

BOLETIN TECNICO N° 16

JUNIO DE 1972

Fertilización Nitrogenada del Trigo

J. L. CASTRO
J. PEREZ SANABRIA
ELSA M. DE ZAMUZ



MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA

CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"

LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY

BOLETIN TECNICO Nº 16

JUNIO DE 1972

Fertilización Nitrogenada del Trigo

J. L. CASTRO

J. PEREZ SANABRIA

ELSA M. DE ZAMUZ



MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA

CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"

LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY

FERTILIZACION NITROGENADA DEL TRIGO

I. Respuesta del Cultivo*

J. L. Castro
J. Pérez Sanabria
Elsa M. de Zamuz **

RESUMEN

Se analizaron los resultados de 99 ensayos de campo de fertilización de trigo con dosis creciente de nitrógeno en los años 1964, 1966, 1968 y 1969. Se encontró que una ecuación cuadrática podía explicar satisfactoriamente la variación de bida a niveles de nitrógeno en 95 ensayos.

Se realizó un análisis conjunto de variancia con los datos de rendimiento determinando la influencia de los factores; niveles de nitrógeno aplicado, tipo de suelo y año, en la respuesta del cultivo. Este análisis mostró un efecto estadísticamente significativo para años, niveles de nitrógeno y la interacción años por suelos.

Se analiza la eficiencia del nitrógeno en la fertilización de trigo y su variación en distintos suelos.

Se discute la importancia de estos factores en relación con las recomendaciones de fertilización y la influencia del nivel de fertilizante sobre el contenido de proteínas del grano.

Se analiza el efecto de praderas en los rendimientos, la respuesta a nitrógeno y el contenido de proteínas de un cultivo de trigo posterior.

SUMMARY

The results of 99 field experiments on wheat fertilization with increasing levels of Nitrogen in the years 1964, 1966, 1968 and 1969 were analyzed. It was found that a quadratic equation could explain satisfactorily the relationship between yields and Nitrogen levels in 95 of the 99 experiments.

An analysis of variance was performed to determine the influence on crop yield of the following factors and their interactions: level of applied Nitrogen, soil type and year. This analysis showed a significant effect for level of nitrogen, years and the interaction year by soil type.

The importance of these results in relation with the assessment of fertilizer needs was discussed.

The efficiency of nitrogen and its variation with soil type was analyzed.

The relationship between applied nitrogen levels and the protein content of the grain and its variation with the history of the field were discussed.

* Recibido para su publicación en junio de 1971.

** Técnicos del Programa de Suelos.

INTRODUCCION

Con la aplicación de nitrógeno se consiguen importantes aumentos en los rendimientos de trigo. Estos aumentos son muy variables, de acuerdo a las condiciones del suelo donde se realiza el cultivo.

Por esta causa, para obtener resultados experimentales que permitan hacer recomendaciones a los productores, la experimentación debe tratar de cubrir las condiciones diferentes que existen en cuanto a tipo de suelo y manejo anterior de la chacra.

El aporte de nitrógeno que puede realizar un suelo al cultivo depende de las condiciones de mineralización que a su vez se ven afectadas por la temperatura y la humedad en los distintos períodos de crecimiento del cultivo. La influencia de las variaciones de las condiciones climáticas en la respuesta del cultivo a la fertilización, sólo puede ser evaluada repitiendo los experimentos en distintos años.

En este Boletín se estudia la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada en distintos suelos, manejos y años, utilizando los resultados de los ensayos de fertilización nitrogenada de trigo, realizados por La Estanzuela, desde 1964 a 1969.

I — ANTECEDENTES

El empleo de fertilizantes por los productores en el cultivo de trigo, fue prácticamente inexistente en Uruguay antes de 1960.

De acuerdo a Boerger (3), las condiciones extensivas de explotación y la facilidad de arrendar nuevas tierras cuando las que se cultivaban estaban agotadas, hacían que el empleo de fertilizantes no resultara económico.

La información cuantitativa sobre la respuesta del trigo a los fertilizantes era también limitada antes de 1960. Boerger (4), en el ensayo permanente de abonos en La Estanzuela, encontró aumentos promedios de 17% para aplicaciones de aproximadamente 24 kilos de nitrógeno y 23 unidades de P_2O_5 por hectárea. La eficiencia del nitrógeno fue de ocho kilos de grano por kilo de nitrógeno, que resulta algo menor que la calculada por el Programa de Suelos, para esos niveles de aplicación. Esta diferencia es probablemente debida a que en el primer caso los niveles de fósforo resultaron limitantes.

En 1961 el Plan Agropecuario estableció una serie de ensayos sencillos de fertilización de trigo instalados en campos de productores sobre distintos suelos (Moir y Reynaert, 11), que mostraron una respuesta importante a nitrógeno y fósforo cuando se aplicaban juntos. La respuesta a potasio aparecía solamente como tendencia en algunos suelos.

Se estableció además, que existía respuesta a fósforo hasta niveles de 40 unidades por hectárea en todos los suelos, pero no a niveles superiores.

La respuesta a nitrógeno estaba condicionada por el uso anterior de la chacra y continuaba en la mayoría de las chacras hasta niveles de 40 unidades por hectárea que era el máximo utilizado en estos ensayos.

Estos trabajos fueron continuados desde 1962 por La Estanzuela, estudiándose además, por medio de ensayos factoriales NPK las interacciones entre estos elementos y otros aspectos de la fertilización de este cultivo, como método y época de aplicación de fertilizante, fuentes de nitrógeno, preparación del suelo para la siembra, influencia de la variedad en la respuesta a la fertilización.

La información obtenida hasta 1964 está incluida en el informe de Reynaert (14) al gobierno uruguayo.

Reynaert y Castro (15), analizaron los resultados experimentales obtenidos en La Estanzuela en cuanto a la respuesta del trigo al fósforo hasta 1965. Estos autores concluyen que en los suelos estudiados donde no había aplicaciones anteriores de fosfatos, la aplicación de 40 unidades de P_2O_5 por hectárea es suficiente para los requerimientos del cultivo, hasta niveles de producción de 3.000 kilos por hectárea. No se encontraron diferencias entre los distintos tipos de suelo.

Analizando la influencia de los niveles de nitrógeno aplicado sobre los requerimientos de fósforo, encontraron que la interacción nitrógeno - fósforo aparece a niveles muy bajos de estos nutrientes en suelos donde no hay respuesta a la aplicación de cada uno de ellos aisladamente. El efecto no aparece a niveles medios cuando los nutrientes dejan de ser extremadamente limitantes, y vuelve a aparecer a niveles muy altos de nitrógeno donde las aplicaciones elevadas de fósforo atenúan la disminución de rendimientos. Estos resultados coinciden con los de Cope y Hunter (7), que en una revisión sobre interacciones nitrógeno - fósforo encontraron también que ese efecto es muy poco frecuente en los cereales y en algunos casos estaba asociado al vuelco a niveles muy altos de nitrógeno.

De acuerdo a estas conclusiones la expresión comúnmente empleada en los estudios de superficie de respuesta de la interacción nitrógeno - fósforo por un término lineal, puede introducir un sesgo importante en la parte media de la superficie. Esto afecta

rá los cálculos económicos desplazando los puntos óptimos de aplicación, y este efecto será importante cuando se trabaje en suelos pobres y con rangos amplios de aplicación. Esto último es generalmente recomendado para estudios económicos, ver por ejemplo Tejeda (18).

Desde 1962 existe un sistema de recomendaciones para la fertilización de trigo elaborado por el Programa de Suelos de La Estanzuela tomando en cuenta el tipo de suelo, el uso anterior de la chacra y la variedad de trigo utilizada.

Este sistema ha sido dado a conocer a través de los Servicios de Información y Extensión de este Centro y ha estado respaldado por un sistema de créditos del Banco República y subsidios oficiales a los fertilizantes. Esto ha provocado el incremento del área de trigo fertilizada que ha pasado de un 3% del área total en 1961 a más de 10% desde 1962 a 1966 y a más del 40% en 1967, 68 y 69. La aceptación creciente de esta práctica por los productores, está haciendo cada vez más frecuente las siembras en chacras fertilizadas anteriormente. En consecuencia, los requerimientos están cambiando, sobre todo con respecto al fósforo, a causa de su efecto residual.

Estos cambios tendrán que ser contemplados en los futuros sistemas de recomendación.

Es posible también que con los aumentos de rendimientos comiencen a aparecer deficiencias de otros nutrientes en algunos suelos. Esto es muy probable para el caso del potasio en algunos suelos sobre Cretácico y sobre Limos de Fray Bentos donde ya se ha encontrado en algunos años respuesta a este nutriente.

II — MATERIALES Y METODOS

Los ensayos considerados en este estudio se instalaron en los años 1964, 66, 68 y 69 en chacras de productores trigueros de los departamentos de Río Negro, Soriano y Colonia.

La mayoría de los suelos dedicados a trigo en esta zona están desarrollados sobre los materiales geológicos de la Formación Fray Bentos y Formación Libertad. (Bossi 5). Sobre estas dos formaciones se instalaron los ensayos en dos grandes grupos de suelos: suelos pardos de pradera y suelos negros de Pradera (Riecken 16). Se estudiaron entonces cuatro tipos de suelos: suelos pardos sobre Libertad, suelos pardos sobre Fray Bentos, suelos negros sobre Libertad y suelos negros sobre Fray Bentos.

