



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos



**Eficiencia de captura y uso de nitrógeno en
 trigos liberados en distintos años.
 ¿Un ejemplo de interacción y adaptación al
 sistema de cultivo?**



**Dante Pinochet
 Diciembre de 2013**

Valdivia, 2013

1

Uso de un modelo razonado de fertilización (Pinochet et al., 2005)

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Relaciones clima-cultivo} \quad \text{Relaciones cultivo-suelo}}{\text{Relaciones fertilizante -suelo}} \frac{\text{Demanda} - \text{Suministro}}{\text{Eficiencia fertilización}}$$

Rendimiento a alcanzar
 Eficiencia de utilización del nutriente

Evaluado a través de análisis de suelo
 Eficiencia de absorción del nutriente

Fuente, forma y época de aplicación del fertilizante
 Eficiencia de disponibilidad del nutriente

Valdivia, 2013

2

Demanda de N

$$\text{DemN} = \text{RAlcanzar} * \frac{(1 - \text{HC})}{\text{IC}} * \text{RIN}$$

Rodríguez, 1980

$$\text{DemN} = \text{RAlcanzar} * f\text{DemN}$$

Rodríguez et al., 2001

$$\text{DemN} = \text{RAlcanzar} * \frac{1}{\text{EUN}}$$

Moll et al., 1982

Valdivia, 2013

3

Suministro de N

$$\text{SumN} = [(\text{ppmN}_{\min} * \text{dap} * H) + f\text{SN}] * \text{EAbN}$$

Característica del suelo
Manejo histórico de residuos

Característica del cultivo
Interacción cultivo-suelo

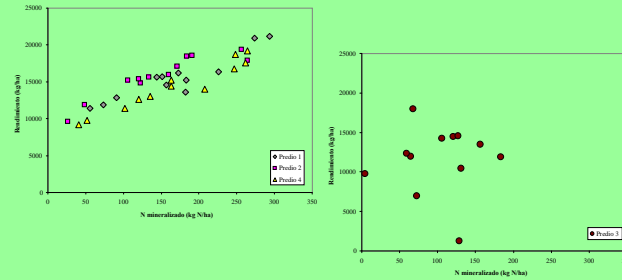
Valdivia, 2013

4

Evaluación del suministro de N (Pinochet, 2005)

$$SumN = N_{mineral} * dap * fAbN + fSN$$

Pinochet (2005; 2011)

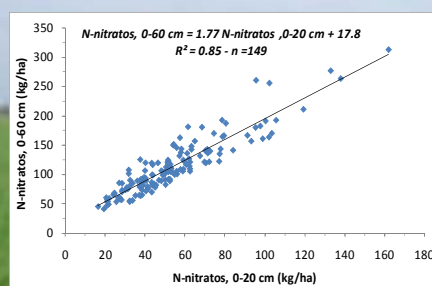


Usando el N mineral medido después de la cosecha, la densidad aparente, la dosis de N aplicado, se estimó la mineralización del N orgánico del suelo
Los predios 1, 2 y 4 se ajustaron adecuadamente con las variaciones del N mineral en las zonas de alta, media y baja productividad.

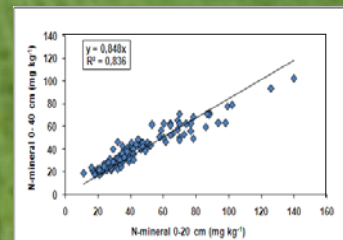
Valdivia, 2013

5

Evaluación del suministro de N (Pinochet, 2005)



