

# INVESTIGACIONES

## PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y ABSORCIÓN DE MACRO Y MICRONUTRIENTES EN TRIGO CULTIVADO EN EL SUR DE CHILE<sup>1</sup>

### Dry matter production and macro and micronutrients absorption in wheat cultivated in southern Chile

Cristian Hewstone M.<sup>2</sup>

#### A B S T R A C T

The above ground biomass and root dry matter accumulation of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in Southern Chile, the absorption of N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Cu and B during development and the extraction of these nutrients per kilogram of grain are described. The biomass dry matter accumulation curves were similar for the winter and spring crops, although the spring growing period was shorter. The root dry matter accumulation curves were similar to the above ground biomass curves, but the proportion of root biomass decreased between the CD 23 (26%) and anthesis (7%) stages. Nutrient absorption rates were generally correlated to dry matter production up to anthesis, with K, Cu and B being the exceptions. In general, the nutrient extraction per kilogram of grain was in agreement with the values reported elsewhere. Differences in extraction for some nutrients were found between cultivars. Different sowing dates and growing seasons produced significant differences in the extraction of some nutrients per kilogram of grain.

**Key words:** nutrient absorption, extraction rates, *Triticum aestivum* L.

#### INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de nutrientes y su absorción por la planta desempeñan un importante papel en la elaboración de la MS durante el desarrollo del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.), y en la acumulación final de ellos por los granos. Su estudio y conocimiento aportan importantes elementos de juicio en aplicaciones relacionadas con la fertilización y manejo del cultivo.

Diferentes trabajos han informado acerca del desarrollo del peso seco de raíces y parte aérea en cebada y trigo (Welbank *et al.*, 1974), las concentraciones de macro y micronutrientes du-

rante el desarrollo de la planta (Hocking, 1994) y su redistribución en diferentes órganos a la cosecha (Wheeler *et al.*, 1993).

En general hay concordancia entre diferentes autores en relación a las necesidades de macronutrientes del trigo (Laloux *et al.*, 1980; Cook y Veseth, 1991). En micronutrientes se ha estudiado la absorción de zinc en relación a la disponibilidad en el suelo y dosis aplicadas (Bansal *et al.*, 1990), y la absorción de cobre en diferentes cultivares durante el desarrollo de la planta (Owuoche *et al.*, 1995).

El presente trabajo describe la producción de MS durante las diferentes etapas de desarrollo de tres cultivares de trigo de hábito facultativo, sembradas en dos épocas en 1995 y 1996, y las absorciones de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio

<sup>1</sup>Recepción de originales: 15 de octubre de 1998.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Casilla 58-D, Temuco, Chile. E-mail: chewston@carillanca.inia.cl

(K), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu) y boro (B) en estas etapas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Proyecto Fitomejoramiento de Trigo del Centro Regional de Investigación Carillanca, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), realiza ensayos de cultivares y líneas avanzadas en tres localidades de la zona sur de Chile: Liceo Agrícola La Providencia en Traiguén (38° 17' Lat. S, 72° 37' Long. W), en un suelo Transicional con predominio de características de Ultisol; Carillanca (38° 41' Lat. S, 72° 25' Long. W), en un suelo Andisol, Entic Dystrandep; y en el Centro Experimental La Pampa (40° 52' Lat. S, 73° 12' Long. W), en un suelo Andisol, Typic Dystrandep. Los ensayos están constituidos por 25 cultivares, parcelas de 3 surcos de 2 ó 5 m de largo, diseño en bloques al azar y 2 ó 4 repeticiones. En las tres localidades se aplica cal IANSA para prevenir problemas de acidificación de suelo (300 kg ha<sup>-1</sup> en Carillanca, y 800 kg ha<sup>-1</sup> en las otras localidades) y una fertilización destinada a cubrir posibles deficiencias y suplir necesidades de alto rendimiento, consistente en 80 kg ha<sup>-1</sup> de P, 180-205 kg ha<sup>-1</sup> de K y 45 kg ha<sup>-1</sup> de Mg.

Se efectuaron determinaciones de materia seca (MS) y contenido de nutrientes en raíces y parte aérea durante el desarrollo en Carillanca, en un ensayo destinado a estudiar el comportamiento de los cultivares de hábito facultativo Metrenco-INIA, Paillaco-INIA y Renaico-INIA. Se realizaron tres tratamientos de épocas y dosis de aplicación de N, más la fertilización de los otros elementos indicados anteriormente. Se usó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas tenían 10 surcos de 5 m de largo, separados a 30 cm. El ensayo se sembró en invierno y primavera, los años 1995 y 1996. Los estados de desarrollo del momento de aplicación de N, de acuerdo al código decimal (CD) de Zadoks *et al.* (1974), y las dosis utilizadas fueron: A) Tratamiento 1: CD 22-23 (2-3 macollas) en siembra

de invierno y CD 13-21 (3 hojas a primera macolla) en siembra de primavera, 104 kg ha<sup>-1</sup>; CD 30 (fines de macolla), 184 kg ha<sup>-1</sup>; CD 32-33 (2-3 nudos), 132 kg ha<sup>-1</sup>. B) Tratamiento 2: se reemplaza la aplicación en CD 32-33 del Tratamiento 1 por una aplicación foliar de 50 kg ha<sup>-1</sup>, en forma de urea. C) Tratamiento 3: CD 00, 80 kg ha<sup>-1</sup> en 1995 y 60 kg ha<sup>-1</sup> en 1996; CD 23, 160 kg ha<sup>-1</sup> en 1995 y 120 kg ha<sup>-1</sup> en 1996.

