



ANALISIS DE LAS RELACIONES ENTRE PROTEINAS DE RESERVA, CALIDAD MALTERA Y AMBIENTE DE CULTIVO EN CEBADA CERVECERA

Antonio A. Aguinaga

Criadero Quilmes, Tres Arroyos

PRIMERAS IDEAS PARA DISCUTIR

- 1) La cantidad total de Nitrógeno acumulada en los granos de cebada es función de la disponibilidad de este nutriente en el suelo y de las variables meteorológicas del año.
- 2) La proteína total analizada en una muestra de cebada, tendría un bajo valor predictivo de la calidad maltero-cervecera del lote de la cual proviene.



PRIMERAS IDEAS PARA DISCUTIR

3) Estas diferencias de calidad industrial serían causadas por distintas condiciones de desarrollo del cultivo.

4) El fraccionamiento de los compuestos nitrogenados presentes en el grano de cebada en grupos de diferente reactividad, podría explicar mejor las variaciones de calidad maltera que el porcentaje de proteína total.



OBJETIVOS

1) Determinar la proporción de los componentes aleatorios de varianza sobre los siguientes parámetros:

- Proteína Total**
- Índice de Calidad de Malta y sus integrantes**
(extracto, friabilidad, atenuación, Vz 45°C)
- Rendimiento de Malteo**
- Proteínas Metabólicas**
- Proteínas Estructurales**



OBJETIVOS

- 2) **Analizar las relaciones entre las condiciones ambientales de desarrollo del cultivo de cebada (suelo y clima) con el nivel de proteína total alcanzado en el grano y la calidad maltera obtenida.**

- 3) **Relacionar los grupos proteicos de reserva con los parámetros de calidad industrial.**



MATERIALES Y METODOS

1. Ensayos de campo: 7 sitios x 3 años
2. Tratamientos de fertilización nitrogenada: 0-30-60-90 y 120 Kg N/Ha eme, 30-60 Kg N/Ha mac, 30+30 eme-mac
3. Caracterización de suelos de los sitios experimentales: análisis físicos y químicos
4. Variables climáticas de los sitios experimentales: temperaturas medias diarias y precipitaciones
5. Determinaciones realizadas sobre los granos cosechados: proteína, calibre, proteínas metabólicas y estructurales
6. Micromalteos y análisis de malta



FUENTES DE
VARIACIÓN



DATOS

Efectos Fijos

Efectos aleatorios

Tratamientos de
Fertilización



Año

Sitio/Año

Interacciones

Bloque/Sitio

Residual

RESULTADOS

3 niveles de componentes aditivos aleatorios de varianza.

BLOQUES bloques, residual

SITIOS sitios, interacción sitio-tratamiento
bloques, residual.

AÑOS años, sitios/años, bloques/sitios
interacción tratamiento-año,
interacción tratamiento-sitios/años
residual



RESULTADOS

3 niveles de componentes aditivos aleatorios de varianza.

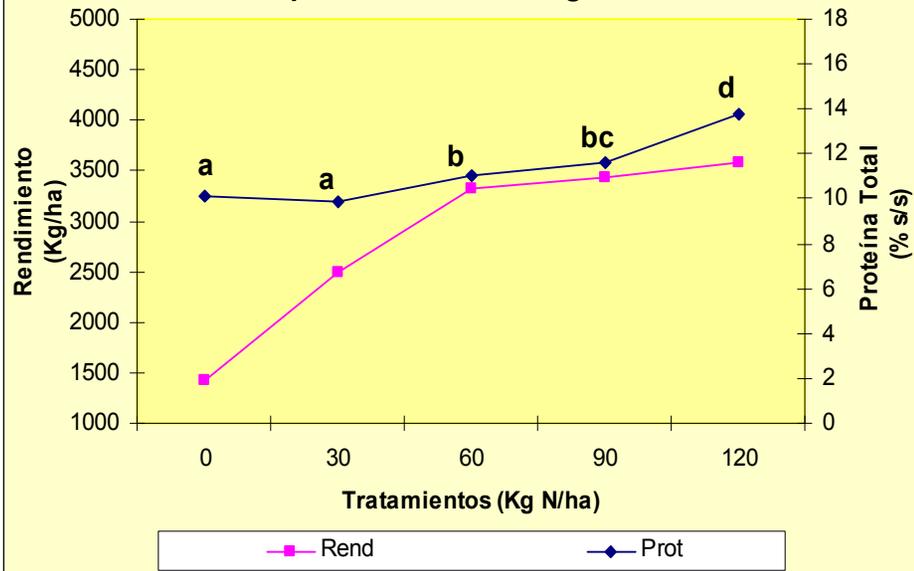
BLOQUES bloques, residual

SITIOS sitios, interacción sitio-tratamiento
bloques, residual.

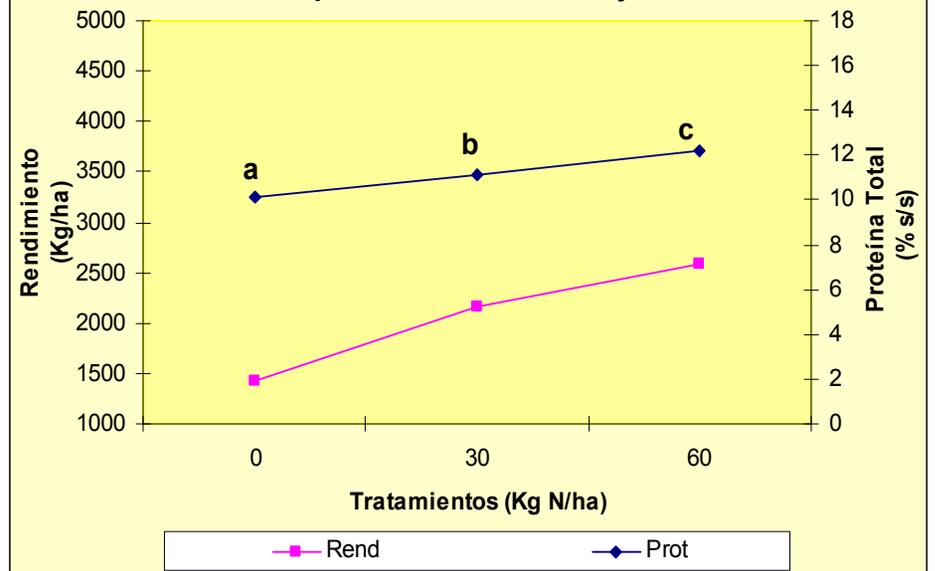
AÑOS años, sitios/años, bloques/sitios
interacción tratamiento-año,
interacción tratamiento-sitios/años
residual



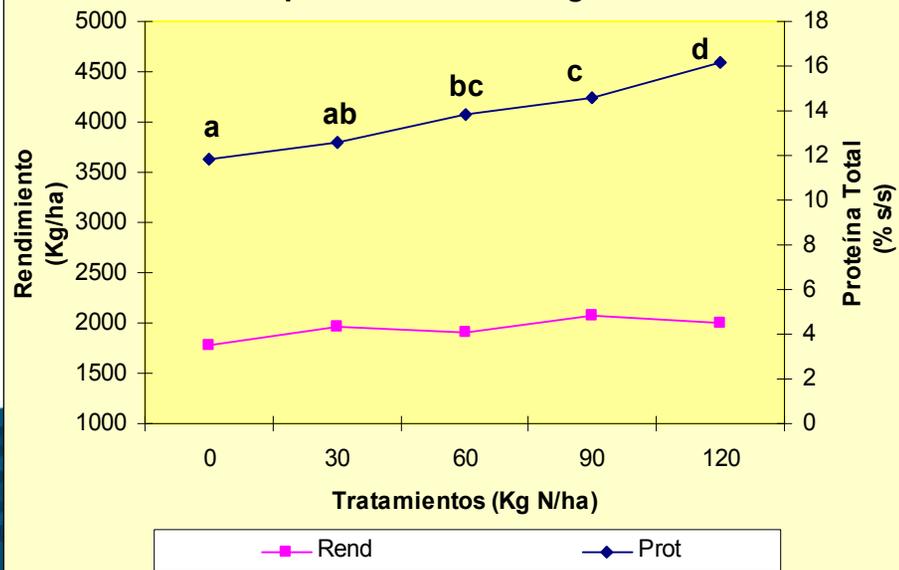
San Mayol 1999
Aplicaciones en Emergencia



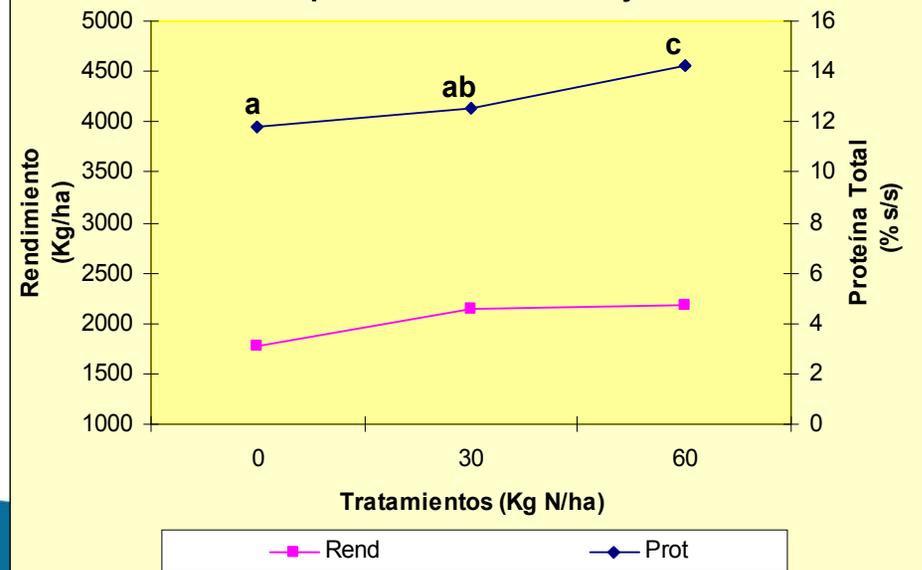
San Mayol 1999
Aplicaciones en Macollaje



