° 125 del Apéndice.

A partir de estas funciones podemos graficar los rendimientos estimados de forraje, como se observa en el Gráfico N° 13.

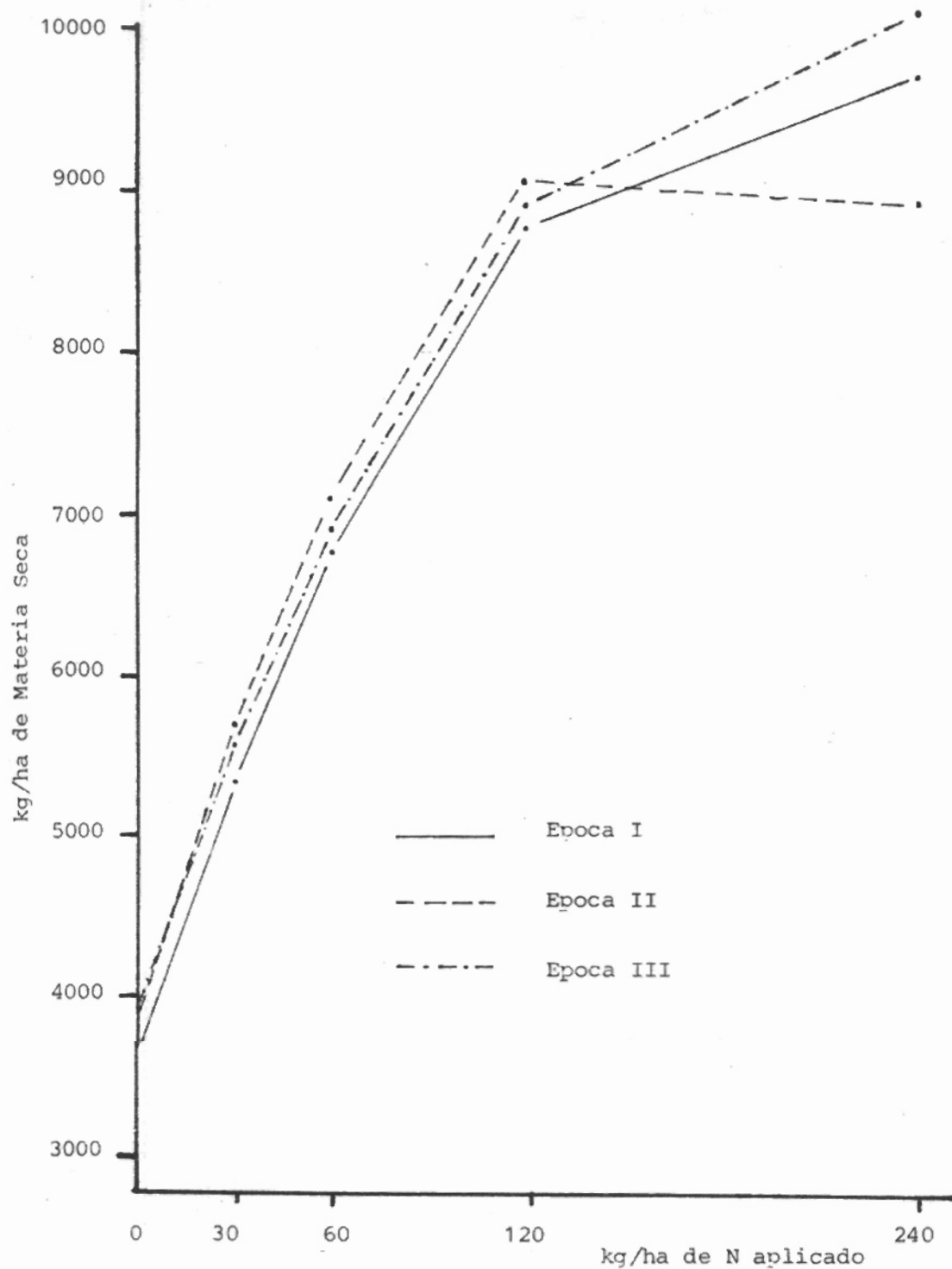


Gráfico N° 13. Producción de materia seca total estimada en función de la dosis y la forma de aplicación del fertilizante para el Experimento IV

En el gráfico se puede observar que, al fraccionar a la dosis en dos veces, el nivel de máxima producción de materia seca se obtiene entre las 120 y 240 unidades de nitrógeno, mientras que al fraccionar el fertilizante en tres veces y con las dosis únicas la máxima producción de materia seca la logramos por encima de las 240 unidades de nitrógeno.

IV.D.1.2. Tasa diaria de producción de materia seca. Los valores estimados se encuentran en el Cuadro N° 55.

Cuadro N° 55. Tasa diaria de producción de materia seca total (kg/ha/día de materia seca) estimada en función de las dosis y la época de aplicación del fertilizante para el Experimento IV

<i>Dosis</i>					
<i>Epoca</i>	0	30	60	120	240
I	14	27	30	37	39
II	14	29	33	36	40
III	14	29	31	36	44

Como surge de los datos estimados, existe un incremento en la tasa diaria de producción de materia seca, al registrarse aumentos en las dosis para cada forma de aplicación del fertilizante y para las tres formas. El efecto del fraccionamiento fue positivo para dosis muy altas mientras que para dosis bajas no presentó ventajas.

IV.D.1.3. Absorción de nitrógeno. En el Cuadro N° 56 se observa el nivel de nitrógeno total absorbido durante el ciclo de producción de la pastura, expresado en kilogramos de nitrógeno/ha, el cual fue extraído del Cuadro N° 96 del Apéndice.

Cuadro N° 56. Absorción total promedio de nitrógeno para el Experimento IV, expresado en kg de nitrógeno/ha

Epoca	Dosis				
	0	60	120	240	$\bar{x}$
I	59,3	178,7	237,9	288,8	191,2
II	59,3	193,9	218,9	258,0	182,5
III	59,3	163,3	183,4	256,1	165,5

Del cuadro se puede concluir que, a medida que aumentamos las dosis de nitrógeno aplicadas, también aumentamos la absorción de nitrógeno por parte de la planta.

Tomando en cuenta una dosis fija, las absorciones mayores se registraron cuando la aplicación fue en dosis únicas.

Existen claras diferencias entre los tratamientos, encontrándose absorciones que oscilan entre los 60 y 290 kg/ha de nitrógeno.

Estos datos se estudiarán estadísticamente, donde en primer lugar se realizará un análisis de varianza con descomposición factorial, como se observa en el Cuadro N° 126 del Apéndice.

De la prueba F se concluye que, en este suelo, se hallaron diferencias significativas al 1% para dosis, al 5% para interacción y del 10% para época.

La respuesta en Materia Seca a la fertilización N tuvo en las tres épocas un ajuste del tipo cuadrático, lo que significa que la respuesta en absorción de nitrógeno fue creciente a tasas decrecientes.

Las mismas y sus coeficientes de determinación se presentan en el Cuadro N° 57.

Cuadro N° 57. Ecuación de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (Absorción total de nitrógeno para el Experimento IV)

Epoca I	$y = 68,4 + 2,09 N - 0,005 N^2$ $R^2 = 0,98$
Epoca II	$y = 68,0 + 2,02 N - 0,005 N^2$ $R^2 = 0,93$
Epoca III	$y = 67,1 + 1,42 N - 0,003 N^2$ $R^2 = 0,94$

Además se realizó un análisis de varianza de la regresión y en todos los casos, la prueba F fue significativa al 1% y los R^2 fueron altos, lo cual nos permite concluir que el ajuste de estas funciones es bueno; como se observa en el Cuadro N° 127 del Apéndice.

Estas funciones son graficadas en el Gráfico N° 14.

En el Gráfico se puede observar que para cualquiera de las tres épocas, el nivel máximo de absorción de nitrógeno, se da por encima de las 240 unidades.

IV.D.1.4. Eficiencia en la utilización de nitrógeno. Los valores de eficiencia estimados se encuentran en el Cuadro N° 58.

Del cuadro se puede concluir, que para cada forma de aplicación del fertilizante y para las tres formas, resultaron más eficientes las dosis bajas.

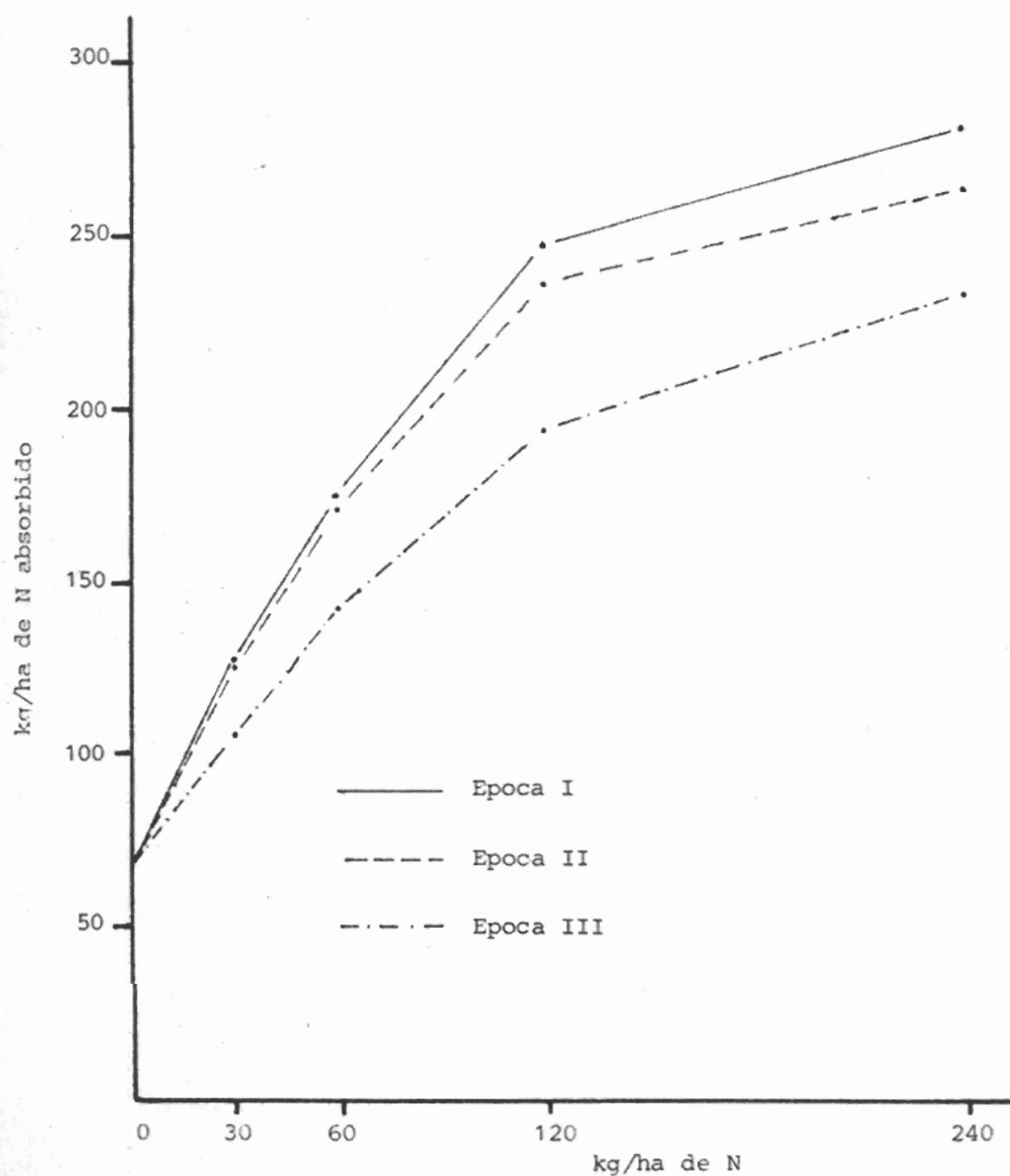


Gráfico N° 14. Representación gráfica de la absorción de nitrógeno total en función de la dosis y la época de aplicación del mismo para el Experimento IV.