El Tratamiento 1 se aplicó a los ensayos de rendimiento de cultivares en las tres localidades, con el criterio de suplir las necesidades de un cultivo de alta producción, estimadas en 0,3 kg ha<sup>-1</sup> por tonelada de grano y para un rendimiento potencial de 14 t ha<sup>-1</sup>, independientemente de los aportes que hace el suelo.

Los promedios de los tres tratamientos se utilizaron para dar una visión global de la producción de MS y absorción de nutrientes por el grano de trigo, pero se consideraron como observaciones independientes para el estudio de los efectos de cultivares, épocas y temporadas de siembra, analizadas mediante la prueba de t para observaciones apareadas (Steel y Torrie, 1960). Los resultados de Carillanca y de algunos cultivares en las otras localidades se consideraron para determinar las producciones de MS y absorciones de nutrientes por los granos cosechados.

Durante el desarrollo del cultivo se tomaron muestras de la biomasa aérea y raíces de los surcos centrales, en una superficie de 0,15 m<sup>2</sup> en 1995 y 0,3 m<sup>2</sup> en 1996. En el momento de cosecha se tomaron muestras similares de raíces y de la biomasa de toda la parcela, incluyendo paja y capotillo. Las muestras aéreas se cortaron en el cuello de la planta, a ras del suelo, y las de raíces en el remanente y hasta 20 cm de profundidad, por encontrarse en ella sobre el 80% del peso máximo alcanzado (Welbank *et al.*, 1974) y por las dificultades de extracción a mayor profundidad. Las muestras de raíces se sacudieron, se lavaron con agua corriente para extraer la tierra, luego se lavaron con agua destilada, se secaron a 60°C en horno con circulación de aire y se

molieron con molino de martillo con malla de 1 mm. Las muestras de biomasa verde y paja se secaron y molieron del mismo modo.

Ambos tipos de muestras se analizaron en el Laboratorio de Suelos y Plantas del CRI Carillanca de INIA, por los siguientes métodos (Westerman, 1990): Nitrógeno: digestión húmeda, Micro Kjeldahl; Fósforo: calcinación, digestión con mezcla ácida, colorimetría con ácido ascórbico; Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Manganeseo y Zinc: calcinación, digestión con mezcla ácida, espectroscopía absorción atómica (EAA); Boro: calcinación, digestión con  $H_2SO_4$  0,36N, colorimetría con Azometina H.

Los contenidos de nutrientes se multiplicaron por los pesos secos para obtener las absorciones acumuladas. Las cifras de diferentes etapas de desarrollo se obtuvieron restando las del período anterior. La absorción diaria se determinó dividiendo estos valores por el número de días del período considerado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1.- Producción de Materia Seca

El promedio de producción de MS de la biomasa aérea de los cultivares Metrenco-INIA, Paillaco-

INIA y Renaico-INIA, para las siembras del 22 de mayo y 29 de agosto de 1996 se expone en la Figura 1. En ambas épocas se observa que en el período entre siembra y CD 22 la producción es muy baja, inferior a  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ , incrementándose rápidamente hasta la etapa CD 32, a la cual sigue un período de producción aún más acelerado hasta antesis, que declina posteriormente hasta la cosecha. En la siembra de primavera el proceso sucede en más corto tiempo, dada la disminución de duración de las etapas de desarrollo, relacionada con las sumas de temperaturas medias con base  $5^\circ \text{C}$  (Hewstone, 1985). Ambas curvas son muy semejantes a las informadas por Welbank *et al.* (1974) para trigo de invierno y de primavera fertilizado con N, y para trigo de primavera en el estudio de McNeal *et al.* (1966).

Las curvas de producción de MS en las raíces hasta 20 cm de profundidad presentan similitud con las correspondientes a la MS aérea hasta el período de antesis (Figura 2), siendo muy semejantes las acumulaciones en ambas épocas de siembra y de más corta duración las de primavera. La relación entre producción de MS aérea y en la raíz se expone en la Figura 3. Se observa que entre DC 22 y antesis decrece la proporción de la raíz en relación a la parte aérea. Al agrupar los muestreos de acuerdo a las etapas de desarrollo del trigo, se obtiene que en CD 23 (tres