Tres Arroyos 1999
Aplicaciones en Emergencia

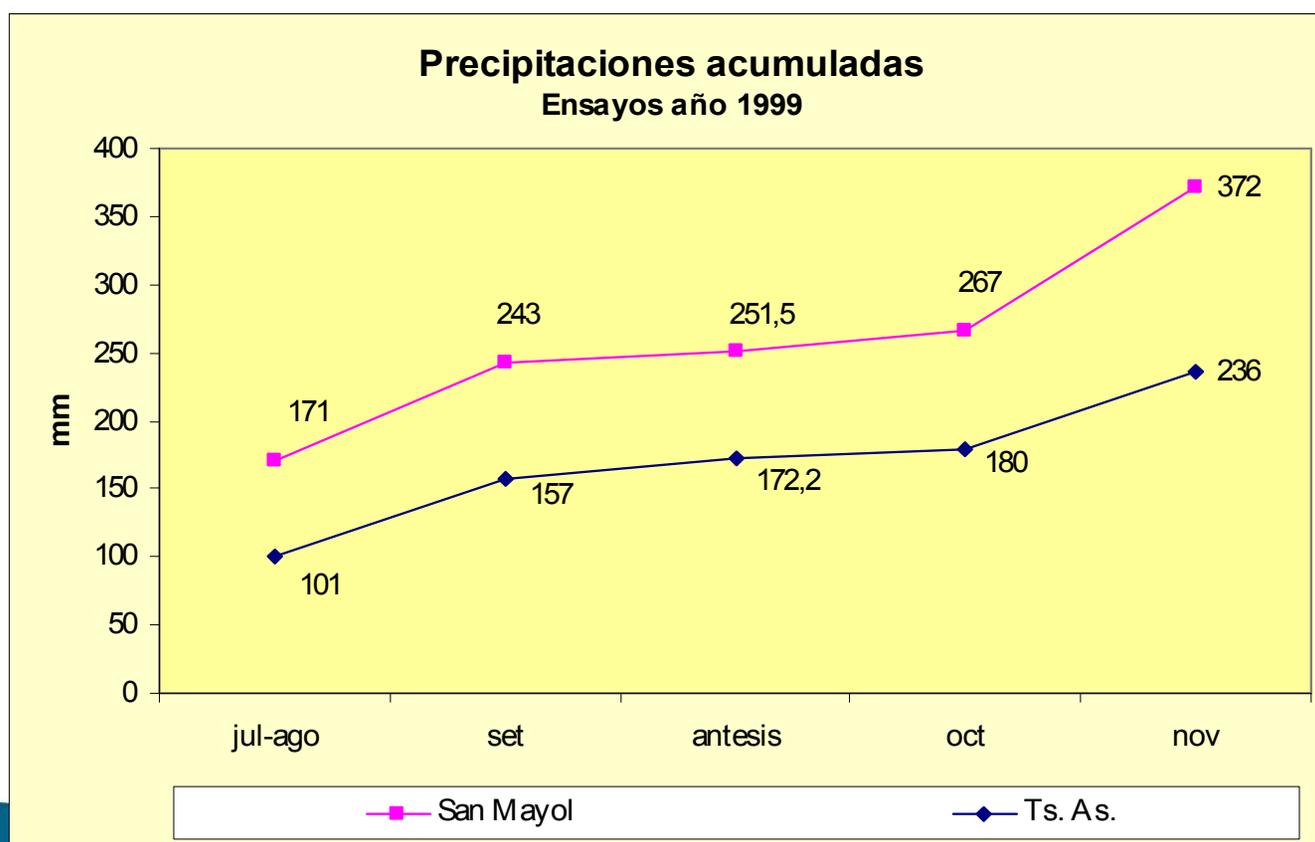


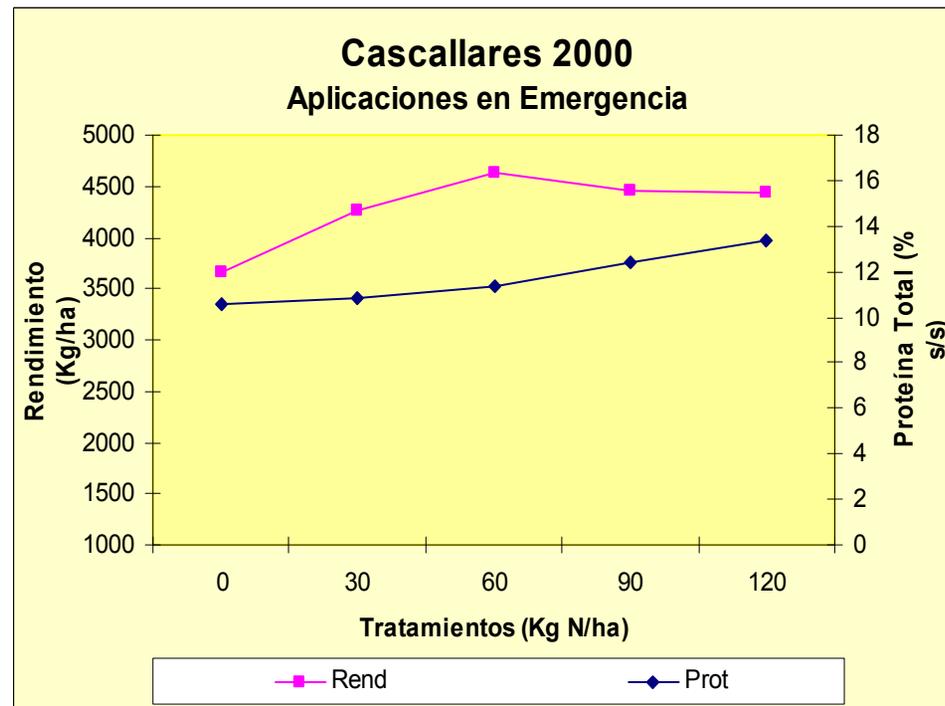
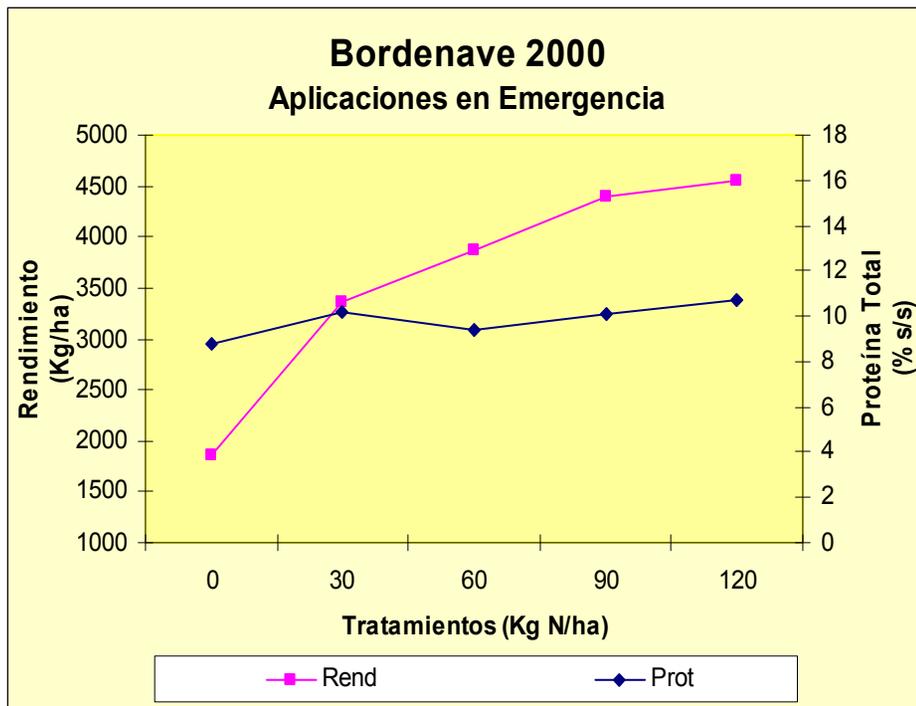
Tres Arroyos 1999
Aplicaciones en Macollaje



ANALISIS DE SUELO PREVIO A LA SIEMBRA

sitio	% MO 0-20	pH 0-20	P (ppm) 0-20	N-NO3 (kg/ha) total ini 0-60	Arena 0-20	Limo 0-20	Arcilla 0-20
San Mayol	4,44	5,20	9,90	76,49	65,0	12,5	22,5
T. Arroyos	3,71	5,60	15,30	45,33	68,0	8,7	22,5



