

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMIA

“Importancia de la dinámica del agua en la determinación del peso de los granos en trigo (*Triticum aestivum* L.)”.

Memoria presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agronomo.

María de los Angeles León González

VALDIVIA – CHILE
2009

PROFESOR PATROCINANTE

FIRMA

Daniel Calderini R.
Ing. Agr., Ph. D.

PROFESORES INFORMANTES

Ricardo Riegel S.
Ing. Agr., M.Sc., Dr. Rer. Silv.

Dante Pinochet T.
Ing. Agr., M.Sc. Ph.D

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a “mis familias”, los pilares de mi vida, por acompañarme en todo momento y entregarme sus conocimientos para convertirme en la persona que soy.

A mi profesor Daniel Calderini, por la paciencia, el apoyo y la dedicación entregada en esta etapa, guiándome para entregar lo mejor de mí. Junto a mis compañeros del Team: Carolina, Susana, Marcelo, Claudia, Patricio, Débora y Carlos, por la acogida, el apoyo desinteresado y la amistad brindada en todo el período de la tesis.

A mi “viejita Erna” y Don Roberto, mi familia en Valdivia, por la preocupación, el cariño y los regaloneos brindado en la etapa universitaria.

Mis agradecimientos se extienden a mis amigos: Eduardo, Lulu, Javier, Cristian, Mauricio, Jessica y Patty por darme su amistad y acompañarme en este período, así como también a Alejandro por el apoyo y el cariño incondicional y a todas las personas que de una u otra manera han estado presentes en esta etapa de mi vida.

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1	Componentes numéricos del rendimiento.	4
2.1.1	Número de granos por unidad de superficie.	5
2.1.2	Peso de granos.	6
2.2	Factores determinantes en el peso de granos.	8
2.2.1	Tasa de llenado de granos.	8
2.2.2	Duración del llenado de grano.	9
2.3	Dinámica del agua en el grano.	10
2.4	Dinámica de materia seca y contenido hídrico en el grano.	12
3	MATERIAL Y METODOS	14
3.1	Antecedentes generales.	14
3.1.1	Características de los ambientes utilizados.	15
3.1.1.1	Localidad Buenos Aires, Argentina.	15
3.1.1.2	Localidad El Batán, México Central.	18
3.1.1.3	Localidad Gininderra, Australia	19
3.1.1.4	Localidad Valdivia, Chile.	20
3.2	Manejo de experimentos.	23
3.3	Manejo de datos.	23
3.3.1	Ajuste al modelo bi-lineal del peso final de grano	23
3.3.2	Ajuste al modelo tri-lineal del contenido hídrico del grano.	25
3.3.3	Parámetros para analizar las dinámicas de agua y materia seca de los granos.	26
3.3.3.1	Contenido relativo de humedad de los granos.	26

3.3.3.2	Peso seco relativo de los granos.	26
3.4	Análisis de datos.	26
3.4.1	Evaluación estadística de las fuentes de variación.	26
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	28
4.1	Dinámica del peso de grano y las variables asociadas afectadas por el genotipo, la posición de grano en la espiga y el ambiente.	28
4.1.1	Efecto del genotipo y la posición de grano sobre la tasa de llenado y duración del período de crecimiento de los granos.	30
4.1.2	Efecto del ambiente y la posición de grano sobre el peso final del grano.	34
4.1.3	Peso final de grano y temperatura.	37
4.1.4	Relación del peso de grano con la dinámica de la materia seca del mismo.	38
4.2	Dinámica del contenido hídrico y las variables asociadas afectadas por el genotipo, la posición de grano en la espiga y el ambiente.	41
4.2.1	Efecto del genotipo y la posición de grano sobre la tasa de absorción de agua y la duración de este período en los granos.	44
4.2.2	Efecto del ambiente y la posición de grano sobre el contenido hídrico del grano.	46
4.3	Relación entre el peso final y el contenido hídrico del grano.	49
4.4	Relación del contenido hídrico del grano con la dinámica de agua del mismo.	52
5	CONCLUSIONES	56
6	RESUMEN	57
7	SUMMARY	58
8	BIBLIOGRAFIA	59

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción de base de datos analizada en el presente estudio.	14
2	Fechas de siembra, antesis y cosecha de los genotipos utilizados en Buenos Aires, Argentina.	17
3	Fechas de siembra, antesis y cosecha de los genotipos utilizados en El Batán, México.	19
4	Fechas de siembra, antesis y cosecha de los genotipos utilizados en Ginninderra, Australia.	20
5	Fechas de siembra, antesis y cosecha de los genotipos utilizados en Valdivia, Chile.	22
6	Peso final de grano y las fuentes de variación que lo afectan.	29
7	Resumen de análisis de varianza del peso final de grano para las fuentes de variación: genotipo, posición de grano y la interacción de estas dos variables.	30
8	Resumen análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para las fuentes de variación: i) genotipo y ii) posición de grano.	31
9	Resumen análisis de varianza de la duración del periodo de llenado de grano para las fuentes de variación: i) genotipo y ii) posición de grano.	34
10	Nivel de significancia de las fuentes de variación (ambiente y posición de grano) y su interacción sobre el peso final de grano.	35
11	Contenido hídrico del grano y las fuentes de variación que lo afectan (genotipo y posición de grano).	42
12	Resumen de análisis de varianza para el contenido hídrico máximo del grano con las fuentes de variación: genotipo, posición de grano y la interacción entre estas dos variables.	43
13	Resumen del análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano afectado por el genotipo y la posición de grano.	45

14	Resumen del análisis de varianza de la duración del período de absorción de agua del grano afectados por el genotipo y la posición de grano.	46
15	Nivel de significancia de las fuentes de variación (ambiente y posición de grano) y su interacción sobre el contenido hídrico del grano.	47
16	Nivel de significancia de las fuentes de variación (genotipo y posición de grano) y su interacción sobre el contenido hídrico máximo del grano en porcentaje del peso final de mismo.	51

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Componentes numéricos del rendimiento.	5
2	Temperatura media (°C) y precipitaciones (mm) para las temporadas 1995, 1996, 2001 y 2002 en la localidad de Buenos Aires, Argentina.	16
3	Temperaturas medias (°C) desde la siembra para el período 1998 en la localidad El Batán, México.	18
4	Temperaturas medias (°C) y precipitación (mm) desde la siembra para localidad de Ginninderra, Australia.	19
5	Temperaturas medias (°C) y precipitación (mm) desde la siembra para la localidad de Valdivia, Chile en el período 2004, 2005 y 2006.	21
6	Modelo bilineal de ajuste para estimación del peso seco del grano.	24
7	Modelo trilineal de ajuste para el contenido hídrico del grano.	25
8	Genotipos frente a distintos ambientes.	37
9	Relación entre la temperatura media promedio del período de llenado de grano y el peso final de este.	38
10	Relación entre el peso final de grano y la tasa de llenado de grano para todos los experimentos.	39
11	Tasa de llenado de grano y peso máximo para las distintas posiciones de grano.	40
12	Relación entre la duración del período de llenado de grano y el peso máximo para todos los experimentos.	41
13	Dinámica del contenido hídrico del grano en el tiempo de un genotipo en distintos ambientes.	48
14	Relación entre el peso final de los granos (mg) y contenido hídrico máximo (mg).	49

15	Contenido hídrico máximo y peso máximo de los granos para distintas posiciones de grano y ambientes.	50
16	Relación de la tasa de absorción de agua en los granos y el contenido hídrico máximo para todos los experimentos.	52
17	Relación entre la duración del período de acumulación de agua ($^{\circ}\text{Cd}$) y el contenido hídrico máximo del grano para todos los experimentos.	53
18	Contenido hídrico máximo asociado a la tasa de absorción de agua del grano.	54
19	Relación entre la tasa de absorción de agua y la tasa de llenado de grano.	55

INDICE DE ANEXOS

Cuadro		Página
1	Resultados del ajuste bilineal del peso de grano.	65
2	Coeficientes de regresión para la asociación de la tasa de llenado de grano y la duración de este período con el peso máximo de los granos.	66
3	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.	66
4	Análisis de varianza de la duración de llenado de grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.	67
5	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.	67
6	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 2 (l. sintéticas) afectado por genotipos y posiciones de grano.	67
7	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 2 (l. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.	68
8	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 2 (l. sintética), afectado por genotipos y posiciones de grano.	68
9	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.	68
10	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.	69
11	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.	69
12	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 3 (l. sintética), afectado por genotipos y posiciones	69

	de grano.	
13	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 3, (l. sintéticas) afectado por genotipos y posiciones de grano.	70
14	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 3 (l. sintética), afectado por genotipos y posiciones de grano.	70
15	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.	70
16	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.	71
17	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.	71
18	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 5, afectado por genotipos y posiciones de grano.	71
19	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 5, afectado por genotipos y posiciones de grano.	72
20	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 5, afectado por genotipos y posiciones de grano.	72
21	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 6, afectado por posición de grano.	72
22	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 6, afectado por posición de grano.	73
23	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 6, afectado por posición de grano.	73
24	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 7, afectado por genotipos y posiciones de grano.	73
25	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 7, afectado por genotipos y posiciones de grano.	74
26	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 7, afectado por genotipos y posiciones de grano.	74
27	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el	74

	experimento 8, afectado por genotipos y posiciones de grano.	
28	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 8, afectado por genotipos y posiciones de grano.	75
29	Análisis de varianza del peso máximo del grano para el experimento 8, afectado por genotipos y posiciones de grano.	75
30	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 9, afectado por genotipos y posiciones de grano.	75
31	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 9, afectado por genotipos y posiciones de grano.	76
32	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 9, afectado por genotipos y posiciones de grano.	76
33	Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 10, afectado por genotipos y posiciones de grano.	76
34	Análisis de varianza de la duración del período de llenado de grano para el experimento 10, afectado por genotipos y posiciones de grano.	77
35	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 10, afectado por genotipos y posiciones de grano.	77
36	Análisis de varianza de la tasa de llenado para el experimento 11, afectado por genotipos y posiciones de grano.	77
37	Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 11, afectado por genotipos y posiciones de grano.	78
38	Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 11, afectado por genotipos y posiciones de grano.	78
39	Análisis de varianza del peso máximo de grano para todos los experimentos, afectados por el ambiente.	79
40	Resumen del análisis estadístico de la dinámica del peso del peso de grano con la temperatura del período de llenado de grano.	80
41	Resultados del ajuste trilineal del contenido hídrico del grano.	81
42	Coeficientes de regresión para asociaciones de tasa de absorción de agua del grano y duración de este periodo con el contenido hídrico máximo de los granos.	82

43	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.	82
44	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posición de grano.	83
45	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 2, afectados por genotipos y posiciones de grano.	83
46	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 2 (l. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.	83
47	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 2 (l. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.	84
48	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 2 (l. sintética), afectado por genotipos y posiciones de grano.	84
49	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.	84
50	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.	85
51	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.	85
52	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 3 (l. sintética), afectado por genotipos y posiciones de grano.	85
53	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 3 (l. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.	86
54	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para	86

	el experimento 3 (l. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.	
55	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.	86
56	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.	87
57	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.	87
58	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 5, afectado por genotipos y la posición de grano.	87
59	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 5, afectado por genotipo y la posición de grano.	88
60	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 5, afectado por el genotipo y la posición de grano.	88
61	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 6, afectado por la posición de grano.	88
62	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 6, afectado por la posición de grano.	89
63	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 6, afectado por la posición de grano.	89
64	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 7, afectado por genotipo y posición de grano.	89
65	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 7, afectado por el genotipo y la posición de grano.	90
66	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 7, afectado por el genotipo y la posición de grano.	90
67	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 8, afectado por genotipo y la posición de grano.	90

68	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 8, afectado por el genotipo y la posición de grano.	91
69	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 8, afectado por genotipo y la posición de grano.	91
70	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 9, afectado por genotipo y la posición de grano.	91
71	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 9, afectado por el genotipo y la posición de grano.	92
72	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 9, afectado por genotipo y la posición de grano.	92
73	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 10, afectado por genotipo y posición de grano.	92
74	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 10, afectado por genotipo y la posición de grano.	93
75	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 10, afectado por genotipo y la posición de grano.	93
76	Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 11, afectado por genotipo y la posición de grano.	93
77	Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 11, afectado por genotipo y la posición de grano.	94
78	Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 11, afectado por genotipo y la posición de grano	94
79	Análisis de varianza del contenido hídrico del grano para todos los experimentos afectados por el ambiente.	95

1 INTRODUCCION

Desde comienzos del siglo veinte los mejoradores e investigadores de cultivos han trabajado para aumentar el rendimiento por unidad de superficie. A nivel mundial las superficies cultivables destinadas a producción de alimentos se han estabilizado y la investigación para aumentar productividad ha llevado a identificar los procesos que determinan el rendimiento y los factores ambientales y genéticos que lo condicionan. Es aquí donde la fisiología de los cultivos cumple un rol de importancia, ya que el resultado final de los procesos de desarrollo y crecimiento de los cultivos están fuertemente regulados por factores genéticos, condiciones ambientales y la interacción de ambos, a través de todas las etapas de desarrollo.