Cuadro N° 58. Eficiencia total en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y de la época de aplicación del fertilizante para el Experimento IV

Dosis					
Epoca	30	60	120	240	$\bar{x}$
I	99	62	44	24	57
II	114	74	43	25	64
III	116	66	43	29	64

Considerando una dosis fija, la eficiencia de utilización del nitrógeno aplicado, varió de acuerdo a la forma de aplicación de la misma.

El fraccionamiento mostró mayor eficiencia que las dosis únicas.

Y dentro del fraccionamiento en dosis de 30, 60 y 120 unidades de nitrógeno, las diferencias fueron muy pequeñas mientras que para 240 unidades el fraccionamiento en tres veces fue el más eficiente.

IV.D.2. Análisis estacional

IV.D.2.1. *Producción otoñal. Materia seca.* Dicha producción es la suma del forraje cosechado en los dos primeros cortes, cuyas fechas fueron el 21 de abril y el 25 de mayo.

La producción otoñal de materia seca se presenta en el Cuadro N° 59, el cual fue extraído de los Cuadros Nos. 97 y 99 del Apéndice.

Cuadro N° 59. Producción otoñal. Promedio de materia seca (kg/ha)
para el Experimento IV.

<i>Corte</i>	<i>Dosis</i>	0	30	60	120	240
1		319	645	929	1308	1283
2		717	1885	2373	2670	2667
1+2		1036	2528	3302	3978	3950

En este período sólo puede observarse el efecto de las dosis únicas pero no el efecto del fraccionamiento en dos y tres veces sobre la producción de materia seca, ya que las aplicaciones fraccionadas del nitrógeno fueron realizadas después del segundo corte.

Se perciben claramente diferencias entre los tratamientos atribuidas al efecto dosis, con rendimientos en materia seca que van desde los 1.000 a 4.000 kg/ha de materia seca.

Como forma de cuantificar la respuesta al nitrógeno en función de las dosis, se ajustaron funciones del tipo cuadráticas, tanto para el primer corte, como para el segundo corte y para la producción otoñal.

Para comprobar si el ajuste de dichas funciones era bueno, se realizó un análisis de varianza de la regresión, como se observa en el Cuadro N° 128 del Apéndice, en donde la prueba F dió diferencias significativas al 1% y los R^2 fueron altos, tanto para el primer corte, como para el segundo, así como también en la producción otoñal.

Esto está demostrando un muy buen ajuste de las funciones.

Las mismas y sus coeficientes de determinación se en

encuentran en el Cuadro N° 60.

Cuadro N° 60. Ecuación de respuesta y coeficientes de determinación, ajustadas para cada época de aplicación del fertilizante (Producción otoñal de materia seca para el Experimento IV)

Corte 1	$y = 311,7 + 12,45 N - 0,035 N^2$ $R^2 = 0,86$
Corte 2	$y = 939,6 + 25,73 N - 0,078 N^2$ $R^2 = 0,82$
Corte 1+2	$y = 1247,7 + 38,20 N - 0,113 N^2$ $R^2 = 0,94$

Esto significa, que hay un importante efecto de las dosis iniciales sobre la producción de forraje otoñal, registrado tanto en el primer corte, como en el segundo corte y también en la suma de ambos, con una significación del 1%.

Esta gran respuesta que aparece es debida al estado de macollaje activo en el que se encuentra en ese momento la pastura por un lado y de la alta disponibilidad de nitrógeno suministrada por el fertilizante por el otro.

Dado el alto nivel de materia orgánica de este suelo, era de esperar otro resultado, pero los bajos niveles de nitratos al inicio del ensayo explica que haya una respuesta como la registrada en el Gráfico N° 15, en el que se puede observar que tanto en el primer corte, como en el segundo y también con la suma de ambos, el nivel de máxima producción de materia seca, se va a dar entre las 120 y 240 unidades de nitrógeno.

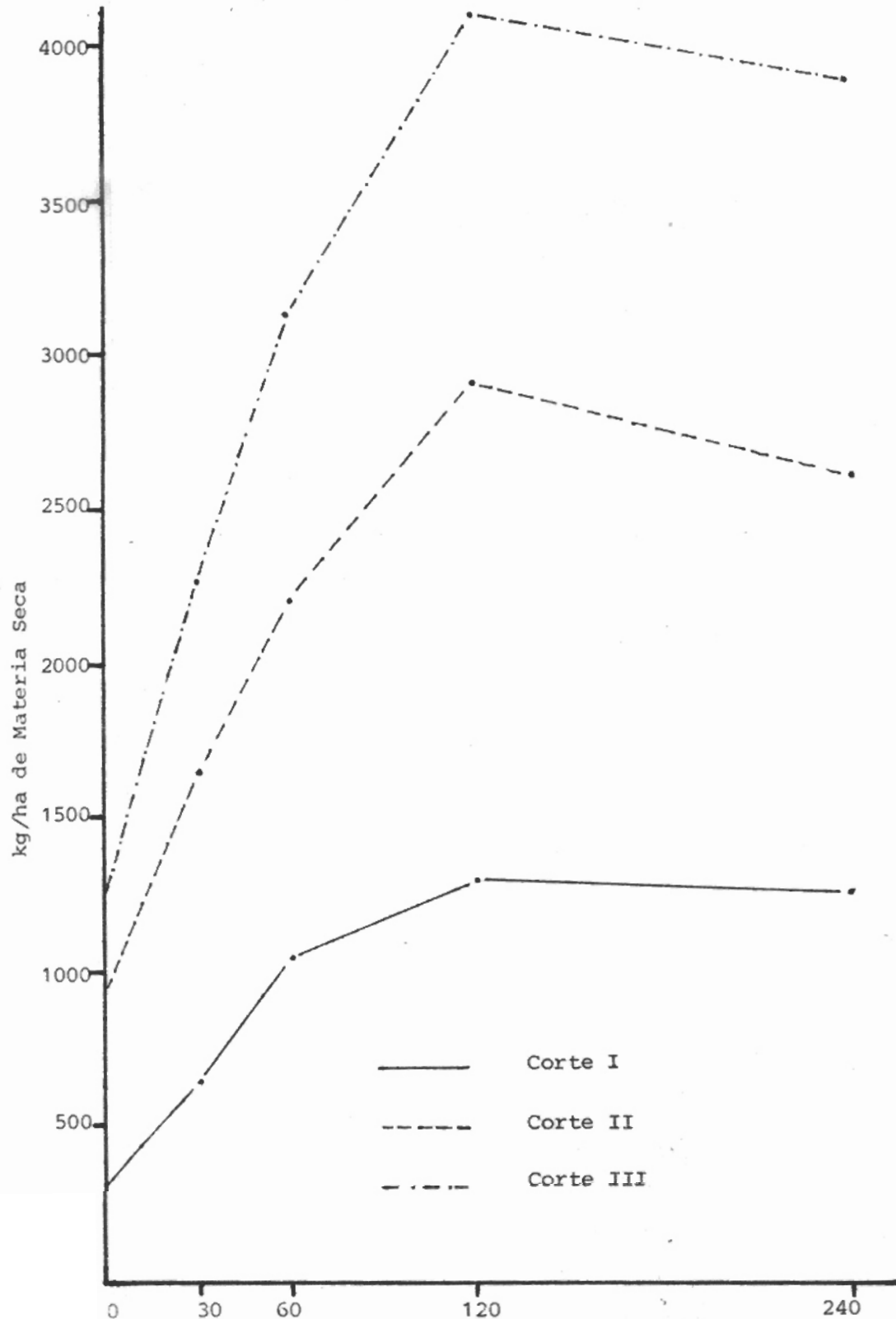


Gráfico N° 15. Representación gráfica de la producción de materia seca en el primer corte, segundo corte y por último la suma de ambos, para el Experimento IV.

Los datos de precipitaciones que se presentan en el Apéndice, en el Cuadro N° 132, evidencian bajas precipitaciones desde enero hasta agosto. Esto permitió la acumulación de nitratos del fertilizante en el suelo, dado que al no haber exceso hídrico no hubo prácticamente lixiviación ni denitrificación.

Pero los niveles de agua no fueron tampoco tan bajos como para crear una deficiencia hídrica, lo cual permitió una buena respuesta a la fertilización.

Tasa diaria de producción de materia seca otoñal. La estimación de la tasa diaria de producción de materia seca la podemos ver en el Cuadro N° 61.

Cuadro N° 61. Tasa diaria en la producción de materia seca del primer corte, del segundo corte y de la suma de ambos (kg de materia seca/ha/día) para el Experimento IV

Corte	Dosis				
	0	30	60	120	240
1	7,09	14,33	20,64	29,07	28,51
2	21,09	55,38	69,79	78,53	78,44
1+2	12,95	31,60	41,28	49,72	49,38

Todas estas tasas fueron calculadas en base al número de días a partir de la fecha de la siembra hasta el corte en cuestión, por esta razón, los valores subestiman la verdadera producción de materia seca, debido a que no se determinó la fecha de emergencia.

La tasa diaria de producción de materia seca fue creciente para toda la estación, tanto en el primer corte, como

en el segundo y también en la suma de ambos cortes hasta las 120 unidades de nitrógeno, luego de la cual comienza a decrecer.

Queda claro entonces, que uno de los beneficios más significativos de la fertilización nitrogenada en el momento de la siembra es la obtención anticipada de forraje otoñal, subsanando así las urgentes necesidades nutricionales del ganado en ese período.

Se debe mencionar además, el gran volumen de forraje otoñal logrado con este manejo y la importancia del mismo si se decide diferir forraje para la utilización en la estación invernal.

Eficiencia otoñal en la producción de materia seca. La estimación de la eficiencia la podemos ver en el Cuadro N° 62.

Cuadro N° 62. Eficiencia en la producción de materia seca del primer corte, del segundo corte y de la suma de ambos (kg de materia seca/kg de nitrógeno aplicado) para el Experimento IV

<i>Dosis</i>				
<i>Corte</i>	30	60	120	240
1	10,87	10,17	8,24	4,02
2	38,87	27,60	16,28	8,12
1+2	49,71	37,77	24,52	12,14

Del cuadro podemos concluir que a medida que aumentamos la dosis, la eficiencia disminuye, o sea que la producción de materia seca aumenta con el aumento de la dosis pero a tasas decrecientes.

Por lo tanto, las dosis bajas fueron las más eficientes.

IV.D.2.2. *Producción invernal. Materia seca.* La evaluación en la producción de materia seca invernal se hizo mediante el tercer corte, cuya fecha fue el 3 de agosto. Los datos promedio se presentan en el Cuadro N° 63, extraídos del Cuadro N° 101 del Apéndice.

Cuadro N° 63. Producción de materia seca invernal promedio para el Experimento IV

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	993	1603	1638	2012	2813
II	993	1875	2133	2469	2328
III	993	1742	1809	2296	3330

La producción de materia seca, se encuentra entre los 1.000 y 3.000 kg/ha.

Del cuadro se puede concluir que para el suelo evaluado y para las condiciones climáticas que se registraron en el año en que el ensayo fue realizado, se pueden lograr producciones satisfactorias con la aplicación del nitrógeno en dosis medias a altas fraccionadas en dos veces o en dosis altas únicas.

Hasta el momento, se han completado las dosis únicas y el fraccionamiento en dos veces, pero no se han completado las correspondientes a tres veces, por esta razón analizaremos los tratamientos que están completos. Y por este mismo motivo, es que no se puede realizar un análisis de varianza.

Como forma de cuantificar la respuesta al nitrógeno en función de la dosis y el fraccionamiento, se ajustan funciones de respuesta del tipo lineal para dosis únicas y del tipo cuadráticas para el fraccionamiento en dos veces.