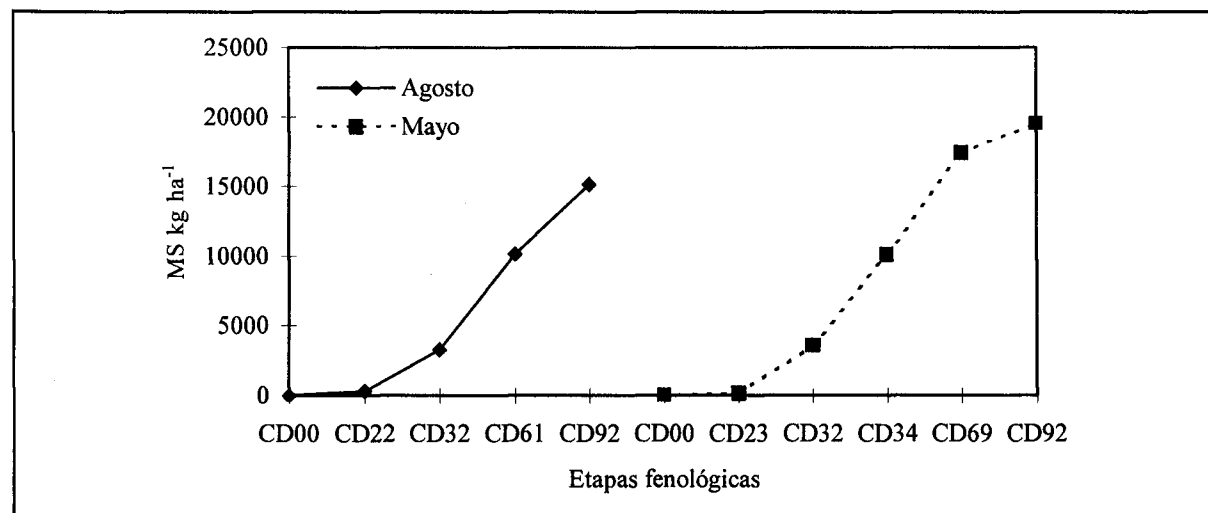


Figura 1. Producción de materia seca (MS) aérea en dos épocas de siembra. INIA-Carillanca 1996.

Figure 1. Above ground dry matter production in two sowing dates. INIA-Carillanca 1996.

macollas) el peso de raíces alcanza alrededor del 26% del peso del follaje, en CD 30 (fines de macolla) la proporción es cercana al 17%, en CD 34 (encañado) desciende al 10% y en antesis a aproximadamente el 7%. Estos valores concuer-

dan muy exactamente con los informados por Welbank *et al.* (1974) para las raíces hasta 25 cm de profundidad y el último, al reportado por McNeal *et al.* (1966) para raíces hasta 1,5 m de profundidad en trigo maduro.

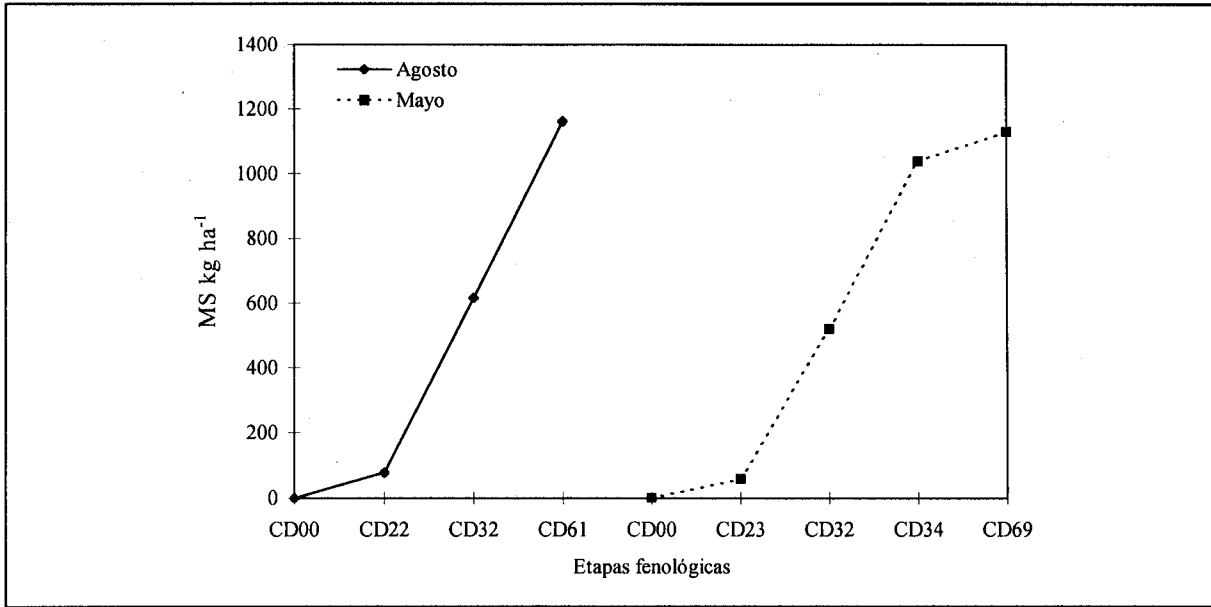


Figura 2. Producción de materia seca (MS) en raíces en dos épocas de siembra. INIA-Carillanca 1996.  
 Figure 2. Root dry matter production in two sowing dates. INIA-Carillanca 1996.