El rendimiento de los cultivos de granos puede ser explicado a través de sus componentes numéricos: número de granos por superficie y peso individual de estos. El número de granos es el componente que ha mostrado una mayor asociación con el rendimiento, a diferencia del peso de los granos, que es consecuencia de las condiciones de crecimiento del cultivo durante la etapa de llenado de granos y las condiciones inmediatamente previas. Sin embargo, en muchos casos la relación entre el número y el peso de granos ha mostrado asociaciones negativas. Por lo tanto, un incremento en el número de granos (como ha sido el resultado del mejoramiento genético en la mayoría de los cultivos de grano) podría verse comprometido por una disminución en el peso de estos. La relación negativa comentada, pone de manifiesto la necesidad de conocer los mecanismos que regulan el peso de los granos, para evitar los efectos compensatorios entre los principales componentes numéricos del rendimiento. Más aún, cuando hay suficiente información que muestra que esta relación negativa no es debida a una mayor competencia por asimilados entre los granos en crecimiento durante la etapa de llenado de los granos (BORRÁS *et al.*, 2004).

Diversos autores han encontrado que las dinámicas de materia seca y agua de los granos están estrechamente relacionadas. Asociaciones positivas entre el peso final de los granos y el contenido hídrico máximo de los mismos han sido publicadas para trigo y otros cultivos (SALA *et al.*, 2006). A pesar de la importancia del contenido hídrico máximo que alcanzan los granos en crecimiento, existe poca información sobre los factores que lo condicionan y su dinámica. Muy pocos estudios, han caracterizado la dinámica de agua en granos de trigo (PEPLER *et al.*, 2005). Sin embargo, estos trabajos no han logrado dilucidar cuál de los determinantes fisiológicos del contenido hídrico máximo de los granos (tasa y duración del ingreso de agua) es responsable de que los granos alcancen mayor o menor contenido hídrico ni cómo los factores genotípicos y del ambiente afectan estos determinantes.

El contenido hídrico del grano está ligado a su desarrollo, por lo tanto es determinante en su peso. La relación existente entre el contenido hídrico y el peso de los granos es muy estrecha durante el periodo de llenado del grano, donde este comienza absorbiendo una gran cantidad de agua con una acumulación de biomasa mínima y termina en el periodo de madurez fisiológica donde el grano alcanza la máxima cantidad de biomasa y con un porcentaje bajo de humedad al momento de cosecha.

Las hipótesis de este estudio son:

- Las diferencias en el peso de los granos de trigo debidas al genotipo, las condiciones ambientales durante el llenado y la posición de grano dentro de la espiga son debidas al contenido hídrico máximo que alcanzan los granos en etapas tempranas de su crecimiento.
- El contenido hídrico máximo de los granos de trigo es resultado de una mayor duración del periodo de absorción de agua por parte de estos órganos. Consecuentemente, el genotipo, las condiciones ambientales durante el llenado y la posición de grano afectan la duración de la absorción de agua de los granos.

El objetivo general es evaluar las variables que influyen en la dinámica del contenido hídrico del grano y su efecto sobre el peso final en trigo.

Dentro de los objetivos específicos están:

- Describir la relación del peso final y la dinámica del contenido hídrico máximo de los granos en el período de post antésis con distintos genotipos y ambientes.
- Determinar la importancia de la tasa de absorción de agua y la duración de la misma durante el llenado como determinantes del contenido hídrico máximo de granos.
- Analizar cuantitativamente el efecto del genotipo, el ambiente, la posición de grano y la interacción de estos sobre las variables de la dinámica del contenido hídrico del grano y la materia seca de los granos de trigo.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Componentes numéricos del rendimiento

El rendimiento de un cultivo de grano queda definitivamente establecido, y puede ser medido, recién al finalizar el ciclo del cultivo. El mismo se genera a lo largo de toda la ontogenia debido al aporte que van realizando las distintas estructuras que lo componen. Por lo tanto, el rendimiento se concibe como un conjunto de distintos componentes que se van generando durante el desarrollo del cultivo, quedando cada uno de ellos fijado en una fase particular del ciclo del cultivo (CÁRCOVA *et al.*, 2003).

Para analizar un sistema complejo, como es la generación del rendimiento, se han utilizado modelos para simplificar su estudio, dividiendo sus partes y analizándolas cada una por separado. De acuerdo con CARCOVA *et al.*, (2003) el modelo numérico es una herramienta teórica de gran importancia, ya que su simpleza permite jerarquizar los distintos componentes de acuerdo a su importancia o motivo de estudio.

Los dos componentes principales de este modelo de rendimiento son el número de granos por unidad de superficie y el peso promedio unitario de los granos. El rendimiento de un cultivo puede entonces explicarse como el producto de ambos como lo indica la siguiente relación matemática (SLAFER *et al.*, 2003) (2.1).

$$\text{Rendimiento (g m}^{-2}\text{)} = \text{NG} \times \text{PG} \quad (2.1)$$

En donde,

NG = n° de granos m⁻²

PG = peso unitario del grano (g)

Ampliando el grado de descomposición, tanto el número como el peso de los granos pueden, a su vez, dividirse en subcomponentes como muestra la Figura 1.

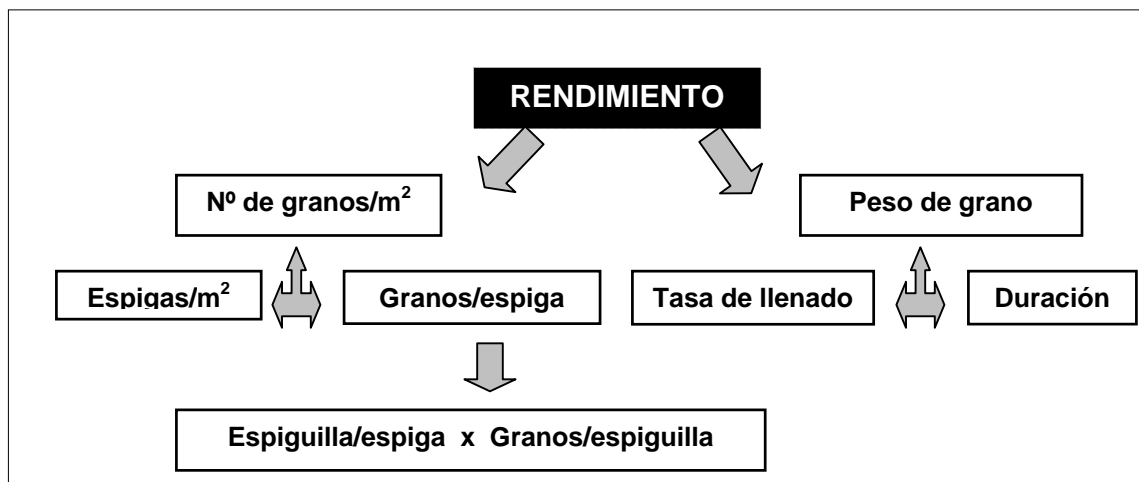


FIGURA 1 Componentes numéricos del rendimiento.

FUENTE: Adaptado de SLAFER *et al.* (2003).

2.1.1 Numero de granos por unidad de superficie. Desde etapas tempranas de la ontogenia del cultivo comienzan a establecerse los subcomponentes que determinarán el número final de granos por m^2 . Estos subcomponentes corresponden al n° de espigas por m^2 y el número de granos por espiga.

Una vez establecido el “stand” de plántulas por unidad de superficie (número de plantas por m^2), el inicio de macollaje dará comienzo a un periodo de generación de nuevos vástagos que alcanzarán el máximo de producción coincidiendo aproximadamente con inicio de encañado, luego del cual, comenzará la mortandad de los mismos hasta establecerse el número final de vástagos fértiles en floración (n° de espigas por m^2) (SLAFER *et al.*, 2003).

El número de granos por espiga está conformado por el número de espiguillas por espiga y el número de granos por espiguillas. El primero se define en el lapso que media entre el estado de iniciación floral y la iniciación de la espiguilla terminal, mientras que el segundo componente se construye entre el momento en el que aproximadamente, fueron detectadas la mitad de las espiguillas y el cuaje de los granos (SLAFER *et al.*, 2003), que es el periodo en el cual dicha estructura logra fijarse y posee la capacidad efectiva de desarrollarse como grano (CÁRCOVA *et al.*, 2003).

El hecho de que los distintos componentes del número de granos se vayan fijando en estadios ontogénicos determinados del ciclo del cultivo establece que la magnitud del componente generado dependa casi exclusivamente de la relación fuente-destino en dicho momento (CÁRCOVA *et al.*, 2003).

Numerosas evidencias han mostrado que el número de granos producido es el componente de rendimiento que mejor explica las variaciones en el rendimiento final más que cualquier cambio en el peso individual. Esto, obviamente, no implica que el peso medio de los granos no varíe, pero sí sugiere que la variabilidad en rendimiento es mayormente debida a cambios en el número que en el peso de los granos (SLAFER *et al.*, 2003).

En todos los cultivos de granos, existe variabilidad en el número final de granos obtenidos, ya que es sensiblemente inferior al número potencial de sitios reproductivos generados. Las variables que determinan esta diferencia entre el número de granos potenciales y el número final de granos obtenidos dependen tanto del genotipo considerado como de los factores ambientales (CÁRCOVA *et al.*, 2003).

2.1.2 Peso de grano. A pesar de que el número de granos es la variable que mejor explica el rendimiento, cambios en el peso de los granos pueden afectar el rendimiento final del cultivo una vez establecido el número de granos (SLAFER *et al.*, 2003).

El componente peso de los granos se define en una etapa acotada del ciclo del cultivo. Esta etapa está comprendida entre la floración y la madurez fisiológica del cultivo, es decir, “el periodo de llenado de grano” hasta cuando cesa la acumulación de materia seca (aproximadamente 37% de humedad). Sin embargo, en trabajos recientes se han encontrado evidencias importantes que apoyan que la etapa previa a la antesis, y en especial desde los estadios de bota a antesis, resulta de suma importancia para la determinación del peso potencial de los granos, definido por CALDERINI *et al.* (1999_a), como la capacidad intrínseca del grano de acumular materia seca. Estos resultados han sido confirmado recientemente para trigo y otros cereales de invierno (Duggan y Fowler, 2006; Ugarte *et al.*, 2007). La relación entre el peso de los granos en madurez y las condiciones de crecimiento en el periodo previo a la antesis estaría vinculada con

el crecimiento de los carpelos florales (el futuro pericarpio de los granos), que ocurre durante la última etapa del encañado (en términos generales entre los estados de vaina engrosada y antesis) (CALDERINI *et al.*, 2001). En esta etapa la temperatura media (CALDERINI *et al.*, 1999_a y CALDERINI *et al.*, 2001) y la disponibilidad de asimilados (CALDERINI y REYNOLDS, 2000) son los principales factores que definen el peso potencial del grano.

A partir de antesis, el peso de granos es el resultado de la acumulación de materia seca principalmente en tres tipos de tejidos: i) del embrión, ii) del endosperma y iii) de la testa y el pericarpio. Aunque los tres componentes son importantes, la mayor cantidad de materia seca se acumula en el endosperma (80%). El endosperma está formado por células endospermáticas donde se desarrollan los gránulos de almidón durante el crecimiento de los granos. Inmediatamente después de que el óvulo es fertilizado, comienza la división de las células endospermáticas alcanzando su número máximo 15-20 días después de antesis (GLEADOW *et al.*, 1988). El número de células endospermáticas formadas durante este periodo determinan el tamaño potencial del grano (PANOZZO y EAGLES, 1999) y están limitadas durante su desarrollo por el nivel de asimilados disponibles (BROCKLEHURST, 1977).

Estudios de BORRÁS *et al.*, (2003) apoyan la idea de que el peso final de grano es producto de la “capacidad del destino” (o capacidad individual del grano para acumular materia seca) y la disponibilidad de asimilados para llenar esos destinos. Los principales factores que controlan la “capacidad del destino” en el grano durante la etapa post-antesis, son el número de células del endosperma y el número de gránulos de almidón (Jones *et al.*, (1996) citado por BORRÁS *et al.*, 2003). A su vez, el número de células endospermáticas varía con la posición del grano en la espiga, con el cultivar y con las condiciones ambientales (SLAFER *et al.*, 2003).

Estudios realizados en trigo (*Triticum aestivum* L.) (Singh y Jenner, 1984 citado por BORRÁS *et al.*, 2003), maíz (CIRILO y ANDRADE, 1996) y soya (Egli *et al.*, 1981, 1985, 1987, citados por BORRÁS *et al.*, 2003) indican que el tamaño final del grano también depende de la expansión de las células endospermáticas. Por lo tanto, el volumen de grano, que integra el número de células y el tamaño, podría proveer una

estimación de la capacidad del destino potencial del desarrollo del grano (BORRÁS *et al.*, 2004). Por lo tanto, el volumen final de grano estaría determinado por un lado, por el tamaño de los carpelos florales al momento de la fecundación (CALDERINI *et al.*, 2001) y ya en la etapa post-antesis, por la capacidad de división y crecimiento de las células endospermáticas (GLEADOW *et al.*, 1988; BORRAS *et al.*, 2004).

2.2 Factores determinantes del peso de granos

El peso final de grano es función de la tasa de llenado de granos y la duración del periodo de llenado de los mismos (SLAFER *et al.*, 2003). Además, es dependiente de la potencialidad genética de cada cultivar y de las condiciones ambientales durante el periodo inmediatamente anterior a la antesis (CALDERINI *et al.*, 1999) y durante el llenado de granos (EGLI, 1998; SLAFER *et al.*, 2003).

2.2.1 Tasa de llenado de granos. La tasa de llenado de grano varía entre posiciones de grano dentro de las espigas (Sofield *et al.*, 1979a, citado por PEPLER *et al.*, 2005) y entre genotipos (Nass *et al.*, 1975, citado por PEPLER *et al.*, 2005). Sin embargo, dentro de un mismo genotipo, los cambios en la tasa son los que explican en mayor medida los cambios de peso final alcanzado por los granos (SLAFER *et al.*, 2003).