De acuerdo con la historia de la chacra se trató de ubicar los ensayos de modo de cubrir la mayor variabilidad posible, incluyendo lugares en que se habían realizado rotaciones con pasturas, a

pesar de lo cual la mayoría de los ensayos se hicieron en chacras viejas por ser las más frecuentes en el área triguera.

Aunque el manejo del cultivo en los ensayos fue fundamentalmente el mismo que en el resto de la chacra, se trató de uniformizar dentro de lo posible las condiciones de preparación de suelo y época de siembra para los distintos ensayos. En general se hizo una arada temprana en marzo - abril y una segunda arada, si había mucha maleza, o una disqueada, inmediatamente antes de la siembra. La cantidad de semilla sembrada varió de 100 - 110 kgs/ha. y la fecha de siembra se prolongó desde julio a mediados de agosto, dependiendo de las condiciones climáticas.

Las variedades de trigo utilizadas fueron Klein Impacto en 1964 y 1966 y Estanzuela Sabiá en 1968 y 1969 dado que el Klein Impacto se retiró de cultivo por su susceptibilidad a la roya.

En 1964 y 1966 el tamaño de cada parcela era de 250 m² (5 x 50 m) y los datos de rendimiento se obtenían empleando la cosechadora del productor; en 1968 y 1969 se contó con una cosechadora Suzue Combinada automotriz de 0,60 m de ancho de corte, lo que permitió reducir el tamaño de la parcela a 40 m² (2 x 20 m).

En todos los años se aplicó un nivel básico de fósforo de 60 unidades por há. en forma de superfosfato y dosis crecientes de N espaciadas en 20 unidades de 0 — 20 — 40 — 60 y 80 en 1964, ampliándose los tratamientos a 100 unidades en 1966 y a 120 en 1968 y 69.

El fertilizante empleado fue urea aplicada en el momento de la siembra. Las dosis superiores a 40 unidades se fraccionaban aplicando 40 en la siembra y el resto en el macollaje.

El control de malezas y plagas se realizó conjuntamente con el productor.

La estimación de los rendimientos se realizó con un corte de cosechadora en el centro de la parcela dejando marchar la máquina en vacío durante 3 minutos entre parcela y parcela cuando se utilizaba la cosechadora del productor. Desde 1968 se utilizó la cosechadora Suzue haciendo un corte central de 0,60 m. a lo largo de toda la parcela, tomándose el total de la muestra de cada parcela y completando la limpieza en La Estanzuela.

Se obtuvieron los pesos de semilla sucia y limpia expresando los resultados finales en kg/ha. de grano limpio.

Los tratamientos se dispusieron en bloques completos al azar con 3 repeticiones, salvo en 1966 en que se hicieron 4 repeticiones.

III — RESULTADOS Y ANALISIS ESTADISTICOS

En el Cuadro 1 se resume la información lograda en cuatro años de experimentación en 99 lugares experimentales. Los ensayos fueron agrupados por año y por tipo de suelo.

CUADRO 1

Lugar	Año	Suelo	Producción de grano en kg/ha. con niveles de										Coeficientes de Regresión			R ²
			0	20	40	60	80	100	120	Intercepto	Lineal	Cuadrático				
1	1964	1	2281	2644	2717	2677	2705					2316,55	15,61	-0,140	0,88	
2	"	"	1632	1751	2076	2405	2448					1583,99	13,56	-0,027	0,95	
3	"	"	1604	1865	1836	2174	2231					1623,10	8,43	-0,008	0,91	
4	"	"	2209	2490	2899	2987	3051					2183,46	21,67	-0,135	0,98	
5	"	"	1418	1452	1975	2169	2188					1337,66	16,44	-0,064	0,90	
6	"	"	1961	2237	2555	2650	3002					1971,47	13,50	-0,013	0,95	
7	"	"	2163	2446	2714	2774	2714					2148,56	19,91	-0,160	0,99	
8	"	2	1714	1897	2034	2178	2157					1704,47	11,52	-0,071	0,98	
9	"	"	2319	2598	2677	2687	2747					2344,04	11,97	-0,091	0,94	
10	"	"	2386	2479	2654	2572	2634					2381,88	7,48	-0,057	0,83	
11	"	3	2242	3307	3902	4179	4392					2584,35	41,56	-0,239	0,99	
12	"	"	1813	1822	2546	2693	2916					1815,34	20,91	-0,092	0,99	
13	"	"	1556	1719	2306	2560	2818					1498,39	18,86	-0,026	0,97	
14	"	"	1962	2606	3408	3594	3452					1898,31	51,10	-0,391	0,98	
15	"	"	2472	2779	3224	3782	3877					2420,03	23,48	-0,055	0,96	
16	"	4	2191	2741	3081	3134	3426					2206,65	26,70	-0,152	0,97	
17	"	"	1451	2092	2006	2260	2553					1547,52	16,94	-0,064	0,73	
18	"	"	2185	2702	3358	3750	3592					2114,73	42,36	-0,288	0,97	
19	"	"	1822	2284	2822	3070	3376					1809,76	28,09	-0,108	0,98	
20	"	"	2287	2939	3406	3397	3506					2304,51	36,81	-0,279	0,97	
21	1966	1	1068	1208	1425	1402	1512	1494				1063,39	9,75	-0,054	0,93	
22	"	"	1304	1473	1558	1612	1564	1611				1319,70	7,74	-0,051	0,94	

Lugar	Año	Suelo	Producción de grano en kg/ha. con niveles de							Coeficientes de Regresión			R ²
			0	20	40	60	80	100	120	Intercepto	Lineal	Cuadrático	
23	1966	1	2256	2255	2248	2182	1951	1802		2250,08	2,68	-0,073	0,98
24	"	"	2372	2367	2331	2276	2214	2212		2384,04	-1,485	-0,004	0,94
25	"	"	1542	1683	1608	1685	1770	1700		1560,05	3,44	-0,018	0,64
26	"	"	1784	2111	2264	2326	2468	2372		1712,58	15,36	-0,085	0,96
27	"	"	1743	2004	2039	2138	2136	2118		1768,96	10,27	-0,069	0,95
28	"	"	1494	1654	1696	1818	1895	1892		1498,62	7,07	-0,030	0,97
29	"	"	1660	1769	1749	1855	2007	1831		1648,39	5,68	-0,033	0,67
30	"	"	1378	1684	1609	1760	1651	1769		1434,43	7,68	-0,048	0,69
31	"	"	1011	1187	1188	1365	1634	1645		1078,14	5,60	-0,011	0,94
32	"	"	1007	1033	1194	1205	1388	1453		994,07	3,64	-0,013	0,96
33	"	"	1340	1610	1623	1829	1907	2022		1369,30	8,73	-0,023	0,96
34	"	"	774	1218	1373	1539	1363	1482		820,58	19,04	-0,131	0,76
35	"	"	928	1132	1263	1556	1637	1750		915,96	11,38	-0,029	0,98
36	"	"	1127	1487	1652	1752	1967	1984		1155,01	15,08	-0,07	0,98
37	"	"	1743	2046	2217	2271	2299	2411		1776,86	12,76	-0,068	0,96
38	"	"	1228	1319	1445	1513	1715	1672		1211,86	6,64	-0,017	0,94
39	"	3	879	908	1311	1312	1331	1308		824,39	12,88	-0,080	0,88
40	"	"	1014	977	979	993	948	927		1002,84	-0,238	-0,005	0,79
41	"	"	1121	1574	1919	1814	1933	2180		1194,04	17,59	-0,086	0,89
42	"	"	1176	1476	1712	1883	2116	2094		1169,07	16,79	-0,072	0,93
43	"	"	1239	1518	1779	1785	1901	1883		1248,79	15,49	-0,092	0,98
44	"	"	1139	1315	1429	1518	1510	1616		1153,34	8,107	-0,037	0,97
45	"	"	1065	1404	1543	1617	1891	1903		1098,30	12,94	-0,048	0,96
46	"	"	1330	1382	1660	1709	1908	1817		1283,18	10,41	-0,046	0,91