Las mismas y sus coeficientes de determinación se muestran en el Cuadro N° 64.

Cuadro N° 64. Ecuaciones de respuesta y coeficientes de determinación, ajustadas para cada época de aplicación del fertilizante. (Producción invernal para el Experimento IV).

Epoca I	$y = 1180,9 + 6,91 N$
	$R^2 = 0,89$
Epoca II	$y = 1167,0 + 19,17 N - 0,060 N^2$
	$R^2 = 0,63$

Para comprobar si el ajuste de dichas funciones era bueno, se realizó un análisis de varianza de la regresión, como se observa en el Cuadro N° 129 del Apéndice.

De la prueba F, podemos concluir que existen diferencias significativas al 1% y los R^2 fueron altos; por lo tanto podemos decir que el ajuste de estas funciones es bueno.

Estas funciones aparecen graficadas en el Gráfico N°16.

En el gráfico, se puede observar que en el fraccionamiento en dos veces, el máximo nivel de producción de materia seca se logra entre las 120 y 240 unidades de nitrógeno.

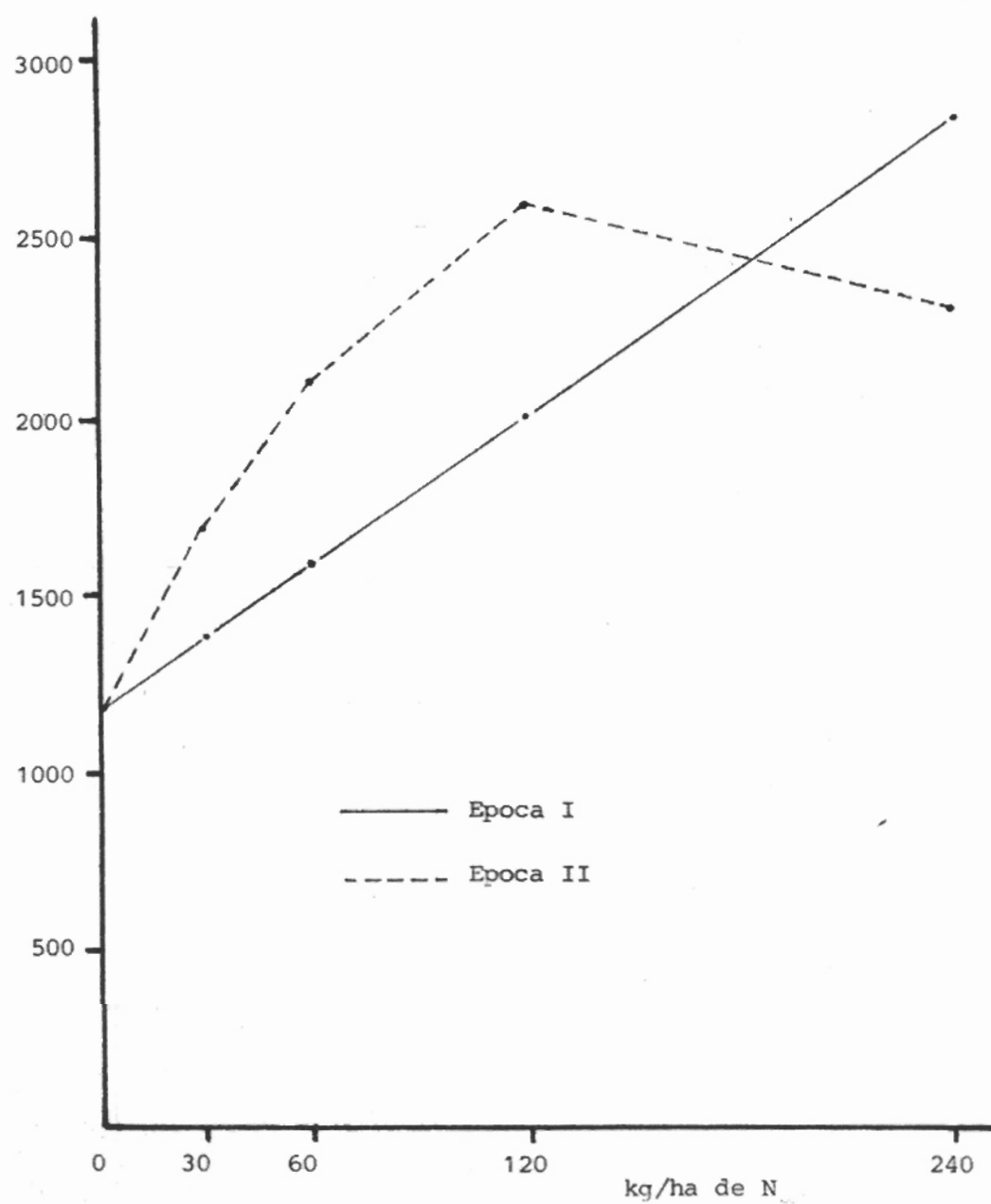


Gráfico N° 16. Representación gráfica de la producción de materia seca invernal para el Experimento IV.

Tasa de crecimiento diario. Los datos estimados de la tasa de crecimiento diaria la podemos ver en el Cuadro N° 65.

Cuadro N° 65. Tasa diaria de producción de materia seca invernal estimada en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento IV

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	16	25	26	31	44
II	16	29	33	39	36

La tasa de crecimiento aumentó con el aumento de la dosis para cualquiera de las formas de aplicación del fertilizante.

Mientras que cuando la dosis es fija, con el fraccionamiento en dos veces la tasa de crecimiento es mayor a las dosis únicas hasta las 120 unidades, después de la cual la tasa de crecimiento es mayor para las dosis únicas.

Los valores que aparecen en el Cuadro son los esperados para esta estación, siendo menores a los registrados en otoño.

Eficiencia invernal en la producción de materia seca. La estimación de la eficiencia la podemos ver en el Cuadro N° 66.

Cuadro N° 66. Eficiencia invernal en la utilización del nitrógeno aplicado, estimado en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento IV

Epoca	Dosis				
	30	60	120	240	$\bar{x}$
I	20,3	10,7	8,5	7,5	11,8
II	29,4	19,0	12,3	5,6	16,6

A medida que aumentamos las dosis para cualquiera de las formas de aplicación, la eficiencia decrece.

Comparando para una misma dosis, la forma fraccionada en dos veces fue más eficiente que las dosis únicas hasta las 120 unidades de nitrógeno, después de la cual fue más eficiente la dosis única.

En esta estación la eficiencia fue menor que la otoñal dada las bajas temperaturas y la baja insolación que se constata.

Los datos de temperatura se presentan en el Cuadro N° 136 del Apéndice.

IV.D.2.3. Producción de fines de invierno. Materia Seca. La producción de fines de invierno de la pastura corresponde al cuarto corte, el cual fue hecho el 22 de Setiembre.

Los datos de producción de materia seca se encuentran en el Cuadro N° 67, extraídos del Cuadro N° 103 del Apéndice.

Cuadro N° 67. Producción de materia seca de fines de invierno para el Experimento IV

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	1112	1992	1959	2404	2215
II	1112	2076	2599	2617	3211
III	1112	2360	2348	2830	3924

En esta estación todos los tratamientos se hallaron completos.

Lo que podemos observar en el Cuadro es que a medida que aumentamos la dosis también aumenta la producción en materia seca, lo cual se cumple para las tres épocas.

Tomando una dosis fija, podemos concluir que a medida que aumenta el fraccionamiento de la dosis, también aumentamos la producción de materia seca.

Por lo tanto, la producción máxima en materia ^{de} seca la obtenemos con el fraccionamiento de una dosis alta en tres veces.

Estos datos se estudiarán estadísticamente mediante un análisis de varianza con descomposición factorial como lo podemos ver en el Cuadro N° 130 del Apéndice.

De la prueba F, se concluye que existen diferencias significativas al 1% para dosis, al 5% para épocas, mientras que la interacción es no significativa.

Con el fin de predecir la respuesta al nitrógeno en función de las distintas dosis y los distintos fraccionamientos, se ajustó un modelo lineal para dosis únicas y un modelo cuadrático para las dosis fraccionadas en dos y tres veces.

Las mismas y su coeficiente de determinación se presentan en el Cuadro N° 68.

Para saber si las funciones ajustan, se realizó un análisis de varianza de la regresión, en el cual la prueba F, dió que hay diferencias significativas al 1% y los R^2 fueron altos, por lo tanto las funciones ajustan perfectamente, como se observa en el Cuadro N° 131 del Apéndice.

Cuadro N° 68. Ecuación de respuesta y coeficientes de determinación, ajustados para cada época de aplicación del fertilizante (producción de fines de invierno para el Experimento IV)

Epoca I	$y = 1469,8 + 7,11 N$ $R^2 = 0,74$
Epoca II	$y = 1476,6 + 15,82 N - 0,036 N^2$ $R^2 = 0,64$
Epoca III	$y = 1420,0 + 16,83 N - 0,027 N^2$ $R^2 = 0,86$

Estas funciones se representan gráficamente en el Gráfico N° 17.

Analizando la figura, vemos que se obtienen mayores respuestas en materia seca para una dosis fija cuando ésta es fraccionada.

Dentro del fraccionamiento, la respuesta en materia seca es mayor cuando fraccionamos en tres veces para dosis medias a altas, en cambio, en dosis bajas no hay diferencias entre dos y tres veces, lo cual se explica por ser una primavera lluviosa, dado que los excesos hídricos provocan un lavado de los nitratos que aporta el fertilizante.

Entre el tercero y el cuarto corte llovieron 500 mm.

Los datos de lluvias, se presentan en el Cuadro N° 132 del Apéndice.

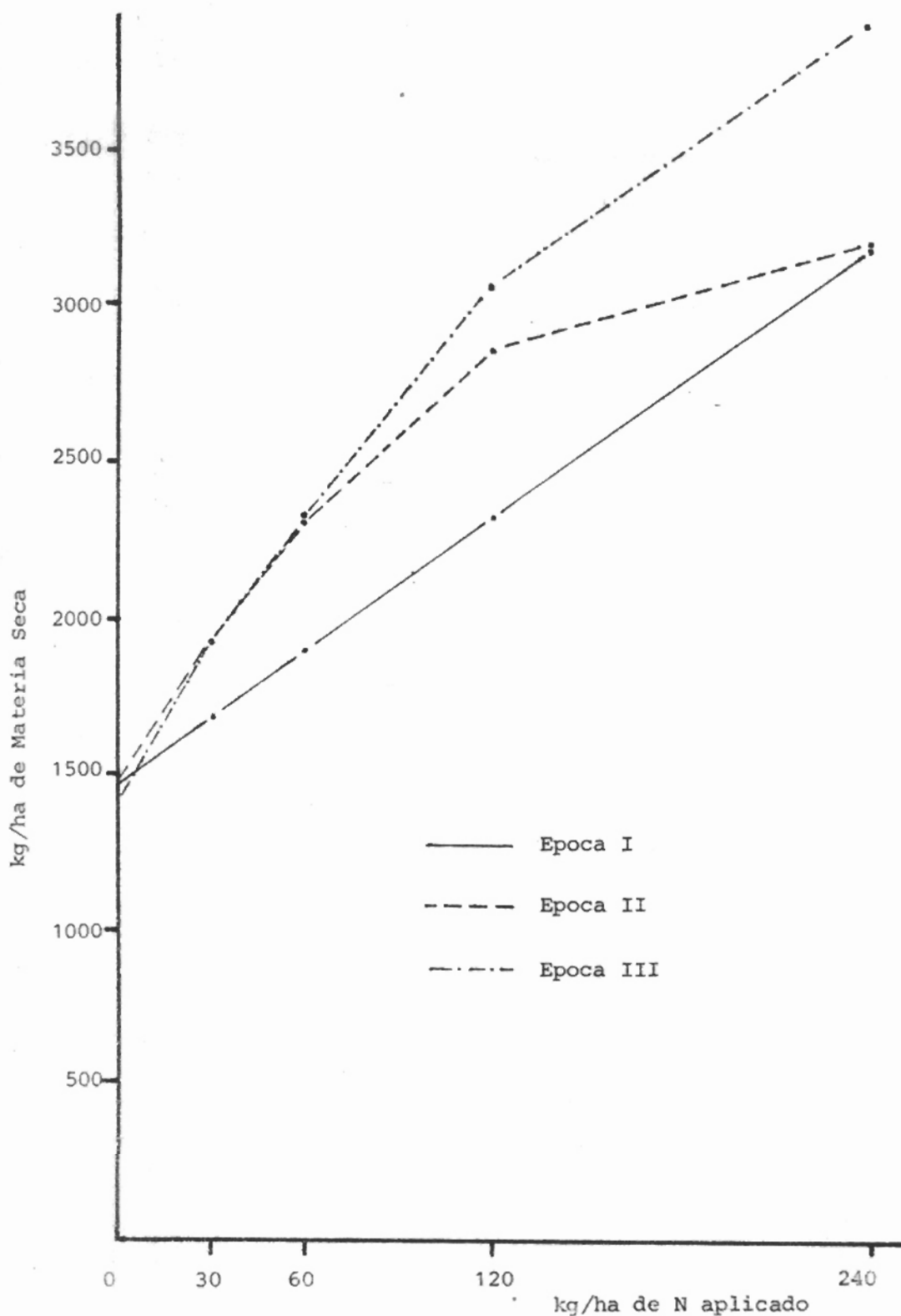


Gráfico N° 17. Representación gráfica de la producción de materia seca de fines de invierno para el Experimento IV.