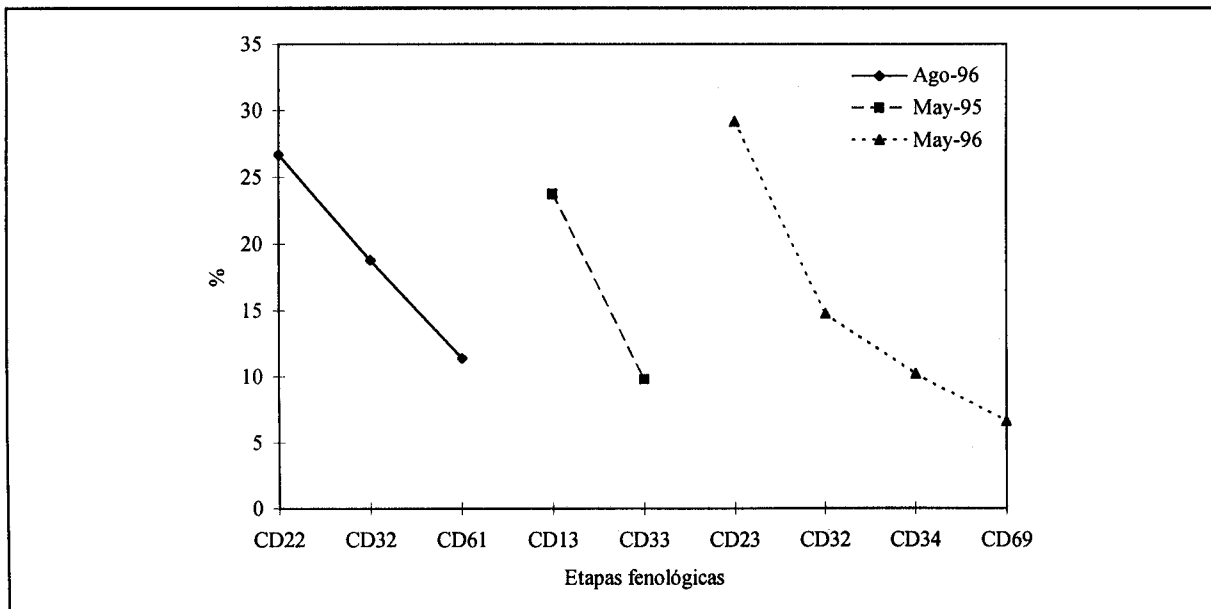


Figura 3. Relación materia seca raíz/materia seca biomasa aérea.  
 Figure 3. Root dry matter/above ground biomass relationship.

## 2.- Acumulación de Materia Seca y Nutrientes y Tasas de Absorción

Los resultados de producción de MS aérea, acumulación de N y tasas de absorción, para los tres muestreos efectuados en 1995, se exponen en el Cuadro 1. La acumulación de N en biomasa aérea y raíces está relacionada con la producción de MS en los diferentes períodos, siendo más rápida en la siembra de primavera. Las tasas de absorción de N presentan similares tendencias, aunque hay que considerar que en sus cálculos se puede producir un sesgo debido a que la tasa es similar durante todos los días comprendidos en el período. Se estima que el contenido en las raíces no representa verdaderamente una acumulación, sino más bien la disponibilidad para sustentar la parte aérea obtenida en el momento del muestreo y que, por ser obtenida de una muestra incompleta, calcular una tasa de absorción pudiera inducir a errores de interpretación.

**Cuadro 1. Producción de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>) en biomasa aérea y raíces, acumulación de N y tasa de absorción. Promedio de tres cultivares en tres tratamientos. Carillanca 1995**

**Table 1. Dry matter production (kg ha<sup>-1</sup>) for above ground and root biomass, N accumulation and N absorption rates. Means of three cultivars for three treatments. Carillanca 1995**

Variable	Siembra invierno		Siembra primavera
	Siembra- CD 13 43 días	CD 13- CD33 112 días	Siembra- CD 21 41 días
<b>Follaje</b>			
MS, kg ha <sup>-1</sup>	131,1	7.031,1	199,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	5,57	242,50	21,14
N, kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	0,13	2,12	0,51
<b>Raíces</b>			
MS, kg ha <sup>-1</sup>	31,3	670,5	108,9
N, kg ha <sup>-1</sup>	0,77	12,94	2,53

CD 13: 3 hojas. CD 33: 3 nudos. CD 21: 1 macolla.

Los resultados de los muestreos efectuados en la biomasa aérea durante el desarrollo de las siembras de invierno y primavera de 1996 y al momento de cosecha (grano + paja), se exponen en los Cuadros 2 y 3, respectivamente. Se observa que al igual que para la MS, la acumulación de los nutrientes se concentra principalmente entre CD 30 y antesis y que las mayores tasas de absorción se producen en CD 34 y hasta antesis. En efecto, las tasas de absorción de nutrientes en este período, en relación al de CD 00-23 se multiplican más de 19 veces en la siembra de invierno y más de 7 en la de primavera

La baja tasa de absorción del N en invierno hasta CD 13 en 1995 y CD 23 en 1996, similar en ambas temporadas y concordante con los resultados de Mellado (1990), sustenta la práctica implementada desde 1990 en los ensayos de cultivares de Carillanca, en el sentido de iniciar las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados a partir de CD 13, basada en recomendaciones para algunas condiciones de cultivo de trigo en Inglaterra (MAFF, 1982). Sobre el 96% del N de la biomasa aérea al momento de cosecha ya estaba acumulado en antesis en ambas épocas de siembra, lo que supera el promedio de 83% determinado por Austin *et al.* (1977) y el rango de 59,8 a 93,6% en espigadura, encontrado por Peyrelongue *et al.* (1997).

En la siembra de invierno, sobre el 72% de la MS, N, P, K, Mg y Cu totales al momento de cosecha fueron producidos y absorbidos antes de CD 69 y para la siembra de primavera sobre el 67% antes de CD 61, lo que concuerda con las cifras de Hocking (1994). De los nutrientes restantes, sobre el 80% del Ca, Zn y B, pero sólo el 41% del Mn, estaban absorbidos antes de CD 69 en la siembra de invierno. En la siembra de primavera había sido absorbido sobre el 64% de todos los nutrientes antes de CD 61.