Lugar	Año	Suelo	Producción de grano en kg/ha. con niveles de							Coeficientes de Regresión			R ²
			0	20	40	60	80	100	120	Intercepto	Lineal	Cuadrático	
47	1966	3	1039	1169	1474	1621	1730	1783		1003,41	13,09	-0,052	0,98
48	"	"	2156	2267	2309	2220	2314	2321		2183,14	2,66	-0,014	0,57
49	"	"	1165	1420	1559	1587	1612	1587		1268,42	12,85	-0,081	0,97
50	"	"	1553	1535	1537	1440	1452	1386		1556,42	-0,806	-0,009	0,86
51	"	"	1063	1287	1527	1616	1744	1843		1059,56	13,39	-0,057	0,99
52	"	"	1064	1157	1093	1071	1021	1003		1133,70	2,60	-0,02	0,23
53	"	"	1409	1668	1922	1743	1732	1927		1439,27	12,06	-0,073	0,65
54	"	"	1892	2110	2285	2180	2131	2386		1809,44	12,53	-0,081	0,63
55	1968	1	1011	1170	1291	1459	1424	1394	1282	991,08	11,47	-0,075	0,97
56	"	"	594	926	1201	1499	1782	1771	1688	545,93	22,54	-0,105	0,98
57	"	"	1256	1587	1687	2150	2035	2006	1889	1230,49	19,94	-0,120	0,92
58	"	"	885	1148	1512	1641	1739	1605	1508	867,01	20,19	-0,129	0,99
59	"	"	612	816	1072	1479	1316	1304	1543	595,81	15,41	-0,069	0,89
60	"	"	812	1385	1314	1724	1518	1426	1367	887,63	19,53	-0,134	0,81
61	"	"	517	703	647	853	864	908	927	532,47	5,91	-0,022	0,90
62	"	"	1855	2154	2346	2885	2495	2716	3202	1906,02	12,27	-0,023	0,82
63	"	"	977	1391	1502	1615	1943	1960	2076	1024,63	14,16	-0,046	0,97
64	"	"	1815	2171	2168	2118	2684	2451	2526	1853,79	10,45	-0,039	0,75
65	"	"	1205	1543	1609	1895	1255	1507	1484	1293,54	10,46	-0,081	0,49
66	"	"	1194	1551	1752	1743	2076	1844	1809	1210,22	17,19	-0,102	0,90
67	"	"	2007	2149	2338	2262	1885	1793	1958	2083,69	4,42	-0,056	0,49
68	"	"	2430	2950	2893	2611	2503	2220	2499	2644,17	4,165	-0,059	0,36
69	"	3	498	873	1230	1733	1824	2131	1949	433,16	27,12	-0,115	0,98
70	"	"	1024	1579	1617	1797	1958	1596	1570	1081,82	21,24	-0,147	0,87

Lugar	Año	Suelo	Producción de grano en kg/ha. con niveles de							Coeficientes de Regresión			R ²
			0	20	40	60	80	100	120	Intercepto	Lineal	Cuadrático	
71	1968	3	1263	1341	1855	1914	1382	1161	1050	1235,82	18,09	-0,173	0,71
72	"	"	448	701	1019	1308	1583	1581	1686	401,36	19,24	-0,070	0,99
73	"	"	580	989	1070	1455	1178	1466	1698	161,76	12,09	-0,035	0,86
74	"	"	1547	2062	1923	2043	1701	1643	1959	1730,74	5,72	-0,045	
75	"	"	982	1149	1247	1382	1291	1278	1333	998,78	8,01	-0,05	0,88
76	"	"	1202	1330	1422	1639	1060	1488	1404	1246,14	4,46	-0,029	
77	"	"	2063	1878	1974	2037	1932	1860	1828	1998,13	0,08	-0,012	
78	1969	1	666	1359	1284	1313	1322	1359	1385	838,38	13,97	-0,084	0,72
79	"	"	1173	1745	2247	2262	2202	1889	2433	1302,39	22,76	-0,130	0,48
80	"	"	2117	2170	2699	2904	2979	2746	2881	2025,88	19,69	-0,109	0,88
81	"	"	1129	1597	1849	2117	2104	2220	2355	1182,41	19,64	-0,087	0,65
82	"	"	1894	2784	2806	2882	2715	2927	2867	2107,78	20,86	-0,127	0,72
83	"	"	1018	1564	1596	1329	1767	1973	1698	1130,42	11,92	-0,054	0,63
84	"	"	452	786	839	634	940	958	864	503,55	9,87	-0,065	0,53
85	"	"	1239	1387	1396	1413	1484	1360	1245	1243,35	6,79	-0,056	0,87
86	"	3	1765	1955	2370	2503	2838	2580	2576	1690,58	21,48	-0,117	0,92
87	"	"	2351	2441	2442	2531	2430	2710	2566	2360,88	2,65	-0,005	0,59
88	"	"	2391	1931	2423	2221	2443	2470	2486	2243,81	0,764	0,027	0,32
89	"	"	730	1210	1434	1461	1938	1710	1391	717,85	25,36	-0,159	0,91
90	"	"	1071	1272	1654	1949	1551	1852	1687	1050,03	18,11	-0,108	0,79
91	"	"	1070	1664	1430	1264	1468	1521	1550	1257,88	4,44	-0,019	0,22
92	"	"	374	689	759	723	824	797	909	450,03	7,74	-0,036	0,83
93	"	"	1166	1251	1518	1966	2002	1932	1963	1065,89	17,50	-0,083	0,91
94	"	"	993	1268	1121	1120	1223	1498	1872	1123,91	-4,33	-0,084	0,86

Lugar	Año	Suelo	Producción de grano en kg/ha. con niveles de							Coeficientes de Regresión			R ²
			0	20	40	60	80	100	120	Intercepto	Lineal	Cuadrático	
95	1969	3	981	1197	1350	1502	1366	1103	1334	1013,27	10,81	-0,077	0,57
96	"	"	1198	1613	2051	1477	1948	1931	1741	1285,93	15,31	-0,095	0,53
97	"	"	1828	2436	2422	2822	2677	2673	2523	1921,68	18,12	-0,109	0,88
98	"	"	796	1156	1125	1060	1326	1232	1090	850,81	9,94	-0,064	0,67
99	"	"	765	964	1805	1693	1799	1857	1866	727,61	24,88	-0,132	0,89

La mayoría de los experimentos se realizaron sobre suelos Pardos de Pradera (Praderas Pardas) desarrollados en dos materiales madres diferentes; el número 1 de la 3er. columna del Cuadro 1 corresponde a Praderas Pardas sobre Fray Bentos y el número 3 a Praderas Pardas sobre la formación Libertad.

En 1964 se instalaron algunos experimentos en suelos negros de praderas (Praderas Negras) sobre materiales madres de Fray Bentos y Libertad, números 2 y 4 del Cuadro 1, respectivamente.

Los rendimientos promedios de las repeticiones en cada lugar expresados en kg/ha. para los diferentes niveles de nitrógeno aplicado, se muestran en las columnas 4 a 10 del Cuadro 1.

A los datos de cada lugar se ajustó por el método de cuadrados mínimos, una regresión de rendimientos sobre nitrógeno aplicado.

La ecuación empleada fue del tipo $Y = a + b_1 X + b_2 X^2$ donde Y = representa el rendimiento de trigo en kg/ha.

a = intercepto

x = nitrógeno agregado (expresado en kg/ha. de N)

b_1 y b_2 = coeficiente lineal y cuadrático de la regresión.

El Cuadro 1 muestra también el intercepto y los coeficientes lineal y cuadrático de la ecuación de regresión calculada para cada lugar experimental. En la última columna del Cuadro se indican los valores de los coeficientes de correlación múltiple (R^2), determinados por el cociente entre la suma de cuadrados debidos a regresión, sobre la suma de cuadrados debida a tratamientos. Este valor nos indica la variación explicada por la regresión en relación a la variación total debida a la fertilización. En más de 50% de los casos el valor de R^2 es superior a 90% y solamente en 4 casos es inferior al 40%.

Posteriormente a la determinación de las regresiones por lugar, se agrupó la información referente a los promedios de los tratamientos de cada lugar para los suelos Pardos de Pradera sobre Fray Bentos y Libertad y por año, ajustándose con estos resultados una curva de regresión; los valores de estas curvas están expresados en el Cuadro 2.

Año 1964 — Fray Bentos	$Y = 1.883,21 + 15,6775 N - 0,0798 N^2$
Año 1964 — Libertad	$Y = 2.100,52 + 27,191 N - 0,11675 N^2$
Año 1966 — Fray Bentos	$Y = 1.443,95 + 8,3803 N - 0,04376 N^2$
Año 1966 — Libertad	$Y = 1.299,23 + 9,92 N - 0,04945 N^2$
Año 1968 — Fray Bentos	$Y = 1.242,70 + 14,042 N - 0,0793 N^2$
Año 1968 — Libertad	$Y = 1.100,74 + 13,502 N - 0,078275 N^2$
Año 1969 — Fray Bentos	$Y = 1.246,52 + 16,1915 N - 0,08937 N^2$
Año 1969 — Libertad	$Y = 1.269,44 + 12,8285 N - 0,0673 N^2$

CUADRO 2. Ecuaciones de Regresión por suelo y por año, para los suelos pardos de pradera sobre Fray Bentos y Libertad.

No se incluyó en este análisis el ensayo N° 91 donde gráficamente se estimó que la respuesta al nitrógeno no concordaba con la de los demás ensayos.

En las regresiones de rendimiento sobre N aplicado, para cada año y suelo, se apreciaron diferencias cuantitativas, pero no parecían existir diferencias cualitativas, o sea, que la forma de las curvas de respuesta era similar, lo que llevó a realizar una prueba de comparación de regresiones (Método de Snedecor y Cochran) descrito en Rao (13) en la que se compararon los coeficientes de N sin intervenir los interceptos.

No se encontraron diferencias significativas entre los coeficientes estudiados, calculándose por lo tanto, una curva de respuesta común para todos los suelos de Pradera Parda y por año (Cuadro 3). Esto significa que aunque los niveles de producción pueden variar entre lugares, las respuestas a nitrógeno son esencialmente idénticas. Los coeficientes de correlación múltiple fueron calculados en este caso sobre la variación total.