Tasa de crecimiento diario. La estimación de la tasa diaria la podemos ver en el Cuadro N° 69.

Cuadro N° 69. Tasa diaria de producción de materia seca de fines de invierno para el Experimento IV

Epoca	Dosis				
	0	30	60	120	240
I	13,90	24,90	24,49	30,05	27,69
II	13,90	25,95	32,49	32,71	40,14
III	13,90	29,50	29,35	35,38	49,05

Con el aumento de la dosis podemos concluir que hay aumento en la tasa de crecimiento y lo mismo se ve dentro de una dosis fija, al aumentar el fraccionamiento.

Eficiencia en la utilización del nitrógeno. La estimación de la eficiencia la podemos ver en el Cuadro N° 70.

Cuadro N° 70. Eficiencia en la producción de materia seca en fines de invierno para el Experimento IV

Epoca	Dosis			
	30	60	120	240
I	29,33	14,12	10,77	4,60
II	32,13	24,78	12,54	8,75
III	41,60	20,60	14,32	11,72

Del cuadro surge que a medida que aumentamos la dosis la eficiencia disminuye; mientras que para una dosis fija, al aumentar el fraccionamiento aumenta la eficiencia.

V. CONCLUSIONES GENERALES

El experimento I implantado sobre un Vertisol Rúptico con un 3,8% de Materia Orgánica y con 4.22 ppm de N-NO_3^- , mostró una respuesta promedio de 35 kg de Materia Seca por kg de N aplicado, no existiendo diferencias con el manejo de la fertilización (36 kg para la aplicación en dos veces y 38 kg para tres veces).

La absorción de N promedio fue de 1,3 kg de N absorbido por kg de N aplicado para dosis única, de 1,2 y 1,1 para el fraccionamiento en 2 y 3 veces respectivamente.

La producción de Materia Seca por kg. de N absorbido fue en promedio de 32 kg para dosis única, siendo de 34 y 36 para las aplicaciones de dos y tres veces respectivamente.

El experimento II implantado sobre un Brunosol subéutrico con carácter vértico con 2,9% de Materia Orgánica y con 3,2 ppm de N-NO_3^- a la siembra, mostró una respuesta promedio de 18 kg de Materia Seca por kg de N aplicado, para dosis única y de 41 y 27 para el fraccionamiento en dos y tres veces respectivamente.

La absorción de N promedio fue de 0,6 kg de N absorbido por kg de N aplicado para dosis única, de 1,2 y 0,7 para el fraccionamiento en 2 y 3 veces respectivamente.

La producción de Materia Seca por kg de N absorbido fue en promedio de 40 kg para aplicaciones únicas y 39 y 44 para el fraccionamiento en 2 y 3 veces respectivamente.

La distribución estacional de la producción de la pas-
tura mostró una tendencia a concentrar la respuesta en otoño
para aplicaciones únicas y a estar proporcionalmente más di-
ferida en el ciclo para aplicaciones fraccionadas, tanto pa-
ra el experimento I como para el II.

Como conclusión final diremos que en todos los casos
hubo una alta respuesta a la dosis de nitrógeno que fue de
35 kg de M.S./kg de N aplicado para el experimento I, para
el II de 28 y para el IV de 60, no existiendo diferencias pa-
ra fraccionamiento en respuesta, pero presentando una distri-
bución de la producción de forraje más desplazada hacia el
invierno y la primavera en desmedro del otoño.

La eficiencia en la utilización del nitrógeno fue de
1,20 kg de N absorbido/kg de N aplicado para el experimento
I, para el II de 0,8 y para el IV de 1,8, bajando la eficien-
cia con el aumento de la dosis.

VI. COMPARACION DE LOS DIFERENTES MANEJOS DE LA FERTILIZACION (FRACCIONAMIENTO A FECHA FIJA VERSUS POR CORTE)

VI.1. CONCLUSIONES

Tanto en la fertilización después de cada corte como en fecha fija, se encontró, mediante los análisis estadísticos de la producción de materia seca total de los diferentes tratamientos, diferencias significativas al 1% para dosis y no significativas para fraccionamiento.

Para la eficiencia de utilización del N se observó la misma tendencia en los dos casos, a dosis bajas la eficiencia era mayor, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Grunes (1958) y Krantz, Carrillo (1979); Hunt (1973), González Verdura (1983) y Priore-Uranga (1983).

Para ambos casos al aumentar las dosis se logró un incremento en la tasa de producción de Materia Seca.

Para el N absorbido, al realizar un estudio estadístico de los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos, cuando la fertilización se hizo a fecha fija, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en dosis y fraccionamiento, como también en la interacción. Cuando la fertilización fue después de cada corte, sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre dosis.

La respuesta a dosis para cualquiera de las formas de aplicación son debidas a los bajos niveles de NO_3^- presentes al inicio de los experimentos. La causa de que cuando se fertili

zó a fecha fija, los fraccionamientos dieron diferencias estadísticamente significativas, y no así cuando se fertilizó después de cada corte, son debidas a las condiciones climáticas del año.

Si bien para las dos formas de fertilización, durante el otoño y el invierno, ocurrieron lluvias moderadas, después del 3er. corte se registraron excesos hídricos, como se observa en los datos pluviométricos en el Cuadro N° 133 del Apéndice.

Cuando se realizara el 3er. corte, en el ensayo en donde la fertilización se hizo después de cada corte, todos los tratamientos se hallan completos, mientras que en la fertilización a fecha fija, sólo se completó los tratamientos correspondientes a dosis únicas y al fraccionamiento en dos veces.

Para el caso de fertilización después del corte, al momento del 3er. corte, debido al régimen moderado de lluvias el N aportado por el fertilizante fue poco eficiente, con lo cual desaparecen las ventajas que puede aportar el fraccionamiento. Luego comienzan a registrarse las grandes lluvias y esto hace que hayan posibilidades de pérdidas del N aportado por el fertilizante, y el análisis estadístico para Materia Seca total y N absorbido, sólo da diferencias en dosis y no en fraccionamiento.

En cambio, cuando se fertilizó a fecha fija, entre el 3° y 4° corte se completó el fraccionamiento en tres veces. Por lo tanto, los excesos hídricos que habían provocado un lavado de los NO_3^- del suelo, con este nuevo aporte dado por el fertilizante que va a poder ser tomado por la planta, encontramos que al hacer el ANAVA de N absorbido da diferen

cias significativas para dosis y también para el fraccionamiento, aunque no se refleja en el ANAVA de Materia Seca total.

Esto último se explica porque la velocidad de absorción de N por parte de las gramíneas es más rápida que la producción de Materia Seca, como lo confirman los trabajos de Brockman (1966) y Cowling (1960).

Análisis de la distribución estacional

Sistema de refertilización después de cada corte

	0	I	P	0 + I
1	45	26	29	71
2	47	25	28	72
3	40	28	32	62
Testigo	33	32	35	65

Sistema de refertilización a fecha fija

	0	I	P	0 + I
1	45	26	29	71
2	39	28	33	67
3	36	28	36	64
Testigo	33	32	35	65

De acuerdo a los cuadros precedentes se destaca una visible diferencia en la producción otoño-invernal cuando se varía la forma de fertilización. Esto favorece la producción en otoño e invierno cuando se fertiliza después de cada corte, frente a fecha fija; debido a que en este último caso, todos los tratamientos se completan antes. Ello hace que la pastura disponga de más N en las estaciones más críticas. Además con este método se logra que la planta tenga un tiempo sufi

ciente como para expresar en Materia Seca el N aplicado, cosa que a veces no pasa fertilizando a fecha fija.

Estas diferencias hubiesen sido más pronunciadas si en el otoño e invierno se hubieran registrado lluvias más voluminosas, como es común en la mayoría de los años.

Conclusión

El fraccionamiento de las dosis de N según el manejo de la pastura (pastoreo o corte) en comparación a aplicaciones a fecha fija provocaron una distribución de los rendimientos más concentrada en otoño e invierno respecto a la producción total.

VII. RESUMEN

Se realizaron cuatro experimentos durante 1983, ubicándose el I y el IV en la localidad de San Antonio, Depto. de Canelones sobre un Vertisol rúptico. El experimento II en la localidad de Kiyú, Depto. de San José, sobre un Brunosol subéutrico con carácter vértico. El experimento III se realizó en la Escuela Jackson, Depto. de Canelones, sobre un Brunosol subéutrico lúvico.

Los tratamientos consistieron en la combinación factorial de cuatro dosis de N (30, 60, 120, 240 kg de N/ha) y tres épocas de aplicación donde para el experimento I, II y III fueron: todo a la siembra; mitad a la siembra y mitad al primer corte; un tercio a la siembra, un tercio al primer corte y un tercio al segundo corte, mientras que para el Experimento IV las tres épocas de aplicación fueron: todo a la siembra; mitad a la siembra y mitad a los 106 días; un tercio a la siembra, un tercio a los 80 días y un tercio a los 150 días; disponiéndose en bloques al azar con tres repeticiones.

Se efectuaron determinaciones de rendimiento de Materia Seca (kg/ha de Materia Seca); tasa de crecimiento diario (kg/ha/día de M.S.), absorción de N (Kg/ha de N) y eficiencia en la utilización de N (kg de MS/kg de N aplicado).

Las principales conclusiones que se derivan de dicho trabajo son en todos los casos una respuesta alta al N, la que fue de 35 kg de M.S. por kg de N aplicado, 28 y 60 kg de Materia Seca para los Experimentos I, II y III respectivamente, no existiendo diferencia para fraccionamiento en cuanto a la respuesta.

La distribución de la producción de forraje por su parte resultó más desplazada hacia el invierno y la primavera en desmedro del otoño con aplicaciones globales en siembra, respecto a los otros dos manejos. La absorción de N fue de 1,2 kg de N absorbido por kg de N aplicado para el experimento I, de 0,8 para el II y de 1,8 para el IV, bajando la eficiencia con el aumento de la dosis.

VIII. SUMMARY

Four experiments were established during 1983 in Canelones-Uruguay. Experiment I and IV in a Vertisol ruptico the experiment II in a Brunosol subéutrico with vertic characteristics and the experiment III in a Brunosol subéutrico lúvico.