García, 2009

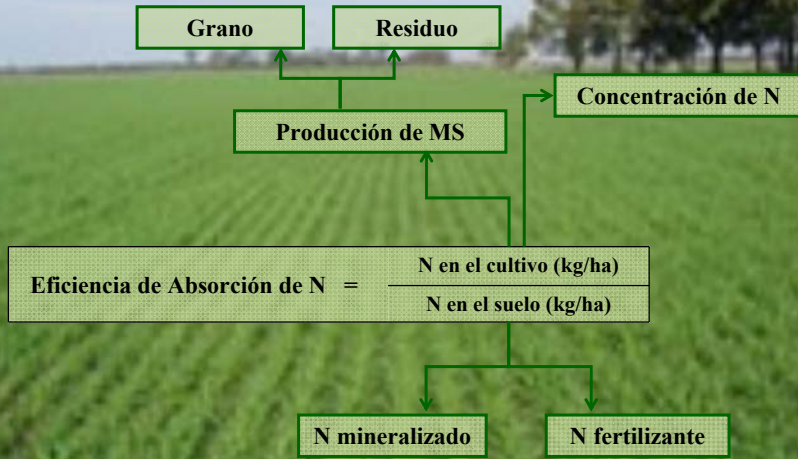


Pinochet et al., 2013

Valdivia, 2013

6

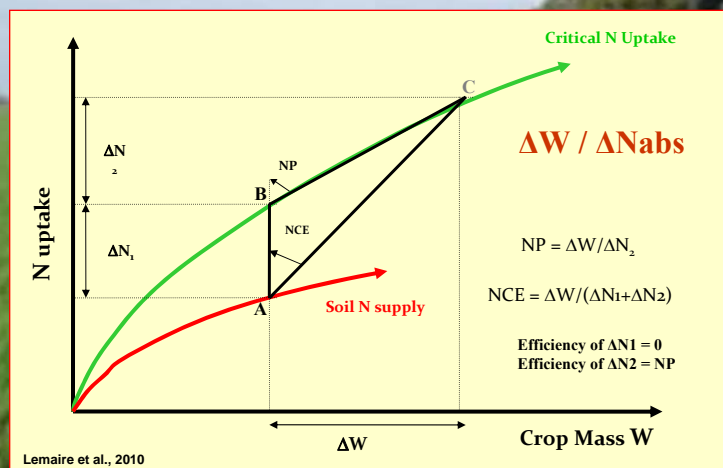
Eficiencia de Absorción de Nitrógeno



Valdivia, 2013

7

Parámetro de Eficiencia de Utilización del Cultivo (NCE, EUN)

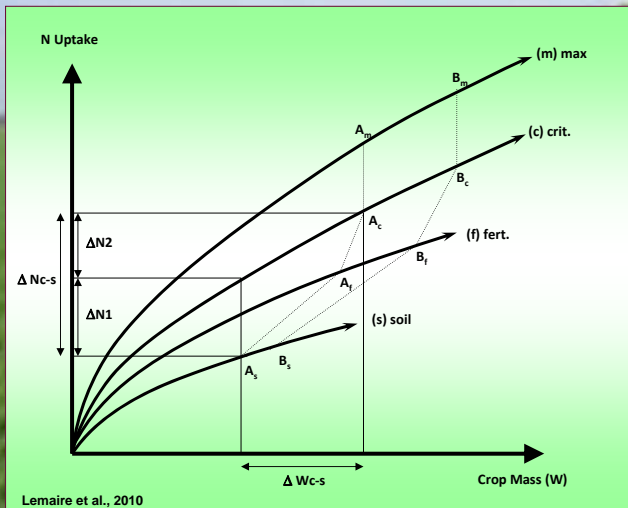


Lemaire et al., 2010

Valdivia, 2013

8

Parámetro de Eficiencia de Utilización del Cultivo (NCE, EUN)



**EUN
aumenta
cuando la
biomasa
aumenta**

**EUN decrece
cuando el
suministro
aumenta**

Valdivia, 2013

9

Recomendaciones para evaluar EUN (Lemaire, 2010)

Cuando se compara EUN entre genotipos se debe hacer la comparación: (i) al mismo nivel de nutrición N, y (ii) a la misma biomasa de cultivo

... si no se podría llegar a conclusiones erradas u obvias

- (i) Genotipos que han tenido menores deficiencia de N por su mejor capacidad de absorber N que otros, pueden ser clasificados como de baja EUN.. Lo que no sería correcto**
- (ii) Genotipos mayores potenciales de acumulación de MS podrían ser clasificados de alta EUN... pero esto es obvio... lo interesante es tener mejor EUN pero a similar biomasa**

Valdivia, 2013

10

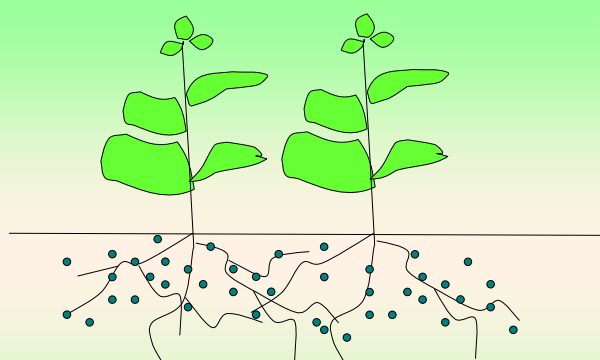
Conclusiones sobre EUN (Lemaire, 2010)

- **EUN no es muy variable entre especies del mismo tipo metabólico (C3 o C4)**
 - Debido a la baja variabilidad de las curvas de dilución crítica de N entre especies y probablemente entre genotipos
- **Diferencias reportadas en la literatura son principalmente debidas a diferencias en el estatus de N o en la biomasa del cultivo y a diferencias genéticas intrínsecas en la EUN**
- **El mejoramiento para incrementar EUN de la mayoría de las especies de cultivo parece no ser un objetivo relevante... la mejor manera de incrementar EUN es a través de incrementar el potencial de rendimiento**

Valdivia, 2013

11

Parámetro de Eficiencia de Absorción del Cultivo

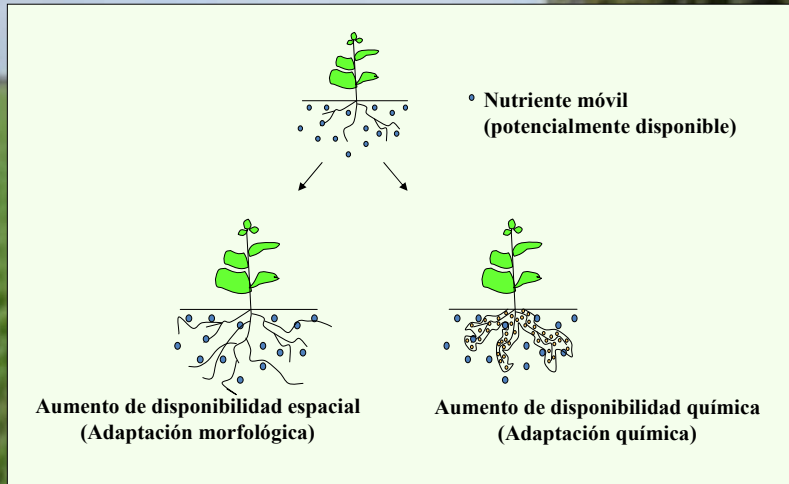


Cantidad de raíces
densidad de raíces (cm de raíz / cm³ de suelo)
Sinlocación (en el lugar)
Sincronía (en el tiempo)