Año	Ecuación	R^2	N máximo en kg/ha.
1964	$Y = 1.966,18 + 23,335 N - 0,1306 N^2$	0,571	89
1966	$Y = 1.369,68 + 8,448 N - 0,0364 N^2$	0,346	116
1968	$Y = 1.198,24 + 13,129 N - 0,0745 N^2$	0,334	88
1969	$Y = 1.237,23 + 13,055 N - 0,0709 N^2$	0,309	92
Todos los años	$Y = 1.407,86 + 15,865 N - 0,1080 N^2$		

CUADRO 3. Ecuaciones de Regresión para todos los Suelos y fertilización necesaria para llegar al rendimiento máximo.

A esta misma conclusión se llega con la información obtenida del análisis factorial conjunto.

Debido a las condiciones en que se realizaron los experimentos, era de esperar, que en distintas formas incidieran factores incontrolables, los cuales influirían sobre el error experimental.

Esto trae como consecuencia que la variabilidad natural entre parcelas en un lugar, difiere de la de otros lugares. De aquí se espera a priori que las varianzas del error experimental cambien de lugar a lugar, lo que no permite el análisis en conjunto.

Teniendo en cuenta esto, antes de realizar el análisis conjunto de todos los experimentos se efectuó la prueba de Bartlett (1) de homogeneidad de varianzas de los cuadrados medios del error (S^2).

Se analizaron los experimentos agrupándolos por tipo de suelo y por año y se eliminaron del conjunto de experimentos aquellos cuyas varianzas del error no eran homogéneas ($P: 5\%$).

Los experimentos eliminados para el análisis conjunto por tener varianzas significativamente diferentes fueron los siguientes:
 para el año 1964 — suelo 1 — experimento 5
 para el año 1966 — suelo 3 — experimento 49 — 52
 para el año 1968 — suelo 1 — experimento 55 - 58 - 60 - 62 - 66
 para el año 1968 — suelo 3 — experimento 75
 para el año 1969 — suelo 3 — experimento 88 — 98

Posteriormente se realizó el análisis de varianza en conjunto para los cuatro años y dos suelos: Praderas pardas sobre Fray Bentos y Praderas pardas sobre Libertad, y cinco niveles de nitrógeno, se determinaron las interacciones de primero y segundo orden para estos factores.

Aunque el número de tratamientos fue diferente en los cuatro años estudiados, se tuvieron en cuenta para este análisis los primeros cinco niveles de N que se repitieron durante todos los años.

Se empleó como método de cálculo la aproximación usada por Federer, para el análisis de varianza de experimentos con desigual número de observaciones en las sub-clases, en un factorial de triple clasificación. Federer y Zelen (8), (9).

Para realizar el cálculo se ordenaron los datos de los experimentos en una tabla de triple entrada en la que se colocaron las medias de las subclases observadas, como estimaciones de las verdaderas medias de subclases.

Se consideraron como subclases los rendimientos promedios de cada nivel de nitrógeno para todos los sitios estudiados en cada suelo y año, obteniéndose de esta manera, 40 subclases.

Se hizo un análisis de varianza preliminar, considerando a las subclases como tratamientos; para probar que los promedios de las subclases eran significativamente diferentes y así poder continuar con el análisis.

La información final lograda por este análisis, está indicada en el Cuadro 4.

Origen de variación	Análisis de Varianza		
	G.L.	C.M.	F.c.
Sub - clases	39	1.974.759,07	8,36 **
A1 años	3	17.373.669,00	73,63 **
A2 suelos	1	237.223,15	1,005
A3 niveles	4	5.258.827,72	22,29 **
A1 x A2	3	1.559.013,33	6,61 **
A1 x A3	12	309.761,91	1,31
A2 x A3	4	216.056,70	0,92
A1 x A2 x A3	12	100.886,25	0,43
Error	365	235.946,73	
Total	404		

CUADRO 4. Análisis estadístico conjunto de los factores simples y sus interacciones.

IV — DISCUSION

Los resultados presentados en el Cuadro 1 pueden considerarse por el número y la metodología experimental, representativos de las condiciones actuales de los suelos pardos de pradera sobre Libertad y Fray Bentos. Es posible que no suceda lo mismo

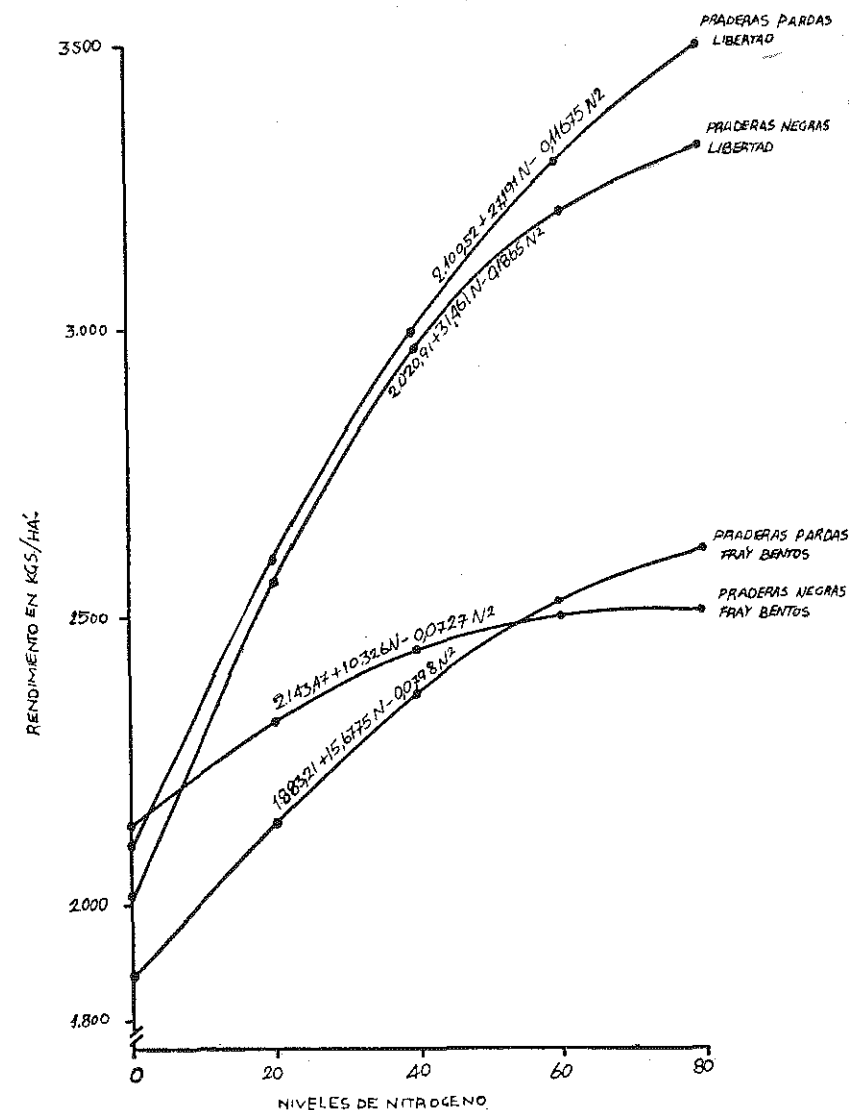


Figura 1. Respuesta al nitrógeno en diferentes tipos de suelos y materiales madres. Año 1964.

para las praderas negras donde el número de ensayos instalados resulta insuficiente para realizar generalizaciones.

Los coeficientes lineales son positivos con la excepción de los ensayos instalados sobre pasturas que se discutirán más adelante. Los coeficientes cuadráticos son negativos indicando las caídas de rendimientos que se producen a niveles altos de fertilización.

La relación entre estos dos coeficientes hace que la respuesta sea prácticamente lineal hasta niveles de 40 unidades de nitrógeno.

La cantidad de nitrógeno para alcanzar el rendimiento máximo varía en los distintos años entre 88 y 116 kg. de nitrógeno por hectárea. (Cuadro 3).

En la Figura 1 se muestran las curvas de respuesta ajustadas para cuatro suelos en el año 1964. En este caso las respuestas se agrupan por formación geológica, es decir, las praderas pardas y las praderas negras sobre Libertad presentan respuestas similares y lo mismo sucede con los dos suelos sobre Fray Bentos. Muy probablemente esto se debe a distintas condiciones climáticas en las dos zonas en ese año. En la misma Figura puede observarse una tendencia a alcanzar los niveles máximos de rendimiento a niveles más bajos de aplicación de nitrógeno en las praderas negras, lo que estaría de acuerdo con las conclusiones de Reynaert (14).

El análisis estadístico conjunto (Cuadro 4) muestra efectos años y niveles de fertilización altamente significativos y una interacción de suelos por año también altamente significativa.