Al evaluar CALDERINI *et al.* (2006) el efecto de la tasa de acumulación de materia seca y duración del llenado de granos en el peso de los mismos, determinaron que parámetro fuertemente asociado al peso de grano fue la tasa de llenado durante la fase lineal de crecimiento y no la duración del llenado de grano. Resultados similares fueron encontrados previamente cuando la duración del llenado de grano fue medido en unidades de tiempo térmico (Miralles y Slafer 1995; citado por CALDERINI *et al.*, 2000).

Entre especies, la tasa varía ampliamente desde < 0.5 mg/semilla/día (*Linum compactum*) a > 30 mg/semilla/día en poroto (*Phaseolus vulgaris*) (Egli, 1981; citado por EGLI, 2006). Esto tiene una variación significativa entre muchas especies de cultivos importantes, con una tasa de crecimiento típica para maíz 4 a 5 veces mayor que para trigo o arroz (EGLI, 2006).

La tasa en trigo varía desde <1.0 mg/grano/día a 2.0 mg/grano/día aproximadamente (PANOZZO y EAGLES, 1999). Las diferencias genotípicas significativas fueron consistentes a través de los años para soya (Egli *et al.*, 1978; citado por EGLI, 2006), maíz (Carter y Poneleit, 1973; citado por EGLI, 2006) y trigo (Jenner y Rathien, 1978; citado por EGLI, 2006), indicando que estos también tienen diferencias genéticas dentro de una misma especie (EGLI, 2006).

La tasa de acumulación de materia seca es constante durante la fase lineal del llenado de grano (EGLI, 1998) y está influenciada por condiciones ambientales como temperatura, donde aumentos en la temperatura media determinarán un incremento en la tasa de llenado de grano (CÁRCOVA *et al.*, 2003) y el estrés hídrico aumenta la removilización de carbohidratos no estructurales, desde los órganos no vegetativos hacia los granos, incrementando la tasa de llenado de grano en trigo (YANG y ZHANG, 2005).

2.2.2 Duración del llenado de grano. La duración del llenado de grano, es el tiempo desde que el óvulo es fecundado hasta que alcanza el peso seco máximo en madurez fisiológica (EGLI, 2004). Madurez fisiológica es definida como el suceso de máximo peso seco en el grano y es una etapa de crecimiento muy importante que representa el fin de los procesos de producción del rendimiento (Tekrony *et al.*, 1979; citado por EGLI, 2006). Este periodo resulta de la traslocación de fotosintatos desde la fuente al destino (MOU y KRONSTAD, 1994).

Algunos autores han reportado que la duración del llenado de grano varía entre 17 y 50 días (PANOZZO y EAGLES, 1999). Este período es regulado por la habilidad de las hojas para suplir asimilados para el desarrollo del grano y por la habilidad de los granos para utilizar estos asimilados para continuar creciendo (EGLI, 2004).

La duración del llenado de grano es sensible a la temperatura, generalmente incrementa con temperaturas por debajo de 25-30° C aproximadamente (EGLI, 2004; citado por EGLI, 2006). Numerosos estudios en trigo, indican una relación negativa entre temperatura sobre 15° C y la duración del llenado de grano (Sofield *et al.*, 1977; Wiegand y Cuellar, 1981; citados por HUNT *et al.*, 1990). Por otra parte, el estrés

hídrico durante el llenado de granos acorta el periodo de llenado (soya, de SOUZA *et al.*, 1997; cebada y trigo, de BROOKS *et al.*, 1982; maíz, de QUATRE *et al.*, 1987; citados por EGLI, 2006), mediante un incremento de la tasa de senescencia de los tejidos vegetativos (YANG y ZHANG, 2005).

La respuesta de la duración del llenado de granos a alteraciones en la relación fuente-destino es inconsistente y probablemente depende de si la disponibilidad de asimilados para los granos es afectada y si los granos pueden responder a estos cambios (EGLI, 2004). Sin embargo, existe variación en las respuestas frente a la alteración de la relación fuente-destino, la que podría deberse a una función de las diferentes especies, a características de la semilla o simplemente a los efectos de los tratamientos (EGLI, 2006).

En resumen, los estudios de variaciones genotípicas en variables de crecimiento de grano indican que factores genéticos (cultivar) dominan la tasa de llenado de grano y que el ambiente (temperatura) domina la duración del llenado de grano (WIEGAND y CUELLAR, 1981; HUNT *et al.*, 1990).

2.3 Dinámica del agua en el grano

La dinámica del agua en el grano es un buen indicador de cómo progresa el desarrollo del grano durante el período de acumulación de biomasa (Borrás y Westgate, 2006; citados por GAMBÍN *et al.*, 2006). Esto es debido a que existe una estrecha relación entre las dinámicas del agua y la materia seca durante el llenado de los granos. En trigo (SCHNYDER y BAUM, 1992; CALDERINI *et al.*, 2000; CALDERINI y ORTIZ MONASTERIO, 2003), maíz (SALA *et al.*, 2006, BORRAS *et al.*, 2003) y otros cultivos se ha determinado una relación negativa entre la concentración de agua y la materia seca de los granos en crecimiento.

Los mecanismos por los cuales las relaciones de agua regulan el desarrollo del grano no han sido establecidos, pero probablemente implica una coordinación cercana entre el contenido de agua y la capacidad de los granos de acumular asimilados. Estudios de BROCKLEHURST (1977) han correlacionado fuertemente el contenido

hídrico por grano y el número de células de endosperma que tenga el grano, 2 o 3 semanas después de la antesis.

El agua absorbida tempranamente en el desarrollo del grano involucra una gran fuerza osmótica y esto es precedido por una rápida disminución en el potencial osmótico del grano (Westgate y Boyer, 1986 citados por BORRÁS *et al.*, 2003), generando el ingreso de agua y la expansión de las células del endosperma (Egli y Tekrony, 1997 citados por BORRÁS *et al.*, 2003).

Durante la fase activa del llenado de grano, las relaciones de agua dentro de este, son independientes de los estados de agua en la planta (Westgate, 1994; Egli y Tekrony, 1997; citados por EGLI, 2006). El estado de agua del grano está determinado principalmente por la actividad metabólica interna asociada con productos de depositación almacenados (Westgate 2000, citado por BORRÁS *et al.*, 2003). El reemplazo del agua con esos productos (principalmente almidón) durante el llenado de granos, causa una progresiva desecación en el endosperma, que eventualmente limita la capacidad para el metabolismo tardío en el llenado de granos (Westgate 1994, 2000; citados por BORRÁS *et al.*, 2003).

La proporción de agua absorbida durante el llenado de grano varía entre especies, con una absorción de agua en soya (y probablemente otras legumbres) continua hasta el fin de la fase lineal de acumulación, mientras que en cereales de invierno y maíz (*Zea mays* L.) alcanzan el máximo contenido de agua en la semilla tempranamente (Borrás *et al.*, 2004, citados por EGLI, 2006; EGLI, 1998).

Los granos en desarrollo acumulan más agua que materia seca, al inicio del periodo de crecimiento (80% aproximadamente % contenido hídrico total), después la concentración de agua comienza a declinar rápidamente, dependiendo de la especie y las condiciones climáticas, hasta que la semilla alcanza la concentración de humedad cosechable (EGLI, 1998 y 2006).

La falta de adecuada humedad para mantener el llenado de grano, limita aparentemente el peso de grano final a pesar de una gran capacidad del destino

establecida tempranamente en el desarrollo del grano (Westgate, 1994 citado por BORRÁS *et al.*, 2003). Esto se debe a que el déficit de agua durante el desarrollo reproductivo acorta la duración del crecimiento del grano produciendo granos más pequeños (WESTGATE, 1994).

En la actualidad es poco conocida la relación que existe entre el contenido hídrico máximo de los granos y sus determinantes fisiológicos (la tasa de absorción de agua y la duración de absorción hasta que alcanza el contenido hídrico máximo de granos de trigo en crecimiento). Además, ha sido poco estudiado el efecto genotípico y ambiental sobre el contenido hídrico máximo de los granos y sus determinantes fisiológicos.

2.4 Relación entre las dinámicas de materia seca y contenido hídrico en el grano.

La acumulación de materia seca en el grano es lenta y se detiene en madurez fisiológica durante la fase en que la acumulación de materia seca se estabiliza (Adams y Rinne, 1980; citados por EGLI, 2006).

La acumulación de biomasa en granos de cereales comienza con un patrón sigmoideo en que se pueden distinguir tres fases (BEWLEY y BLACK, 1985; SALA *et al.*, 2006). La primera fase corresponde a la fase lag, la cual es un periodo formativo durante el cual se determina la capacidad del destino (Jones *et al.*, 1996, citados por SALA *et al.*, 2006). Es un período de actividad mitótica, en el cual el crecimiento en volumen del grano resulta en especial por el influjo del agua y la principal actividad (desde el punto de vista del posterior llenado del grano) es la multiplicación de células endospermáticas (SLAFER *et al.*, 2003). Esta etapa se caracteriza por un incremento rápido del contenido hídrico del grano y con una escasa depositación de materia seca (SALA *et al.*, 2006). La segunda fase del crecimiento del grano se conoce como el periodo efectivo de llenado de grano, en la que hay una acumulación activa de biomasa (WESTGATE *et al.*, 2004; SALA *et al.*, 2006), que comienza 10-15 días después de floración y se extiende por unos 25-35 días. Aquí se sintetizan y acumulan la mayor cantidad de almidón y de los distintos tipos de proteínas (SLAFER *et al.*, 2003). El contenido de agua del grano alcanza el máximo valor y posteriormente comienza a declinar con una depositación coordinada de materia seca. En la tercera

fase, los granos alcanzan su máximo peso seco (comúnmente denominado madurez fisiológica), estado donde se estabiliza el peso seco (Saini y Westgate, 2000 citados por SALA *et al.*, 2006).

El concepto de que la acumulación de biomasa se detiene cuando los granos alcanzan un valor crítico de humedad en porcentaje muestra la importancia de mantener un nivel de agua en el grano mayor al crítico para incrementar la duración del llenado de grano (GAMBÍN *et al.*, 2006). El porcentaje crítico de humedad puede ser afectado no solo por cambios en el tiempo neto para la absorción de agua, sino que también por la tasa a la que disminuye el porcentaje de humedad después de que se alcanza el máximo contenido hídrico (GAMBÍN *et al.*, (2006)).

La acumulación de materia seca en granos de maíz alcanza un patrón predecible asociado con cambios internos en las relaciones de agua del grano. Similares conclusiones fueron obtenidas en trigo (CALDERINI *et al.*, 2000; BORRÁS *et al.*, 2003). La estabilidad de esta relación indica que la regulación del agua absorbida y el agua perdida por los granos son determinantes importantes del desarrollo del grano y, por lo tanto, del peso final. Presumiblemente, estos procesos son conducidos por gradientes osmóticos (Egli y Tekrony, 1997 citados por BORRÁS *et al.*, 2003), pero la evidencia directa para su regulación es la pérdida de agua (BORRÁS *et al.*, 2003).

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Antecedentes generales.

Para estudiar la relación entre el peso final y el contenido hídrico máximo del grano de trigo se utilizó una base de datos de distintos experimentos, en los cuales las fuentes de variación para el peso de los granos y las dinámicas de agua y materia seca de los granos fueron: la localidad (4), los cultivares de trigo (15) y las posiciones de grano dentro de la espiga (4). La base de datos mencionada se detalla en el Cuadro 1.

CUADRO 1 Descripción de base de datos analizada en el presente estudio.

Experimentos	Ambientes	Genotipos	Fuente
1	Buenos Aires, Argentina 1995/97	Pro INTA Federal Buck Ombú	Calderini <i>et al.</i> ,(2000)
2	El Batán, México 1998 Siembra 1	Bacanora Rayón S1 S2 S3	Calderini <i>et al.</i> ,(2000) Calderini y Ortiz- Monasterio, (2003).
3	El Batán, México 1998 Siembra 2	Bacanora Rayón S1 S3	Calderini <i>et al.</i> ,(2000) Calderini y Ortiz- Monasterio, (2003)
4	Ginninderra, Australia 2000/01	Línea QH 71-6	Calderini <i>et al.</i> (2001)
5	Buenos Aires, Argentina 2001	Lr 19+ Lr 19 -	García (2003)
6	Buenos Aires, Argentina 2002	Línea QH 71-6	no citados
7	Valdivia, Chile 2004	Lr 19+ Lr 19 -	Labra (2007)

Continuación Cuadro 1.

8	Valdivia, Chile 2005	Lr 19+ Lr 19 -	Labra (2007)
9	Valdivia, Chile 2005	Huañil Pandora S6 S30	Calderini <i>et al.</i> (2008)
			no citados
10	Valdivia, Chile 2006/07	Pandora Huayún	no citados
11	Valdivia, Chile 2006/07	Bacanora Kambara	no citados

3.1.1 Características de los genotipos y ambientes utilizados. La base de datos como se explicó anteriormente, cuenta con 15 genotipos expuestos a ambientes distintos, correspondientes a distintas localidades como Buenos Aires (Argentina), El Batán (México), Gininderra (Australia) y Valdivia (Chile) (Cuadro 1).

3.1.1.1 Localidad Buenos Aires, Argentina. Los ensayos fueron llevados a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (34° 35' S, 58° 29' W, alt. 25 m), el lugar presenta un suelo arcillo-limoso con drenaje imperfecto, clasificado como Aeric Argiudoll. Las condiciones climáticas de este ambiente son presentadas en la figura 2 para las cuatro temporadas, las temperaturas medias más alta las presentaron las temporadas 1995 y 2002 con 19,6 y 17,03° C, respectivamente.