The treatments consisted in the factorial combination of four nitrogen (N) rates (30; 60; 120 and 240 kg of N/ha) and three application times for the experiments I, II and III were: the complete dressing at seeding, half at seeding and half at first cutting, one third at seeding, one third at the first cutting and one third at the second cutting; for the experiment IV the three times of application were: the complete dressing at seeding, half at seeding and half after 106 days, one third at seeding, one third after 80 days and one third after 150 days, arranged in a randomized blocks design with three replications.

Measurements were: dry matter yield (kg/ha of dry matter) and N percentage in the forage growth daily rate (kg/ha/day of dry matter), N absorption (kg/ha) and apparent efficiency of N utilization (kg of dry matter/kg of N applied) were calculated from the data.

The main conclusions of this work were: in all experiment there was a high forage response to N; it was 35 kg of dry matter per kg of N applied, 28 and 60 for experiments I, II and III respectively without differences for timing of application.

When N was applied either as two or three split applications, the forage production throughout the evolution period was different, showing a relative increase during winter and

spring. Forage production during fall and early winter were stimulated by concentrating N dressings of seeding.

The apparent N use efficiency was 1,2, 0,8 and 1,8 kg of N absorbed per ke of N applied for experiments I, II and III respectively, with efficiency decreasing as N rates in creased.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ABICHANDANI, C.T. et al. Studies on soil fertility and fertilizer requeriment of important fodder crops. Indian Grassland and Fodder Research Institute. Annual Report 1970. pp.60-65. (Original no consultado;compendiado en Herbage Abstracts 43(6):1956. 1973).
2. ALLISON, F.E., KEPAUVER, M. and ROLLER, E.M. Evaluation of incoming and outgoing processes that effect soil nitrogen. In Bartholomew, W.V. and Clark, F.E., eds. Soil nitrogen. Madison, Wis., ASA, 1965. pp.573-606.
3. BAETHGEN, W.E. y CARDELLINO, G.P. Movimiento de nitratos bajo diferentes coberturas vegetales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1979. 93p.
4. BAJPAI, L.D. et al. Nitrate accumulation in oats as influenced by nitrogen and stage of plant growth. Forage Research (India) 2(2):175-177. 1976. (Original no consultado; compendiado en Soils and Fertilizers 41(4):2027. 1978).
5. BLACK, C.A. Soil-plant relationship. New York, Wiley, 1964. 332p.
6. BOER, T.A. de. Nitrogen effect on the herbage production of grasslands on different sites. In International Grassland Congress, 10ty., Helsinki, Finland, 1966. Papers. Helsinki, 1966. v.1. pp.109-114.

7. BROCKMAN, J.S. The growth rate of grass as influenced by fertilizer nitrogen and stages of defoliation. In International Grassland Congress, 10th., Helsinki, Finland, 1966. Papers. Helsinki, 1966. v.1 pp. 144-149.
8. CAMPBELL, C.A. et al. Effect of rainfall and subsequent drying on N and P changes in a dryland fallow loams. Soil Science Society of America Proceedings 37(6): 909-915. 1973.
9. CARAMBULA, M. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur, 1977. pp.201-242.
10. CARRILLO, J. et al. Pasturas de avena. II. Producción de carne por hectárea compasada con producción de carne y grano. In Asociación Argentina de Producción Animal. Buenos Aires. Producción animal. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1974. v.3
11. CASARTELLI, R. y VIDAL, M.E. Efecto de la dosis y la época de aplicación de la fertilización nitrogenada en verdes de avena y raigrás. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1983. 116p.
12. CASTRO, J.L., PEREZ SANABRIA, J. y ZAMUZ, E.M. de. Fertilización nitrogenada del trigo. Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger. Estación Experimental La Estanzuela. Boletín Técnico no. 16. 1972.
13. CLAASSEN, N. y RABUFFETTI, A. Uso de fertilizantes en el cultivo de trigo. In Universidad de la República (Uruguay) Facultad de Agronomía. El trigo en el Uruguay. Paysandú, 1971. pp.59-73.

14. COOK, L.J. and LLOVETT, J.V. Response of oats to nitrogen and defoliation. *Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 14 (68). 1974.
15. COWLING, D.W. The response of grass swards to nitrogenous fertilizer. In International Grassland Congress, 8th., Reading, England, 1960. Proceedings. Oxford, 1960' pp.114-119.
16. CHIARA, G. Verdeos de invierno. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay* (2a. época, no. 2:25-28. 1975.
17. DESCHENES, J.M. et ST. PIERRE, C.A. Effects des températures du sol, des dates de senis et des mauvaises herbes sur les composantes du rendement de l'avoine. *Canadian Journal of Plant Science* 60(1):61-68. 1980.
18. FAGGI, D.H. y KACHELE, T. Utilización de pasturas anuales de invierno en vacas lecheras en La Estanzuela. In Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger. Estación Experimental La Estanzuela. Pasturas III. La Estanzuela, 1973. pp.1-11.
19. _____. y _____. Utilización de cultivos anuales con vacas lecheras. In Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger. Estación Experimental La Estanzuela. Pasturas IV. La Estanzuela, 1978. pp.205-210.
20. GASSER, J.K.R. Some factores affecting losses of ammonia from urea and ammonium sulphate applied to soils. *Journal of Soil Science* 15:258-272. 1964.

21. GONZALEZ, R. y VERDERA, R. Efecto del manejo de la fertilización nitrogenada en la producción estacional y total de la mezcla avena-raygras en suelos arenosos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1983. 112p.
22. GRANEROS, I.E., COLOMBRES, F.G. y JUAREZ, V.P. Cereales de invierno como pastoreo. In Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agrícola de Tucumán. Circular no. 196. 1974. pp. 1-8.
23. GRUNES, D.L. and KRANTZ, B.A. Nitrogen fertilization increases N, P and K concentrations in oats. *Agronomy Journal* 50(12):729-732. 1958.
24. HARGROVE, W.D. and KISSEL, D.E. Ammonia volatilization from surface applications of urea in the field and laboratory. *Soil Science Society of America Proceedings* 43(2):359-363. 1979.
25. HARMSSEN, G.W. and KULENBRANDER, G.J. Soil inorganic nitrogen. In Bartholomew, W.V. and Clark, F.E., eds. *Soil nitrogen*. Madison, Wis., ASA, 1965. pp.43-92.
26. H'EIN, I.H., PANIFATTI, J.L. y PIROLO, T.V. Nitrógeno del agua de lluvia en Rafaela. Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Regional Agropecuaria Rafaela. Publicación Técnica no. 17. 1981. 17p.
27. HUNT, I.V. Studies in response to nitrogen. III. The development of response to fertilizer nitrogen in primary growth of ryegrass. *Journal of the British Grassland Society* 28:109-118. 1973.

28. KALTOFEN, H. et al. The effect of heavy doses of nitrogen applied to pasture in spring compared with split applications given during the vegetative period. In International Grassland Congress, 10ty., Helsinki, Finland, 1966. Papers. Helsinki, 1966. v.1 pp.141-144.
29. KRETSCHMER JUNIOR, A.E. Nitrate accumulation in everglades forages. Agronomy Journal 50(6):311-316. 1958.
30. LAWRENCE, I. The influence of fertilizer on the winter survival of intermediate wheat grass following a long period of draught. Journal of the British Grassland Society 18:229-294. 1963.
31. LUIZZI, D.V. y TORRES, D. Trigo, Paysandú, Facultad de Agronomía, 1982. (Mimeografiado).
32. OGATA, G. and CALDWELL, A.C. Nitrate content of soils and nitrogen content of oats plants as affected by rates of liming. Agronomy Journal 52(2):65-68. 1960.
33. PEARSON, R.W. Soil environment and root development. In Symposium on Plant Environment and Efficient Water Use, Ames, Iowa, 1965. Plant environment and efficient water use. Madison, Wis., ASA/SSSA, 1966. pp.95-126.
34. PRIORE, E.B. y URANGA, P.F. Efecto del manejo de la fertilización nitrogenada en la producción estacional y total de la mezcla avena-raigrás en suelos muy diferenciados. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1983. 218p.

35. RABUFFETTI, A. y LABUONORA, D. Respuesta del trigo a la fertilización NPK y a otros factores de productividad. III. Desarrollo de la función general de producción. In Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía, 3a., Montevideo, 1980. Trabajos presentados. Montevideo, 1980. pp.100-101.
36. REID, D. The response of herbage yields and quality to a wide range of nitrogen application rates. In International Grassland Congress, 10th., Helsinki, Finland, 1966. Papers. Helsinki, 1966. v.1. pp.119-123.
37. RUSSELL, R.D. The use of fertilizers and the production of grass in the UK. Phosphorus in Agriculture no. 76:17-33. 1979,
38. SHARMA, R.B. and GHILDYAL, D. Soil water-root relations in wheat. Water extraction rate of wheat roots that developed under dry and moist conditions. Agronomy Journal 69(2): 231-233. 1977.
39. SHIRIVASTAVA, J.P., CHANDRAWANSHI, J.L. and KHARE, A.K. Effect of nitrogen levels and cutting managements on yield and protein content of two varieties of oats forage. JNKVV Research Journal (India) 7(4): 229-235. 1973. (Original no consultado; compendiado en Soils and Fertilizers 38(9):36u6. 1975).
40. SHURMANN, J.J. and BOER, J.J.H. de. The effect of soil compaction at various depths on roat and shoot growth of oats. Netherlands Journal of Agricultural Science 22(3):133-142. 1974.

41. _____. Rot and crop growth of oats as affected by the lenght of periods of hight water table. Netherlands Journal of Agricultural Science 28(1)20-28. 1980.
42. TERZAGHI, A. y SGANGA, J.C. Características físicas de los principales suelos agrícolas Canelones/Montevideo; su interpretación agronómica. Parte I. Susceptibilidad a la erosión. Uruguay. Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos. Boletín Técnica no. 8. 1981. 44p.
43. TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, Montaner y Simon, 1970. 760p.
44. TOOMRE, R.I. Effect of high rates of nitrogenous fertilizers on the yield and chemical composition of grasses. In International Grassland Congress, 10ty., Helsinki, Finland, 1966. Papers. Helsinki, 1966. v.1. pp. 137-140.
45. VAN BURG, P.F.J. Nitrogen fertilization and the seasonal production of grassland herbage. In International Grassland Congress, 8ty., Reading, England, 1960. Proceedings. Oxford, 1960. pp.142-146.
46. VERA, R. Estudios en Lolium multiflorum. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1966. 95p.

X. APENDICE

Cuadro N° 71. Producción total de materia seca (kg/ha) en función de la dosis y el fraccionamiento del nitrógeno para el Experimento I (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	2856	3557	3006
1	30	4507	5005	4245
2	60	5353	5101	4976
3	120	5996	6626	6267
4	240	7154	8217	6782
5	15 - 15	3185	4456	3375
6	30 - 30	4882	5083	4905
7	60 - 60	6671	6603	7100
8	120 - 120	8291	8761	7507
9	10 - 10 - 10	5678	4465	5464
10	20 - 20 - 20	6348	5834	6194
11	40 - 40 - 40	5890	6862	6458
12	80 - 80 - 80	7526	7206	8712

Cuadro N° 72. Absorción total de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis y el fraccionamiento de nitrógeno para el Experimento I (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	56,55	67,96	53,50
2	60	139,45	133,18	129,40
3	120	176,58	177,72	180,67
4	240	229,01	224,42	196,31
6	30 - 30	123,14	124,06	112,93
7	60 - 60	172,27	168,49	186,11
8	120 - 120	125,19	139,97	236,57
10	20 - 20 - 20	140,86	126,47	142,96
11	40 - 40 - 40	130,82	189,68	141,37
12	80 - 80 - 80	215,71	187,17	245,27

Cuadro N° 73. Primer corte, producción de materia seca (kg/ha) en función de la dosis inicial de fertilizante para el Experimento I (valores observados por parcela).