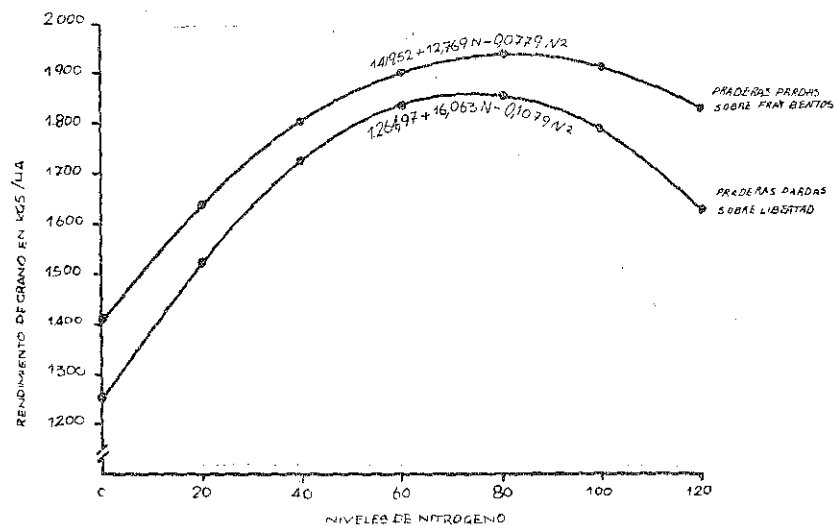


Figura 2. Respuesta al nitrógeno por tipo de suelos agrupados para todos los años.

Estos resultados sugieren que los factores climáticos son más importantes que el factor suelo, en la determinación de los niveles de rendimiento. Por otra parte, los dos suelos considerados en este análisis son praderas pardas de características morfológicas similares. En la Figura 2 se muestran los rendimientos para el conjunto de los cuatro años en los dos suelos. El paralelismo de las curvas indica que los requerimientos de nitrógeno para el trigo son esencialmente idénticos en los dos tipos de suelos analizados.

La interacción suelos por años se explica por la asociación

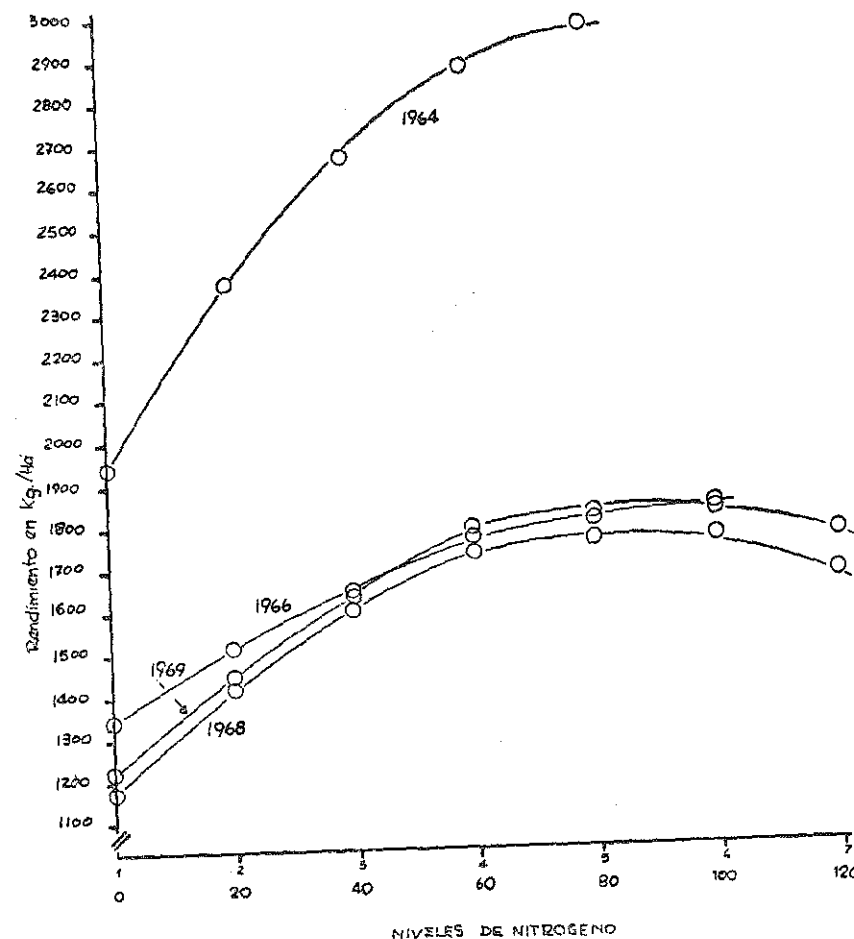


Figura 3. Respuesta de los experimentos en Praderas Pardas desarrolladas sobre Libertad y Fray Bentos agrupadas por año para los diferentes niveles de nitrógeno.

de los suelos a zonas geográficas que pueden presentar características climáticas distintas en el mismo año.

La interacción de años por tratamientos no es significativa, es decir, que los niveles de nitrógeno producen aumentos promedios similares en distintos años. Esto resulta muy importante en los estudios económicos, ya que significa que los óptimos económicos no dependen de factores climáticos. En la Figura 3 se muestra gráficamente este efecto. Las líneas de rendimiento resultan aproximadamente paralelas en los distintos años con la excepción de 1964 donde las respuestas a la fertilización fueron extraordinariamente elevadas. Se destaca en la misma gráfica la gran importancia de los factores climáticos en los rendimientos. Los niveles de producción de los tratamientos sin nitrógeno superan en 1964, un año excepcionalmente bueno desde el punto de vista climático, a los niveles máximos de los demás años. Es decir, que el efecto de las condiciones climáticas del año puede ser tan o más importante que la fertilización, en la determinación de los rendimientos.

Es entonces posible que un mejor conocimiento de los factores climáticos que ocasionan estas variaciones en los rendimientos y de su acción sobre el cultivo, contribuya a desarrollar técnicas que permitan disminuirlas.

EFICIENCIA DE NITROGENO

El coeficiente lineal de nitrógeno puede tomarse como un índice de la eficiencia de nitrógeno a niveles bajos de aplicación. Este coeficiente representa la eficiencia inicial. Al aumentar las dosis de aplicación la eficiencia baja en razón directa a la dosis.

En promedio, de acuerdo a la ecuación general de respuesta (Cuadro 3) calculada para todos los suelos y años este coeficiente tiene un valor de 15,865.

La disminución debida al coeficiente cuadrático puede calcularse multiplicando la dosis por dicho coeficiente. El valor del coeficiente cuadrático calculado para la ecuación general de todos los suelos y años es $-0,108$, por lo tanto, esta disminución sería en promedio de 2,16 por kilo de nitrógeno en el nivel 20 de aplicación y de 4,32 por kilo de nitrógeno en el nivel 40.

La eficiencia promedio sería entonces 13,7 para el nivel 20 de aplicación y de 11,5 para el nivel 40. Este valor resulta bastante mayor que el calculado por J. S. Russell (17) de $7,2 \pm 1,4$ por kilo de nitrógeno para las primeras 23 unidades y de $5,1 \pm 0,9$ kg. para las 46 primeras unidades en Australia y similar a los datos de Bullen and Lessels para un gran número de experimentos en Inglaterra, de 12 — 14 kg. de grano por unidad de N al nivel 31, mencionados por el mismo autor.

Interesa conocer también la variabilidad del coeficiente lineal. En la Figura 4 se muestra la distribución de la eficiencia para el

total de años en suelos sobre Libertad, sobre Fray Bentos y total de suelos.

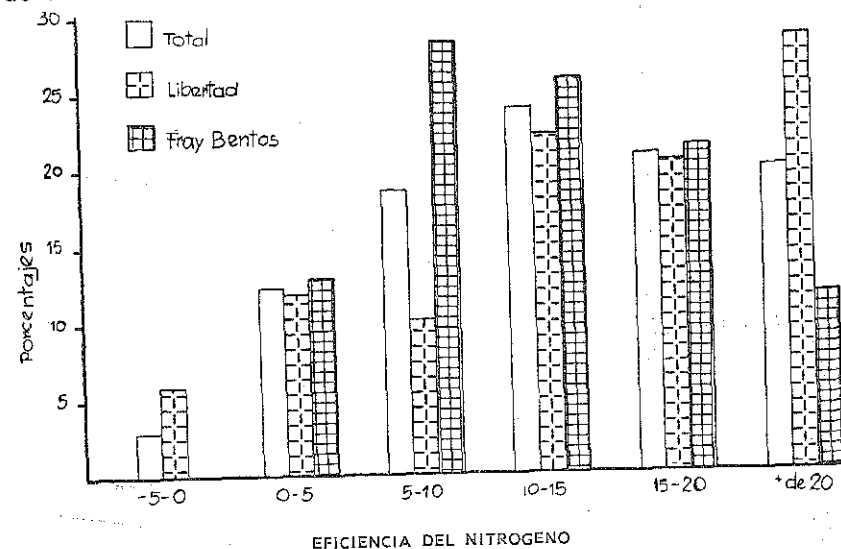


Figura 4. Distribución de la eficiencia del nitrógeno en suelos sobre Libertad, suelos sobre Fray Bentos y Total de suelos.

Considerando el total de suelos, en el 65% de los casos el coeficiente lineal es superior a 10. Existen diferencias entre los suelos sobre Libertad y sobre Fray Bentos. En los suelos sobre Fray Bentos en el 54% de los casos se encuentra un coeficiente entre 5 y 15 y el 75% está entre 5 y 20, y solamente en un 10,8% es superior a 20. En los suelos sobre Libertad el 43% está entre 10 y 20 y el 72% es superior a 10. La eficiencia en el 28,6% de los casos supera a 20.