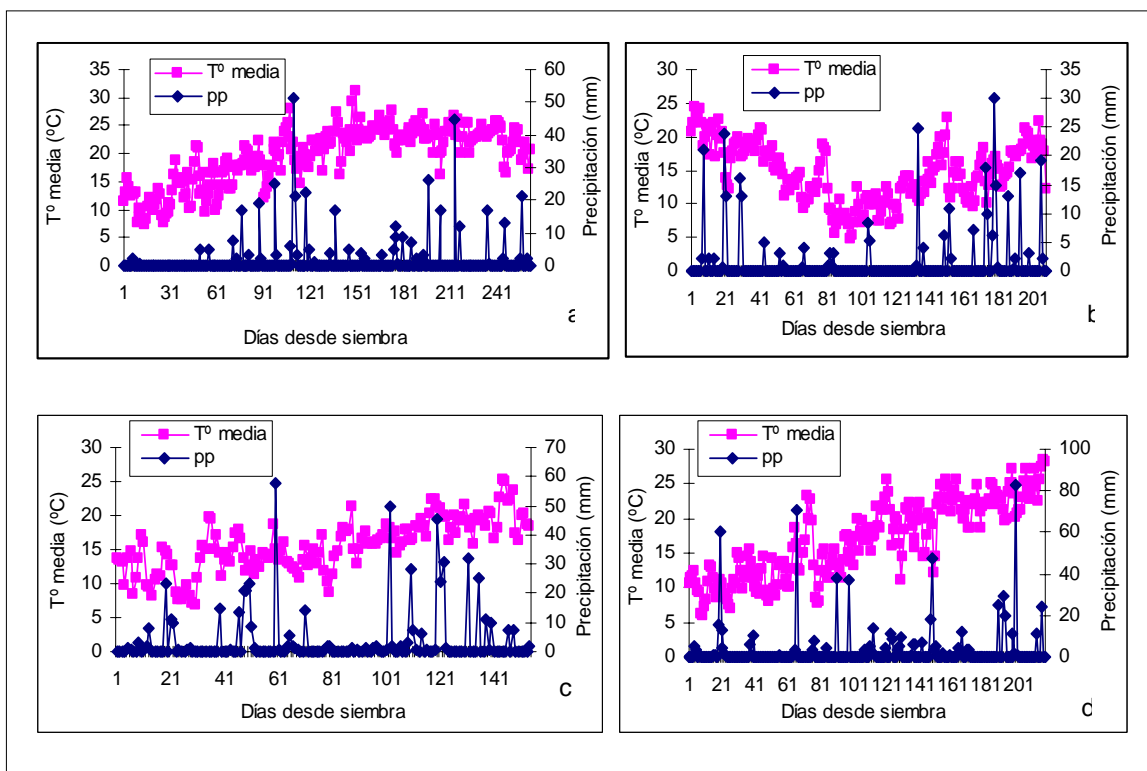


FIGURA 2. Temperaturas medias ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación (mm) para las temporadas 1995, 1996, 2001 y 2002 en la localidad Buenos Aires, Argentina.

En donde: a) temperaturas medias y precipitación para período 1995, b) temperaturas medias y precipitación para período 1996 c) temperaturas medias y precipitación para período 2001, d) temperaturas medias y precipitación para período 2002.

En el Cuadro 2, se muestran los cuatro genotipos utilizados en este ambiente y las fechas de siembra, antes y cosecha de estos genotipos en las cuatro estaciones de crecimiento que se evaluaron: 1995, 1996, 2001 y 2002.

CUADRO 2. Fechas de siembra, antesis y cosecha de los genotipos utilizados en Buenos Aires, Argentina.

Localidad		Argentina, Buenos Aires		
Genotipos		Siembra	Antesis	Cosecha
Pro INTA Federal 1995	Fecha 1	21-Jul	20-Oct	05-Dic
	Fecha 2	04-Sep	17-Nov	29-Dic
	Fecha 3	18-Dic	20-Feb	08-Abr
	Fecha 4	27-Mar	15-Ago	23-Oct
Buck Ombú 1995	Fecha 1	21-Jul	20-Oct	05-Dic
	Fecha 2	04-Sep	17-Nov	29-Dic
	Fecha 3	18-Dic	20-Feb	08-Abr
	Fecha 4	27-Mar	15-Ago	23-Oct
Lr 19 +/- 2001		29-Jun	15-Oct	27-Nov
QH 71-6 2002		15-Jun	11-Dic	16-Ene

En esta localidad se llevaron a cabo tres experimentos, el primero (Exp. 1) se realizó con dos genotipos de trigo de alto rendimiento Pro INTA Federal y Buck Ombú, que fueron sometidos a cuatro fechas de siembras distintas (21 de julio de 1995; 4 de Septiembre de 1995; 18 de Diciembre de 1995 y 27 de Marzo de 1996). Estos genotipos fueron desarrollados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la provincia de Córdoba y Criaderos Buck de la provincia de Buenos Aires, respectivamente. Este experimento no se analizó estadísticamente debido a que no se contó con los datos de cada repetición, solo con los promedios. Para mayor información consultar CALDERINI *et al.* (2000).

El experimento 5, se realizó con la combinación de dos líneas isogénicas con y sin la translocación del gen Lr19 de *A. elongatum*, en un cv. primaveral "Borlaug", de alto potencial de rendimiento, en el periodo 2001/02 suministrado por el CENTRO INTERNACIONAL PARA EL MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT).

En el experimento 6 se utilizó una línea de trigo primaveral QH-71-6, de origen australiano.

3.1.1.2 Localidad El Batán, México Central. Los experimentos 2 y 3 se llevaron a cabo en una estación experimental del CENTRO INTERNACIONAL PARA EL MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT) (19°31`N, 98°50`W; con 2249 msnm). Las condiciones climáticas se muestran en la Figura 3, donde la temperatura media promedio del ciclo del cultivo para las dos fechas de siembra fue 29°C y 21°C, respectivamente y precipitaciones no existieron en este período.

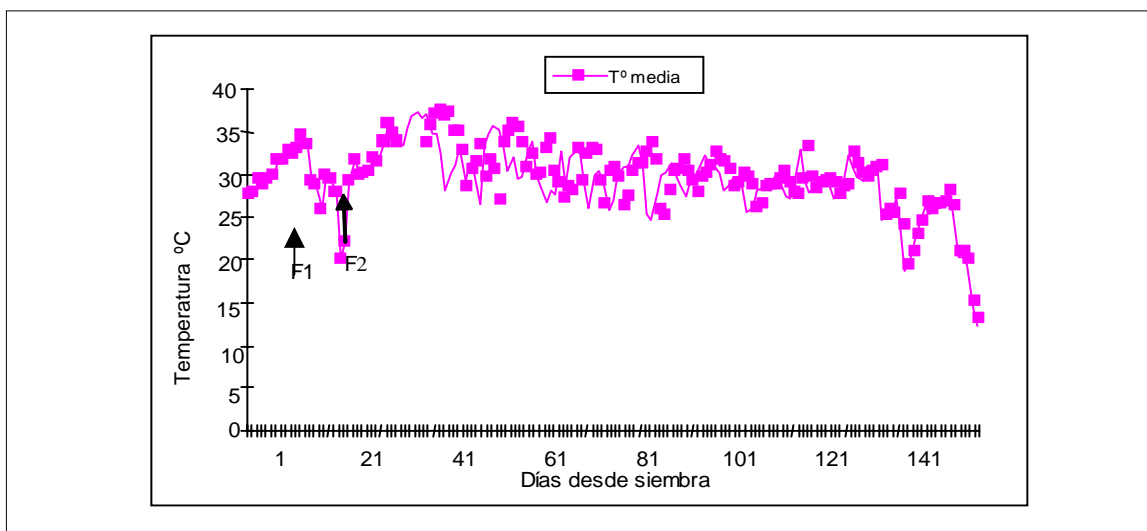


FIGURA 3. Temperaturas medias (°C) en días desde siembra para el período 1998 en la localidad El Batán, México.

Las fuentes de variación de estos experimentos fueron la fecha de siembra (22 mayo y 17 de Junio 1998) y los genotipos (dos cultivares) Bacanora T88, Rayón y 3 líneas sintéticas 68.111/RGB-4//WARD/3/FGO/4/RABI/5/Ae.Sq.(878), ROK/KML//Ae. Sq. (214) y CPI/GEDIZ/3/G00//J069/CRA/4/Ae. Sq. (629), las que fueron llamadas S1, S2 y S3 (o S9, S4 y S10) respectivamente (Cuadro 3). Estas líneas fueron escogidas por ser contrastantes en el peso de sus granos, S1 se caracterizó por tener un bajo peso potencial de grano (similar a los cultivares modernos), S2 tiene un valor intermedio y S3 tiene un alto peso potencial de grano. (A. Mujer-Kazi, comunicación personal a CALDERINI y MATTHEW, 2000).

CUADRO 3. Fechas de siembra, antesis y cosecha de los genotipos utilizados en El Batán, México.

Localidad	México, El Batán		
	Siembra	Antesis	Cosecha
Bacanora 1998 (Fecha siembra1)	22-May	23-Jul	28-Sep
Rayón 1998	22-May	22-Jul	28-Sep
S1 1998	22-May	23-Jul	07-Oct
S2 1998	22-May	10-Ago	07-Oct
S3 1998	22-May	04-Ago	07-Oct
Bacanora 1998 (Fecha siembra 2)	17-Jun	21-Ago	09-Oct
Rayón 1998	17-Jun	22-Ago	09-Oct
S1 1998	17-Jun	20-Ago	09-Oct
S3 1998	17-Jun	26-Ago	21-Oct

3.1.1.3 Localidad Ginninderra, Australia. Primero se hizo el experimento en Australia y después en Bs. Aires. El experimento 4 se realizó con la línea QH 71-6 utilizada en el experimento 6 en Bs. Aires. Esta línea es un retrocruce derivado de Hartog (CALDERINI *et al.*, 2003). Las condiciones climáticas del periodo se muestran en la Figura 4, donde la temperatura media promedio del periodo del cultivo fue de 12,7° C.

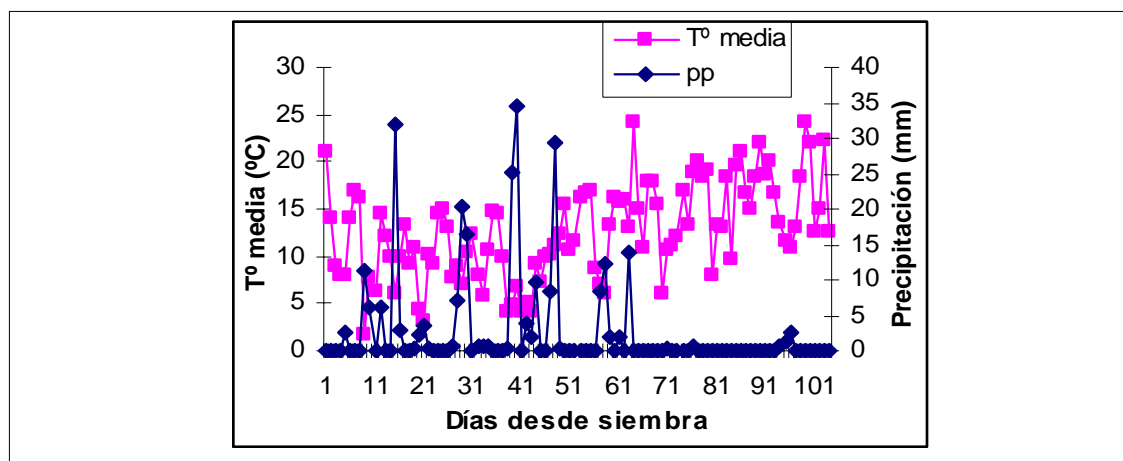


FIGURA 4. Temperaturas medias (°C) y precipitación (mm) en días desde siembra para experimento en localidad Ginninderra, Australia.

Las fechas de siembra, antésis y cosecha del genotipo utilizado en este ambiente se muestran en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Fechas de siembra, antésis y cosecha de los genotipos utilizados en Ginninderra, Australia.

Localidad	Australia, Ginninderra		
Genotipos	Siembra	Antesis	Cosecha
QH 71-6 2000	05-Octubre	06-Diciembre	16-Enero

3.1.1.4 Localidad Valdivia, Chile. El suelo del lugar donde se realizaron los ensayos corresponden a un suelo trumao, de la serie Valdivia, clasificado como Typic Hapludand (INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS RENOVABLES (IREN), CORPORACION DE FOMENTO (CORFO), UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (UACH) (1978), perteneciente a la estación experimental Santa Rosa, de la Universidad Austral de Chile (39°45' S y 73°14' O). Las condiciones climáticas de este ambiente para los distintos periodos en que se realizaron los ensayos, se muestran en la Figura 5, donde las temperaturas medias promedio fueron de 13,6 y 12,4 °C para los periodos 2004 y 2005 respectivamente. La precipitación acumulada de estos períodos fue similar. Para la temporada 2006, la temperatura media fue similar a los otros dos periodos (13,9° C), pero las precipitación del período fueron menores que las temporadas anteriores en un 17%.