Existe correlación altamente significativa ( $P < 0,01$ ) entre las tasas de producción de MS y las de absorción diarias en ambas épocas de siembra, para los períodos entre siembra y CD 69, para

**Cuadro 2. Producción de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>), acumulación de nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) y tasa de absorción diaria (kg ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>) de la biomasa aérea en diferentes períodos. Siembra 22 de mayo de 1996**

**Table 2. Dry matter production (kg ha<sup>-1</sup>), nutrient accumulation (kg ha<sup>-1</sup>) and above ground biomass absorption rates (kg ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>) for different phenological stages. Sowing date: May 22 1996**

Variable	7 agosto Siembra-CD23 77 días		9 octubre CD23-CD32 63 días		5 noviembre CD32-CD34 27 días		3 diciembre CD34-CD69 28 días		10 febrero CD69-Cosecha* 69 días	
	Prod.	Abs.	Prod.	Abs.	Prod.	Abs.	Prod.	Abs.	Prod.	Abs.
MS, kg	196,0	2,55	3.394,2	53,9	6.537,7	242,1	5.307,3	189,5	208,0	30,22
N, kg	10,25	0,133	117,88	1,871	104,19	3,86	45,16	1,61	-27,05	-0,39
P, kg	0,743	0,010	8,623	0,137	8,21	0,30	5,24	0,19	0,78	0,01
K, kg	7,334	0,095	117,453	1,864	72,63	2,69	-44,16	-1,58	-84,21	-1,22
Ca, kg	0,629	0,008	8,690	0,138	16,28	0,60	8,69	0,31	8,13	0,12
Mg, kg	0,227	0,003	3,726	0,059	1,74	0,06	2,17	0,08	0,40	0,01
Zn, g	4,96	0,064	55,17	0,876	57,15	2,12	32,02	1,14	21,92	0,32
Mn, g	3,44	0,045	41,29	0,66	58,48	2,17	59,80	2,14	230,01	3,33
Cu, g	3,38	0,044	26,67	0,42	40,19	1,49	8,14	0,29	29,29	0,42
B, g	2,55	0,033	49,13	0,78	-16,68	-0,62	17,95	0,64	12,32	0,18

\*grano + paja. CD 23: 3 macollas. CD 32: 2 nudos. CD 34: 4 nudos. CD 69: Antésis.

**Cuadro 3. Producción de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>), acumulación de nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) y tasa de absorción diaria (kg ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>) de la biomasa aérea en diferentes períodos. Siembra: 29 agosto 1996**

**Table 3. Dry matter production (kg ha<sup>-1</sup>), nutrient accumulation (kg ha<sup>-1</sup>), and above ground biomass absorption rates for different phenological stages. Sowing date: August 29 1996**

Variable	16 octubre Siembra-CD22 48 días		19 noviembre CD 22-CD32 34 días		12 diciembre CD32-CD61 23 días		14 febrero CD61-Cosecha* 64 días	
	Prod.	Abs.	Prod.	Abs.	Prod.	Abs.	Prod.	Abs.
MS, kg	293,6	6,12	2.988	87,91	6.890	299,56	4.981	77,82
N, kg	14,80	0,31	85,10	2,50	98,93	4,30	7,21	0,11
P, kg	1,00	0,02	6,21	0,18	7,45	0,32	-2,03	-0,03
K, kg	10,65	0,22	78,73	2,32	87,28	3,79	-120,10	-1,88
Ca, kg	0,97	0,02	8,20	0,24	12,37	0,54	3,95	0,06
Mg, kg	0,35	0,01	2,10	0,06	3,40	0,15	0,12	0,002
Zn, g	7,47	0,16	52,43	1,54	79,80	3,47	12,52	0,20
Mn, g	8,60	0,18	69,50	2,04	113,45	4,93	86,41	1,35
Cu, g	3,82	0,08	34,47	1,01	12,58	0,55	23,31	0,36
B, g	4,10	0,09	4,76	0,14	17,01	0,74	13,95	0,22

\*grano + paja.

N, P, Ca, Zn y Mn y significativa ( $P < 0,05$ ) en el caso del Mg. La correlación no es significativa para K, B ni Cu.

Algunos nutrientes muestran valores de absorción negativos en algunos períodos, los que pueden haberse originado por errores de muestreo, pérdidas de hojas, baja disponibilidad de nutrientes en el suelo en relación a la demanda de la planta en ese período, o por disminución natural de los contenidos en la biomasa aérea, factores que deben ser considerados en futuras investigaciones.

El contenido de N, P y K en la biomasa aérea tiende a disminuir durante el desarrollo, tendencia que es semejante para ambas épocas de siembra (Figura 4). El contenido de P en el follaje presenta una mayor pendiente en la siembra de primavera que en la de invierno, lo que puede estar influyendo en el balance negativo que presenta la primera desde CD 61. La tendencia a disminuir el contenido de N y P en la biomasa aérea, a medida que avanza el desarrollo de la planta, concuerda con los resultados de Bauer *et al.* (1987) y la disminución de N, P y K con lo reportado

por Hocking (1994), quien además hace notar que esta declinación no fue prevenida por aplicaciones previas a antesis, efecto que tampoco se aprecia en el presente estudio para las aplicaciones en pleno encañado en ambas épocas de siembra.

La acumulación de nutrientes en las raíces durante el desarrollo (Cuadro 4) puede relacionarse con la demanda del follaje. En efecto, se observa que, en general, esta cantidad tiende a aumentar a medida que la planta se desarrolla, constituyendo excepciones el N, K, Mg y Zn en el muestreo del 3 de diciembre de la siembra de invierno.