Valdivia, 2013

12

Estrategias en la Eficiencia de Absorción del Cultivo



Valdivia, 2013

13

Eficiencia de Uso de N (EUN)

(Moll et al., 1982; Foulkes et al., 2009)

$$EUN = \frac{\text{Producción de grano (kg/ha)}}{\text{N disponible suelo + fertilizante (kg/ha)}}$$

• Eficiencia de Absorción del N

$$EAbN = \frac{\text{N Absorbido por el cultivo (kg/ha)}}{\text{N disponible suelo + fertilizante (kg/ha)}}$$

• Eficiencia de Utilización del N

$$EUT = \frac{\text{Producción de grano (kg MS/ha)}}{\text{N absorbido por cultivo (kg N/ha)}}$$

Valdivia, 2013

14

Mineralización de N y pérdidas

- **Transformaciones del N orgánico a N mineral**
 - N potencialmente mineralizable (N nativo)
 - Cinética de la mineralización
- **Pérdidas del N mineral**
 - Inmovilización (temporal)
 - Desnitrificación (definitiva)
 - Lixiviación (definitiva)

Valdivia, 2013

15

N fertilizer recovery efficiency using on-farm measurements Opportunity for improvement

Crop	Region	Number of farms	Avg N rate, kg/ha	Recovery, %
Maize	NC USA	56	103	37
Rice	Asia-farmer	179	117	31
	Asia-researcher	179	112	40
Wheat	India-poor weather	23	145	18
	India-good weather	21	123	49

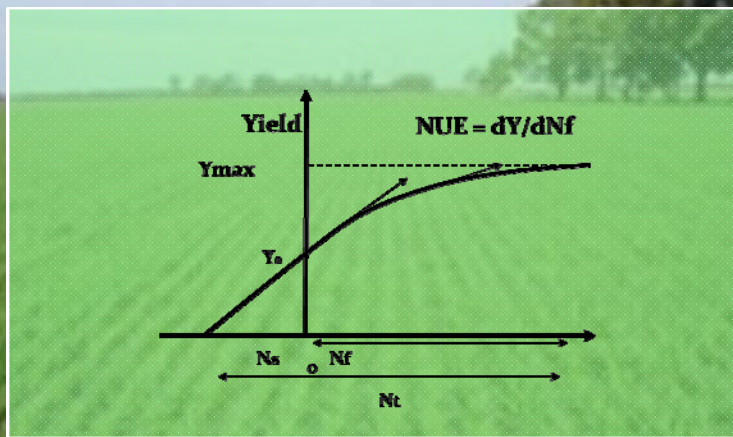
Cassman et al., 2002

Valdivia, 2013

16

Eficiencia de uso de N

derivada de la curva de respuesta a la aplicación de N



Valdivia, 2013

17

Cultivares antiguos y modernos

- **Cultivares antiguos (antes de 1950)**

- Antes de la “revolución verde”
- Mejorados con bajas dosis de N
- Sin genes enanizantes

- **Cultivares modernos (después de 1950)**

- después de la “revolución verde”
- Mejorados con fertilización N
- Genes enanizantes

Diferencias fenotípicas
Altura de plantas
Índice de Cosecha

Valdivia, 2013

18

Preguntas

¿Existe diferencia en la eficiencia de absorción de N entre cultivares de la misma especie?

¿Han los cultivares modernos de trigo incrementado o disminuido la habilidad de absorber N nativo del suelo?

Valdivia, 2013

19

Hipótesis

La habilidad de absorber N nativo del suelo es diferente entre los cultivares de trigo. Los cultivares antiguos son más eficientes en absorber N nativo del suelo produciendo más biomasa total que los cultivares modernos. Cuando se aplica N fertilizante, los cultivares modernos incrementan su materia seca y este incremento es mayor que el obtenido en los cultivares antiguos

Valdivia, 2013

20

Objetivo General

- **Determinar la eficiencia de absorción de N y su efecto sobre la producción de materia seca determine de cultivares antiguos y modernos de trigo con dos niveles de N disponible en el suelo**

Valdivia, 2013

21

Objetivos específicos

- **Evaluar la producción de materia seca de ocho variedades de trigo (antiguas y modernas) en función del N disponible del suelo (N mineralizado y N fertilizante aplicado)**
- **Determinar la variación de la concentración de N en la planta en función del N disponible**
- **Evaluar la variación del N mineralizado del suelo durante el período de crecimiento del trigo**
- **Determinar la variación en la eficiencia de absorción de N entre los cultivares**