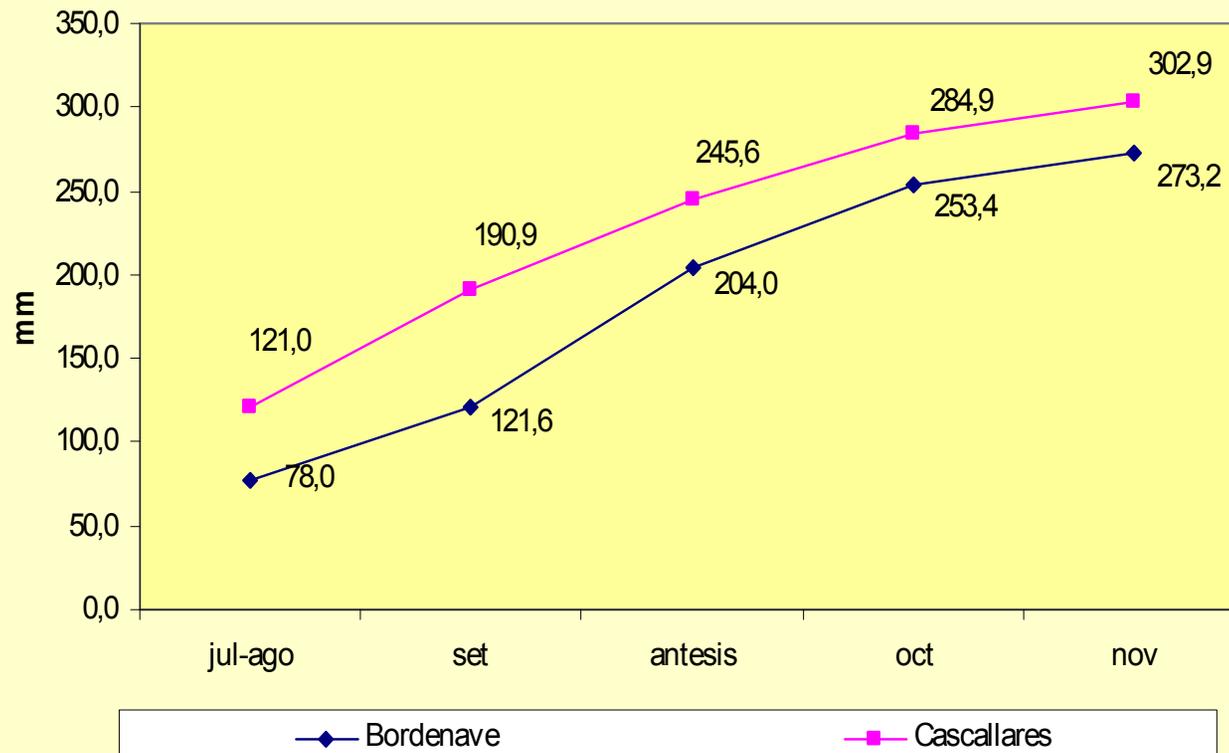


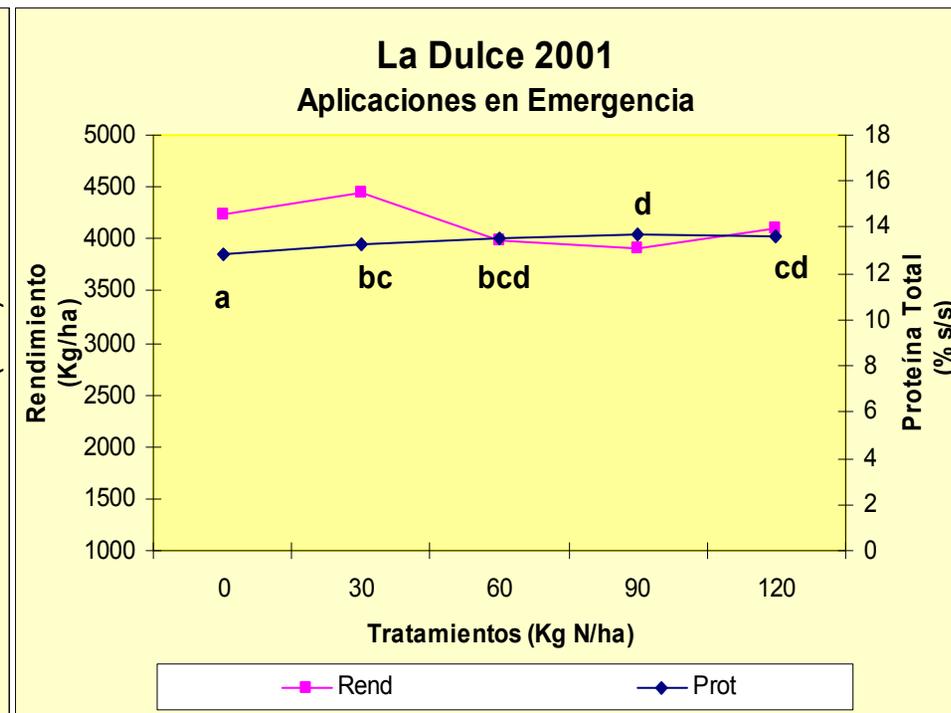
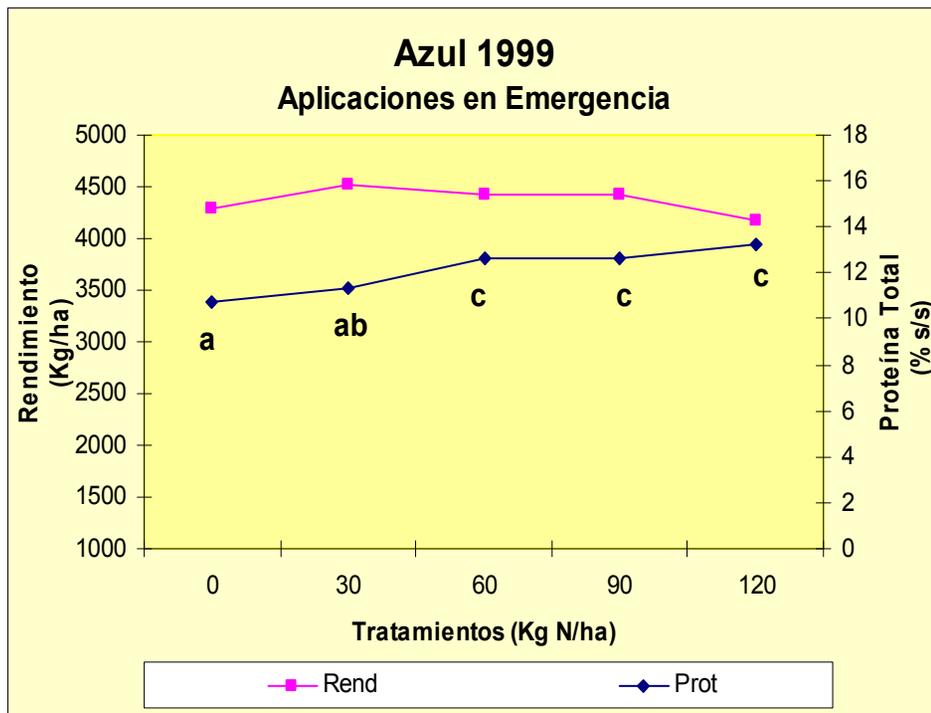
ANALISIS DE SUELO PREVIO A LA SIEMBRA

Sitio	% MO 0-20	pH 0-20	P (ppm) 0-20	N-NO3 (kg/ha) total ini 0-60	Arena 0-20	Limo 0-20	Arcilla 0-20
Bordenave 2000	1,43	6,60	16,10	4,38	87,5	2,5	10
Cascallares 00	2,60	6,30	14,44	110,22	77,5	7,5	15,0



Precipitaciones acumuladas Ensayos año 2000



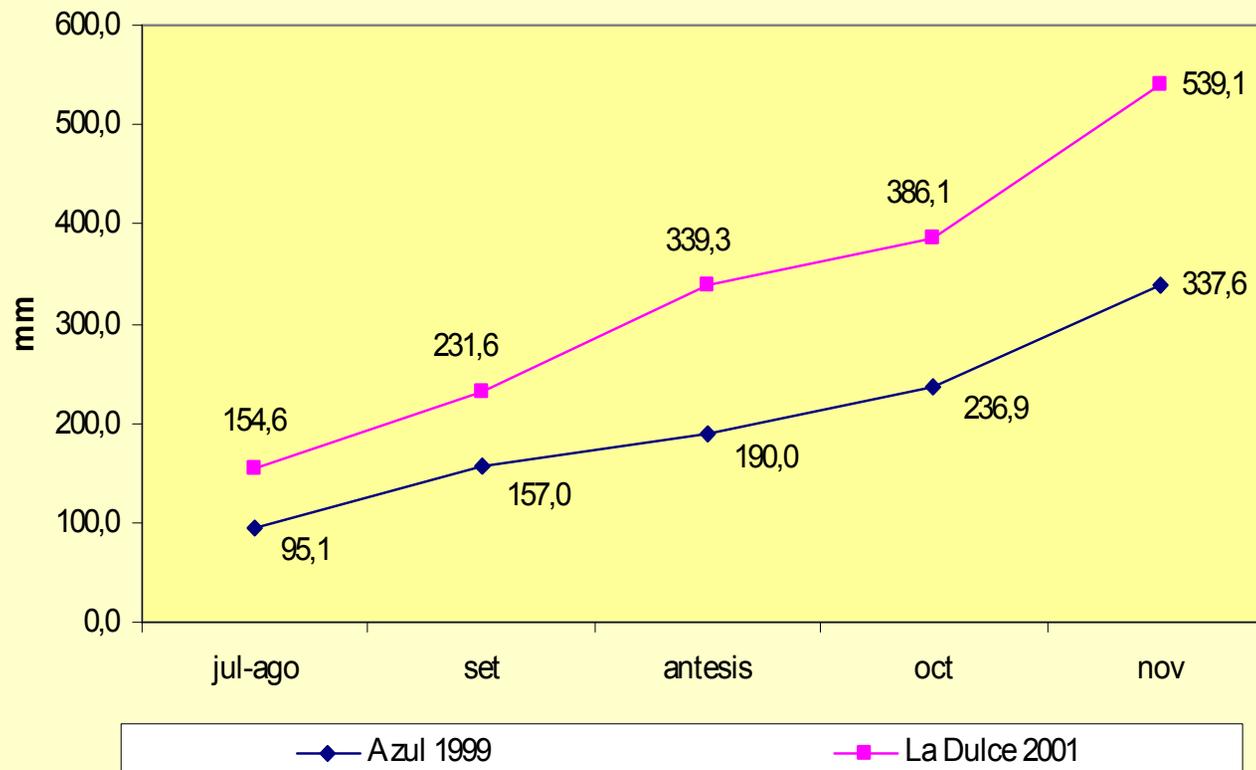


ANALISIS DE SUELO PREVIO A LA SIEMBRA

Sitio	% MO 0-20	pH 0-20	P (ppm) 0-20	N-NO3 (kg/ha) total ini 0-60	Arena	Limo	Arcilla
Azul 99	3,60	6,30	22,95	205,50	71,9	10,6	17,5
La Dulce 2001	5,46	5,35	11,30	151,62	67,5	14,5	18,0



Precipitaciones acumuladas



RESULTADOS

3 niveles de componentes aditivos aleatorios de varianza.