### 3.- Extracción por los granos

Los contenidos de nutrientes en paja (paja + capotillo) y grano, multiplicados por sus respectivas producciones, permiten calcular la extracción que hace el cultivo por cada kilogramo de grano producido. Los valores promedios de 54 observaciones obtenidas de los ensayos de cultivares y de comportamiento de los tres cultivares de hábito facultativo entre 1994 (8), 1995 (28) y 1996 (18), en siembras en Traiguén (3), La

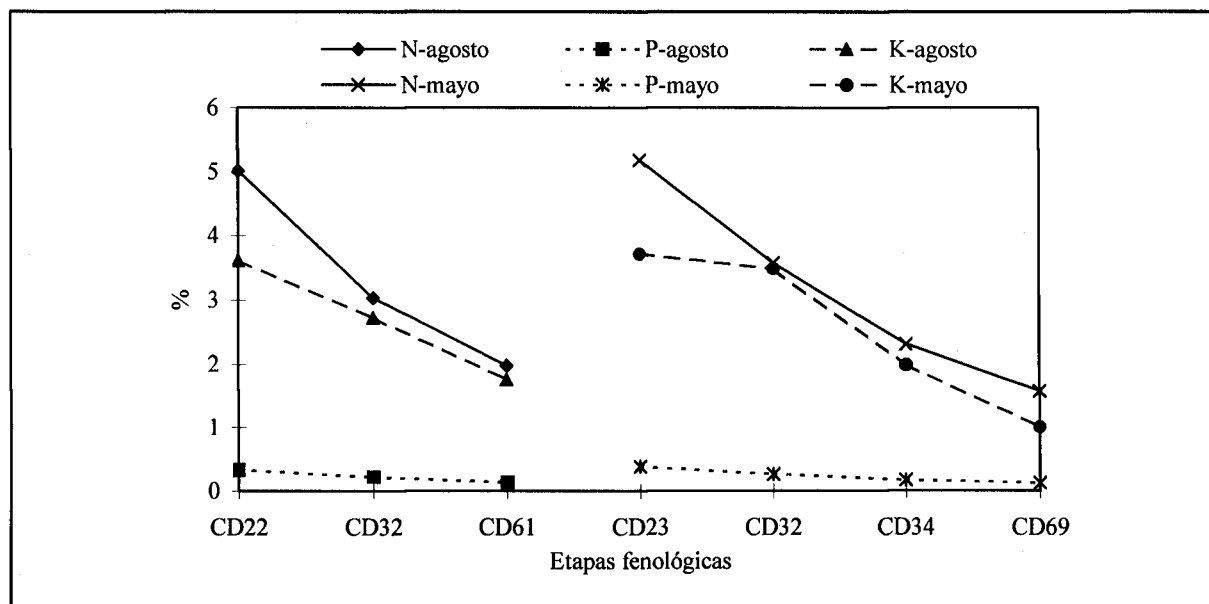


Figura 4. Contenido medio de nutrientes en biomasa aérea. INIA-Carillanca 1996.

Figure 4. Above ground biomass mean nutrient content. INIA-Carillanca 1996.

**Cuadro 4. Producción de materia seca y cantidad de nutrientes en las raíces****Table 4. Root dry matter production and nutrient quantity**

Variable	Siembra 22 de mayo 1996				Siembra 29 de agosto 1996		
	CD23 7 agosto	CD32 9 octubre	CD34 5 nov.	CD69 3 dic.	CD22 16 octubre	CD32 19 nov.	CD61 12 dic.
MS, kg ha <sup>-1</sup>	56,9	519,7	1.040,0	1.129,7	78,07	616,9	1.162,3
N, kg ha <sup>-1</sup>	1,10	11,77	31,89	14,93	1,64	10,40	16,20
P, kg ha <sup>-1</sup>	0,10	0,90	1,75	1,81	0,14	1,09	2,12
K, kg ha <sup>-1</sup>	0,87	4,90	7,74	7,45	1,02	4,09	6,33
Ca, kg ha <sup>-1</sup>	0,10	0,83	2,05	2,37	0,12	1,42	3,01
Mg, kg ha <sup>-1</sup>	0,06	0,40	0,70	0,68	0,06	0,28	0,55
Zn, g ha <sup>-1</sup>	1,07	9,36	17,23	16,84	1,43	12,45	26,15
Mn, g ha <sup>-1</sup>	2,74	62,29	151,87	171,56	3,30	79,09	184,43
Cu, g ha <sup>-1</sup>	1,35	10,04	25,79	26,79	1,33	20,01	36,71
B, g ha <sup>-1</sup>	0,86	9,42	9,74	9,81	0,94	5,35	12,96

Pampa (8) y Carillanca (43), en los cultivares Dalcahue-INIA (1), Metrenco-INIA (17), Paillaco-INIA (17) y Renaico-INIA (19), se exponen en el Cuadro 5.

Comparando los promedios con los reportados por Laloux *et al.* (1980), el del N es superior, inferior el de P, igual el de K y muy inferiores los de Ca y Mg. La comparación con los promedios

**Cuadro 5. Extracción de nutrientes (g kg<sup>-1</sup> de grano). Resultados de 54 observaciones****Table 5. Nutrient extraction by kilogram of grain. Results of 54 observations**

Nutriente	Promedio	Mínimo	Máximo
N	33,6	21,2	49,3
P	3,1	2,3	4,8
K	17,9	6,1	53,8
Ca	3,7	1,3	7,6
Mg	1,2	0,7	2,1
Zn	0,0383	0,0159	0,1318
Mn	0,0654	0,0229	0,2027
Cu	0,0120	0,0060	0,0191
B	0,0050	0,0012	0,0118

reportados por Cook y Veseth (1991) indica que el N, P, K y Mg son inferiores y similar el del Ca. Sólo los valores máximos de P son inferiores a los de ambos autores, lo que puede estar relacionado con la alta retención de P de los suelos derivados de cenizas volcánicas del sur de Chile. El promedio de extracción de N por kilogramo es superior a los valores que se pueden calcular a partir de los datos de Peyrelongue *et al.* (1997), los que fluctúan entre 16,2 y 28,9 g, diferencia que puede deberse a la menor fertilización aplicada en su estudio, así como a distinta parcialización de la dosis. El promedio del Zn concuerda exactamente con lo reportado por Bansal *et al.* (1990) para trigo fertilizado con 22 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