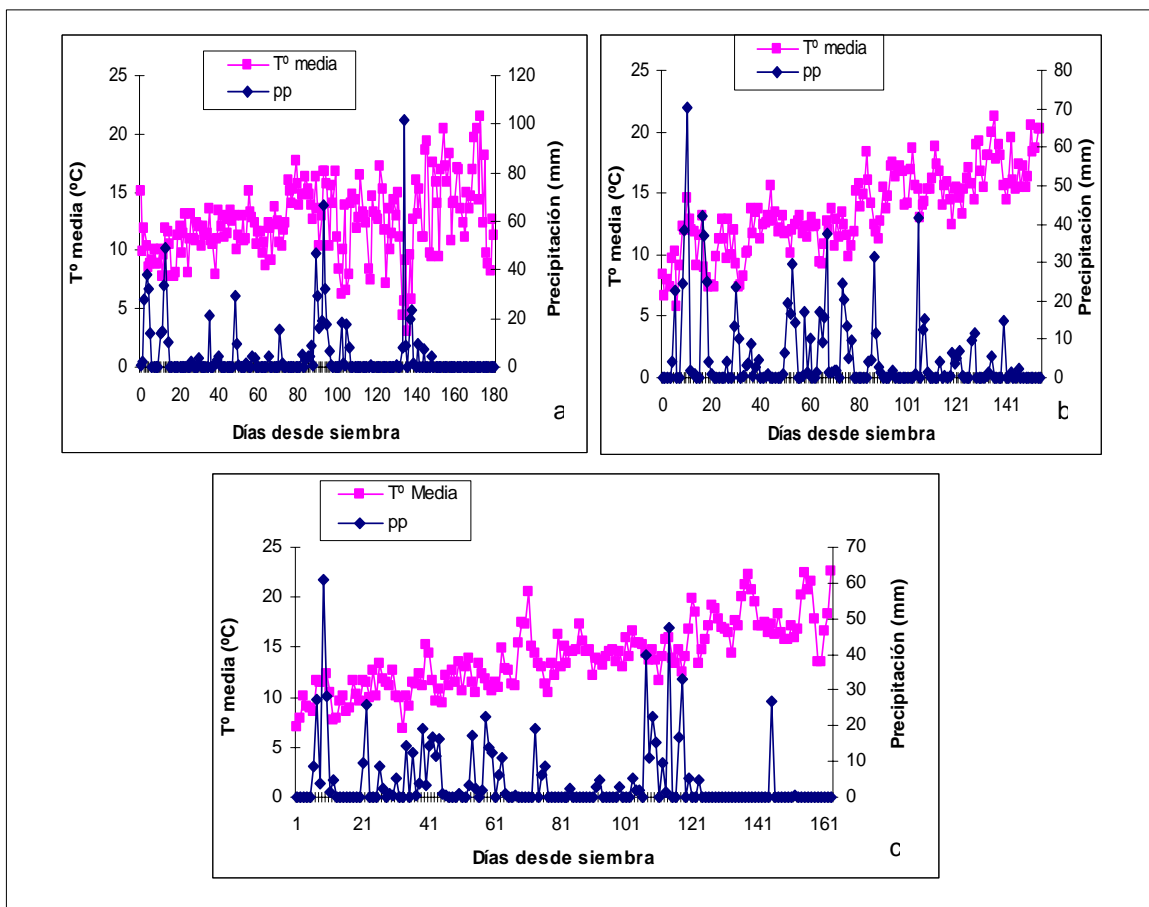


FIGURA 5. Temperatura media (°C) y precipitación (mm) en días desde siembra para la localidad de Valdivia, Chile en el periodo 2004, 2005 y 2006.

Donde: a) temperaturas medias y precipitación para el período 2004, b) temperaturas medias y precipitación para el período 2005, c) temperaturas medias y precipitación para el período 2006.

En el Cuadro 5, se muestran las fechas de siembra, antesis y cosecha para todos los genotipos utilizados en esta localidad en los distintos años.

CUADRO 5. Fechas de siembra, antesis y cosecha de los genotipos utilizados en Valdivia, Chile.

Localidad	Chile, Valdivia		
Genotipos	Siembra	Antesis	Cosecha
Lr +/- 2004	19-Ago	29-Nov	17-Ene
Lr +/- 2005	24-Ago	30-Nov	24-Ene
Pandora 2005	24-Ago	01-Dic	27-Ene
Huañil 2005	24-Ago	29-Nov	27-Ene
S6 2005	24-Ago	06-Dic	17-Feb
S30 2005	24-Ago	21-Dic	17-Feb
Bacanora 2006	01-Sep	01-Dic	09-Feb
Kambara 2006	01-Sep	03-Dic	09-Feb
Pandora 2006	01-Sep	03-Dic	05-Feb
Huayún 2006	01-Sep	04-Dic	05-Feb

El experimento 7, se realizó en la temporada 2006/07 con dos cultivares Bacanora y Kambara, los cuales poseen rendimientos similares con distinto peso potencial de grano. El cultivar Bacanora es el de menor peso. Estos genotipos fueron creados por CIMMYT.

En los experimentos 8 y 9, se utilizaron dos genotipos. En este caso, el cultivar "Borlaug" con y sin la translocación Lr19, en las temporadas 2004/05 y 2005/06. Los datos de estos experimentos provienen de tesis de pregrado de Agronomía de Universidad Austral de Chile, LABRA (2007).

En el experimento 10, se utilizaron dos cultivares, Pandora y Huayún, ambos primaverales y de origen chileno, con un rendimiento potencial de 10 Mg/ha y con pesos de grano contrastantes. Ambos cultivares fueron generadas por el programa de mejoramiento de Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

El experimento 11, consistió en cuatro genotipos Huañil, Pandora, S6 y S30 durante la temporada 2005/06. Los dos primeros genotipos son primaverales con rendimientos potenciales de 10 Mg/ha y con pesos finales de granos similares. Los dos últimos son líneas doble haploide (S6 y S30) generadas por el Instituto Nacional de

Investigación Agropecuaria, INIA (Carillanca). Ambos experimentos (10 y 11) corresponden al proyecto Fondecyt (1040125, 2004).

3.2 Manejo de experimentos

Las características particulares de cada experimento se indican en las fuentes de referencia citadas en el Cuadro 1. En líneas generales, para el presente estudio, todos los experimentos fueron mantenidos libres de estreses bióticos y abióticos para que los genotipos expresaran su rendimiento potencial. Para ello, las parcelas experimentales fueron fertilizadas y regadas. En todos los casos, las malezas fueron controladas manualmente y las plagas y enfermedades fueron prevenidas o controladas de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes de los productos empleados. Es importante señalar que en todos los casos se trabajó solamente con los tratamientos testigo de cada experimento. Además los experimentos constaron con al menos tres repeticiones con la excepción del experimento nº 1.

En todos los experimentos se siguió el peso húmedo y seco de los granos desde antesis hasta cosecha al menos 2 veces por semana en cada unidad experimental (parcela). Para obtener el peso seco de los granos, los mismos fueron colocados en estufas a 65°C por 48hs. Después de lo cual, el peso fue medido en balanzas analíticas.

3.3 Manejo de datos

Los datos se ajustaron mediante el software Tbl Curve 2.0, el cual calculó las variables del peso seco, tasa de llenado, duración del llenado y peso máximo alcanzado por el grano. También se empleó el software para ajustar los datos del contenido hídrico del grano, tasa de absorción de agua, duración del período de incremento de agua en el grano y el contenido hídrico máximo. Para ajustar los datos, se utilizó un modelo bilineal o trilineal, según correspondiera, como se indica a continuación.

3.3.1 Ajuste al modelo bi-lineal del peso de grano. Para todos los experimentos, el peso seco final de grano fue estimado utilizando el siguiente modelo bi-lineal del software citado anteriormente:

$$PFG=a+bx \quad \text{es } (x \leq c), \text{ y} \quad (2.2)$$

$$PFG=a+bx+bc \quad \text{es } (x > c) \quad (2.3)$$

donde PFG es el peso final del grano en madurez fisiológica, a es la ordenada al origen (mg), b es la tasa de acumulación de materia seca en el grano (mg/ °Cd o días post-antesis), c es el peso seco máximo alcanzado por el grano (mg), y x es la duración en tiempo térmico o días post-antesis (°Cd) (Fig. 6).

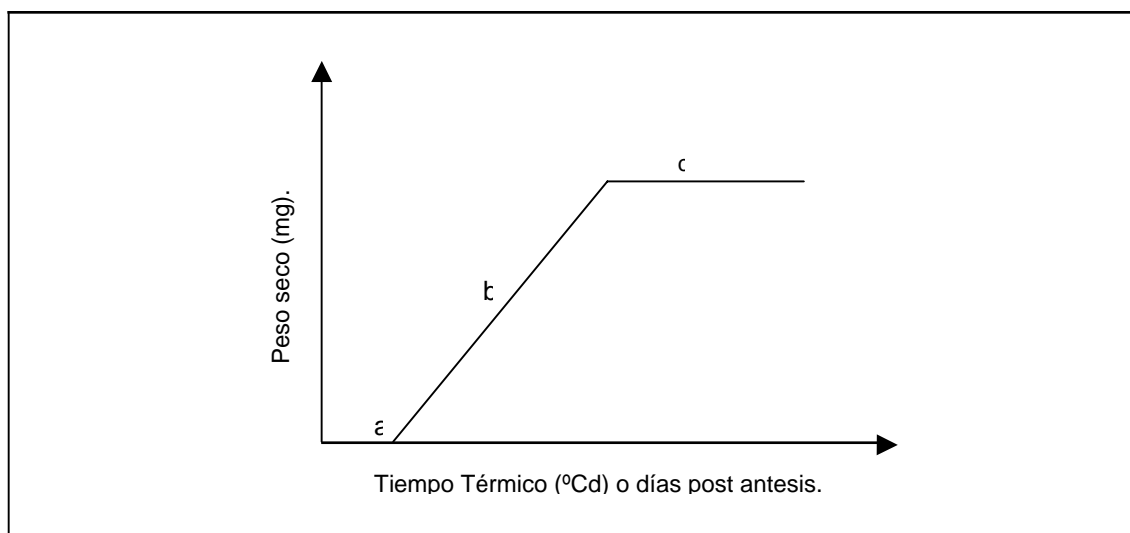


FIGURA 6. Modelo bilineal para estimar peso seco del grano.

El ajuste del peso de grano con el modelo bi-lineal se realizó mediante la técnica de optimización (JANDELL, 1991). Este modelo ajustó los datos mediante un procedimiento iterativo, logrando una buena estimación de peso final de los granos, de la tasa y duración del llenado de los mismos (MIRALLES *et al.*, 1996) (ANEXO 1).

El ajuste se realizó en función del tiempo térmico (°Cd) y de los días post-antesis para todos los datos. La estimación del tiempo térmico acumulado se calculó como la suma de las temperaturas promedios diarias $[(T \text{ máx.} + T \text{ mín.})/2]$ con una temperatura base de 0°C (Hay y Kirby, 1991; Slafer *et al.*, 1994, citados por CALDERINI *et al.*, 2006).

En este modelo, los datos correspondientes a la fase lag, considerados como valores de peso menores que el 10% del peso máximo de los granos no fueron considerados para estimar la tasa lineal de acumulación de materia seca de los granos (Loss *et al.*, 1989 citados por MIRALLES *et al.*, 1996).

3.3.2 Ajuste al modelo tri-lineal del contenido hídrico del grano. Para ajustar el contenido hídrico del grano se utilizó el siguiente modelo trilineal:

$$Y = a + bx \quad \text{si } x \leq c; \quad (2.4)$$

$$Y = a + bc + d(x-c) \quad \text{si } e \leq x < c; \quad y \quad (2.5)$$

$$Y = a + bc + d(e-c) + f(x-e) \quad \text{si } x > e \quad (2.6)$$

donde y es el contenido hídrico del grano (mg), a la ordenada al origen (mg), b la tasa de absorción de agua del grano (mg/°Cd), c es el tiempo en el cual el grano alcanza el contenido hídrico máximo (°Cd), d es el tiempo en que finaliza la acumulación de agua en el grano (°Cd), e es la tasa de desecación del grano (mg/°Cd) y x el tiempo térmico (°Cd) o días post-antésis. El valor de temperatura base utilizada en el presente estudio fue 0°C, valor comúnmente utilizado en trigo (HAY y KIRBY, 1991; SLAFER *et al.*, 1994a; CALDERINI *et al.*, 1996) (Figura 7) (ANEXO 41).

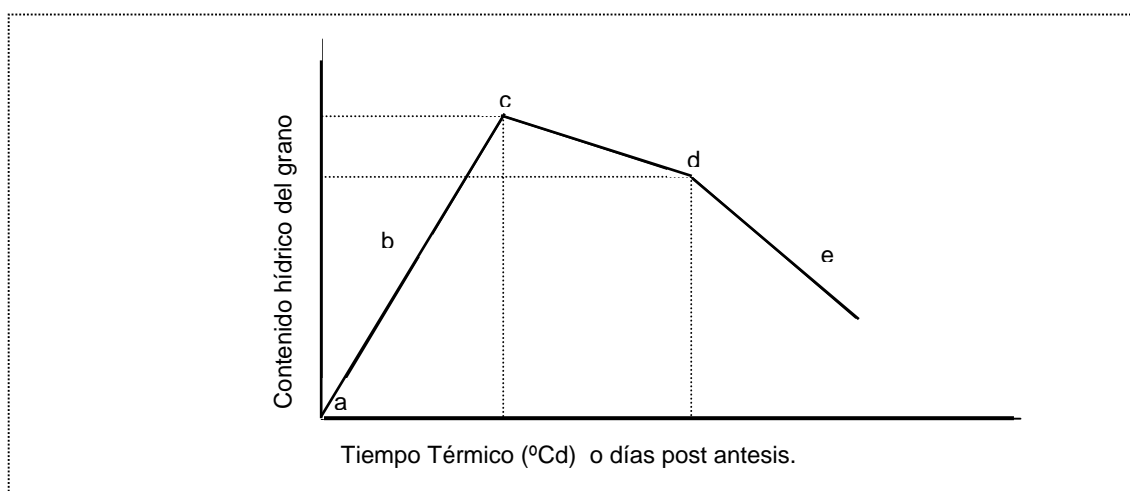


FIGURA 7. Modelo trilineal de ajuste a contenido hídrico del grano.