BLOQUES bloques, residual

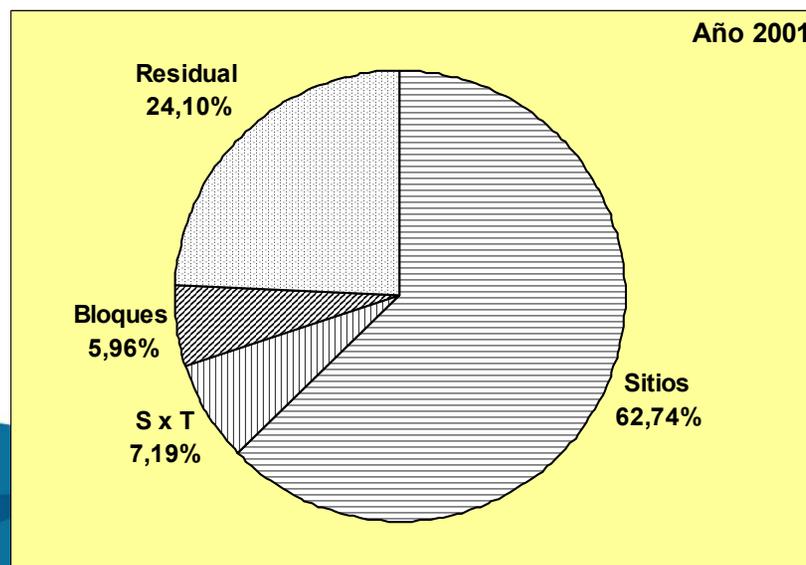
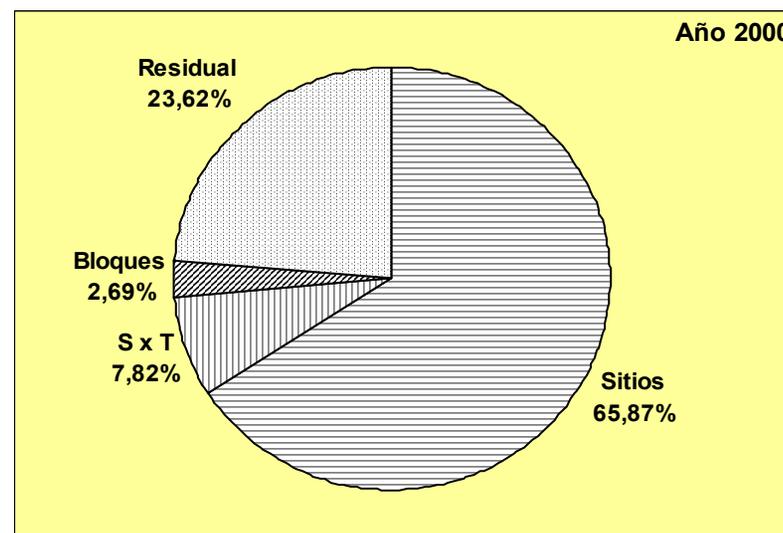
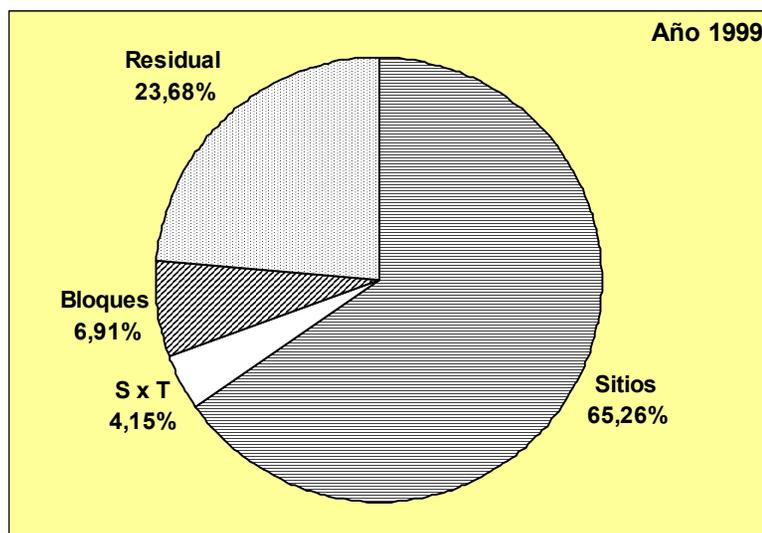
**SITIOS sitios, interacción sitio-tratamiento
bloques, residual.**

AÑOS años, sitios/años, bloques/sitios
interacción tratamiento-año,
interacción tratamiento-sitios/años
residual



Proteína Total

Composición porcentual de los componentes aleatorios de varianza
(McIntosh, M. S., 1983)



RESULTADOS

3 niveles de componentes aditivos aleatorios de varianza.

BLOQUES bloques, residual

SITIOS sitios, interacción sitio-tratamiento
bloques, residual.

AÑOS
años, sitios/años, bloques/sitios
interacción tratamiento-año,
interacción tratamiento-sitios/años
residual



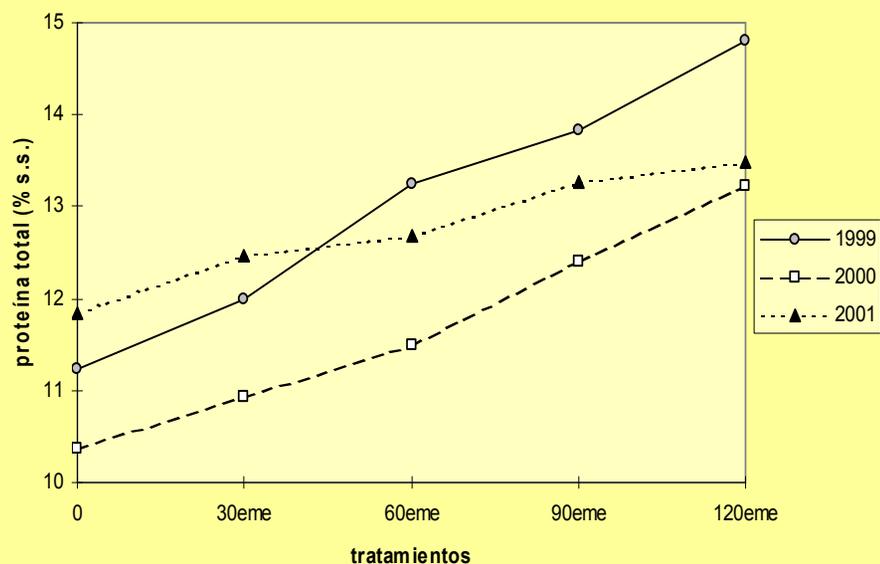
Proteína Total

Análisis de Varianza Global

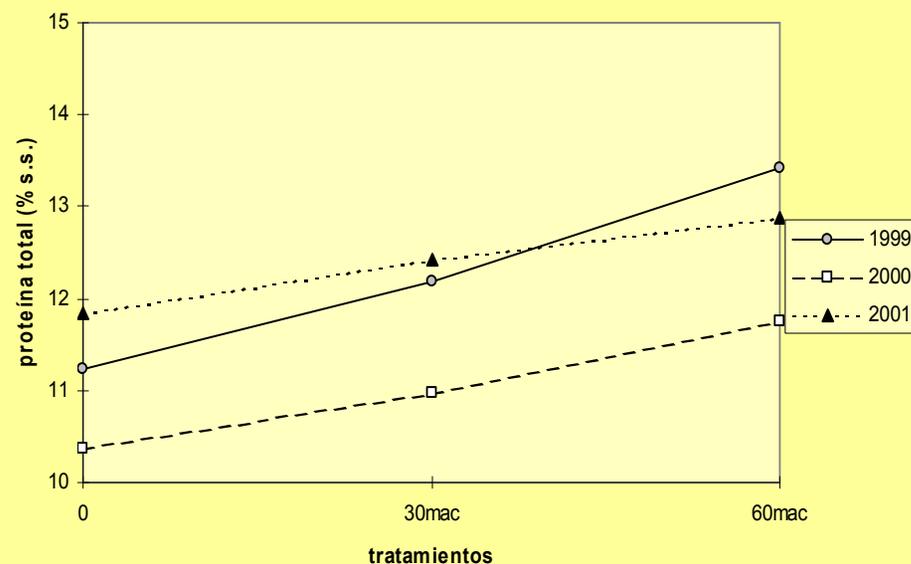
f. de v.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p
Años	226,584903	2	113,292452	3,0057	0,0798
Sitios/Años	565,379911	15	37,691994	29,7830	0,0000
Bloq/Sitios	68,339984	54	1,265555	3,0613	0,0000
Tratam	358,294632	7	51,184947	16,3275	0,0000
Trat x Años	43,888555	14	3,134897	3,6332	0,0001
Trat x Sit/Años	90,599360	105	0,862851	2,0872	0,0000
Residual	156,265891	378	0,413402		
Total	1509,353236	575			



Ensayos de Fertilización Nitrogenada en Cebada Cervecera
Promedios de Proteína Total, aplicaciones en emergencia



Ensayos de Fertilización Nitrogenada en Cebada Cervecera
Promedios de Proteína Total, aplicaciones en macollaje



Emergencia

Año	Ordenada al origen	Pendiente
1999	10,642	0,856
2000	9,524	0,718
2001	11,316	0,371

N-NO₃ ini en suelo (Kg/Ha)

1999 = 96,33

2000 = 49,90

2001 = 102,43

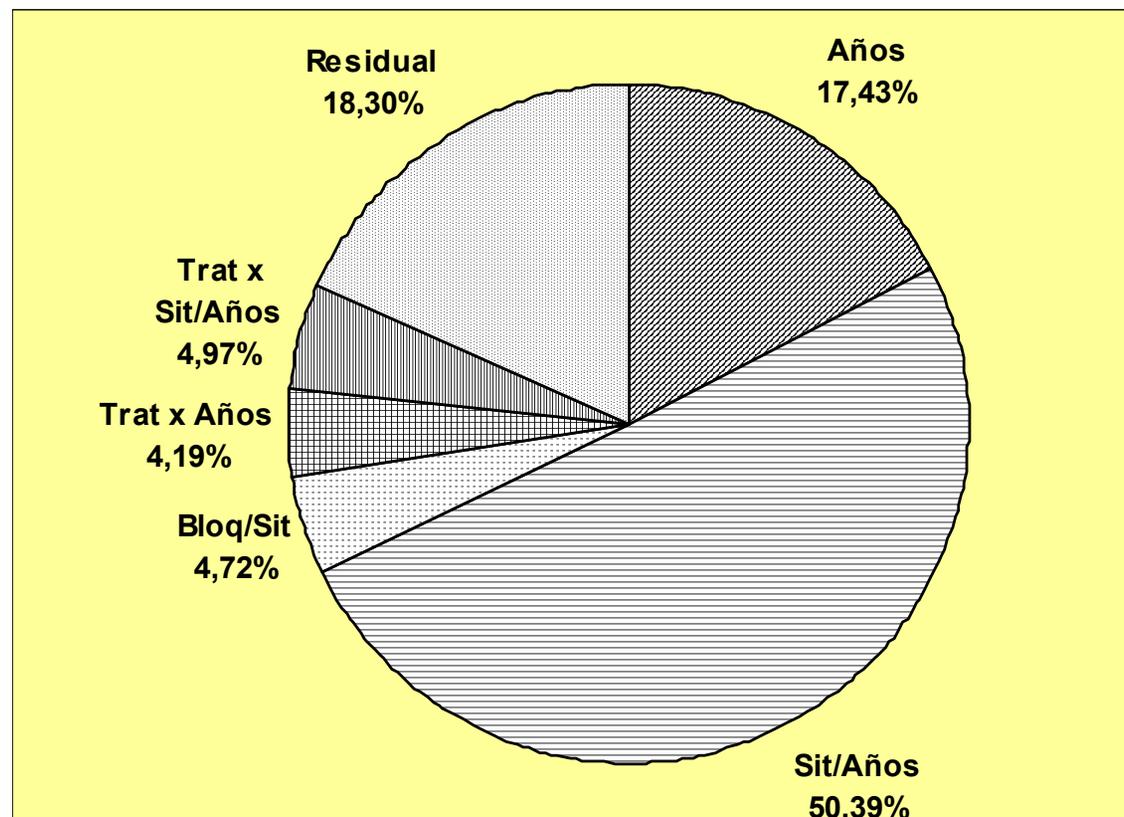
Macollaje

Año	Ordenada al origen	Pendiente
1999	10,363	1,072
2000	9,630	0,697
2001	11,338	0,5187



Proteína Total

Composición porcentual global de los componentes aleatorios de varianza
Ensayos años 1999, 2000 y 2001



Proteína Total (% s.s.)