El uso de los cultivares Metrenco-INIA, Paillaco-INIA y Renaico-INIA como testigos comunes en ensayos de rendimiento en las tres localidades desde 1994 a 1996, más los datos de los ensayos para estudiar el desarrollo de estos cultivares sembrados en Carillanca en 1995 y 1996, permitieron estudiar las posibles diferencias en extracción de nutrientes por los granos. Los resultados se exponen en el Cuadro 6. Se aprecia que sólo hubo diferencias significativas entre algunos



de los cultivares en la absorción de N, P, Ca y Cu, no siendo significativas para los restantes nutrientes. Sin embargo, existe correlación, altamente significativa en casi todos los nutrientes, entre las extracciones de los tres cultivares, con excepción del Cu entre Renaico-INIA y los otros dos.

Los cambios de temporadas y épocas de siembra producen diferencias en las extracciones por kilogramo de grano (Cuadro 7). Ambos producen diferencias significativas en la extracción de K, Ca y B. En el caso del N, se producen efectos contrapuestos entre invierno y primavera, ya

**Cuadro 6. Extracción de nutrientes (g kg<sup>-1</sup> grano<sup>-1</sup>): diferencias entre cultivares. Resultados de 17 observaciones**

**Table 6. Nutrient extraction (g kg<sup>-1</sup> grain<sup>-1</sup>): differences among cultivars. Results of 17 observations**

Nutriente	Promedios			Diferencias		
	Metrenco	Paillaco	Renaico	Met-Paill	Met-Ren	Paill-Ren
N	32,12	34,49	34,31	*	*	NS
P	2,96	3,11	3,18	NS	*	NS
K	16,61	17,08	16,12	NS	NS	NS
Ca	3,43	3,68	4,21	NS	**	*
Mg	1,14	1,14	1,24	NS	NS	NS
Zn	0,0343	0,0367	0,0373	NS	NS	NS
Mn	0,0602	0,0657	0,0680	NS	NS	NS
Cu	0,0112	0,0132	0,0117	*	NS	NS
B	0,0050	0,0054	0,0051	NS	NS	NS

\* y \*\* = significativo para  $P < 0,05$  y  $P < 0,01$ , respectivamente, en prueba de t para observaciones pareadas.

**Cuadro 7. Extracción de nutrientes (g kg<sup>-1</sup> grano<sup>-1</sup>): diferencias entre temporadas y épocas de siembra. Resultados de 18 observaciones**

**Table 7. Nutrient extraction (g kg<sup>-1</sup> grano<sup>-1</sup>): differences between growing seasons and sowing dates. Results of 18 observations**

Nutriente	Entre temporadas			Entre épocas de siembra		
	1995	1996	Significancia	Invierno	Primavera	Significancia
N	28,3	36,9	**	32,8	32,4	NS
P	3,0	2,9	NS	3,2	2,7	**
K	8,1	10,1	**	8,1	10,0	**
Ca	2,3	5,3	**	4,3	3,4	**
Mg	0,9	1,1	**	1,0	1,0	NS
Zn	0,0287	0,0262	NS	0,0255	0,0294	*
Mn	0,0450	0,0533	*	0,0520	0,0464	NS
Cu	0,0109	0,0144	**	0,0128	0,0125	NS
B	0,0041	0,0083	**	0,0077	0,0047	**

\* y \*\* = significativo para  $P < 0,05$  y  $P < 0,01$ , respectivamente, en prueba de t para observaciones apareadas.

que en 1995 la extracción fue superior en invierno y en 1996 en primavera, siendo ambas diferencias altamente significativas, pero anulándose sus efectos en un análisis común. El cambio de temporada afectó significativamente la extracción de Mg, Mn, y Cu. Un efecto de temporada sobre la nutrición del Cu ha sido también encontrado por Owuoché *et al.* (1995). El cambio de época de siembra afectó significativamente la extracción de P y Zn.

### CONCLUSIONES

La acumulación de MS en la biomasa aérea del trigo se inicia lentamente hasta la etapa CD 22, proceso que se acelera posteriormente hasta alcanzar un máximo en encañado, declinando en postantesis. La acumulación de MS por las raíces hasta 20 cm de profundidad sigue esta tendencia, pero su proporción en relación a la de la biomasa aérea disminuye desde un 26% en la etapa CD 23, a cerca del 7% en antesis. El proceso es similar en siembras de invierno y de primavera, pero ocurre en menor tiempo en la última.

La acumulación de nutrientes en la biomasa aérea se concentra entre CD 30 y antesis, siendo mayor durante el encañado, cuando se multiplican sobre 19 veces en la siembra de invierno y 7

en la de primavera en relación a lo acumulado en el período siembra – CD 23. Existe correlación significativa entre las tasas de producción de MS y las de absorción de nutrientes en los diferentes períodos hasta antesis, con excepción del K, Cu y B. En general, la acumulación de nutrientes por las raíces, tiende a aumentar a medida que la planta se desarrolla.