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	303	353	300
1	30	480	394	578
2	60	680	827	584
3	120	979	893	1072
4	240	710	1235	942
5	15 - 15	700	618	865
6	30 - 30	850	791	805
7	60 - 60	1182	1174	1006
8	120 - 120	1332	1368	1274
9	10 - 10 - 10	653	1015	1212
10	20 - 20 - 20	1088	968	1356
11	40 - 40 - 40	774	997	624
12	80 - 80 - 80	1079	812	853

Cuadro N° 74. Primer corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis inicial de fertilizante para el Experimento I (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	10,48	12,60	10,23
2	60	26,91	38,14	26,93
3	120	46,59	37,60	48,76
4	240	25,57	45,95	34,48
6	30 - 30	37,91	34,25	28,42
7	60 - 60	46,81	54,12	46,38
8	120 - 120	63,40	57,59	57,97
10	20 - 20 - 20	48,52	41,04	48,41
11	40 - 40 - 40	29,95	42,87	23,59
12	80 - 80 - 80	45,75	33,45	31,99

Cuadro N° 75. Segundo corte, producción de materia seca (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	712	750	688
1	30	1669	1594	975
2	60	1323	1723	1788
3	120	1995	2193	1814
4	240	2344	1898	1758
5	15 - 15	872	1800	769
6	30 - 30	1688	1500	1288
7	60 - 60	1947	1597	2559
8	120 - 120	2744	2119	2420
9	10 - 10 - 10	1325	931	1170
10	20 - 20 - 20	1359	1125	1275
11	40 - 40 - 40	1431	2297	1750
12	80 - 80 - 80	1769	1594	2800

Cuadro N° 76. Segundo corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	18,80	16,58	15,89
2	60	61,25	51,86	57,22
3	120	74,21	71,00	67,49
4	240	92,34	63,97	62,24
6	30 - 30	48,78	45,15	39,54
7	60 - 60	66,98	52,06	72,42
8	120 - 120	90,28	77,98	91,48
10	20 - 20 - 20	38,46	33,19	36,85
11	40 - 40 - 40	46,22	77,64	48,82
12	80 - 80 - 80	66,34	70,73	95,48

Cuadro N° 77. Tercer corte, producción de materia seca (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	953	1163	862
1	30	1005	1402	1200
2	60	1134	1229	1228
3	120	1339	1523	1665
4	240	2108	2248	1975
5	15 - 15	700	944	769
6	30 - 30	1110	1297	1478
7	60 - 60	1726	1763	1635
8	120 - 120	2340	2433	2275
9	10 - 10 - 10	1934	1050	1282
10	20 - 20 - 20	1532	1628	1491
11	40 - 40 - 40	1960	2007	2325
12	80 - 80 - 80	1848	2084	2068

Cuadro N° 78. Tercer corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	14,49	20,58	13,62
2	60	26,65	23,09	25,17
3	120	29,18	39,15	37,30
4	240	68,07	62,04	60,62
6	30 - 30	18,43	23,60	26,16
7	60 - 60	32,97	33,14	34,82
8	120 - 120	46,57	65,20	60,29
10	20 - 20 - 20	22,37	30,12	28,48
11	40 - 40 - 40	31,36	47,16	45,57
12	80 - 80 - 80	47,49	52,52	65,76

Cuadro N° 79. Cuarto corte, producción de materia seca (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	888	1291	1156
1	30	1376	1615	1492
2	60	1711	1322	1376
3	120	1683	2011	1716
4	240	1992	2836	2107
5	15 - 15	913	1094	972
6	30 - 30	1234	1494	1334
7	60 - 60	1816	2069	1900
8	120 - 120	1875	2841	1838
9	10 - 10 - 10	1666	1469	1800
10	20 - 20 - 20	2369	1663	2072
11	40 - 40 - 40	1725	1561	1759
12	80 - 80 - 80	2830	2716	2991

Cuadro N° 80. Cuarto corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento I (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	12,79	18,20	13,76
2	60	24,64	20,10	20,08
3	120	26,60	29,96	27,11
4	240	43,03	42,46	38,98
6	30 - 30	18,02	21,06	18,81
7	60 - 60	26,51	29,17	32,49
8	120 - 120	24,94	39,20	26,83
10	20 - 20 - 20	31,51	22,12	29,22
11	40 - 40 - 40	23,29	22,01	23,39
12	80 - 80 0 80	46,13	40,47	52,04

Cuadro N° 81. Producción total de materia seca (kg/ha) en función de la dosis y el fraccionamiento de nitrógeno para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	3207	3592	2237
1	30	5441	4137	3647
2	60	4916	5361	3876
3	120	5380	5984	5731
4	240	7925	8199	6932
5	15 - 15	5101	4527	4002
6	30 - 30	4716	5784	4129
7	60 - 60	6291	7071	7921
8	120 - 120	8872	9421	7948
9	10 - 10 - 10	4468	5872	5030
10	20 - 20 - 20	5780	4812	3691
11	40 - 40 - 40	7525	6738	6289
12	80 - 80 - 80	10568	9881	9852

Cuadro N° 82. Absorción total de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis y el fraccionamiento de nitrógeno para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	61,02	75,26	39,62
2	60	112,91	121,67	106,89
3	120	114,42	150,12	144,17
4	240	206,15	238,33	174,73
6	30 - 30	110,88	134,13	85,51
7	60 - 60	143,92	179,02	205,39
8	120 - 120	218,00	252,82	204,70
10	20 - 20 - 20	113,79	118,16	98,19
11	40 - 40 - 40	152,73	150,24	125,73
12	80 - 80 - 80	247,06	210,89	219,15

Cuadro N° 83. Primer corte, producción de materia seca (kg/ha) en función de la dosis inicial de fertilizante para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	824	1324	503
1	30	1524	1235	1341
2	60	1529	2047	1562
3	120	1700	1959	1750
4	240	1818	2738	1213
5	15 - 15	1088	1435	1176
6	30 - 30	1544	1965	1174
7	60 - 60	1765	2318	2094
8	120 - 120	2141	2065	1565
9	10 - 10 - 10	1024	1688	1100
10	20 - 20 - 20	1170	2026	1081
11	40 - 40 - 40	1132	1832	1524
12	80 - 80 - 80	2047	1712	1785

Cuadro N° 84. Primer corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis inicial de fertilizante para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamientos		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	19,78	39,06	9,61
2	60	47,55	65,50	58,58
3	120	51,17	70,52	64,58
4	240	63,08	98,57	47,31
6	30 - 30	48,02	57,38	34,28
7	60 - 60	54,89	74,18	78,52
8	120 - 120	64,44	74,34	57,75
10	20 - 20 - 20	31,71	61,59	29,62
11	40 - 40 - 40	34,41	56,24	44,50
12	80 - 80 - 80	66,12	51,02	48,37

Cuadro N° 85. Segundo corte, producción de materia seca, (kg/ha), en función de la dosis del fertilizante para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	925	866	787
1	30	1569	1424	1136
2	60	1391	1088	1192
3	120	1494	1806	1764
4	240	2469	2250	2112
5	15 - 15	2178	1241	1128
6	30 - 30	1684	1737	1395
7	60 - 60	2134	1870	2365
8	120 - 120	2744	3361	2470
9	10 - 10 - 10	1200	1388	1588
10	20 - 20 - 20	2006	1462	1601
11	40 - 40 - 40	1982	2092	1513
12	80 - 80 - 80	2759	2375	2155

Cuadro N° 86. Segundo corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	20,35	20,26	16,68
2	60	34,50	25,24	32,78
3	120	32,57	48,94	47,63
4	240	85,92	87,75	72,44
6	30 - 30	40,92	45,86	29,30
7	60 - 60	52,50	58,72	71,90
8	120 - 120	87,81	122,00	84,72
10	20 - 20 - 20	46,34	34,80	53,15
11	40 - 40 - 40	53,12	51,46	33,89
12	80 - 80 - 80	80,01	65,08	68,31

Cuadro N° 87. Tercer corte, producción de materia seca (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	272	213	216
1	30	431	350	253
2	60	381	303	225
3	120	744	681	511
4	240	1138	1128	562
5	15 - 15	309	684	281
6	30 - 30	370	544	259
7	60 - 60	700	960	1231
8	120 - 120	1141	1341	1266
9	10 - 10 - 10	706	719	675
10	20 - 20 - 20	681	369	381
11	40 - 40 - 40	1744	731	944
12	80 - 80 - 80	2062	2256	2225

Cuadro N° 88. Tercer corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante, para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	4,52	4,36	3,46
2	60	7,28	6,51	3,87
3	120	12,80	10,08	8,87
4	240	22,65	24,93	11,68
6	30 - 30	6,36	9,52	4,76
7	60 - 60	12,67	18,62	23,51
8	120 - 120	30,46	20,65	25,70
10	20 - 20 - 20	11,51	6,68	6,06
11	40 - 40 - 40	30,00	14,84	18,03
12	80 - 80 - 80	53,20	49,86	54,07

Cuadro N° 89. Cuarto corte, producción de materia seca (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	1186	884	731
1	30	1917	1128	917
2	60	1615	1923	897
3	120	1442	1583	1673
4	240	2500	2083	3045
5	15 - 15	1526	1167	1417
6	30 - 30	1154	1583	1301
7	60 - 60	1692	1923	2231
8	120 - 120	2846	2654	2647
9	10 - 10 - 10	1528	2077	1667
10	20 - 20 - 20	1923	955	628
11	40 - 40 - 40	2667	2083	2308
12	80 - 80 - 80	3700	3538	3667

Cuadro N° 90. Cuarto corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	16,37	11,58	9,87
2	60	23,58	24,42	11,66
3	120	17,88	20,58	23,09
4	240	34,50	27,08	43,85
6	30 - 30	15,38	21,37	17,17
7	60 - 60	23,86	27,50	31,46
8	120 - 120	35,29	35,83	36,53
10	20 - 20 - 20	24,23	15,09	9,36
11	40 - 40 - 40	35,20	27,70	29,31
12	80 - 80 - 80	47,73	44,93	48,40

Cuadro N° 91. Primer corte, producción de materia seca (kg/ha) en función de la dosis inicial de fertilizante para el Experimento II (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	-	-	-
1	30	1473	2210	977
2	60	1649	2225	1890
3	120	3285	2407	1422
4	240	2711	2189	2962
5	15 - 15	1207	1330	1103
6	30 - 30	2481	1524	1321
7	60 - 60	2087	1220	1734
8	120 - 120	2841	1041	1944
9	10 - 10 - 10	1228	1031	1001
10	20 - 20 - 20	834	437	639
11	40 - 40 - 40	2512	1500	913
12	80 - 80 - 80	1499	2427	1821

Cuadro N° 92. Primer corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis inicial de fertilizante para el Experimento III (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	-	-	-
2	60	51,78	69,86	44,23
3	120	133,95	82,08	44,65
4	240	103,29	76,62	102,78
6	30 - 30	51,11	48,77	30,12
7	60 - 60	65,53	38,31	40,58
8	120 - 120	98,58	35,50	61,04
10	20 - 20 - 20	21,52	9,26	13,36
11	40 - 40 - 40	63,30	42,45	23,83
12	80 - 80 - 80	51,42	68,68	49,35

Cuadro N° 93. Segundo corte, producción de materia seca (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento III (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	453	281	531
1	30	300	234	525
2	60	562	294	600
3	120	700	431	997
4	240	744	934	734
5	15 - 15	459	562	512
6	30 - 30	519	662	502
7	60 - 60	625	1041	808
8	120 - 120	1625	1381	1406
9	10 - 10 - 10	488	450	591
10	20 - 20 - 20	872	806	750
11	40 - 40 - 40	878	1225	1281
12	80 - 80 - 80	1381	1038	1194