Es posible que esa diferencia entre la eficiencia del N en estos 2 tipos de suelos se deba a diversos factores. Las características en cuanto a aportes de otros nutrientes como K asociados a cada formación, y los que surgen de diferencias en las prácticas de manejo de suelo y de cultivo en las zonas en que se encuentran los suelos.

Hemos visto también que existe interacción entre efecto año y tipo de suelo, es decir, que las condiciones climáticas han sido distintas en el mismo año en los dos suelos, lo cual puede ser otra causa para esa diferencia.

FERTILIZACION Y PROTEINA EN EL GRANO

Los trabajos ya clásicos de Coic (6), han mostrado el camino para determinar, basándose en la fisiología de las plantas, los niveles y tiempos de aplicación de nitrógeno, de manera de utilizar

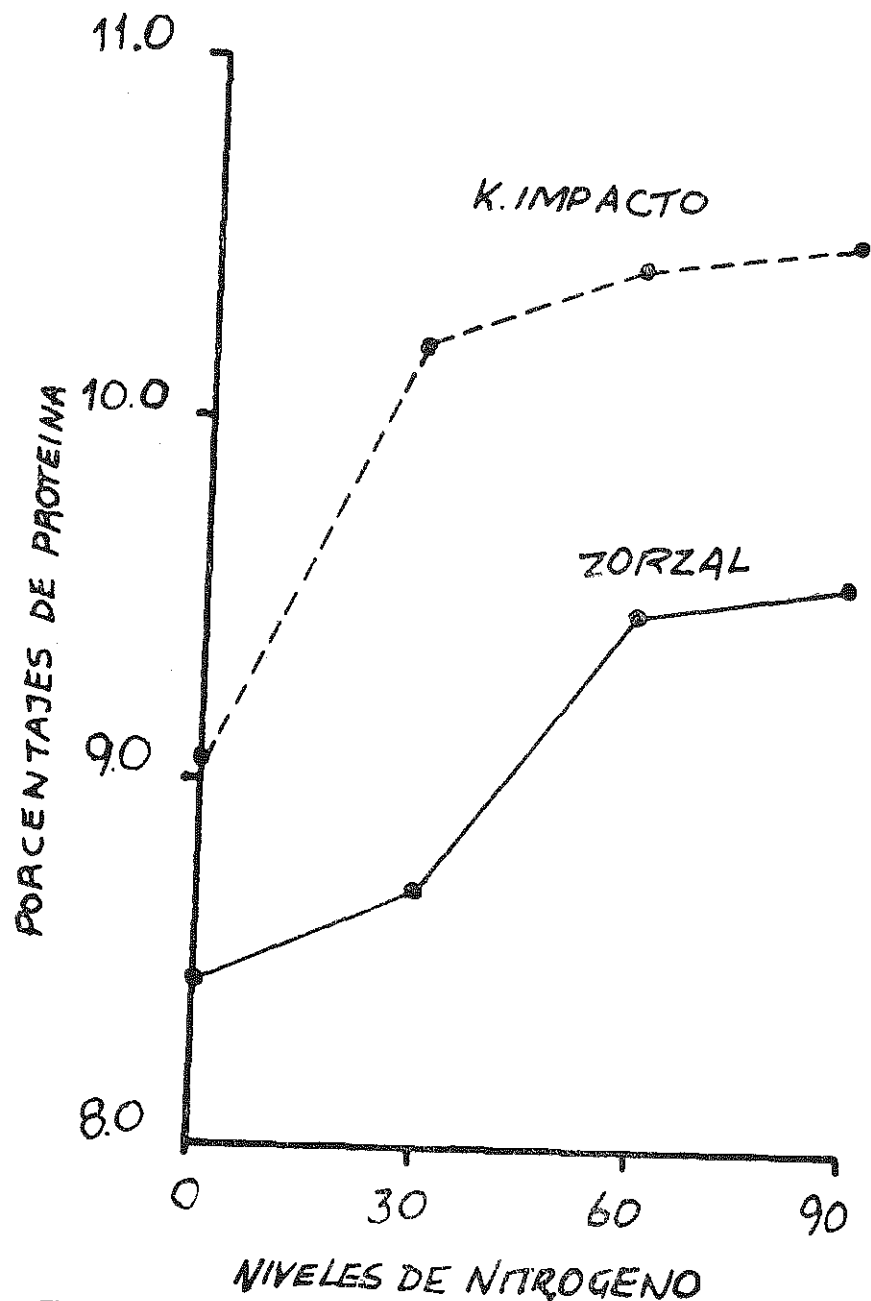


Figura 5. Porcentaje de proteína en el grano a dosis crecientes de nitrógeno en dos variedades de trigo.

más eficientemente los abonos nitrogenados. Es decir, prevenir la acumulación innecesaria en las hojas ordenando las aplicaciones de manera de que el nitrógeno suministrado sea utilizado para aumentar los rendimientos y el porcentaje de proteína del grano. Sin embargo, las conclusiones prácticas sobre tiempo de aplicación de nitrógeno que deriva Coic, no pueden generalizarse. Beveridge, Jarvis y Ridgman (2) han mostrado la imposibilidad de relacionar tiempo óptimo de aplicación de nitrógeno a estados de desarrollo del cultivo, mientras no se determine la influencia de los factores ambientales. Es posible también que Coic (6) haya subvaluado la importancia de la movilidad del nitrógeno dentro de la planta y por lo tanto la utilización del nitrógeno acumulado en las primeras etapas del desarrollo para el crecimiento posterior. Neales, Anderson y Wardlaw (12) señalan el doble papel de las hojas y glumas en el suministro de nitrógeno a la espiga, indirecto al promover la entrada de nitrógeno al tallo a través de la evapotranspiración, y directamente al aportar nitrógeno que es trasladado al grano durante la senescencia.

El contenido de proteína del grano depende de factores ambientales y genéticos además de la disponibilidad de nitrógeno en el suelo. Los resultados presentados por Hutcheon y Paul (10) sugieren que en ausencia de factores ambientales limitantes, las dosis crecientes de nitrógeno aumentan el porcentaje de proteína en el grano hasta un límite que es probablemente determinado genéticamente. Cuando existen otros factores limitantes de los rendimientos (Hutcheon y Paul utilizaron deficiencias hídricas en sus experimentos) los porcentajes de proteína en el grano superan en varios puntos a los máximos genéticos en condiciones óptimas.

En algunos de los ensayos de fertilización realizados por La Estanzuela se han hecho determinaciones de contenido de nitrógeno en el grano. En la Figura 5 se muestran los porcentajes de proteína en el grano en dos variedades de trigo a dosis creciente de nitrógeno. Estos datos fueron tomados de un ensayo de aplicación fraccionada de nitrógeno instalado en el Centro en 1966. Corresponden a las respuestas a una sola aplicación en la siembra.

Las dos variedades tienden a un porcentaje máximo de proteína al aumentar las dosis de nitrógeno, pero este máximo es diferente en cada variedad.

En la Figura 6 se muestran las relaciones entre nitrógeno agregado y rendimiento de grano, rendimiento de nitrógeno en el grano y porcentaje de proteínas en 31 de los 34 ensayos instalados en 1966.

El porcentaje de proteína en el grano disminuye en la primera dosis de nitrógeno donde el efecto de "dilución" por aumento de rendimiento es mayor; para subir hasta la dosis de 80 unidades después de la cual el aumento es muy limitado. En la dosis de 100