Relaciones con variables ambientales (Software BMDP New System)

Multiple_R	R_sq	Adj_R_sq	sqrt_ResMS	F_value
0.9339	0.8722	0.8231	0.5267	17.7496

Multiple Linear Regression Equation

protest = 8.3867 + 0.0345*lluv112011 + 1.2746*Tmed21309 - 0.5842*Tmed112010
 + 0.3137*Tmaxset - 0.6754*Tmax11010

Variables in model					
Variable	Coeff	SE_coeff	F_to_R	p_value	t_value
lluv112011	0.03	5.57E-03	38.28	3.286E-05	6.19
Tmed21309	1.27	0.32	16.08	0.0015	4.01
Tmed112010	-0.58	0.25	5.68	0.0331	-2.38
Tmaxset	0.31	0.10	9.00	0.0102	3.00
Tmax11010	-0.68	0.16	17.46	0.0011	-4.18



Proteína Total (% s.s.) Relaciones con variables ambientales

MODELO	VARIABLES	VALOR t	R2 ajustado
1	Precipitaciones 11-20/11 (mitad llenado de grano)	5,06	0,621
2	N total (Kg ha ⁻¹) en el perfil de 0 a 60 cm.	5,09	0,636
	Precipitaciones totales de Nov. (llenado de grano)	4,63	
3	Precipitaciones 21-30/11 (fin de llenado de grano)	3,11	0,57
	Promedio de temperaturas medias 11-20/9 (ppio. encañazón)	3,45	
4	Precipitaciones 11-20/11 (mitad llenado de grano)	4,12	0,823
	Promedio de temperaturas medias 21-30/9 (med encañazón)	4,01	
	Promedio de temperaturas medias 11-20/10 (pre-antesis)	-2,38	
	Promedio de temperaturas máximas Set. (fin mac - encañazón)	3,00	
	Promedio de temperaturas máximas 1-10/10 (med-fin encañazón)	-4,18	
5	Precipitaciones 11-20/11 (mitad llenado de grano)	6,19	0,731
	Precipitaciones 11-20/11 (mitad llenado de grano)	6,28	
	Promedio de temperaturas medias 11-20/10 (pre-antesis)	-2,38	
	Promedio de temperaturas medias Set. (fin mac – encañazón)	3,60	



Proteína Total (% s.s.) Relaciones con variables ambientales

Variable	Coeficiente de correlación
Materia Orgánica 0-20 cm.	0,54
N-NO ₃ (Kg ha ⁻¹) 0-20 cm.	0,483
N total (NO ₃ + NH ₄) 0-20 cm.	0,46
N total (NO ₃ + NH ₄) perfil 0-60 cm.	0,447
Precipitaciones 21-31/10 (antesis – inicio desarrollo de grano)	0,488
Precipitaciones 11-20/11 (mitad llenado de grano)	0,804
Precipitaciones totales Nov. (llenado de grano)	0,587
Promedio de temperaturas medias 20 días pre-antesis	0,472



Proteína Total (% s.s.) Relaciones con variables ambientales

a) N-NO₃ inicial mayor a 120 kg ha⁻¹

AMBIENTE	N-NO ₃ inicial (kg ha ⁻¹)	PROTEINA DEL TESTIGO (%)
Azul 1999	205,50	10,7
Alberti 1999	121,94	12,1
Uruguay 1999	121,78	12,8
La Dulce 1ra. época 2001	151,62	12,8
La Dulce 2da. época 2001	152,98	13,5
Est. La Constanca 2001	156,82	12,3

b) N-NO₃ inicial entre 70 y 120 kg ha⁻¹

AMBIENTE	N-NO ₃ inicial (kg ha ⁻¹)	PROTEINA DEL TESTIGO (%)
Tres Arroyos 2da 2001	72,80	11,1
San Mayol 1999	76,49	10,2
Coronel Suárez 1999	93,26	10,5
Cascallares 2000	110,22	10,6



Proteína Total (% s.s.) Relaciones con variables ambientales

c) N-NO₃ inicial menor a 70 kg ha⁻¹

AMBIENTE	N-NO ₃ inicial (kg ha ⁻¹)	PROTEINA DEL TESTIGO (%)
Tres Arroyos 1999	45,33	11,9
Pigüé 1999	35,62	12,1
Puan 2000	59,93	9,4
Alberti 2000	15,81	11,9
Tres Arroyos 2000	55,79	10,4
Bordenave 2000	4,38	8,8
Pigüé 2000	53,30	11,2
Tres Arroyos 1ra. 2001	66,61	11,0
San Miguel 2001	11,59	10,4
Bordenave 2001	24,49	10,3



Proteína Total (% s.s.) Relaciones con variables ambientales

El grupo a) (N-NO₃ inicial mayor a 120 kg ha⁻¹) se dividió en:

a.1. promedio de temperaturas medias durante 20 días pre-antesis menores a 14°C

AMBIENTE	TEMP. MEDIA PRE- ANTESIS (°C)	PROTEINA DEL TESTIGO (%)
Azul 1999	12,49	10,7

a.2. promedio de temperaturas medias durante 20 días pre-antesis mayores a 14°C

AMBIENTE	TEMP. MEDIA PRE- ANTESIS (°C)	PROTEINA DEL TESTIGO (%)
Alberti 1999	14,8	12,1
Uruguay 1999	16,8	12,8
La Dulce 1ra. 2001	14,1	12,8
La Dulce 2da. 2001	14,5	13,5
Est. La Constancia 2001	14,2	12,3



Proteína Total (% s.s.) Relaciones con variables ambientales

El grupo b) (N-NO₃ inicial entre 70 y 120 kg ha⁻¹) no posee subdivisiones.

AMBIENTE	N-NO ₃ inicial (kg ha ⁻¹)	TEMP. MEDIA PRE- ANTESIS (°C)	PROTEINA DEL TESTIGO (%)
Tres Arroyos 2da 2001	72,80	14,2	11,1
San Mayol 1999	76,49	12,9	10,2
Coronel Suárez 1999	93,26	13,5	10,5
Cascallares 2000	110,22	12,4	10,6



Proteína Total (% s.s.) Relaciones con variables ambientales

El grupo c) (N-NO₃ inicial menor a 70 kg ha⁻¹) fue dividido por cantidad (mm) de precipitaciones caídas desde el inicio del ciclo del cultivo hasta antesis

c.1. Precipitaciones menores a 200 mm.

AMBIENTE	N-NO ₃ inicial (kg ha ⁻¹)	PRECIPITACIONES (mm) INI-ANTESIS	PROTEINA DEL TESTIGO (%)
Tres Arroyos 1999	45,33	172	11,9
Pigüé 1999	35,62	112	12,1
Alberti 2000	15,81	157	11,9

c.2. Precipitaciones mayores a 200 mm.

AMBIENTE	N-NO ₃ inicial (kg ha ⁻¹)	PRECIPITACIONES (mm) INI-ANTESIS	TEMP. MEDIA PRE-ANT (°C)	PROTEINA DEL TESTIGO (%)
Puan 2000	59,93	252	12,9	9,4
Tres Arroyos 2000	55,79	250	12,4	10,4
Bordenave 2000	4,38	204	12,7	8,8
Pigüé 2000	53,30	307	12,0	11,2
Tres Arroyos 1ra. 2001	66,61	275	14,2	11,0
San Miguel 2001	11,59	316	14,4	10,4
Bordenave 2001	24,49	353	14,3	10,3



Condiciones predisponentes de alto porcentaje de proteína total (>12% s/s)

VARIEDAD QUILMES PALOMAR

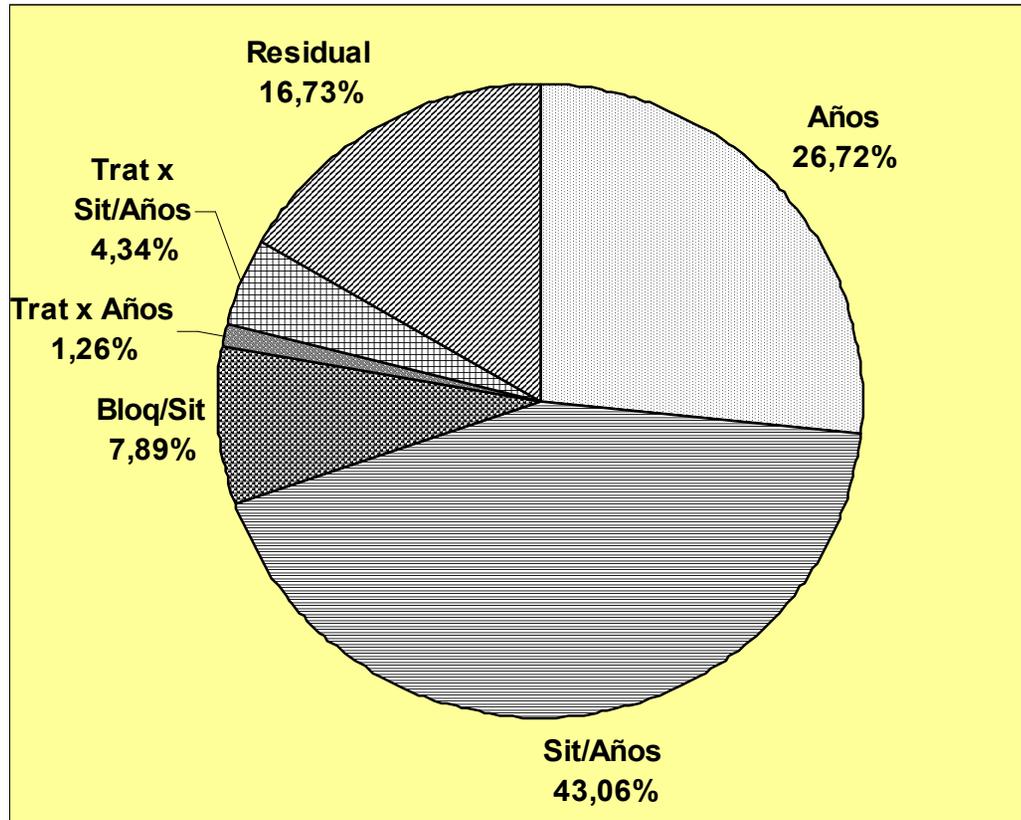
- 1) N-NO₃ en el perfil de 0-60 cm mayor a 120 Kg/Ha
- 2) Precipitaciones en el período emergencia-antesis (Z 10 – Z 39) inferiores a 200 mm.
- 3) Promedio de temperaturas medias en el período de 20 días pre-antesis (Z 30 – Z 39) superiores a 14 °C.
- 4) Precipitaciones durante el período de llenado de grano (Z 70 - Z90) superiores a 120 mm.



Indice de Calidad de Malta

(extracto, friabilidad, atenuación, Vz 45°C)

Composición porcentual de componentes aleatorios de varianza.