Valdivia, 2013



Materiales y Métodos

Valdivia, 2013

23

Cultivares de Trigo

- **Cultivares antiguos**

Cultivar	Hábito de crecimiento	Año de Liberación
Barón	Trigo invernál	1931 - 1940
Castaño Colorado	Trigo invernál	1931 - 1940
Linaza	Trigo invernál	1931 - 1940
Vilmorín	Trigo invernál	1941 - 1950

Cultivares de Trigo

- **Cultivares antiguos**

Cultivar	Hábito de crecimiento	Año de Liberación
Barón	Trigo invernál	1931 - 1940
Castaño Colorado	Trigo invernál	1931 - 1940
Linaza	Trigo invernál	1931 - 1940
Vilmorín	Trigo invernál	1941 - 1950

Valdivia, 2013

24

Cultivares de Trigo

- **Cultivares modernos**

Cultivar	Hábito de crecimiento	Año de liberación
Dollinco	Trigo alternativo tardío	1991 - 2000
Kumpa	Trigo invernol	2000
Rupanco	Trigo alternativo tardío	2000
Tukan	Trigo invernol	1991 - 2000

Valdivia, 2013

25

Niveles de Nitrógeno

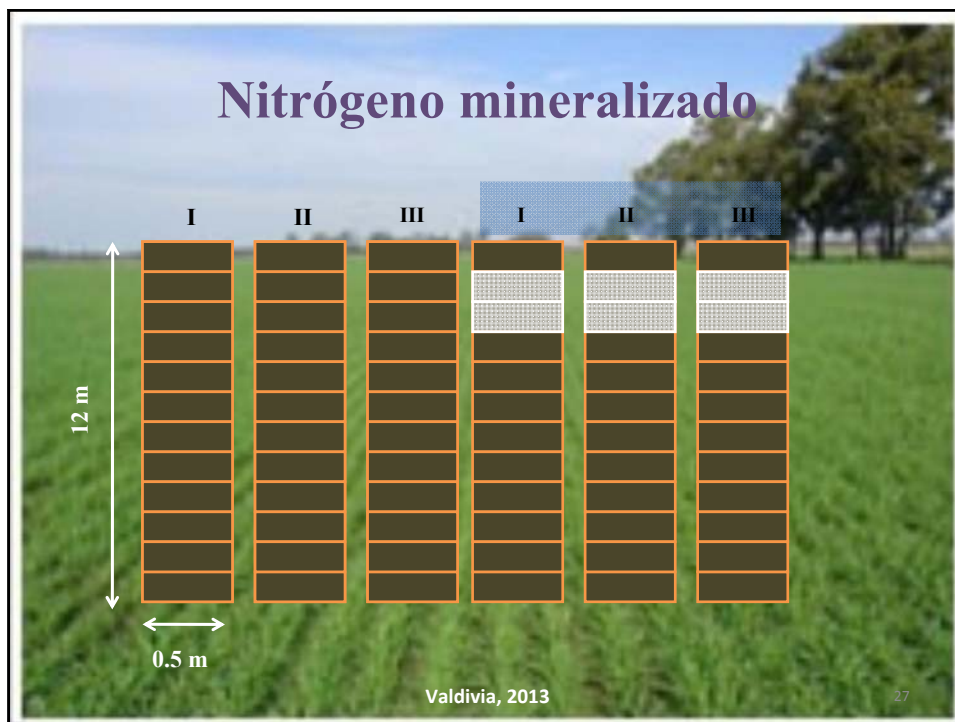
- **Nitrógeno mineralizado (N nativo) 0 - 90 cm**

- $Nm = Nm_{\text{inicial}} + Nmin_{\text{período del trigo}}$

- **Nitrógeno mineralizado + 180 u N ha⁻¹**

Valdivia, 2013

26



Evaluaciones

- **Mediciones directas**
 - Nitrógeno mineral
 - 0 – 20 cm
 - 0 – 40 cm
 - 0 – 60 cm
 - 0 – 90 cm
- **Evaluaciones indirectas**
 - Pérdidas del N mineral

Valdivia, 2013

28

N mineralizado + 180 u N ha⁻¹

Dosis de N	Fertilizante N	Estado de crecimiento (escala Zadoks)
30 u N ha ⁻¹	Nitram magnésico	Z 2.1
30 u N ha ⁻¹	Nitram magnésico	Z 2.3
60 u N ha ⁻¹	Nitram magnésico	Z 3.1
60 u N ha ⁻¹	Nitram magnésico	Z 4.5

Valdivia, 2013

29

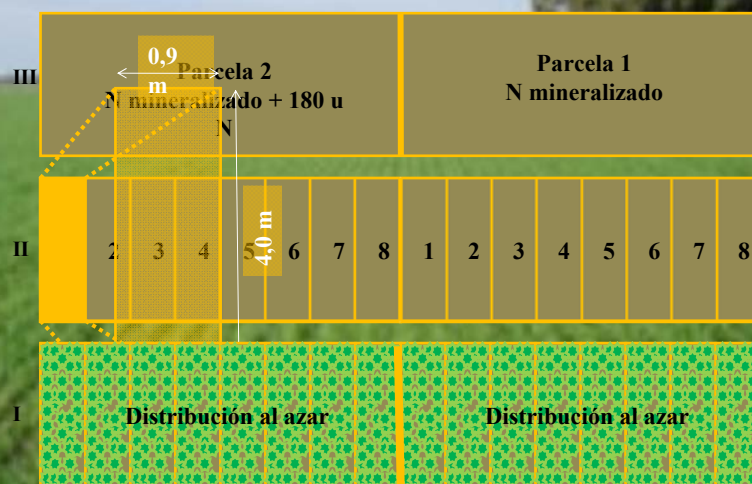
Diseño Experimental

- **Bloques al azar con parcelas divididas**
 - Bloques : Réplicas completas
 - Parcelas : Disponibilidad de Nitrógeno
 - Subparcelas : Cultivares de trigo