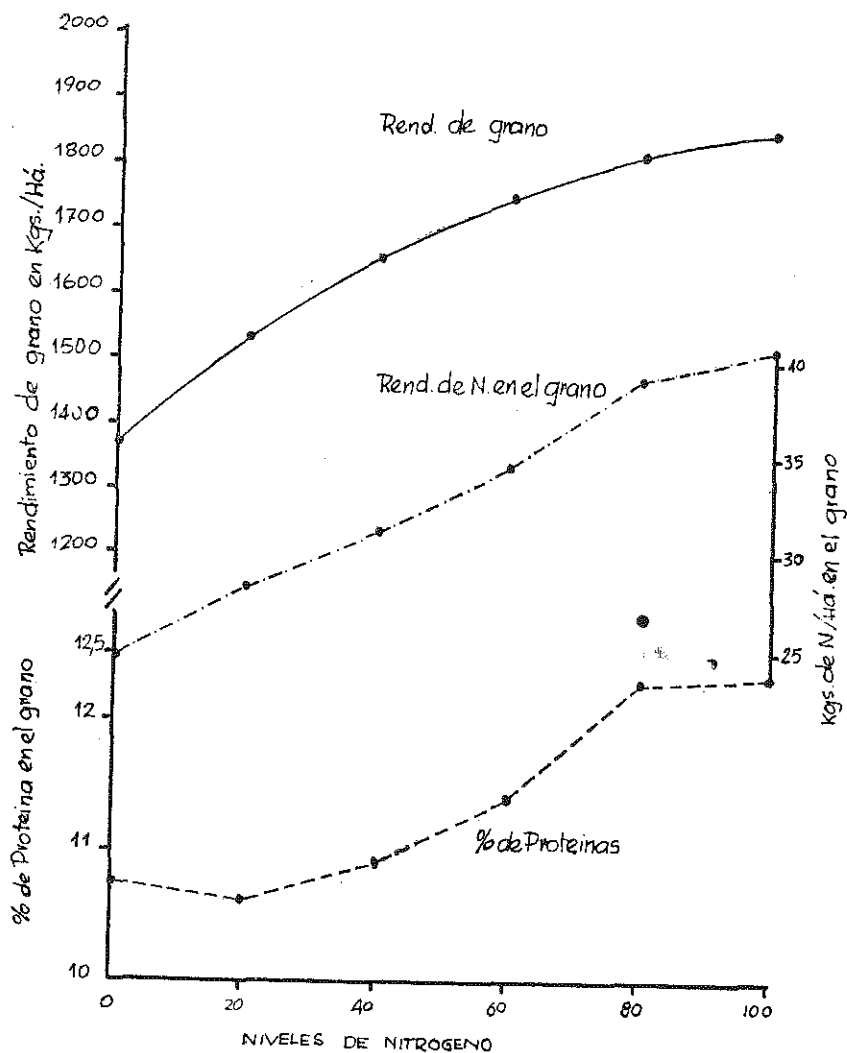


Figura 6. Relaciones entre los valores de nitrógeno agregado y rendimiento de grano, rendimientos de nitrógeno en el grano y porcentaje de proteínas en el grano para el promedio de 31 ensayos instalados en 1966.

● Porcentaje de proteína en un tratamiento sin fósforo y 80 unidades de nitrógeno.

kg. estaríamos en el límite varietal para esas condiciones. Cuando el fósforo actúa como factor escaso, este límite es superado (círculo de la Figura 6). El rendimiento total de nitrógeno en el grano aumenta linealmente con el nitrógeno aplicado, lo que sugiere que un

porcentaje uniforme, aproximadamente 16% en este caso, del nitrógeno aplicado, va al grano.

El nitrógeno suministrado al cultivo por el suelo como efecto

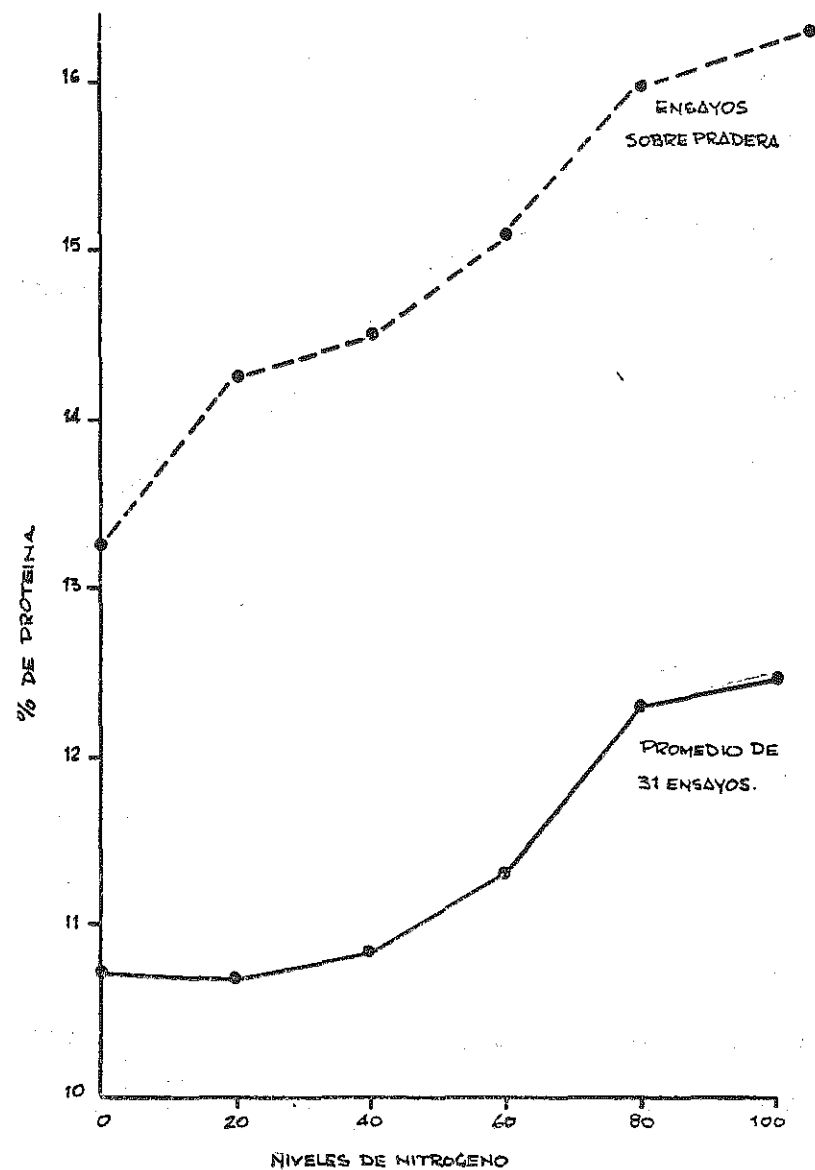


Figura 7. Porcentaje de proteína en el grano en función del nitrógeno aplicado.

residual de una pradera, produce un aumento notable en el contenido de proteínas del grano como puede verse en la Figura 7.

Este aumento se debe a una mayor cantidad de nitrógeno en el suelo y a un suministro abundante en los últimos períodos de desarrollo del cultivo, debido al incremento de la nitrificación al aumentar la temperatura. Si comparamos estos resultados con los rendimientos expresados en la Figura 8, veremos que los mismos

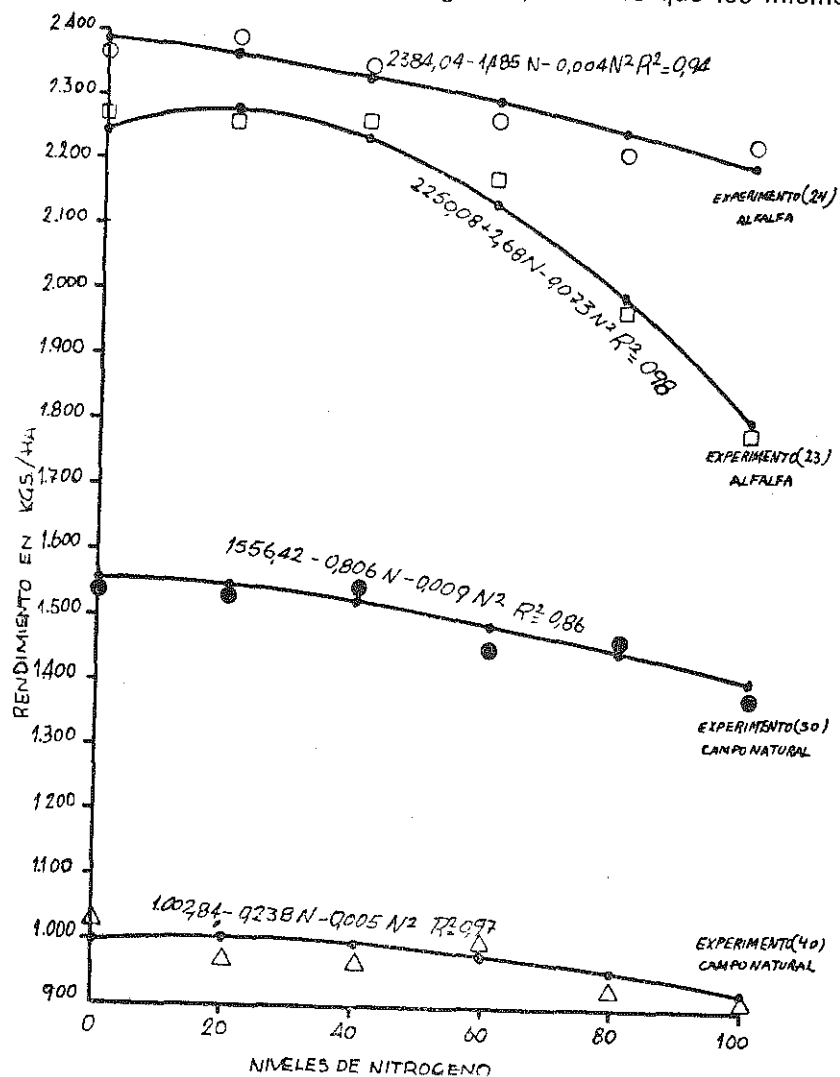


Figura 8. Respuesta a diferentes niveles de nitrógeno en chacras sobre Campos o Fraderas recién roturadas.

se mantienen o decrecen con el agregado de nitrógeno; en cambio el porcentaje de proteína en el grano aumenta aún con las dosis más bajas de este nutriente.

Para el caso de chacras promedios los primeros niveles de 20 — 40 unidades de nitrógeno tienen una influencia marcada sobre el rendimiento de grano (Figura 6); mientras que el porcentaje de proteína se mantiene con pequeñas variaciones frente al del testigo y solamente aumenta con los niveles más altos de nitrógeno.