Indice de Calidad de Malta Relaciones con variables ambientales

MODELO	VARIABLES	VALOR t	R2 ajustado
1	Promedio de temperaturas medias 11-20/11 (mitad llenado de grano)	4,03	0,52
	Precipitaciones 21-31/10 (antesis – ppio. desarrollo de grano).	2,05	
2	Promedio de temperaturas medias 11-20/11 (mitad llenado de grano)	5,05	0,757
	Materia Orgánica del suelo (0-20 cm.)	2,21	
	Precipitaciones 1-10/10 (med – fin encañazón)	3,29	
	Promedio de temperaturas medias 11-20/9 (ppio. encañazón)	-4,08	
3	Materia Orgánica del suelo (0-20 cm.)	9,39	0,863
	Precipitaciones totales Set (fin macollaje – encañazón)	5,27	
	Precipitaciones 1-10/11 (ppio. llenado de grano)	-4,69	
	Promedio de temperaturas máximas 11-20/10 (pre-antesis)	7,35	
	Promedio de temperaturas máximas Nov (desarrollo de grano)	-7,94	



Indice de Calidad de Malta
Relaciones con variables ambientales
(EJEMPLOS)

Ensayo	Precipit nov	Tempppiollen	Amplitud	Proteína	ICM
C. Suárez 99	79,1 mm	14,01 °C	7,34 °C	10,5 %	7,08
Azul 99	100,7 mm	13,27 °C	6,46 °C	10,7 %	7,18
T. Arroyos 00	34,1 mm	15,13 °C	3,08 °C	10,4 %	4,78
Cascallares 00	18 mm	15,13 °C	3,08 °C	10,6 %	4,43

Ensayo	Precipit nov	Tempppiollen	Amplitud	Proteína	ICM
La Dulce 2001	153 mm	15,71 °C	5,35 °C	12,8	8,64
La Constancia (Ts. As.) 2001	124,7 mm	17,30 °C	0,62 °C	12,3	5,22



Otras variables

Resumen de componentes aleatorios

Sitio:

Calibre,
Dureza de malta,
Extracto,
Humedad a la salida de remojo

Año:

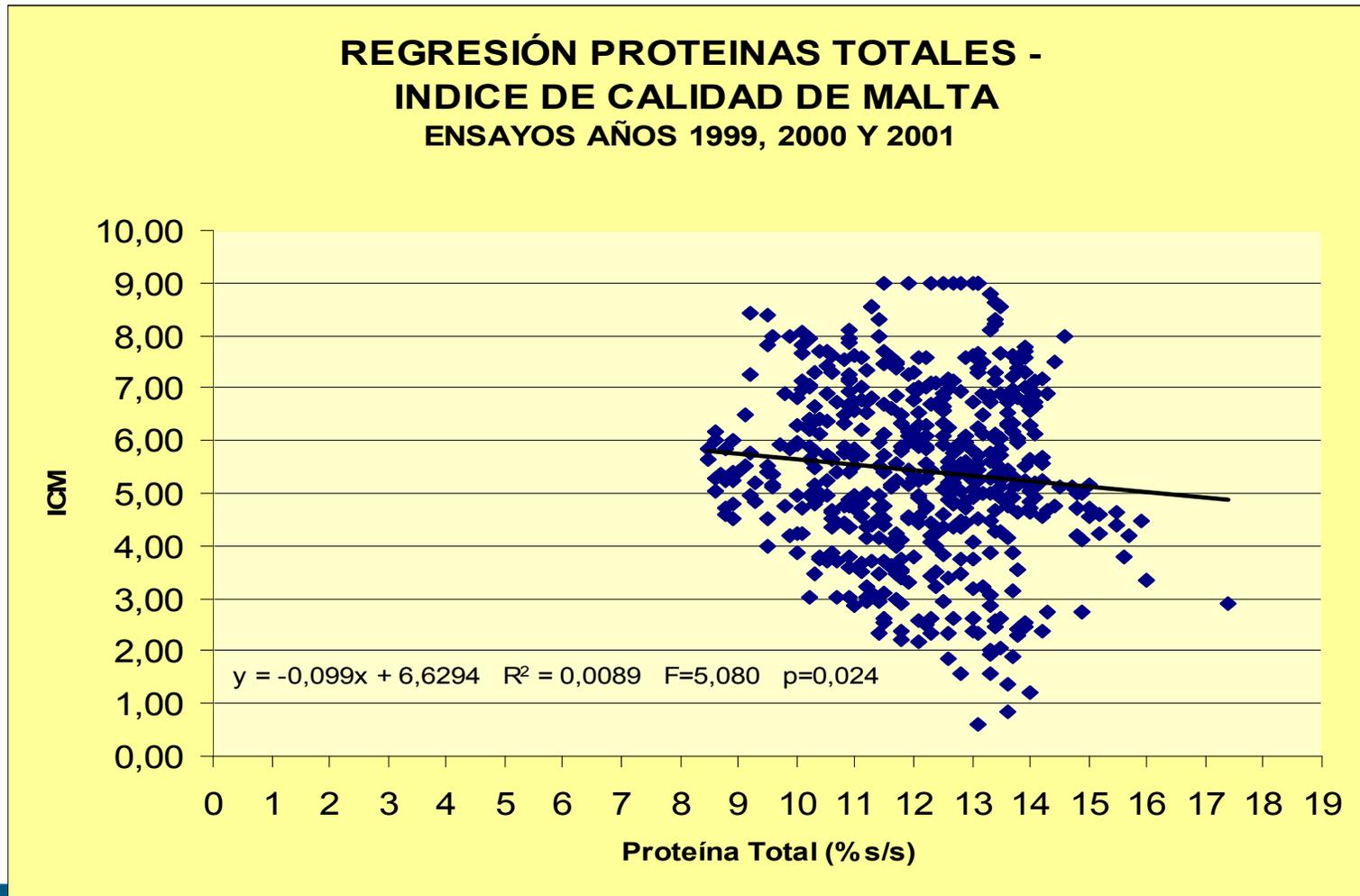
Atenuación límite aparente,
Rendimiento de malteo.

Sitio y Año con efecto similar

Vz 45°C,
Friabilidad.

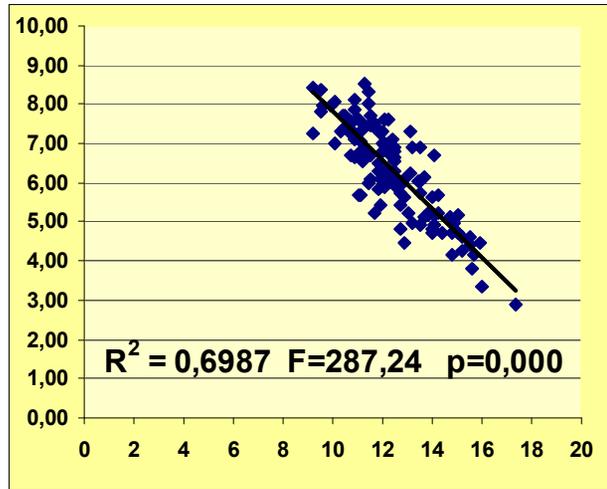


Relaciones entre Variables

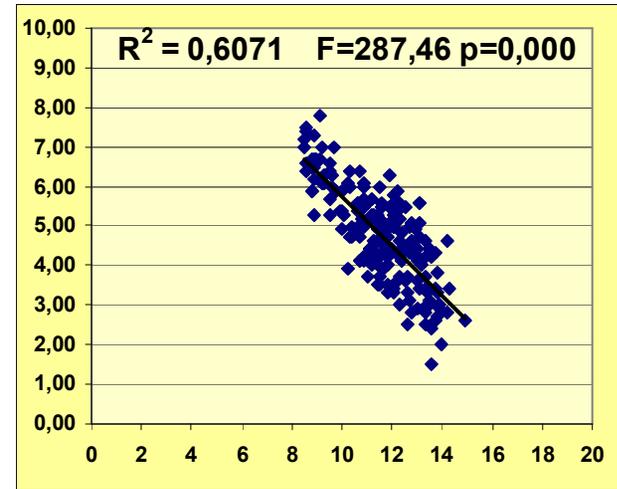


Relaciones entre Variables

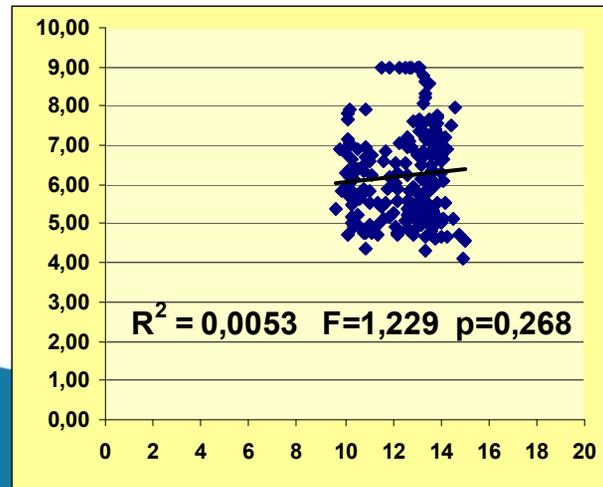
Proteína Total (x) vs. ICM (y),
Ensayos Año 1999, N = 119



Proteína Total (x) vs. ICM (y),
Ensayos Año 2000, N = 188

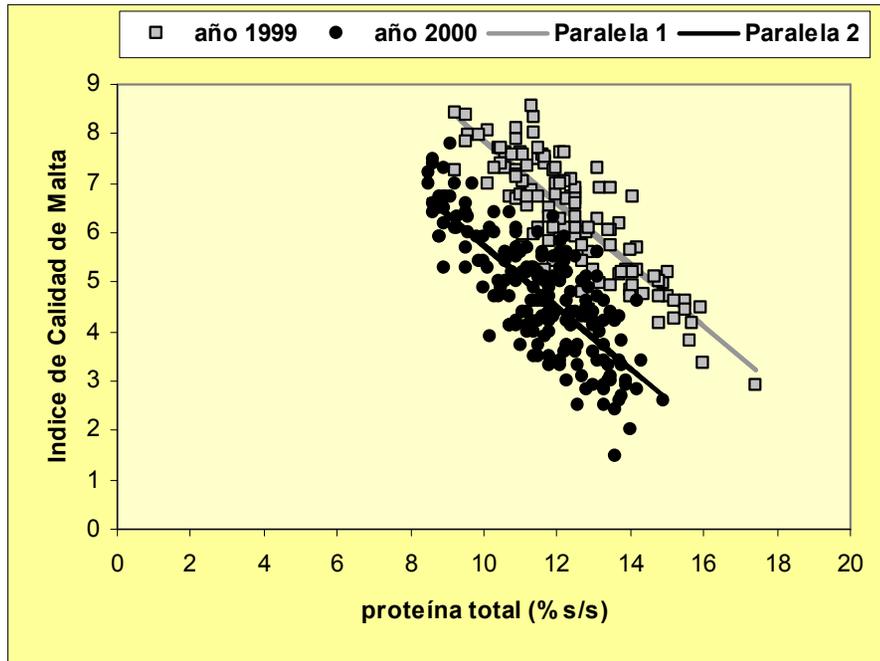


Proteína Total (x) vs. ICM (y),
Ensayos Año 2001, N = 210



Relaciones entre Variables

Comparación de rectas de Regresión Proteína-ICM



PASO I	Ho: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$
Estadístico:	$F_1 = 0,758068583$
	$p = 0,1042$
	$CM_{pond} = 0,527339715$
	$gl_{pond} = 303$