Cuadro N° 94. Segundo corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) en función de la dosis y época de aplicación del fertilizante para el Experimento III (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	7,52	4,75	8,66
2	60	12,25	4,29	9,60
3	120	12,46	9,78	18,74
4	240	25,15	26,99	21,15
6	30 - 30	11,83	19,73	8,92
7	60 - 60	20,75	39,66	25,61
8	120 - 120	57,04	56,90	52,30
10	20 - 20 - 20	17,35	15,64	15,68
11	40 - 40 - 40	21,07	31,61	30,36
12	80 - 80 - 80	40,88	33,84	41,43

Cuadro N° 95. Producción total de materia seca (kg/ha) para el Experimento IV (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	2856	3557	3006
1	30	6009	6673	5660
2	60	7137	6801	6634
3	120	7994	8834	8356
4	240	9538	10956	9042
5	15 - 15	5128	7231	7360
6	30 - 30	7677	8134	6941
7	60 - 60	8166	8953	7847
8	120 - 120	8696	9740	8819
9	10 - 10 - 10	6207	7271	6385
10	20 - 20 - 20	6758	7282	7258
11	40 - 40 - 40	8419	8747	7712
12	80 - 80 - 80	9673	10022	10792

Cuadro N° 96. Absorción total de nitrógeno (kg/ha) para el Experimento IV (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	56,55	67,96	59,34
2	60	185,93	177,58	178,68
3	120	235,44	236,96	237,77
4	240	305,34	299,23	288,77
6	30 - 30	202,99	207,71	193,88
7	60 - 60	212,71	242,37	218,89
8	120 - 120	257,80	267,82	257,99
10	20 - 20 - 20	165,15	159,58	163,33
11	40 - 40 - 40	197,35	163,87	173,42
12	80 - 80 - 80	238,20	248,88	256,13

Cuadro N° 97. Primer corte, producción de materia seca (kg/ha) para el experimento IV (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	303	353	300
1	30	640	526	770
2	60	906	1103	779
3	120	1305	1191	1429
4	240	947	1647	1256
5	15 - 15	700	618	865
6	30 - 30	850	791	805
7	60 - 60	1182	1174	1006
8	120 - 120	1332	1368	1274
9	10 - 10 - 10	653	1015	1212
10	20 - 20 - 20	1088	968	1356
11	40 - 40 - 40	774	997	624
12	80 - 80 - 80	1079	812	853

Cuadro N° 98. Primer corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) para el Experimento IV (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	10,48	12,60	10,23
2	60	35,88	50,85	35,91
3	120	62,12	50,14	65,02
4	240	34,09	61,27	45,97
6	30 - 30	37,91	34,25	28,42
7	60 - 60	46,81	54,12	46,38
8	120 - 120	63,40	57,59	57,97
10	20 - 20 - 20	48,52	41,04	48,41
11	40 - 40 - 40	29,95	42,87	23,59
12	80 - 80 - 80	45,73	33,45	31,99

Cuadro N° 99. Segundo corte, producción de materia seca (kg/ha) para el Experimento IV (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	712	750	688
1	30	2225	2125	1300
2	60	2438	2297	2384
3	120	2600	2931	2479
4	240	3125	2531	2344
5	15 - 15	1488	2294	1900
6	30 - 30	2131	2061	1991
7	60 - 60	2038	2166	2144
8	120 - 120	1856	2531	2275
9	10 - 10 - 10	1400	1675	1594
10	20 - 20 - 20	1828	1925	1662
11	40 - 40 - 40	2360	2719	2025
12	80 - 80 - 80	1641	2209	2131

Cuadro N° 100. Segundo corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) para el Experimento IV (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	18,80	16,58	15,89
2	60	81,67	69,14	76,29
3	120	98,95	94,67	89,99
4	240	123,12	85,29	82,98
6	30 - 30	68,83	68,42	63,91
7	60 - 60	64,01	75,16	61,96
8	120 - 120	71,27	84,79	78,26
10	20 - 20 - 20	51,18	51,01	47,86
11	40 - 40 - 40	76,23	33,99	59,13
12	80 - 80 - 80	54,97	68,92	68,19

Cuadro N° 101. Tercer corte, producción de materia seca (kg/ha) para el experimento IV (valores observados por parcelas)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	953	1163	862
1	30	1340	1869	1600
2	60	1512	1638	1637
3	120	1785	2031	2220
4	240	2810	2997	2633
5	15 - 15	1393	1544	2689
6	30 - 30	2130	2184	2084
7	60 - 60	2346	2954	2106
8	120 - 120	2330	2110	2545
9	10 - 10 - 10	1645	1903	1678
10	20 - 20 - 20	1592	1901	1934
11	40 - 40 - 40	2285	2437	2166
12	80 - 80 - 80	3300	2785	3904

Cuadro N° 102. Tercer corte, absorción de nitrógeno (kg/ha) para el experimento IV (valores observados por parcela)

Tratamiento		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	14,48	20,58	13,62
2	60	35,53	30,79	33,56
3	120	38,91	52,20	49,73
4	240	90,76	82,72	80,83
6	30 - 30	46,43	63,34	46,68
7	60 - 60	60,29	72,67	51,81
8	120 - 120	70,83	63,51	75,33
10	20 - 20 - 20	29,45	26,23	35,78
11	40 - 40 - 40	42,27	49,23	55,02
12	80 - 80 - 80	73,92	68,51	107,75

Cuadro N° 103. Cuarto corte, producción de materia seca (kg/ha) para el experimento IV. (valores observados por parcela)

Tratamientos		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	888	1291	1156
1	30	1834	2153	1990
2	60	2281	1763	1834
3	120	2244	2681	2288
4	240	2656	3781	2809
5	15 - 15	1547	2775	1906
6	30 - 30	2566	3089	2141
7	60 - 60	2600	2659	2591
8	120 - 120	3178	3731	2725
9	10 - 10 - 10	2509	2681	1891
10	20 - 20 - 20	2250	2488	2306
11	40 - 40 - 40	3000	2594	2897
12	80 - 80 - 80	3653	4216	3904

Cuadro N° 104. Cuarto corte, producción de materia seca (kg/ha) para el Experimento IV (valores observados por parcela)

Tratamientos		Bloque I	Bloque II	Bloque III
0	0	12,79	18,20	13,76
2	60	32,85	26,80	26,78
3	120	35,46	39,95	36,15
4	240	57,37	69,95	51,97
6	30 - 30	49,82	41,70	31,94
7	60 - 60	41,60	40,42	41,46
8	120 - 120	52,30	61,97	36,79
10	20 - 20 - 20	36,00	41,30	33,21
11	40 - 40 - 40	48,90	37,78	51,28
12	80 - 80 - 80	63,56	78,00	73,40

Cuadro N° 105. Análisis de varianza con descomposición factorial para la producción total de materia seca para el Experimento I

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	710849,00	2	-	-	-
Dosis	115826991,000	4		198,341***	
Epoca	1437129,380	2		1,492	
Interacción	5258955,380	8		2,831**	
Error	6809965,380	28			
Total	130043890,000	44			

Cuadro N° 106. Análisis de varianza de la Regresión correspondiente a la producción total de materia seca para el Experimento I

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Regresión	311221327,438	2	15610663,719	79,801	0,001 ***
Error	2347427,383	12	195618,948		
Total	33568754,813	14			
Regresión	53278105,172	2	26639052,586	112,493	0,001 ***
Error	2841663,580	12	236805,298		
Total	56119768,750	14			
Regresión	32732037,266	2	16366018,633	31,747	0,001 ***
Error	6186198,488	12	515516,541		
Total	38918235750	14			

Epoca
I
Epoca
II
Epoca
III

Cuadro N° 107. Análisis de varianza con descomposición factorial de la absorción total de nitrógeno para el Experimento I

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	490,146	2			
Dosis	99548,606	3	33182,869	55,823	0,001 ***
Epoca	1674,861	2	837,181	1,929	0,255 NS
Interacción	4707,659	6	784,610	1,422	0,283 NS
Error	11929,609	22			
Total	118346,382	35			

Cuadro N° 108. Análisis de varianza de la Regresión correspondiente a la absorción total de nitrógeno para el Experimento I

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Epoca I	Regresión	10983,132	2	20191,569	217,307	0,001***
	Error	348,680	9	94,298		
	Total	41831,318	11			
Epoca II	Regresión	50366,372	2	25183,186	435,067	0,001***
	Error	520,951	9	57,883		
	Total	50887,323	11			
Epoca III	Regresión	36273,807	2	18136,904	31,883	0,001 ***
	Error	5119,738	9	568,850		
	Total	41393,545	11			

Cuadro N° 109. Análisis de varianza de la Regresión correspondiente a la producción otoñal de materia seca para el Experimento I

Epoca	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
I	Regresión	7997618,971	2	3998809,485	108,847	0,001 ***
	Error	440854,700	12	96737,892		
	Total	8438473,672	11			
II	Regresión	12658727,965	2	6929363,962	56,774	0,001 ***
	Error	1337810,912	12	111484,243		
	Total	13996538,875	14			

Cuadro N° 110. Análisis de varianza con descomposición factorial en la producción invernal de materia seca para el Experimento I

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	81251,563	2			
Dosis	8161784,420	4	2040446,100	70,956	0,001 ***
Epoca	391442,883	2	195621,441	7,861	0,042 **
Interacción	1125015,920	8	140626,989	3,935	0,009 ***
Error	901504,274	28			
Total	10660999,000	44			

Cuadro N° 111. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción invernal de materia seca para el Experimento I

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Epoca I	Regresión	2253102,080	1	2253102,080	113,563	0,001 ***
	Error	257920,822	13	19840,063		
	Total	2511022,902	14			
Epoca II	Regresión	4301274,668	1	4301274,668	127,885	0,001 ***
	Error	437241,043	13	33633,926		
	Total	4738515,711	14			
Epoca III	Regresión	2374677,324	2	1587338,662	22,083	0,001 ***
	Error	645208,395	12	53767,366		
	Total	3019885,719	14			

Cuadro N° 112. Análisis de varianza con descomposición factorial en la producción de fines de invierno de materia seca para el Experimento I

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
	Bloque	251356,625	2			
	Dosis	9199636,220	4	2299909,060	25,249	0,001 ***
	Epoca	941510,907	2	470755,463	3,258	0,145 NS
	Interacción	1383017,860	8	172877,232	7,005	0,001 ***
	Error	1700968,900	28			
	Total	13477090,500	44			

Cuadro N° 113. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción de fin de invierno de materia seca para el Experimento I

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Regresión	2325475,213	4	2325475,213	38,669	0,001 ***
Error	781794,506	13	60138,039		
Total	3107269,719	14			
Regresión	2861340,830	1	2861340,830	31,116	0,001 ***
Error	1195442,479	13	91957,114		
Total	4056783,309	14			
Regresión	3942550,019	1	3942550,019	35,867	0,001 ***
Error	1428976,872	13	109921,298		
Total	5371526,891	14			

Cuadro N° 114. Análisis de varianza con descomposición factorial para la producción total de materia seca para el Experimento II

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	6342089,00	2			
Dosis	176467057,00	4	44116764,20	121,386	0,001 ***
Epoca	5751948,75	2	2875974,38	19,350	0,010 ***
Interacción	7281190,13	8	910148,766	2,519	0,055 **
Error	9282995,88	28			
Total	205125281,00	44			

Cuadro N° 115. Análisis de varianza de la regresión correspondientes a la producción total de materia seca para el Experimento II

Factores	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Regresión	34845274,219	1	-	73,503	-
Error	6162404,402	13	-	-	-
Total	41007678,625	14	-	-	-
Regresión	60557369,250	2	-	58,168	-
Error	6246513,383	12	-	-	-
Total	66804142,625	14	-	-	-
Regresión	81552945,469	1	-	166,045	-
Error	6384963,080	13	-	-	-
Total	87937908,563	14	-	-	-

Cuadro N° 116. Análisis de varianza con descomposición factorial de la absorción total de nitrógeno para el Experimento II