La extracción de macronutrientes por kilogramo de grano producido en la cosecha concuerda en general con la reportada para otras regiones trigueras del mundo, al igual que la de Zn. La comparación de extracciones entre cultivares detectó algunas diferencias significativas en N, P, Ca y Cu, pero no en los restantes nutrientes. Al mismo tiempo existe, en general, correlación entre las extracciones de nutrientes de los tres cultivares estudiados.

Los cambios de temporadas y de épocas de siembra producen diferencias significativas en las extracciones por kilogramo de grano de K, Ca y B, produciéndose en el caso del N, diferencias contrapuestas entre siembras de invierno y primavera en distintas temporadas. La extracción por kilogramo de grano de Mg, Mn y Cu fue afectada por el cambio de temporada y la de P y Zn por el de época de siembra.

### RESUMEN

Se describe la acumulación de materia seca (MS) en biomasa aérea y raíces de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivado en la zona sur de Chile, las absorciones de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Cu y B durante el desarrollo y las extracciones de estos nutrientes por kilogramo de grano. Las curvas de acumulación de MS en el follaje son similares entre siembras de invierno y de primavera, ocurriendo en menor período en las últimas. La acumulación de MS en las raíces hasta 20 cm de profundidad, presenta curvas similares a las del follaje, pero su proporción en relación a éste disminuye entre la etapa CD 23 (26%) y antesis (7%). Las tasas de absorción de nutrientes por

la biomasa aérea están correlacionadas con las de producción de MS en los períodos de desarrollo hasta antesis. En general, la extracción de nutrientes por kilogramo de grano concuerda con lo reportado en otros países. Al comparar las extracciones entre cultivares se encuentran diferencias para algunos nutrientes, encontrándose correlación entre sus contenidos. Los cambios de temporada y época de siembra producen diferencias significativas en la extracción por kilogramo de grano de algunos nutrientes.

**Palabras claves:** absorción de nutrientes, tasas de extracción, *Triticum aestivum* L.

## LITERATURA CITADA

- AUSTIN, R. B.; FORD, M. A.; EDRICH, J. A. AND BLACKWELL, R. D. 1977. The nitrogen economy of winter wheat. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 88: 159-167.
- BANSAL, R. L.; SINGH, S. P. AND NAYYAR, V. K. 1990. The critical zinc deficiency level and response to zinc application of wheat on Typic Ustochrepts. *Expl. Agric.* 26: 303-306.
- BAUER, A.; FRANK, A. B. AND BLACK, A. L. 1987. Aerial parts of hard red spring wheat. II. Nitrogen and phosphorus concentration and content by plant development stage. *Agron. J.* 79: 852-858.
- COOK, R. J. AND VESETH, R. J. 1991. Wheat health management. St. Paul, Minnesota, USA. The American Phytopathological Society. 152 p.
- HEWSTONE, M. C. 1985. Análisis relacionados con el hábito de desarrollo alternativo en variedades de trigo de la Estación Experimental Carillanca. *Agricultura Técnica (Chile)* 45 (2): 129-134.
- HOCKING, P. J. 1994. Dry matter production, mineral nutrient concentrations, and nutrient distribution and redistribution in irrigated spring wheat. *Journal of Plant Nutrition* 17 (8): 1289-1308.
- LALOUX, R.; FALISSE, A. AND POELAERT, J. 1980. Nutrition and fertilization of wheat. *Wheat, Documenta CIBA-GEIGY*. Basle, Switzerland. p. 19-24.
- MAFF. 1982. Lime and fertilizer recommendations. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. N° 1. Arable crops 1983/84. Booklet 2191 (83/84). Southampton, England. 34 p.
- MCNEAL, F. H.; BERG, M. A. AND WATSON, C. A. 1966. Nitrogen and dry matter in five spring wheat varieties at successive stages of development. *Agron. J.* 58: 605-608.
- MELLADO, Z. M. 1990. Eficiencia de dos fertilizantes nitrogenados aplicados en distintas fechas, en trigos de primavera (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura Técnica (Chile)* 50 (2): 148-154.
- OWUOCHE, J. O.; BRIGGS, K. G.; TAYLOR, G. J. AND PENNEY, D. C. 1995. Response of eight Canadian spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to copper: copper content in the leaves and grain. *Can. J. Plant Sci.* 75: 405-411.
- PEYRELONGUE, C. A.; PINO, N. I. Y BUNEDER, B. M. 1997. Evaluación de fuentes nitrogenadas (15N) en tres variedades de trigo, en un Andisol y un Ultisol de la IX Región. I. Efecto en el rendimiento, absorción y eficiencia de uso de N estimada por método convencional. *Agricultura Técnica (Chile)* 57(2): 87-95.
- STEEL, R. G. D. AND TORRIE, J. H. 1960. Principles and procedures of statistics. New York. USA. McGraw-Hill Book Company. 481 p.
- WELBANK, P. J.; GIBB, M. J.; TAYLOR, P. J. AND WILLIAMS, E. D. 1974. Root growth of cereal crops. Rodhamsted Experimental Station. Report for 1973. England. Part 2: 26-66.
- WESTERMAN, R. L. 1990. Soil testing and plant analysis. Madison, Wisconsin, USA. Soil Science Society of America Inc. Soil Science of America Book Series. Number 3. 784 p.

WHEELER, R. M.; BERRY, W. L.; MACKOWIAK, CH.; COREY, K. A.; SAGER, J. C.; HEEB, M. M. AND KNOTT, W. M. 1993. A data base of crop nutrient use, water use, and carbon dioxide exchange in a 20 square meter growth chamber: I. Wheat as a case study. *Journal of Plant Nutrition* 16(10): 1881-1915.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T. AND KONZAK, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.