FUENTE adaptado de PEPLER *et al.*, (2005).

Al igual que en el modelo bi-lineal, en el modelo tri-lineal el ajuste se realizó mediante la técnica de optimización (JANDELL, 1991).

3.3.3 Parámetros para analizar las dinámicas del agua y la materia seca de los granos. Para analizar las dinámicas del agua y de materia seca se calculó el contenido relativo de humedad y el peso seco relativo de los granos.

3.3.3.1 Contenido relativo de humedad de los granos. El contenido relativo de humedad se calculó como lo indica la siguiente relación matemática:

$$CRH_i = (CHG_i / PFG_i) * 100 \quad (2.7)$$

donde CRH_i es el contenido hídrico relativo de los granos (%) al momento i , CHG_i es el contenido hídrico de los granos (Peso fresco-peso seco de los granos) al momento i , y PFG es el peso fresco de los granos (mg) al momento i .

3.3.3.2 Peso seco relativo de los granos. El peso seco relativo se calculó mediante la siguiente relación matemática:

$$PSR_i = (PSG_i / PFG) * 100 \quad (2.8)$$

donde PSR es el peso seco del grano al momento i respecto al peso seco en el momento de madurez fisiológica (%), PSG_i es el peso seco (mg) del grano al momento i , y PFG es el peso seco (mg) al momento de madurez fisiológica calculado por el modelo tri-lineal mostrado más arriba.

3.4 Análisis de los datos

3.4.1 Evaluación estadística de las fuentes de variación. Los valores que resultaron de los ajustes realizados con el software Tbl curve para las variables de peso seco de los granos (tasa de llenado de grano, duración de este periodo y peso máximo) y del contenido hídrico de los granos (tasa de absorción de agua, duración de la absorción de agua y el contenido hídrico máximo) de la totalidad de los experimentos evaluados,

fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el programa estadístico Statistica versión 6.0 para determinar el efecto de las distintas fuentes de variación sobre los experimentos (genotipo, posición y ambiente). Cuando el efecto de las fuentes de variación fue significativo, el cálculo de las diferencias entre medias individuales fue realizado mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia.

4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Dinámica del peso de grano y variables asociadas afectadas por el genotipo, la posiciones del grano en la espiga y el ambiente. En el cuadro 6 se muestra la variación relativa del peso de grano y las fuentes de variación que lo afectaron (genotipo y posición dentro de la espiga) para todos los experimentos evaluados. Los experimentos 2, 3 y 9, fueron divididos en dos partes: A y B para facilitar su entendimiento. La parte A de los experimentos considera a los cultivares que presentaron a los menos cuatro granos por espiguilla y la parte B, los cultivares que presentaron al menos tres granos por espiguilla. Los experimentos 4, 6 y 9A solo fueron evaluados por el efecto de posición de grano ya que contaron con un solo cultivar.

En los 13 experimentos analizados, el peso final del grano mostró un amplio rango entre 24 y 66 mg. Dicho rango varió, en términos relativos de peso de grano entre 18 y 79%. La parte A del experimento 2 y el experimento 3 (partes A y B) presentaron los mayores porcentajes de variación en el peso final de grano con 69%, 79% y 61% respectivamente (Cuadro 6).

La fuente de variación que mayormente afectó a los experimentos correspondió a la posición del grano dentro de la espiga. Esto fue así en 10 de los 13 experimentos analizados, con variaciones del peso final de grano entre 18% y 69% entre las posiciones dentro de la espiga. El genotipo solo afectó en dos experimentos como primera fuente de variación, esos experimentos evaluaron genotipos con pesos de grano muy disímiles entre sí, alcanzado variaciones entre 45% y 63% en el peso final de estos. El experimento 9B no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) para ninguna fuente de variación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Peso final de grano y las fuentes de variación que lo afectaron.

Experimento	Rango de peso de grano (mg)	Variación relativa peso de grano (%)	1ª fuente variación	Variación relativa (%)	2ª fuente variación	Variación relativa (%)
2A	26-44	69	Posición	69	Genotipo	-
2B	42-61	45	Genotipo	45	Posición	13
3A	24-43	79	Posición	77	Genotipo	7
3B	41-66	61	Genotipo	63	Posición	18
4	31-45	45	Posición	45	-	-
5	27-41	52	Posición	52	Genotipo	20
6	34-40	18	Posición	18	-	-
7	39-55	41	Posición	41	Genotipo	-
8	43-57	33	Posición	33	Genotipo	-
9A	38-59	55	Posición	55	Genotipo	6
9B	46	0	Genotipo	-	Posición	-
10	45-58	29	Posición	29	Genotipo	-
11	42-64	53	Posición	53	Genotipo	18

En el cuadro 7 se presenta un resumen del análisis de varianza para las variables genotipo y posición de grano sobre el peso final de estos, para el total de los experimentos estudiados. La variable genotipo afectó el peso final de grano en 7 experimentos de los 10 que fueron analizados, en cambio, la posición afectó a casi todos los experimentos, con excepción de la línea sintética del experimento 9B. Esto concuerda con estudios anteriores (MIRALLES y SLAFER, 1995; KRUK *et al.*, 1997; CALDERINI *et al.*, 1999a) que mostraron que el peso final de grano varía ampliamente entre las posiciones de grano (proximales y distales de la espiguilla central). En el caso de las líneas sintéticas, que presentaron tres posiciones de grano (G1, G2 y G3), los pesos fueron similares o levemente superiores para la posición G2, frente a bajos niveles de competencia intra-espiguilla. Solo los experimentos 2A, 9A y 11 presentaron interacción entre estas dos variables. La mayoría de los experimentos no mostraron interacción entre el genotipo y la posición de grano (Cuadro 7), indicando que la distribución del peso de grano es un carácter altamente conservado.

CUADRO 7. Resumen de análisis de varianza del peso final de grano para las fuentes de variación: genotipo, posición de grano y la interacción de estas dos variables.

Experimento	Nivel significancia de la fuente de variación sobre el peso final de grano		Nivel de significancia de Interacción
	Genotipo	Posición	GxP
2A	<u>NS</u> *	0,0001	0,05
2B	0,0001	0,0001	<u>NS</u>
3A	0,001	0,0001	<u>NS</u>
3B	0,0001	0,01	<u>NS</u>
4	<u>NS</u>	0,0001	<u>NS</u>
5	0,0001	0,0001	<u>NS</u>
6	<u>NS</u>	0,05	<u>NS</u>
7	<u>NS</u>	0,0001	<u>NS</u>
8	<u>NS</u>	0,0001	<u>NS</u>
9A	0,05	0,0001	0,0001
9B	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
10	0,0001	0,0001	<u>NS</u>
11	0,0001	0,0001	0,05

* NS; 0,05; 0,01; 0,001 y 0,0001 presentan datos no significativo ($p > 0,05$) y niveles de significancia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$), respectivamente.

4.1.1 Efecto del genotipo y la posición de grano sobre la tasa de llenado y la duración del período de crecimiento de los granos. Se analizaron las variables que explican el peso de los granos en relación a la dinámica de la materia seca de estos, durante el período de crecimiento de los granos. Dichas variables fueron la tasa de llenado de grano y la duración de este período.

En el Anexo 2, se muestran los coeficientes de determinación de los análisis de regresión del peso máximo del grano y la tasa de llenado de grano y la duración para todos los experimentos. La tasa de llenado de granos explicó significativamente el peso final de los granos en 9 de los 13 experimentos analizados con coeficientes de determinación entre 0.60 (exp. 5) y 0.98 (exp. 4). Cinco de estos experimentos mostraron además asociaciones significativas con la duración del llenado de granos. Los ajustes entre la duración del llenado de granos y su peso final, fueron menores a los observados para la tasa de llenado de grano ($R^2 = 0.49-0.92$). En el experimento 3, el

peso final de grano estuvo asociado sólo con la duración del llenado de grano. En los experimentos 2, 6 y 9, las líneas sintéticas presentaron relaciones nulas entre el peso final y la tasa o duración del llenado de grano. En estos casos, los genotipos y las posiciones presentaron respuestas distintas, no ajustándose a una sola relación para el experimento (Anexo 2).

En el Cuadro 8, se detalla el resultado de los análisis estadísticos para la tasa de llenado de grano de todos los experimentos por genotipo, posición de grano y la interacción de ambas variables. La tasa de llenado de granos varió entre 0,05 mg/°Cd y 0,14 mg/°Cd entre los genotipos analizados, esta variación es explicada por los diferentes genotipos, posiciones de grano y ambientes en los que fueron realizados los distintos experimentos.

La tasa de llenado de grano no mostró interacción entre el genotipo y la posición en todos los experimentos estudiados. El genotipo afectó la tasa de llenado de grano en solo 6 experimentos de los 10 analizados para esta variable (60% de los datos). Los experimentos restantes no presentaron diferencias significativas ($p < 0,01$; $p < 0,05$; $p < 0,001$ y $p < 0,0001$) frente a esta fuente de variación. En el caso de la posición de grano frente a la tasa de llenado de grano, esta afectó a 8 experimentos solamente (62% de los datos).

CUADRO 8. Resumen del análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para las fuentes de variación (i) genotipo y (ii) posición de grano.

Experimento	Nivel significancia de la fuente de variación sobre tasa de llenado de grano		Nivel significancia de Interacción
	Genotipo	Posición	GxP
2A	0,0001	0,01	<u>NS</u>
2B	0,001	<u>NS</u>	<u>NS</u>
3A	<u>NS*</u>	0,0001	<u>NS</u>
3B	0,0001	<u>NS</u>	<u>NS</u>
4	<u>NS</u>	0,05	<u>NS</u>
5	<u>NS</u>	0,0001	<u>NS</u>
6	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
7	<u>NS</u>	0,0001	<u>NS</u>

Continuación cuadro 8.

8	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
9A	0,05	0,0001	<u>NS</u>
9B	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
10	0,0001	0,0001	<u>NS</u>
11	0,0001	0,0001	<u>NS</u>

* NS; 0,05; 0,01; 0,001 y 0,0001 presentan datos no significativo ($p > 0,05$) y niveles de significancia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$), respectivamente.

El genotipo afectó la tasa de llenado de grano del experimento 2 tanto para los cultivares como para las líneas sintéticas, en el caso del experimento 3, solo se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para las líneas sintéticas. La posición de grano solo presentó diferencias ($p < 0,05$) en la tasa de llenado de grano en las líneas no sintéticas de los experimentos 2 y 3, ya que estas presentaban la posición G4 que aumenta la variabilidad entre las posiciones de grano.

Los experimentos 4 y 6 evaluaron un solo genotipo, por lo tanto la tasa de llenado de grano no fue analizada para esa fuente de variación, pero si lo fue por la posición, donde solo el experimento 4 presentó diferencias significativas.

Los experimentos 5, 7 y 8 fueron realizados con el mismo cultivar, el cultivar "Bourlag" con y sin la translocación del gen Lr 19. La tasa de llenado de grano no fue afectada por el genotipo ya que no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$; Tukey) entre los cultivares con y sin translocación coincidiendo con los resultados de LABRA (2007). La posición de grano solo afectó a la tasa de llenado en el experimento 7.

El experimento 9 se dividió en dos partes para facilitar su análisis, los cultivares Pandora, Huañil y S30 fueron incorporados a la parte A ya que presentaron a lo menos cuatro granos por espiguilla. Por otra parte, la línea sintética S6 fue analizada como parte B debido a que presentó solo tres granos por espiguilla. El experimento 9A, mostró variaciones en la tasa de llenado de grano tanto para la variable genotipo como para posición de grano, en cambio el experimento 9B no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) para la tasa de llenado ni para la posición de grano.

Los experimentos 10 y 11 presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la tasa de llenado de grano tanto entre genotipos como entre posiciones de grano.

En líneas generales, la tasa de llenado presentó mayor variación entre las posiciones de grano, siendo similar para las posiciones basales (G1, G2 y G3) y muy distinta en el caso de la posición distal G4. Esto se corrobora con que la tasa de llenado no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la posición de grano en los experimentos con genotipos con tres granos por espiguilla (exp. 2B, 3B, 6 y 9B) mostrando que estas posiciones son más estables en comparación con la posición G4. A su vez, se podría establecer que la tasa de llenado de grano varió entre genotipos en acuerdo con los resultados presentados en este trabajo y en estudios anteriores (e.g., GLEADOW *et al.*, 1982).

En el cuadro 9, se muestra el resumen del análisis estadístico para la duración del período de llenado de grano para las fuentes de variación: genotipo y posición de grano de todos los experimentos.

La duración del período de llenado de grano varió entre 453°Cd y 835°Cd para los experimentos analizados, esta variación pudo ser debido a dos razones principales: i) que la temperatura base que se utilizó fue de 0°C y fue la misma para todos los cultivares; a pesar de que hay evidencias que indican que la temperatura base podría variar con el genotipo (SLAFER y RAWSON, 1995) y ii) que las temperaturas máximas de los experimentos analizados hayan estado por encima de las temperaturas óptimas, lo que hace que la tasa de desarrollo esté fuera de la respuesta lineal a la temperatura, debilitando la aplicabilidad del modelo de tiempo térmico (MIRALLES *et al.*, 2003).