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	3743,952	2	-	-	-
Dosis	123668,383	3	-	111,868	-
Epoca	1148,216	2	-	1,794	-
Interacción	2341,526	6	-	1,435	-
Error	6755,554	22	-	-	-
Total	137677,628	35	-	-	-

Cuadro N° 117. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la absorción total de nitrógeno para el Experimento II

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Epoca I	Regresión	33052,991	1	33052,991	80,010	0,001 ***
	Error	4131,082	10	413,108	-	-
	Total	37184,073	11	-	-	-
Epoca II	Regresión	47682,536	2	23841,268	39,912	0,001 ***
	Error	5376,048	9	597,339	-	-
	Total	53058,583	11	-	-	-
Epoca III	Regresión	44041,830	1	44041,830	199,212	0,001 ***
	Error	2210,800	10	221,080	-	-
	Total	46252,681	11	-	-	-

Cuadro N° 118. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción otoñal de materia seca para el Experimento II

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Epoca I	Regresión	9836245,449	2	4793122,725	21,820	0,001 ***
	Error	2636043,753	12	219670,313	-	-
	Total	12222289,203	14	-	-	-
Epoca II	Regresión	17044037,750	2	8522018,875	36,791	0,001 ***
	Error	2779632,185	12	231636,015	-	-
	Total	19823669,938	14	-	-	-

Cuadro N° 119. Análisis de varianza con descomposición factorial para la producción invernal de materia seca para el Experimento III

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	105456,117	2	-	-	-
Dosis	7805618,380	4	2201404,600	91,550	0,001 ***
Epoca	1567297,200	2	783648,601	10,574	0,027 **
Interacción	1541146,580	8	192643,322	4,832	0,003 ***
Error	1126692,510	28	-	-	-
Total	13146210,800	44	-	-	-

Cuadro N° 120. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción invernal de materia seca para el Experimento III

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Epoca I	Regresión	1010901,634	1	1010901,634	41,399	0,001 ***
	Error	317437,964	13	24418,305	-	-
	Total	1328339,598	14	-	-	-
Epoca II	Regresión	2078227,196	1	2078227,196	57,506	0,001 ***
	Error	469813,200	13	36139,427	-	-
	Total	2548040,396	14	-	-	-
Epoca III	Regresión	6714235,213	1	6714235,213	88,319	0,001 ***
	Error	988998,375	13	76022,952	-	-
	Total	7702533,588	14	-	-	-

Cuadro N° 121. Análisis de varianza con descomposición factorial para la producción de fines de invierno de materia seca para el Experimento II

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	443470,313	2	-	-	-
Dosis	21858589,600	4	5464647,410	43,691	0,001 ***
Epoca	1324435,780	2	662217,891	13,079	0,019 **
Interacción	2165860,220	8	270732,527	2,328	0,071 **
Error	3069926,590	28	-	-	-
Total	28861282,600	44	-	-	-

Cuadro N° 122. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción de fines de invierno de materia seca para el Experimento II

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Regresión	4061248,143	1	4061248,143	27,595	0,001 ***
Error	1913280,764	13	147175,443	-	-
Total	5974528,906	14	-	-	-
Regresión	5598719,992	1	5598719,992	128,368	0,001 ***
Error	566990,399	13	43614,646	-	-
Total	6165710,391	14	-	-	-
Regresión	12746600,852	1	12746600,852	62,530	0,001 ***
Error	2650006,837	13	203846,780	-	-
Total	1539660,688	14	-	-	-

Epoca
I
Epoca
II
Epoca
III

Cuadro N° 123. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción otoñal de materia seca para el Experimento 111

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Regresión	7571169,793	2	3785584,896	20,013	0,001 ***
Error	2269855,786	12	189154,649	-	-
Total	9841025,578	14	-	-	-
Regresión	5787777,625	1	5787777,625	20,129	0,001 ***
Error	3737950,016	13	287534,617	-	-
Total	9525727,641	14	-	-	-

Cuadro N° 124. Análisis de varianza con descomposición factorial en la producción de Materia Seca total para el Experimento IV

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	4941738,000	2	-	-	-
Dosis	218771735,000	4	54692933,600	337,854	0,001 ***
Epoca	283380,000	2	141690,000	0,945	NS
Interacción	2860274,250	8	357534,281	1,369	0,281 NS
Error	6073854,000	28	-	-	-
Total	232930981,000	44	-	-	-

Cuadro N° 125. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción total de Materia Seca para el Experimento IV

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Regresión	-	2	-	68,866	0,001 ***
Error	-	12	-	-	-
Total	-	14	-	-	-
Regresión	-	2	-	29,492	0,001 ***
Error	-	12	-	-	-
Total	-	14	-	-	-
Regresión	-	2	-	42,922	0,001 ***
Error	-	12	-	-	-
Total	-	14	-	-	-

Cuadro N° 126. Análisis de varianza con descomposición factorial de la absorción total de nitrógeno para el Experimento IV

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	580,970	2	-	-	-
Dosis	210182,246	3	70060,749	1454,991	0,001 ***
Epoca	4067,332	2	2033,666	4,617	0,092 *
Interacción	3918,080	6	653,013	3,194	0,041 **
Error	4504,495	22	-	-	-
Total	223253,122	35	-	-	-

Cuadro N° 127. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la absorción total de N para el Experimento IV

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Epoca I	Regresión	87347,607	2	-	232,609***	-
	Error	1689,804	9	-	-	-
	Total	89037,412	11	-	-	-
Epoca II	Regresión	64214,577	2	-	60,885 ***	-
	Error	4746,083	9	-	-	-
	Total	68960,659	11	-	-	-
Epoca III	Regresión	57229,578	2	-	65,064***	-
	Error	3958,140	9	-	-	-
	Total	61187,718	11	-	-	-

Cuadro N° 128. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción otoñal de Materia Seca para el Experimento IV

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Corte 1	Regresión	2161379,307	2	1075690,653	35,870	0,001 ***
	Error	359866,682	12	29988,890	-	-
	Total	2511245,988	14	-	-	-
Corte 2	Regresión	7139352,426	2	3719676,214	28,367	0,001 ***
	Error	1573502,481	12	131125,207	-	-
	Total	9012854,906	14	-	-	-
Corte 1+2	Regresión	17565513,844	2	8782756,922	94,223	0,001 ***
	Error	1118555,000	12	93212,917	-	-
	Total	18684068,844	14	-	-	-

Cuadro N° 129. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción invernal para el Experimento IV

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Epoca I	Regresión	5175505,076	1	5165505,076	110,765	0,001 ***
	Error	606252,212	13	16634,786	-	-
	Total	5771757,289	14	-	-	-
Epoca II	Regresión	3747267,863	2	1873633,932	10,310	0,002 ***
	Error	2180849,840	12	181737,487	-	-
	Total	5928117,703	14	-	-	-

Cuadro N° 130. Análisis de varianza con descomposición factorial correspondiente a la producción de fines de invierno para el Experimento IV

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
	Bloques	1404545,810	2	-	-	-
	Dosis	24831970,900	4	6207992,720	55,393	0,001 ***
	Epoca	1231275,840	2	615637,922	9,989	0,029 **
	Interacción	1121472,750	8	140184,094	1,939	0,123 NS
	Error	2299983,590	28	-	-	-
	Total	30889248,900	44	-	-	-

Cuadro N° 131. Análisis de varianza de la regresión correspondiente a la producción de fines de invierno para el Experimento IV

	Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Epoca I	Regresión	5463893,695	1	5463893,635	37,719	0,001 ***
	Error	1993157,233	13	14485,249	-	-
	Total	7347050,367	14	-	-	-
Epoca II	Regresión	5945374,979	2	2972687,489	10,691	0,002 ***
	Error	3336602,662	12	278050,222	-	-
	Total	9281977,641	14	-	-	-
Epoca III	Regresión	11255386,969	2	5627693,484	38,077	0,001 ***
	Error	1773557,905	12	147796,492	-	-
	Total	13028944,875	14	-	-	-

Cuadro N° 132. Lluvias registradas en 1983. Aeropuerto de Carrasco

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Total	55,0	67,0	39,0	38,0	33,0	76,0	9,0	198,0	125,0	233,0	221,0	49,0
Días	3	5	4	3	4	7	1	6	6	8	7	4
Máximo diario	37,0	35,0	25,0	15,0	18,0	42,0	9,0	99,0	70,0	79,0	96,0	25,0
Día de máxima	25	18	16	28	3	13	7	28	26	13	12	29

Cuadro N° 133. Lluvias registradas en 1983. Libertad.

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Total	70,2	84,2	25,3	67,4	50,5	98,9	29,0	206,5	155,3	293,7	190,7	53,5
Días	11	4	3	6	4	8	4	8	7	8	6	4
Máximo diario	42,0	69,0	24,0	21,5	33,0	62,4	17,6	106,5	55,0	107,0	113,0	19,5
Día de máxima	25	19	16	28	3	13	13	28	27	7	12	29

Cuadro N° 134. Temperaturas registradas en Pando (Canelones) durante 1983

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	S
Total	24,8	82,8	65,1	66,5	47,2	65,0	26,7	185,2	92,9	154,2	92,7	79,1
Días	8	6	3	5	7	8	6	8	8	11	10	7
Máximo diario	11,8	25,3	39,1	26,3	18,1	33,6	14,9	90,9	46,2	36,0	29,0	32,3
Día de máxima	29	19	16	28	15	13	7	28	26	13	12	19

Cuadro N° 135. Temperaturas registradas en Libertad (San José) durante 1983

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Promedio	24,7	22,5	19,2	16,9	13,2	9,9	8,6	10,9	12,4	16,7	20,5	22,6
Promedio de máxima	30,9	28,4	26,0	21,6	17,9	14,3	13,0	15,5	17,5	22,0	26,8	27,4
Promedio de mínima	18,3	16,7	13,9	11,2	8,5	5,5	4,1	6,4	7,2	11,3	14,2	16,8

Cuadro N° 136. Temperaturas registradas en el Aeropuerto de Carrasco (Canelones) durante 1983

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Promedio	23,6	21,8	19,9	16,8	13,3	9,5	9,0	11,0	12,3	16,4	18,9	21,4
Promedio de máxima	28,1	26,2	24,8	21,6	17,1	13,3	12,7	14,9	16,4	20,7	22,3	25,5
Promedio de mínima	19,0	17,4	15,0	12,0	9,5	5,6	5,2	7,1	8,1	12,1	15,4	17,2

Cuadro N° 137. Contenido de nitratos (ppm) para el Experimento IV

Fecha fija

Tratam.	0 - 20		20 - 40	
	2°	3°	2°	3°
0	6,63	4,90	5,67	2,60
4	247,50	95,00	110,00	33,00
8	32,67	14,25	14,73	9,80
12	16,05	5,88	12,83	4,06

Cuadro N° 138. Contenido de nitratos (ppm) para el Experimento I

Nuevo

Tratam.	0 - 20		20 - 40	
	2°	3°	2°	3°
0	6,63	4,90	5,67	2,60
4	247,50	-	110,00	-
8	32,67	31,00	14,73	13,50
12	16,05	7,00	12,83	3,12

Cuadro N° 139. Contenido de nitratos (ppm) para el Experimento II

Suelo II

Profundidad		0 - 20		20 - 40	
Muestreo					
Tratam.		2°	3°	2°	3°
0		2,92	3,17	2,22	1,52
4		70,00	19,13	12,12	8,80
8		30,00	6,67	10,33	3,45
12		4,85	4,60	4,00	2,57

Cuadro N° 140. Contenido de nitratos (ppm) para el Experimento III

Profundidad		0-2-		20 - 40	
Muestreo					
Tratam.		2°	3°	2°	3°
0		2,72	0,70	1,63	0,51
4		33,00	4,30	5,50	6,75
8		7,33	-	3,98	0,80
12		3,20	0,50	3,12	0,75