Valdivia, 2013

30

Diagrama del diseño experimental



Valdivia, 2013

31

Manejo General

Indices de disponibilidad inicial (0-20 cm)

Parámetro	Método	Unidad	Valor
pH (agua)	(1:2.5)		5,3
pH (CaCl ₂)	(1:2.5)		4,6
Materia orgánica		(%)	14
N-Mineral	Extracción KCl 1M	(mg/kg)	18
P disponible	Olsen (bicarbonato de Na)	(mg/kg)	14
K intercambiable	Acetato de amonio pH 7,0	(cmol ₊ /kg)	0,29
Na intercambiable	Acetato de amonio pH 7,0	(cmol ₊ /kg)	0,04
Ca intercambiable	Acetato de amonio pH 7,0	(cmol ₊ /kg)	0,71
Mg intercambiable	Acetato de amonio pH 7,0	(cmol ₊ /kg)	0,26
Suma de bases		(cmol ₊ /kg)	1,29
Al intercambiable	Extracción KCl 2M	(cmol ₊ /kg)	0,44
Saturación de Al		(%)	25,2

Valdivia, 2013

32

Manejo General

Fertilización basal : 16 de Julio de 2006

Dosis	Fuente Fertilizante (kg ha ⁻¹ producto comercial)
4750 kg CaCO ₃ ha ⁻¹	5000 kg como Magnecal 7
450 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	978 kg como Superfosfato triple
80 kg K ₂ O ha ⁻¹	133 kg como Muriato de K
30 kg MgO ha ⁻¹	111 kg como Magnesul
4 kg MgSO ₄ ha ⁻¹	20 kg como Mezcla Frolich
2 kg CuSO ₄ ha ⁻¹	20 kg como Mezcla Frolich
5.6 kg CaCO ₃ ha ⁻¹	20 kg como Mezcla Frolich
2 kg ZnSO ₄ ha ⁻¹	20 kg como Mezcla Frolich
5 kg Na ₂ B ₄ O ₇ ha ⁻¹	20 kg como Mezcla Frolich
0.2 kg MoO ₃ ha ⁻¹	20 kg como Mezcla Frolich
1 kg B ha ⁻¹	10 kg como Boronatrocalcita

Valdivia, 2013

33

Manejo General

- **Siembra**

Fecha	Julio 18
Dosis de semilla	160 kg ha ⁻¹
Maquinaria	Planet Junior
Distancia hileras	17,5 cm

Valdivia, 2013

34

Evaluaciones

- **Directas**
 - Producción de MS total y de grano
 - Concentración de N a la cosecha
 - Altura de plantas a la cosecha
- **Indirectas**
 - Índice de Cosecha
 - Eficiencia de Uso de N
 - Eficiencia de Absorción de N

Valdivia, 2013

35

RESULTADOS

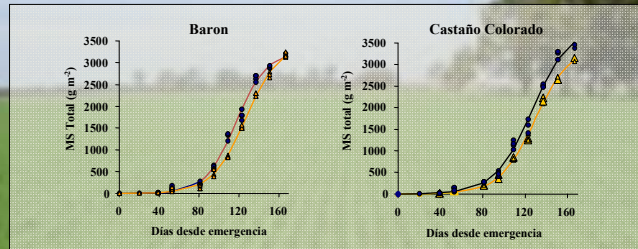
Valdivia, 2013

36

Materia Seca total

- Cultivares antiguos

$$Y = \frac{Y_{\max}}{1 + \exp((B - X)/C)}$$



Cultivar		Tratamientos		P-value
		N 0	N 0 + N 180	
Barón	Ymax	3443	3262	0.350
	B	127	117	0.015*
	C	16.66	15.43	0.454
	R ²	0.99	0.99	
	Sy.x	74.5	114.7	
Castaño Colorado	Ymax	3468	3864	0.103
	B	130	127	0.264
	C	16.92	17.24	0.836
	R ²	0.99	0.99	
	Sy.x	73.19	125.6	