El genotipo afectó significativamente ($p < 0,05$; Tukey) la duración del período de llenado de grano en solo 4 de los 13 experimentos analizados (31% de los datos). Considerando la posición de grano la duración del período de llenado fue significativo ($p < 0,05$; Tukey) solo en 2 experimentos de los 13 experimentos analizados (15% de los datos). Por lo tanto, el diferente potencial de peso mostrado por las distintas posiciones de grano (especialmente entre posiciones proximales y distales dentro de las espiguillas) no sería debida a la duración del crecimiento de los granos. Este

carácter sería de poca variabilidad lo cual limitaría su uso en programas de mejoramiento destinados a incrementar el peso de los granos.

CUADRO 9. Resumen del análisis de varianza de la duración del llenado de grano para las fuentes de variación (i) genotipo y (ii) posición de grano.

Experimento	Nivel significancia de fuente de variación sobre la duración del llenado de grano		Nivel significancia de Interacción
	Genotipo	Posición	GxP
2A	0,0001	<u>NS</u>	<u>NS</u>
2B	<u>NS*</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
3A	<u>NS</u>	0,01	<u>NS</u>
3B	0,001	<u>NS</u>	<u>NS</u>
4	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
5	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
6	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
7	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
8	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
9A	0,0001	<u>NS</u>	<u>NS</u>
9B	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
10	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
11	0,05	<u>NS</u>	<u>NS</u>

* NS; 0,05; 0,01; 0,001 y 0,0001 presentan datos no significativo ($p > 0,05$) y niveles de significancia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$), respectivamente.

En líneas generales, hubo muy poco efecto del genotipo y la posición de grano sobre la duración del período de llenado de grano, el cual no está determinado por el genotipo, ni por la posición dentro del grano, más bien por las condiciones ambientales (temperatura) (WIEGAND y CUELLAR, 1981).

4.1.2 Efecto del ambiente y la posición de grano sobre peso final de grano.

Para analizar cómo el peso final de grano es afectado por el ambiente y la posición de este dentro de la espiga, se evaluó el comportamiento de un mismo genotipo en distintas localidades y/o fechas de siembra como se muestra el Cuadro 10.

Cuadro 10. Nivel de significancia de las fuentes de variación (ambiente y posición de grano) y su interacción sobre el peso final de grano.

Genotipo	Nivel de significancia de la fuente de variación sobre el peso final de grano		Nivel de significancia de Interacción
	Ambiente	Posición	AxP
Bacanora	0,0001	0,0001	<u>NS*</u>
Rayón	0,0001	0,0001	<u>NS</u>
Pandora	0,0001	0,0001	0,05
Lr+19	0,0001	0,0001	0,001
Lr-19	0,0001	0,0001	0,05
S1	0,01	0,0001	0,01
S3	0,001	0,0001	0,05

* NS; 0,05; 0,01; 0,001 y 0,0001 presentan datos no significativo ($p > 0,05$) y niveles de significancia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$), respectivamente.

En términos generales, las variables: ambiente (principalmente asociado con diferencias en la temperatura) y posición de grano afectaron el peso final de grano de todos los genotipos analizados. La interacción de estas dos variables tuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto al peso final de grano para 5 de los 7 experimentos considerados (Cuadro 10) (Anexo 39).

El cultivar Bacanora fue expuesto a tres ambientes distintos: dos fechas de siembra en el período 1998 en El Batán (México) y una fecha de siembra en el período 2006 en Valdivia (Chile). El peso final de grano de este cultivar presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los distintos ambientes y las posiciones de grano.

El cultivar Rayón fue sometido a dos fechas de siembra en el período 1998 en el Batán (México) y presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) tanto para el ambiente como para la posición de grano dentro la espiga.

Pandora fue expuesto en la localidad de Valdivia (Chile) a dos temporadas de cultivo distintas: 2005 y 2006, presentando diferencia significativas ($p < 0,05$) en el peso

final frente al ambiente y a la posición de grano. Además este cultivar mostró interacción entre estas dos variables.

Los cultivares con y sin translocación del gen Lr19, fueron expuestos a tres ambientes distintos: uno en Buenos Aires (Argentina) durante el año 2001 y los otros en la localidad Valdivia (Chile) en dos temporadas 2004 y 2005. Ambos cultivares presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el peso final alcanzado por el grano tanto debido al efecto del ambiente como por la posición de grano. Estas variables mostraron interacción ($p < 0,05$) entre estas dos variables.

Las líneas sintéticas S1 y S3 fueron estudiadas en dos ambientes: dos fechas de siembra en el año 1998 en la localidad el Batán (México). El ambiente y la posición de grano afectaron el peso final de grano, y presentaron interacción entre estas dos variables.

En la figura 8, se muestra como fue afectada la dinámica del crecimiento de los granos en distintos ambientes, para la posición de grano más estable (G2) dentro de la espiga. Las temperaturas supraóptimas que se alcanzaron en la localidad de México durante el ciclo del cultivo, afectaron el peso alcanzado por los granos, mediante una menor tasa de llenado de granos. En la localidad de Valdivia las temperaturas no superaron la óptima durante el período de llenado de grano, lo que aumentó el peso de los granos con una tasa de llenado de granos mayor que en la localidad de México.

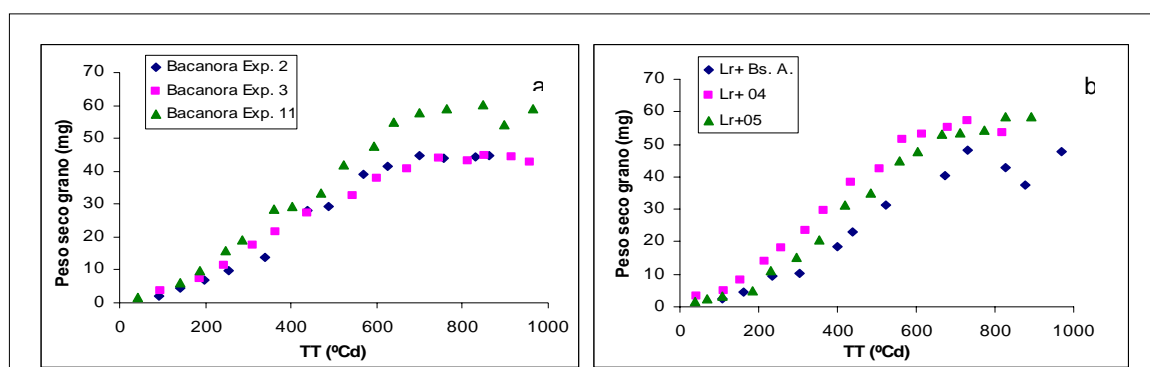


FIGURA 8. Genotipos frente a distintos ambientes.

Donde a) genotipo Bacanora en tres distintos ambientes y b) genotipo Lr+ en tres ambientes distintos.

El genotipo Lr translocado, presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) similares al cultivar Bacanora, ya que en Valdivia presentó mayores tasas de llenado de grano y pesos seco de granos (Anexo 39).

4.1.3 Peso final de grano y temperatura:

Para analizar el efecto de la temperatura sobre el peso final del grano, se correlacionó el peso final de cultivares analizados en los distintos experimentos y las temperaturas medias del período de llenado de grano (desde anthesis a madurez fisiológica) (Anexo 40). La figura 9, muestra una relación negativa entre la temperatura media del llenado de grano y el peso final alcanzado por éstos. Dicha relación fue explicada por estas dos variables en un 48% (R^2 ajustado: 0,4820). De igual forma, WIENGAD y CUELLAR (1981) encontraron resultados que apoyan esta relación negativa, donde por cada $^{\circ}\text{C}$ de incremento en la temperatura media diaria habría una disminución de 3,1 días en el período de llenado de grano.

Los cultivares analizados tuvieron un rango de temperatura media diaria durante el período, que varió entre 13 y 29°C , alcanzando pesos entre 37 mg y 59 mg. Los mayores pesos fueron relacionados con las menores temperaturas medias diarias del período. Efectos similares a los presentados en este estudio fueron exhibidos por otros autores anteriormente (WARDLAW y MONCUR, 1995; CALDERINI *et al.*, 1999) donde se evaluaron los efectos de la temperatura en la fase de llenado de grano, encontrando que cortos períodos con altas temperaturas causan reducción en el peso final de los granos.

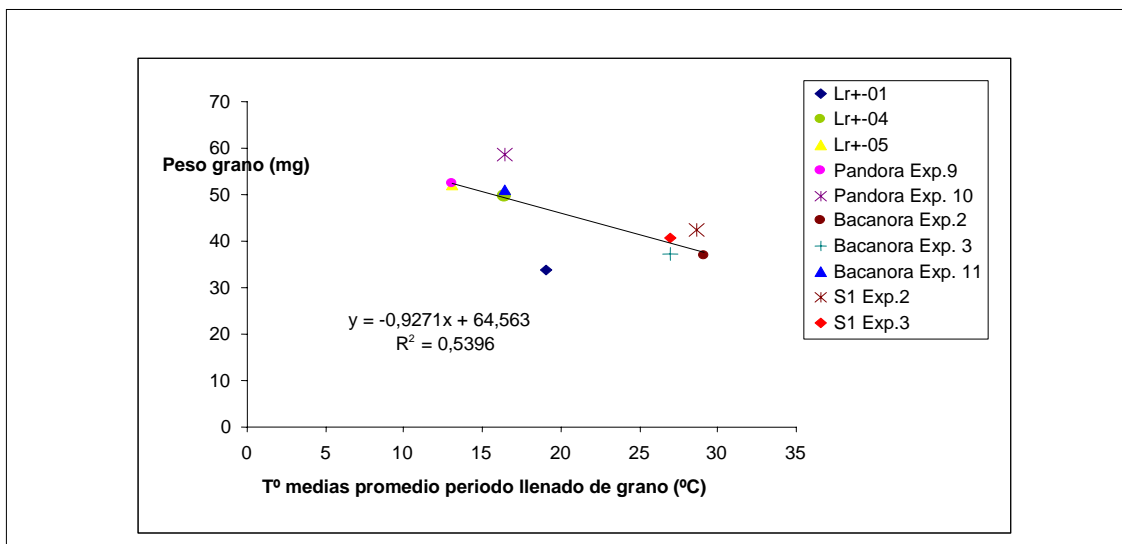


FIGURA 9. Relación entre la temperatura media promedio del período de llenado de grano y el peso final de este.

La temperatura influyó directamente sobre la tasa de llenado de grano e indirectamente sobre la duración del período de llenado. Es por esto, que la localidad de Valdivia (Chile), la cual presentó temperaturas medias promedio cercanas a las óptimas mostró tasas de llenado más altas y una duración de este período menor que las localidades donde las temperaturas medias promedio fueron más altas.

La temperatura media calculada para maximizar el peso de grano de los cultivares Lr con y sin la translocación y Pandora fueron alrededor de 13° C y para el cultivar Bacanora alrededor de 16° C (Figura 9). Estos resultados concuerdan con los valores de temperaturas óptimas para el llenado de grano encontrado en estudios anteriores, donde la temperatura óptima es cercana o superior a 15° C.

4.1.4 Relación del peso de grano con la dinámica de la materia seca del mismo.

En líneas generales, todos los experimentos analizados explicaron la variación del peso final de grano en función de cambios en la tasa de llenado de grano, como se muestra en la figura 10, donde para todos los experimentos con cuatro posiciones de grano presente, la variación del peso final de grano se explicó en un 58% por cambios en la tasa de llenado de estos (Fig.10a). Para los experimentos con tres posiciones de grano presente, generalmente líneas sintéticas, esta variación en el peso final de los

granos se explicó en un 68% a través de la tasa de llenado de grano (Fig.10b). Este mejor ajuste se puede deber a que las tres primeras posiciones de grano (G1, G2 y G3) son más estables que la posición G4. Resultados similares fueron encontrados anteriormente (SIMMONS *et al.*, 1982; SCHNYDER y BAUM 1992; MIRALLES y SLAFER, 1995) donde los autores encontraron la misma relación lineal positiva entre las tasas de acumulación de materia seca y el peso final de grano durante la fase lineal de crecimiento.

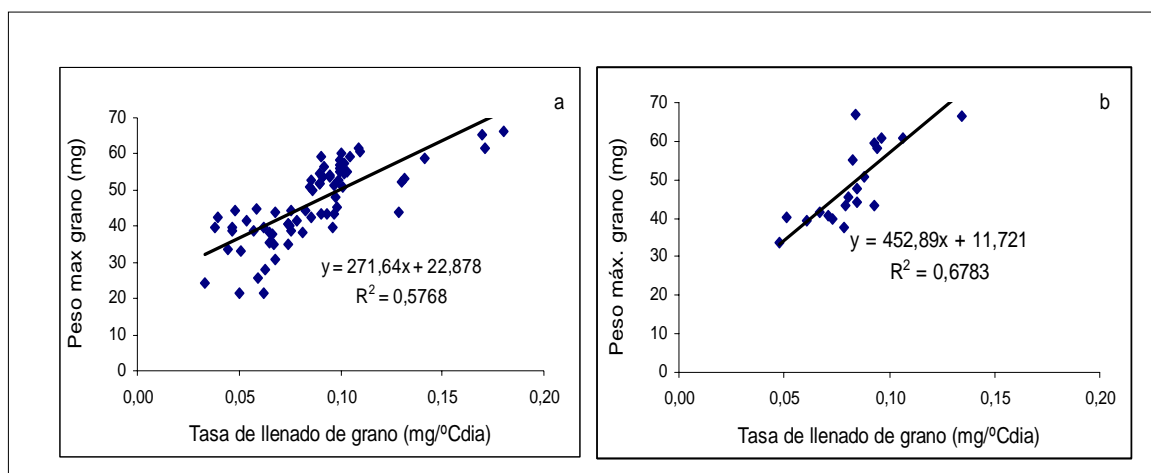


FIGURA 10. Relación entre el peso final de grano y la tasa de llenado de granos para todos los experimentos.

a) Relación del peso máximo del grano y la tasa de llenado para experimentos con cuatro posiciones de grano y b) Relación entre el peso máximo y la tasa de llenado de grano para experimentos con líneas sintéticas con tres posiciones de grano.