PASO II	Ho: $\beta_1 = \beta_2 = \beta$
Estadístico:	$t_{II} = 0,080007415$
	$p = 0,9363$
	$b_{pond} = -0,625479938$

PASO III	Ho: $\alpha_1 + \beta X_{pond} = \alpha_2 + \beta X_{pond}$
Estadístico:	$t_{III} = 23,9641147$
	$p = 0,0000$
	$X_{pond} = 11,89055375$



Proteínas totales

- N (Kjeldahl) * 6,25

Proteínas metabólicas

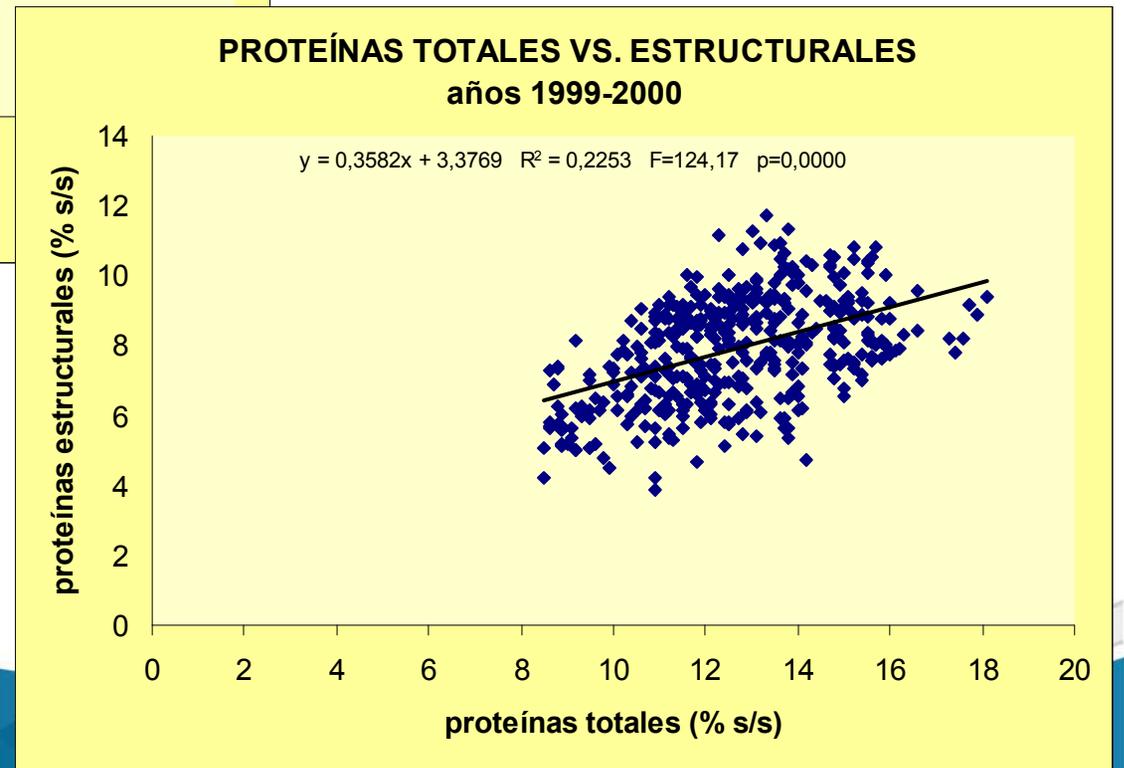
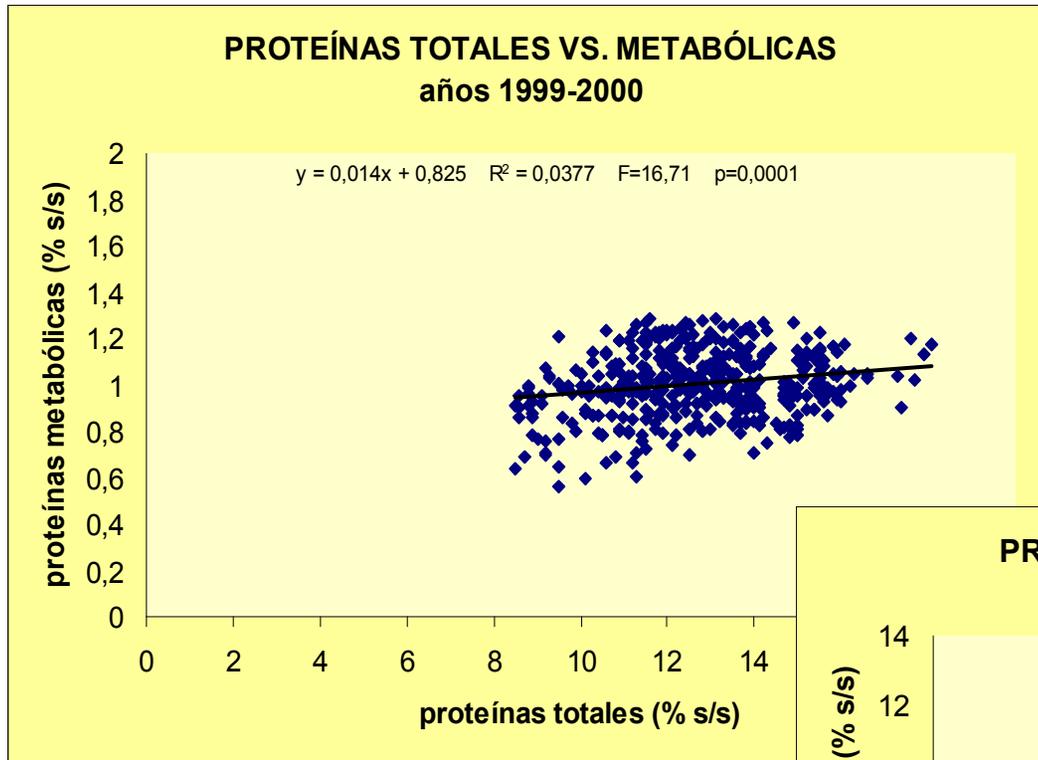
- Solubles en SO_4K_2 al 5%

Proteínas estructurales

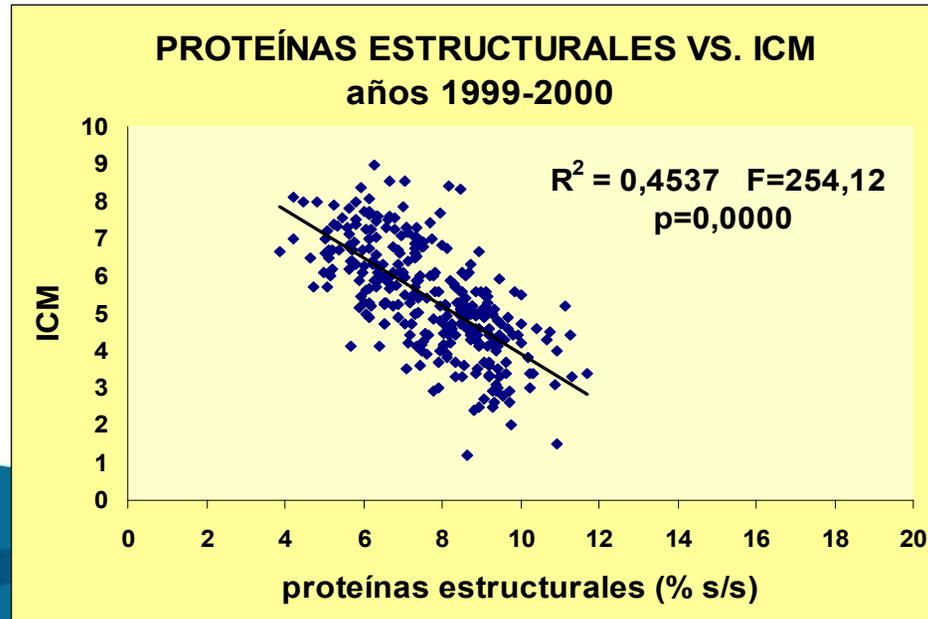
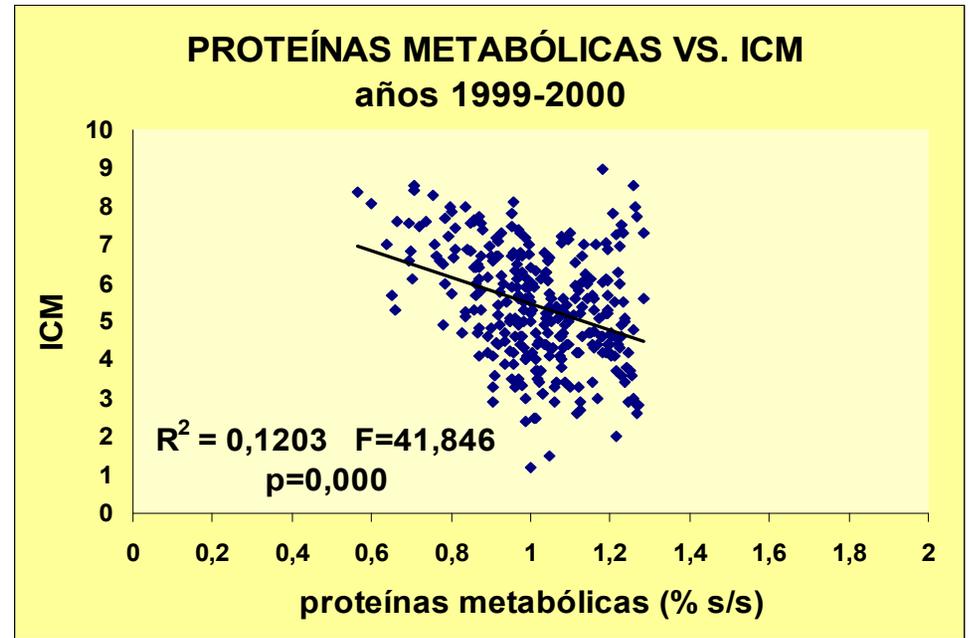
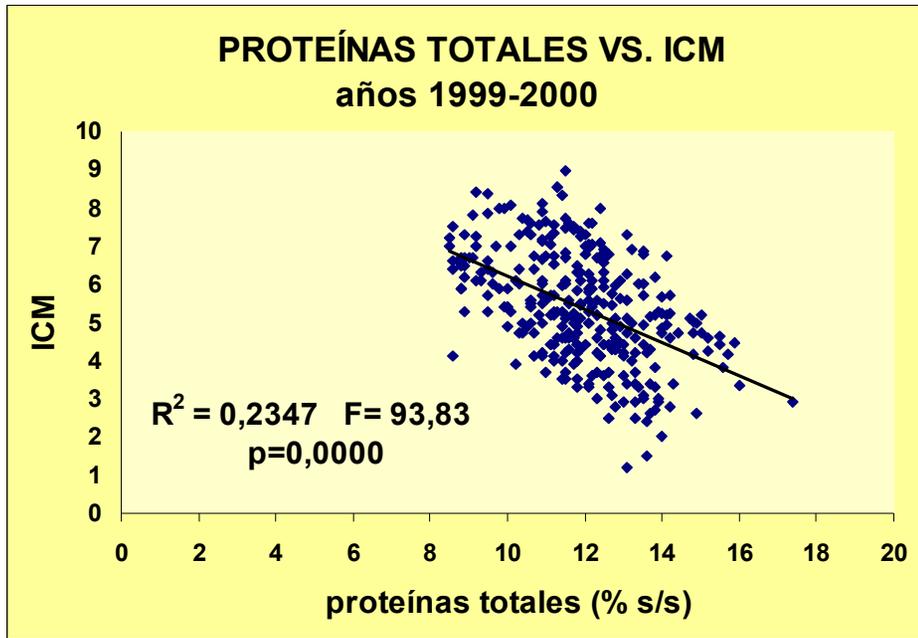
- Solubles en solución alcohólica + ácido acético.