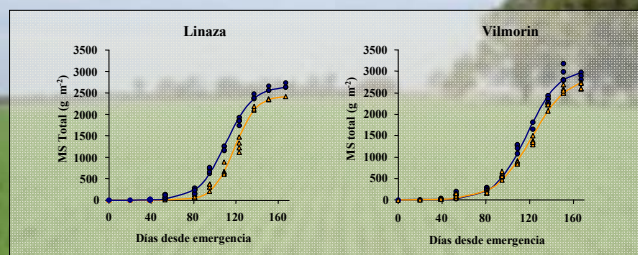
Valdivia, 2013

37

Materia Seca total

- Cultivares antiguos

$$Y = \frac{Y_{\max}}{1 + \exp((B - X)/C)}$$



Cultivar		Tratamiento		P-value
		N 0	N 0 + N 180	
Linaza	Ymax	2432	2667	0.210
	B	119	111	0.039*
	C	10.02	12.95	0.251
	R ²	0.95	0.98	
	Syx	219	147	
Vilmorin	Ymax	2922	3077	0.453
	B	122	118	0.271
	C	16.48	14.51	0.455
	R ²	0.95	0.98	
	Syx	217	150	

Valdivia, 2013

38

Productividad de MS total

Cultivares antiguos

Cultivar	Tratamientos	Materia Seca total (g m ⁻²)
Baron	N 0	3132 a
Baron	N 0 + N 180	3171 a
Castaño colorado	N 0	3119 a
Castaño colorado	N 0 + N 180	3321 a
Linaza	N 0	2636 b
Linaza	N 0 + N 180	2854 b
Vilmorin	N 0	2593 b
Vilmorin	N 0 + N 180	2688 b

Diferentes letras entre columnas indican diferencias significativas (p<0.05; Tukey)

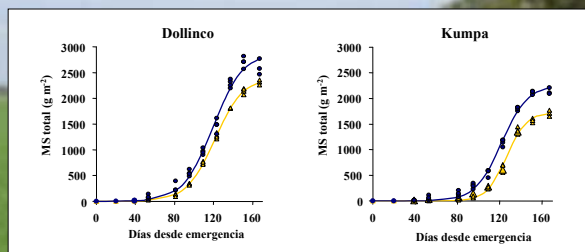
Valdivia, 2013

39

Materia Seca total

• Cultivares modernos

$$Y = \frac{Y \text{ max}}{1 + \exp((B - X)/C)}$$



Cultivar	Tratamientos	Tratamientos		P-value
		N 0	N 0 + N 180	
Dollinco	Y max	2414	2893	0.021
	B	121	119	0.364
	C	14.5	15.3	0.652
	R ²	0.99	0.98	
	Sy.x	42.9	145.4	
Kumpa	Y max	1730	2267	0.002
	B	127	122	0.034
	C	9.4	12.4	0.057
	R ²	0.99	0.99	
	Sy.x	68.5	80.4	

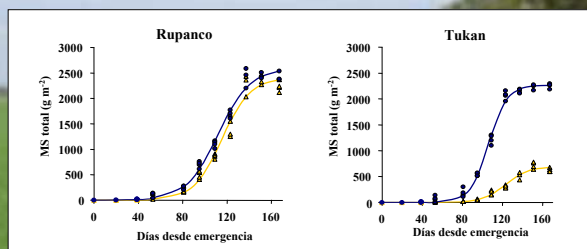
Valdivia, 2013

40

Materia Seca total

- Cultivares modernos

$$Y = \frac{Y \max}{1 + \exp((B - X)/C)}$$



Cultivar		Tratamientos		P-value
		N 0	N 0 + N 180	
Rupanco	Y max	2410	2592	0.2748
	B	115	112	0.3038
	C	12.9	14.4	0.5328
	R ²	0.97	0.98	
	Syx	177.5	140.1	
Tukan	Y max	697	2265	0.0001*
	B	123	106	0.0032*
	C	11.6	9.2	0.325
	R ²	0.95	0.99	
	Syx	62.2	95.9	

Valdivia, 2013

41

Producción de MS total

Cultivares Modernos

Cultivar	Tratamientos	MS total (g m ⁻²)
Dollinco	N 0	2309 b
Dollinco	N 0 + N 180	2522 a
Kumpa	N 0	1711 d
Kumpa	N 0 + N 180	2098 c
Rupanco	N 0	2189 cb
Rupanco	N 0 + N 180	2374 ab
Tukan	N 0	606 e
Tukan	N 0 + N 180	2251 cb

Diferentes letras entre columnas indican diferencias significativas (p<0.05; Tukey)

Valdivia, 2013

42

Producción de grano

Cultivar	Producción de grano (g m ²)		
	N 0	N0 + N 180	N180 - N0
Baron	1119 a	1161 a	42
Castaño colorado	530 b	651 a	121
Linaza	855 a	870 a	14
Vilmorin	802 a	819 a	19
Dollinco	1020 b	1132 a	112
Kumpa	753 b	840 a	86
Rupanco	1138 b	1259 a	120
Tukan	316 b	1216 a	900

Diferentes letras entre filas indican diferencias significativas (p<0.05; Tukey)

Valdivia, 2013

43

Indice de Cosecha y Altura de plantas

Cultivar	Indice de Cosecha (%)		Altura de planta (cm)	
	N 0	N0 + N 180	N 0	N0 + N 180
Baron	34,6 a	36,9 a	157 A a	150 A a
Castaño colorado	17,3 a 30	18,6 a	153 A a	148 150 A a
Linaza	33,5 a	29,9 a	150 A a	147 A a
Vilmorin	38,2 a	33,0 a	138 A a	135 A a
Dollinco	49,2 a	43,7 a	110 B a	115 B a
Kumpa	44,3 a 48	40,1 a	100 B a	104 100 B a
Rupanco	52,2 a	52,6 a	96 BC a	113 B a
Tukan	51,5 a	53,8 a	83 C a	113 B a