EFFECTO DE LAS ROTACIONES CON PRADERAS

Cuatro de los experimentos detallados en la Tabla 1, estaban instalados inmediatamente después de pradera o campo natural (ensayos 23, 24, 40 y 50). Todos estos ensayos fueron realizados en 1966.

En la Figura 8 se grafican la respuesta al nitrógeno en estos cuatro lugares ajustándose una curva de regresión cuadrática cuyos coeficientes están indicados en cada curva. Puede verse que el nitrógeno que el suelo puede suministrar a un cultivo de trigo sembrado sobre pradera, alcanza a niveles muy cercanos o sobrepasa el nivel máximo de rendimiento.

Para llegar al rendimiento máximo en el promedio de ese año, se necesitó aplicar 115 unidades de nitrógeno en forma de urea. El efecto de la pradera sobre un cultivo posterior de trigo fue aproximadamente equivalente a la aplicación de 250 kg. de urea por hectárea. De acuerdo a la información obtenida en este Centro, este efecto declina rápidamente y desaparecería totalmente al cuarto año de cultivos sucesivos.*

En el experimento 23 el empleo de 100 unidades de N producía un decrecimiento significativo en el rendimiento de 2.260 a 1.820 kg/ha., en el experimento 24 la misma cantidad de N disminuía el rendimiento de 2.372 a 2.212 kg/há. y una reducción similar en kilos de grano ocurría para los lugares 40 y 50.

Los bajos rendimientos del ensayo 40 pueden ser explicados por el ataque de isoca al trigo sembrado sobre pradera o campo natural, que algunas veces puede provocar bajas importantes en el stand de plantas, sobre todo en las siembras sobre campo natural.

* Ensayo de rotaciones del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", datos no publicados.

V — RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se estudiaron los resultados de 99 ensayos de fertilización de trigo instalados en chacras de productores en los años 1964, 1966, 1968 y 1969. Los ensayos estaban ubicados en praderas pardas y negras sobre las formaciones geológicas de Libertad y Fray Bentos.

Los tratamientos incluían una fertilización básica de fósforo y dosis crecientes de nitrógeno, de 0 a 80 unidades en 1964, de 0 a 100 en 1966 y de 0 a 120 en 1968 y 1969, espaciadas en 20 unidades.

A los resultados de cada sitio experimental se ajustó una ecuación cuadrática del tipo $Y = a + b \cdot X + B \cdot X^2$. Esta ecuación permitió explicar la mayor parte de la variación debida a tratamientos en cada sitio.

Se realizó también un análisis conjunto de los ensayos instalados en dos tipos de suelo, Praderas Pardas sobre Libertad y Praderas Pardas sobre Fray Bentos, para determinar la importancia de los efectos de suelo, dosis de nitrógeno y año y sus interacciones. Los resultados indican que los efectos año y tratamiento, así como la interacción suelos por años, son altamente significativos. No resultaron significativos los efectos suelos, ni las demás interacciones.

Se calculó la eficiencia promedio del nitrógeno en los distintos años para ambos suelos. Esta eficiencia es de 13,7 kilos de trigo por kilo de nitrógeno para las primeras 20 unidades de nitrógeno y de 11.5 para las primeras 40 unidades.

Se estudiaron las relaciones entre nitrógeno agregado, nitrógeno cosechado en el grano y porcentaje de proteína en el grano en los ensayos instalados en 1966. El nitrógeno cosechado en el grano aumenta en forma aproximadamente lineal con la dosis de nitrógeno del fertilizante. El porcentaje de proteína disminuye ligeramente con las primeras 20 unidades de nitrógeno, aumenta después rápidamente a las dosis siguientes y parece aproximarse a un máximo al llegar a 80 unidades.

En los ensayos sobre praderas los niveles de proteína son muy superiores a ese máximo.

Se estudió separadamente la respuesta a nitrógeno en los ensayos instalados sobre una pradera recién roturada. En estos casos la respuesta fue negativa mostrando que la cantidad de nitrógeno que el suelo puede suministrar en esas condiciones se aproxima o supera al requerimiento máximo del cultivo.

Se concluye que:

- 1) Los requerimientos de nitrógeno de los suelos de pradera parda sobre Libertad y Fray Bentos no difieren significativamente. Esto ocurre a pesar de que las diferencias climáticas entre distintas zonas el mismo año, están asociadas al efecto suelo, como lo demuestra la interacción suelo por año. Por lo tanto no se justifica el uso de recomendaciones separadas para los dos suelos en la fertilización nitrogenada del trigo.
- 2) Las condiciones climáticas son tan importantes como la fertilización en la determinación de los niveles de rendimiento. No obstante los niveles de fertilización óptima son hasta cierto punto independientes del efecto año.
- 3) El uso de nitrógeno en el cultivo de trigo resulta muy eficiente en las chacras promedio de la zona triguera.
- 4) El fertilizante nitrogenado utilizado en dos aplicaciones, siembra y macollaje, aumenta el porcentaje de proteínas del grano hasta un límite genéticamente determinado que se alcanza en promedio con niveles de 80 unidades de nitrógeno por hectárea. La rotación con praderas, por un suministro más prolongado de nitrógeno al cultivo puede superar ampliamente este límite.
- 5) No se consiguen aumentos de rendimiento por aplicación de nitrógeno en cultivos que siguen a una pradera.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los productores que colaboraron con entusiasmo en la realización de estos ensayos, durante la siembra y la cosecha, los dos momentos en que su tiempo es más escaso.

A E. E. Reynaert, que organizó y orientó el Programa de Suelos de la Estanzuela desde 1961 a 1968.

A María I. Silveira los autores deben la elección de los procedimientos estadísticos utilizados.

BIBLIOGRAFIA

1. BARTLETT, M. S. Some examples of statistical methods of research in agriculture and applied biology. *J. Roy. Statist. Soc. Suppl.* 4:137-183. 1937. (Original no consultado; citado en Snedecor, G. W. and Cochran, W. G. *Statistical methods* 6th, ed Ames, Iowa, State University Press, 1967. pp. 296-97.
2. BEVERIDGE, J. L., JARVIS, R. H. y RIDGMAN, W. J. Studies on the nitrogenous manuring of winter wheat. *J. Agric. Sci.* 65:379-387. 1965.
3. BOERGER, A. Los abonos químicos en la agricultura uruguayana. *Archivo Fitotécnico* 4:66-74. 1949.
4. -----El ensayo permanente de abonos de La Estanzuela. *Archivo Fitotécnico* 3:15-25. 1938.
5. BOSSI, J. Geología del Uruguay, Montevideo, Universidad, Departamento de Publicaciones, 1966.
6. COIC, Y. Contribution a l'étude de la physiologie de blé; la nutrition azotée du blé. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agr.* 1:195-203. 1950.
7. COPE, F. y HUNTER, I. G. Interactions between nitrogen and phosphate in agriculture. I. Types of interactions. Paris, International Superphosphate Manufacturers' Association, Agricultural Committee, 1967. 9 p.
8. FEDERER, W. T. y ZELEN, M. Applications of the calculus for factorial arrangements. II. Unequal numbers in the analysis of variance. Madison, Wisconsin, University, Mathematics Research Center, Technical Summary Report 411. 74 p. 1964.
9. -----ZELEN, M. Analysis of multifactor classifications with unequal numbers of observations. *Biometrics* 22 (3) :525-552. 1966.
10. HUTCHEON, W. L. y PAUL, E. A. Control of the protein content of thatcher wheat by nitrogen fertilization and moisture stress. *Can. J. Soil Sci.* 46 (2) :101-108. 1966.
11. MOIR, T. R. C. y REYNAERT, E. E. Ensayos de fertilización de cultivos, 1961-62. Montevideo, Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Boletín 1962.

12. NEALES, T. F., ANDERSON, M. H. y WARDLAW, I. F. The role of the leaves in the accumulation of nitrogen by wheat during ear development. *Aust. J. Agric. Res.* 14:725 - 736 1963.
13. RAO, C. R. Advanced statistical methods in biometric research New York, Wiley, 1952.
14. REYNAERT, E. E. Report to the Government of Uruguay on soil management research. United Nation Development Programme. FAO. no. TA 2452. 145 p. 1968.
15. ----- CASTRO, J. L. Los requerimientos de fósforos en la fertilización de trigo en algunos suelos del Uruguay. *Fitotecnia Latinoamericana* 6:191 - 209. 1969.
16. RIECKEN, F. F. Informe al Gobierno del Uruguay sobre reconocimiento y clasificación de suelos. Roma, FAO. Informe no. 1129 75 p. 1959. (Mimeografiado).
17. RUSELL, J. S. Nitrogen fertilizer and wheat in a semi-arid environment. I. Effect on yield. *Aust. J. of Exp. Agric. Anim. Husb.* 7(28):453 - 462. 1967.
18. TEJEDA, H. Consideraciones sobre diseños experimentales en la investigación de campo en fertilidad de suelo. In: Simposio Internaacional sobre la investigación de fertilidad de suelos para la producción agrícola en la zona templada, Nueva Helvecia, Uruguay, 1968. ed. por Ernst E. Reynaert. Montevideo, IICA/Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", pp. 171 - 182. 1969.