Relaciones entre Variables



Relaciones entre Variables



RESUMEN

Principales Factores Aditivos de Varianza

PARÁMETRO	SITIO (%)	AÑO (%)
Proteínas Totales	50,39	17,43
Proteínas Metabólicas	48,67	18,3
Proteínas Estructurales	56,21	5,02
Calibre	41,7	24,12
Indice de Calidad de Malta	43,06	26,72
Extracto	48,27	9,08
Friabilidad	35,7	30,92
Atenuación Límite Aparente	10,81	70,61
Vz 45 °C	41,82	46,69
Humedad Salida de Remojo	75,24	8,07
Rendimiento de Malteo	8,51	71,43



RESUMEN

VARIABLES DE MAYOR INCIDENCIA EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE MALTA

	ICM	EXTRACTO	FRIABILIDAD	ATENUACIÓN	Vz 45 °C
Proteínas Totales	X	X			
Precipitaciones durante el desarrollo del grano	X	X		X	X
Temperaturas de inicio de llenado de grano	X	X	X	X	X
Amplitud térmica inicio - fin llenado	X		X		



EJEMPLO DE ASOCIACION CON VARIABLES AMBIENTALES

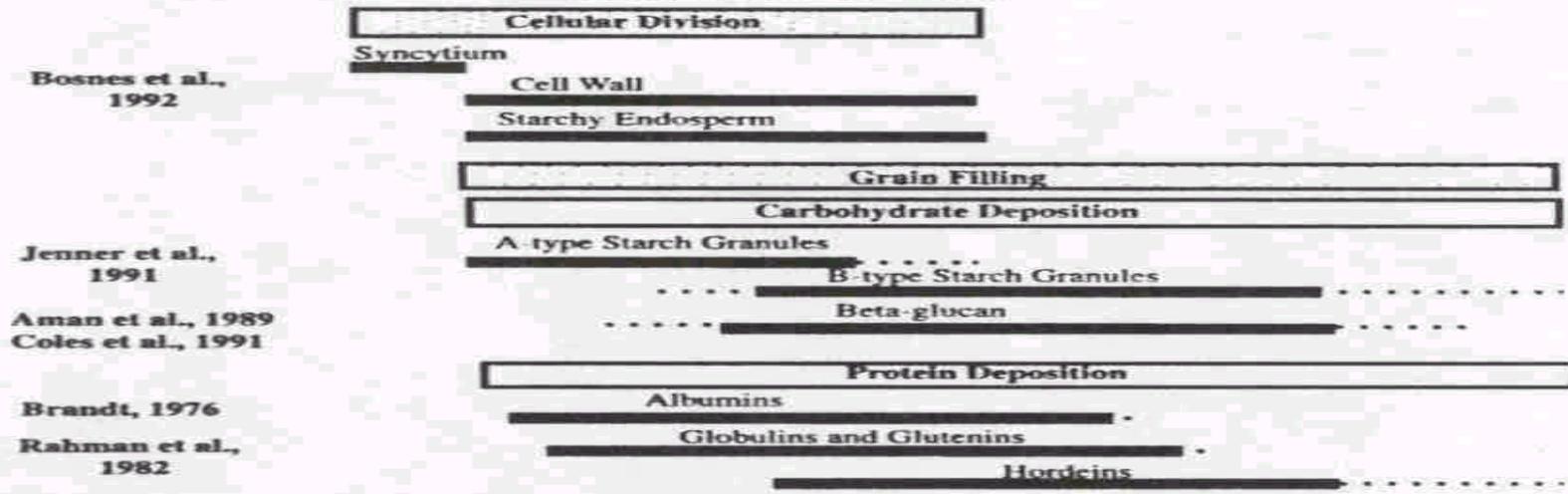
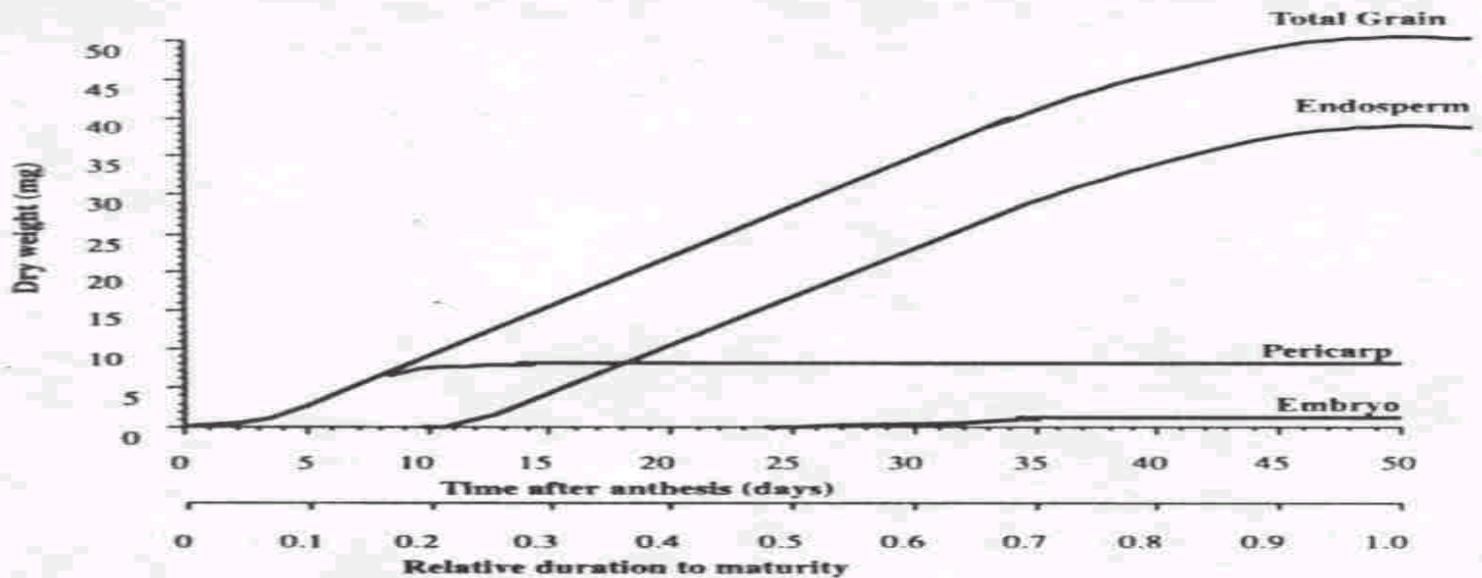
Análisis de regresión múltiple $y = ALA$, $x_1 =$ extracto, $x_2 =$ temperatura media de llenado. Variedad Scarlett.

R^2	f.de v.	SC	gl	CM	F	p
0,576297	Reg (X1)	7,806497608	1	7,806497608	6,80	0,0478
	Resi (X1)	5,739454773	5	1,147890955		
0,178335	Reg (X2)	2,415721585	1	2,415721585	1,09	0,3453
	Resi (X2)	11,1302308	5	2,226046159		
0,820993	Reg (X1,X2)	11,12113257	2	5,560566284	9,17	0,0320
	Ad (X1/X2)	8,705410983	1	8,705410983	14,36	0,0193
	Ad (X2/X1)	3,31463496	1	3,31463496	5,47	0,0795
	Resi (X1,X2)	2,424819813	4	0,606204953		
	Total	13,54595238	6			

INTERACCION GENOTIPO X FECHA DE SIEMBRA/AÑO RELACIONADA CON DIVERSOS PARÁMETROS DE CALIDAD INDUSTRIAL DE CEBADA CERVECERA Aguinaga, A. A.; Gribaldo, M. A., Trabajo presentado en el XXVII RAPC, 2009.



FIGURE 19.1. Dry-Matter Accumulation for Different Parts of a Barley Grain from Anthesis to Maturity



Source: Adapted from Savin (1996, p. 7).

Note: The lower part of the figure shows the timing of different events that occur in the endosperm. Stippled bars indicate subphases of the grain growth period. Solid bars represent the timing of different events. Dotted lines indicate unclear start or finish times of particular events.

CONCLUSIONES MAS RELEVANTES

❑ Proteína Total:

❑ La disponibilidad inicial de N no guardó relación con el contenido de N total del grano. Esta variable de suelo debería asociarse con las variables climáticas para incrementar el grado de predicción.

❑ Las variables ambientales que ocasionan mayor competencia entre la supervivencia de las flores y el crecimiento del tallo, son las que condicionan menor número de granos y en consecuencia, mayor contenido unitario de N.

❑ Índice de Calidad de Malta:

❑ La incidencia de la variable “sitio” fue menor y la de “año” fue mayor que para proteína total.

❑ No se encontró una fuerte relación entre Proteína Total e ICM si estas variables no van acompañadas con otro tipo de asociación, por ejemplo, agrupando los pares de datos por “años”.



MUCHAS GRACIAS

anaguina@quilmes.com.ar