Diferentes letras minúsculas entre columnas y letras mayúsculas entre hileras muestran diferencias significativas (p<0.05; Tukey)

Valdivia, 2013

44

Concentración de N en trigo

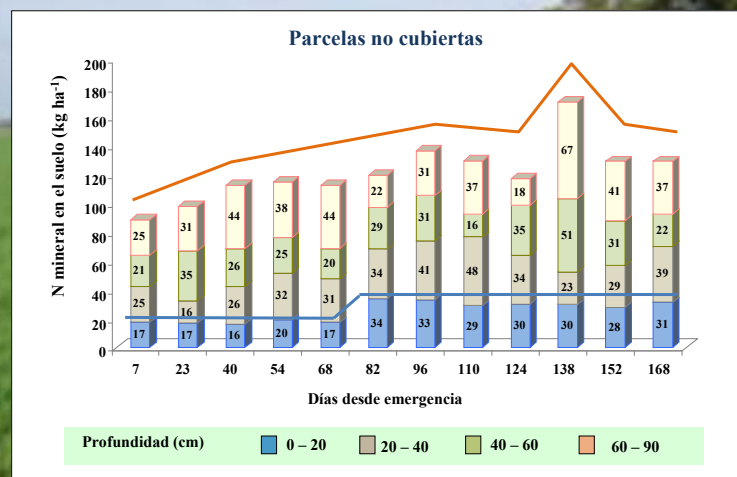
Cultivar	Concentración de N en la MS (%)					
	Residuo		Grano		MS total	
	N 0	N0 + N 180	N 0	N0 + N 180	N 0	N0 + N 180
Baron	0,33 a	0,41 a	1,71 a	1,89 a	0,81 a	0,95 a
Castaño Colorado	0,47 a	0,56 b	2,06 a	2,23 b	0,74 a	0,88 a
Linaza	0,36 a	0,58 b	1,86 a	2,12 b	0,86 a	1,04 b
Vilmorin	0,34 a	0,59 b	1,68 a	2,26 b	0,85 a	1,14 b
Dollinco	0,37 a	0,62 b	1,58 a	1,94 b	0,97 a	1,20 b
Kumpa	0,38 a	0,56 b	1,64 a	1,89 a	0,94 a	1,09 a
Rupanco	0,33 a	0,50 b	1,74 a	2,03 b	1,06 a	1,31 b
Tukan	0,31 a	0,40 a	1,81 a	2,02 b	1,09 a	1,27 b

Diferentes letras entre columnas indican diferencias significativas (p<0.05; Tukey)

Valdivia, 2013

45

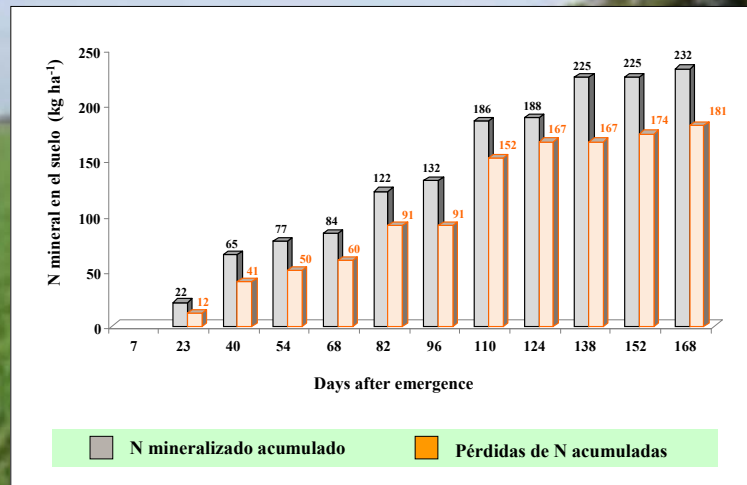
Mineralización de N



Valdivia, 2013

46

N mineralizado y pérdidas de N acumulados



Valdivia, 2013

47

Eficiencia de Utilización e Índice de Cosecha de N

Cultivar	Eficiencia de Utilización		Índice de Cosecha de N	
	N0	N0 + N180	N0	N0 + N180
	(g MS grano/g N absorbido)		(g N grano/g N absorbido)	
Baron	44,1 ab	38,5 a	0,75 ab	0,73 ab
Castaño Colorado	23,0 c	22,3 b	0,47 c	0,50 c
Linaza	37,7 b	29,3 b	0,70 b	0,62 b
Vilmorin	36,4 b	26,7 b	0,68 b	0,60 b
Dollinco	45,5 a	37,4 a	0,72 ab	0,73 ab
Kumpa	46,8 a	36,7 a	0,77 ab	0,69 ab
Rupanco	49,0 a	40,5 a	0,85 a	0,82 a
Tukan	47,8 a	42,5 a	0,87 a	0,86 a

Valdivia, 2013

48

Eficiencia de Absorción de N

Cultivar	Nmin g/m ²	Eficiencia de Absorción de N (g/g)	
		N0	N0 + N180
Baron	34,8	0,73 a	0,56 b
Castaño Colorado	35,0	0,66 a	0,58 b
Linaza	36,4	0,59 a	0,52 a
Vilmorin	33,4	0,66 a	0,64 a
Dollinco	35,0	0,64 a	0,62 a
Kumpa	35,7	0,45 a	0,45 a
Rupanco	32,2	0,72 a	0,63 a
Tukan	33,5	0,21 b	0,54 a

Diferentes letras entre columnas indican diferencias significativas (p<0.05; Tukey)

Valdivia, 2013

49

Eficiencia de Absorción de N

Cultivar	Nmin g/m ²	Eficiencia de Absorción de N (g/g)	
		N0	N0 + N180
Baron	34,8	0,73 a	0,56 ab
Castaño Colorado	35,0	0,66 ab	0,58 a
Linaza	36,4	0,59 b	0,52 ab
Vilmorin	33,4	0,66 ab	0,64 a
Dollinco	35,0	0,64 ab	0,62 a
Kumpa	35,7	0,45 c	0,45 b
Rupanco	32,2	0,72 a	0,63 a
Tukan	33,5	0,21 d	0,54 ab

Diferentes letras entre filas indican diferencias significativas (p<0.05; Tukey)

Valdivia, 2013

50

Conclusiones

- Los cultivares evaluados presentan una distinta respuesta en la producción de materia seca total y rendimiento de grano a los niveles de disponibilidad de N en suelo.
- Los parámetros de IC y altura de la planta, no serían afectados por la disponibilidad de N, los cuales responderían a una característica morfológica de la planta.

Valdivia, 2013

51

Conclusiones

- La concentración de N en la planta, tanto en la materia seca total como en el grano, presentó diferencias significativas entre tratamientos de disponibilidad de N en el suelo
- La eficiencia de utilización del N medida en función rendimiento de grano muestra que el mejoramiento de variedades modernas ha estado influido mayoritariamente por mejoras en el índice de cosecha de los cultivares

Valdivia, 2013

52

Conclusiones

- Los cultivares presentaron diferencias en la eficiencia de Absorción de N mineralizado del suelo, tendiendo la mayoría de los cultivares antiguos evaluados más eficientes que los cultivares modernos. Cuando se aplicó fertilización N, las diferencias de eficiencias de Absorción de N entre cultivares disminuyeron no encontrándose diferencias en siete de los ocho cultivares evaluados

Valdivia, 2013

53

Agradecimientos

Dr. Daniel Calderini
Sr. Jermán Carrasco
Sr. Francisco Quiñones



Muchas gracias !

Valdivia, 2013

54



Valdivia, 2013

55

Eficiencia de Uso de N

- **Agronomic use Efficiency (AUE)**
$$\frac{\text{Grain yield (kg/ha)}}{\text{N fertilizer applied (kg/ha)}}$$
- **Agro physiologic use Efficiency (APUE)**
$$\frac{\text{Grain yield (kg/ha)}}{\text{N fertilizer uptaked (kg/ha)}}$$
- **Utilization Efficiency (UE)**
$$\frac{\text{Total DM yield (kg/ha)}}{\text{N fertilizer applied (kg/ha)}}$$

Valdivia, 2013

56

Nitrogen fertilizer use efficiency

- **Physiologic Use Efficiency (PUE)**

$$\frac{\text{Total DM yield (kg/ha)}}{\text{N fertilizer crop uptaked (kg/ha)}}$$

- **Apparent recovery efficiency (ARE)**

$$\frac{\text{N crop uptaked (kg/ha)}}{\text{N fertilizer applied (kg/ha)}}$$

Valdivia, 2013

57

Eficiencia de Absorción de N

- **Eficiencia de Absorción del N nativo del suelo**

$$\frac{\text{N Absorbido por el cultivo (kg/ha)}}{\text{N mineralizado del suelo (kg/ha)}}$$

- **Eficiencia de Absorción de N (EAN)**

$$\frac{\text{N absorbido por el cultivo (kg/ha)}}{\text{N disponible (N suelo + fertilizante (kg/ha))}}$$

Valdivia, 2013

58

Eficiencia de Uso de N fertilizante

Cultivar	Nitrogen fertilizer use efficiency				
	AUE kg kg ⁻¹	APUE kg kg ⁻¹	UE kg kg ⁻¹	PUE kg kg ⁻¹	ARE %
Baron	2.36 d	11.34 bed	0.28 e	0.95 d	29.6 d
Castaño C.	6.76 b	18.66 b	1.83 bed	4.28 bc	42.8 bed
Linaza	0.82 e	1.01 e	1.38 cde	3.65 cd	37.7 cd
Vilmorin	0.97 de	5.91 de	1.37 cde	2.32 cd	58.9 b
Dollinco	6.25 bc	8.00 cde	2.58 bc	4.32 bc	59.9 b
Kumpa	4.84 c	17.41 b	2.97 b	6.59 ab	45.0 bed
Rupanco	6.71 b	14.49 bc	0.97 de	2.16 cd	44.7 bed
Tukan	50.06 a	40.54 a	8.79 a	7.39 a	119.0 a

Different letters among columns indicate significant differences (p<0.05; Tukey)

Valdivia, 2013

59



Valdivia, 2013

60