La tasa de llenado de grano y el peso máximo de estos mostraron la misma tendencia lineal en todas las posiciones dentro de la espiga, con una asociación entre estas variables de un 56 %. Además presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las posiciones de grano y el peso final alcanzado por estos, donde la posición G4 generalmente presentó menores tasas de llenado y pesos finales de grano, en comparación con las posiciones más proximales (G1, G2 y G3) (Figura 11).

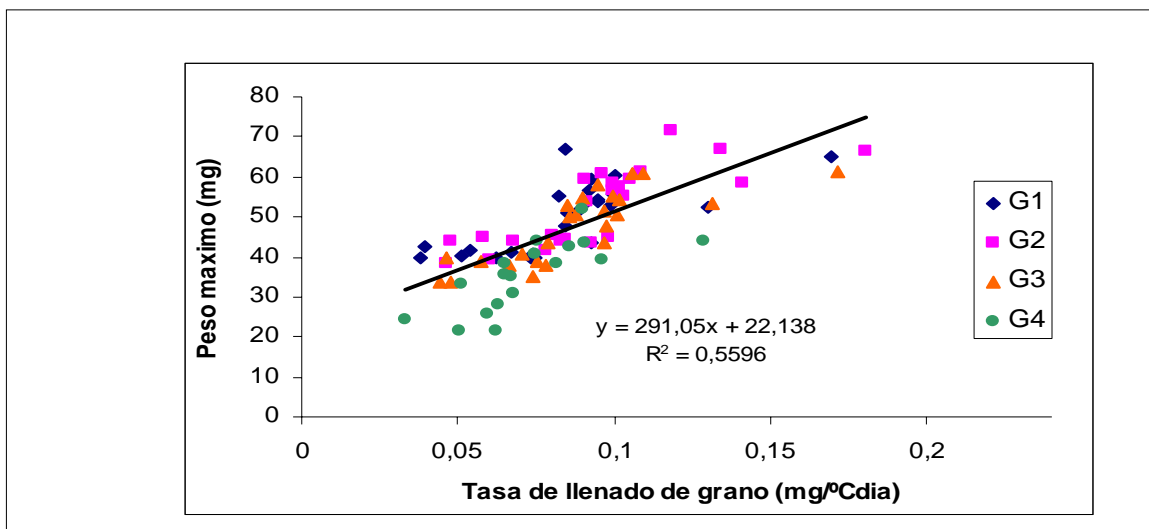


FIGURA 11. Tasa de llenado de grano y peso máximo para las distintas posiciones de grano.

En el caso de la duración del período de llenado de grano, los experimentos con todas las posiciones de grano presentes (Fig.12a) explicaron variaciones del peso máximo de los granos a través del período de llenado de grano solo para un 6% de los datos evaluados. Para los experimentos que solo presentaron tres posiciones de grano, este carácter explicó la variación del peso máximo en función de la duración del llenado para el 22% de los datos (Fig.12b). Estudios anteriores describieron de igual forma una relación lineal para estas dos variables pero con una asociación muy baja ($R^2 = 0,14$) (SCHNYDER y BAUM, 1992).

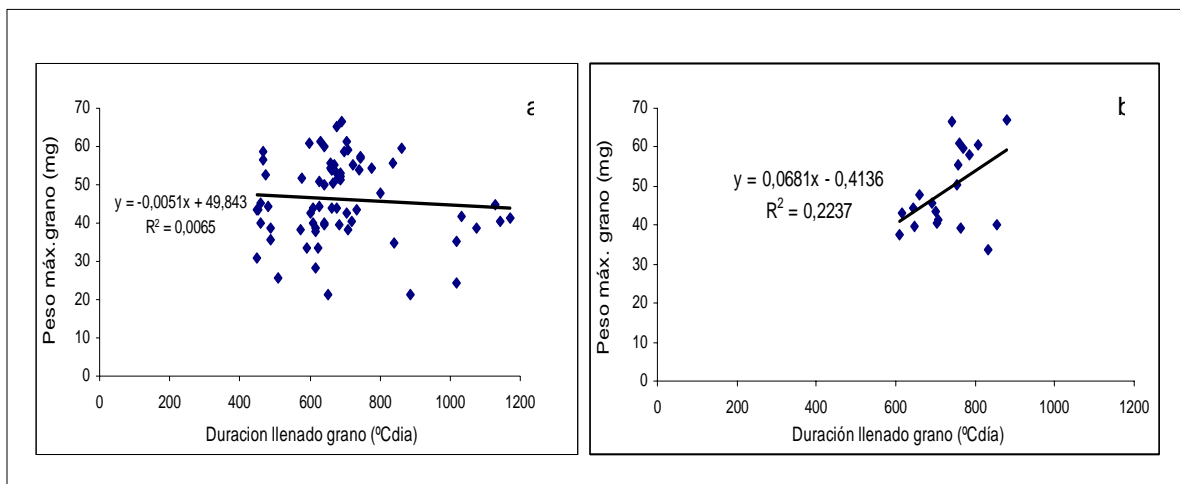


FIGURA 12. Relación entre la duración del periodo de llenado de grano y el peso máximo para todos los experimentos.

a) Relación entre el peso máximo y la duración del periodo de llenado de grano para experimentos con cuatro posiciones de grano y b) Relación entre el peso máximo y la duración del periodo de llenado de grano para experimentos de líneas con tres posiciones de grano.

4.2 Dinámica del contenido hídrico de grano y variables asociadas afectadas por el genotipo, la posiciones del grano en la espiga y el ambiente.

En el Cuadro 11, se muestra la variación relativa del contenido hídrico máximo del grano y las variables que lo afectaron (genotipo y posición de grano) en todos los experimentos analizados.

El contenido hídrico máximo del grano varió entre 18 y 52 mg por grano, lo que correspondió a una variación relativa entre 32 y 83%. La fuente de variación que afectó mayormente el contenido hídrico de los granos fue la posición de grano, la cual varió el contenido hídrico máximo en 10 de los 13 experimentos estudiados (entre 32 y 83%). El genotipo afectó como primera fuente de variación en 2 experimentos de los 13 analizados. Estos experimentos que correspondieron a evaluaciones de líneas sintéticas, variando el contenido hídrico máximo entre 63 y 75%.

CUADRO 11. Contenido hídrico del grano y las fuentes de variación que lo afectan (genotipo y posición de grano).

Exp.	Rango cont*. hídrico máx**. grano (mg)	Variación relativa cont. hídrico máx. de grano (%)	1ª fuente variación	Variación relativa (%)	2ª fuente variación	Variación relativa (%)
2A	21-32	52	Posición	52	Genotipo	19
2B	28-49	75	Genotipo	75	Posición	34
3A	18-33	83	Posición	83	-	-
3B	32-52	63	Genotipo	63	Posición	20
4	19-31	63	Posición	63	-	-
5	23-34	48	Posición	42	Genotipo	18
6	29	0	-	-	-	-
7	30-47	57	Posición	57	-	-
8	34-45	32	Posición	32	-	-
9A	30-46	53	Posición	53	Genotipo	11
9B	28-39	39	Posición	39	-	-
10	30-45	50	Posición	50	Genotipo	35
11	29-50	72	Posición	72	Genotipo	27

* cont.:contenido máx.:máximo

En el cuadro 12, se presenta un resumen del análisis de varianza para las fuentes de variación: genotipo y posición de grano que afectaron el contenido hídrico máximo del grano para todos los experimentos estudiados. La variable genotipo afectó el contenido hídrico máximo del grano en 7 de los 10 experimentos que pudieron ser analizados por esta variable. En cambio, la posición de grano afectó en casi todos los experimentos, con la excepción del experimento 6. Interacción entre estas dos variables se encontró en 5 experimentos solamente.

CUADRO 12. Resumen del análisis de varianza para contenido hídrico máximo del grano con las fuentes de variación: genotipo, posición de grano y la interacción entre estas dos variables.

Experimento	Nivel significancia de fuente de variación sobre el contenido hídrico de grano		Nivel de significancia de la Interacción
	Genotipo	Posición	GxP
2A	<u>NS</u> *	0,0001	0,01
2B	0,0001	0,0001	0,001
3A	<u>NS</u>	0,0001	<u>NS</u>
3B	0,0001	0,05	0,001
4	<u>NS</u>	0,05	<u>NS</u>
5	0,0001	0,0001	<u>NS</u>
6	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
7	0,01	0,0001	<u>NS</u>
8	<u>NS</u>	0,0001	<u>NS</u>
9A	0,001	0,0001	0,01
9B	<u>NS</u>	0,001	<u>NS</u>
10	0,0001	0,0001	<u>NS</u>
11	0,0001	0,0001	0,01

* NS; 0,05; 0,01; 0,001 y 0,0001 presentan datos no significativo ($p > 0,05$) y niveles de significancia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$), respectivamente.

La parte A de los experimentos 2 y 3, no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los cultivares, en cambio la parte B de ambos experimentos, si mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las líneas sintéticas, esto se debió a que las líneas utilizadas (S1, S2 y S3) en estos experimentos presentaron peso de grano muy contrastante y por lo tanto contenidos hídricos diferentes entre sí. Ambos experimentos presentaron diferencias en las posiciones de grano (cuadro 6).

Los experimentos 4, 6 y 9B no fueron analizados por genotipo por presentar un solo cultivar, entre posiciones de grano hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) con excepción del experimento 6.

Los cultivares con y sin translocación del gen Lr 19 de los experimentos 5 y 7, presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido hídrico máximo del grano, esto a pesar de que la variación entre las medias de los genotipos no fue

amplia, lo que se presta para error. Entre posiciones de grano los tres experimentos (5, 7 y 8) presentaron diferencia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$) en el contenido hídrico del grano.

Los experimentos 9A, 10 y 11 presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$) entre cultivares y posiciones de grano y solo el experimento 11 presentó interacción entre estas dos variables.

4.2.1 Efecto del genotipo y la posición de grano sobre la tasa de absorción de agua y la duración de este período en los granos. Se analizaron las variables que explican el contenido hídrico de los granos en relación a la dinámica del agua de estos, durante la fase de llenado. Dichas variables fueron la tasa de absorción de agua, la duración de este período y el contenido hídrico máximo alcanzado por el grano. Por tasa de absorción de agua se entiende a la cantidad de agua que absorbe el grano en el período del llenado de este.

En el Anexo 42, se aprecian los coeficientes de determinación de la regresión de la tasa de absorción de agua y la duración de este período con el contenido hídrico máximo del grano para todos los experimentos. De los trece experimentos, ocho presentaron una asociación significativa ($p < 0,05$) entre la tasa de absorción de agua y el contenido hídrico máximo (el 62% de los datos analizados), con un R^2 ajustado que va entre 0,42 y 0,96. Dos experimentos de los ocho mencionados mostraron además relaciones positivas ($p < 0,05$) entre el contenido hídrico máximo del grano y la duración del período de absorción de agua. Los niveles de correlación (R^2) estuvieron entre 0,39 y 0,96. Los demás experimentos no presentaron asociaciones significativas ($p < 0,05$) que expliquen las variaciones del contenido hídrico máximo del grano.

En el cuadro 13, se presenta el nivel de significancia de las fuentes de variación (genotipo y posición del grano dentro de la espiga) sobre la tasa de absorción de agua del grano y la interacción entre estas fuentes de variación. El genotipo afectó la tasa de absorción de agua del grano solo en 7 de los 10 experimentos que consideraban esta variable (el 70% de los datos), 4

correspondieron a experimentos realizados en el Batán (México) y 3 a experimentos realizados en Valdivia (Chile). De igual forma, la posición de grano afectó la tasa de absorción de agua en 9 experimentos los que corresponde también al 70% de los datos. La interacción entre estas dos fuentes de variación se presentó solo en el experimento 10.

CUADRO 13. Resumen del análisis de varianza para la tasa de absorción de agua del grano afectados por el genotipo y la posición de grano.

Experimento	Nivel significancia de las fuente de variación sobre tasa absorción de agua de grano		Nivel significancia de Interacción
	Genotipo	Posición	GxP
2A	0,001	0,05	<u>NS*</u>
2B	0,01	0,001	<u>NS</u>
3A	0,0001	0,001	<u>NS</u>
3B	0,0001	<u>NS</u>	<u>NS</u>
4	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
5	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
6	<u>NS</u>	0,05	<u>NS</u>
7	<u>NS</u>	0,001	<u>NS</u>
8	0,0001	0,0001	<u>NS</u>
9A	0,0001	0,0001	<u>NS</u>
9B	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
10	0,0001	0,0001	0,01
11	<u>NS</u>	0,0001	<u>NS</u>

* NS; 0,05; 0,01; 0,001 y 0,0001 presentan datos no significativo ($p > 0,05$) y niveles de significancia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$), respectivamente.

El nivel de significancia de las fuentes de variación (genotipo y posición de grano) y la interacción de estas dos variables con la duración del período de absorción de agua en el grano se presentan en el Cuadro 14. Donde se muestra claramente que la duración del período de absorción de agua varió significativamente ($p < 0,05$) entre los genotipos.

CUADRO 14. Resumen del análisis de varianza de la duración del período de absorción de agua del grano afectados por el genotipo y la posición de grano.

Experimento	Nivel significancia de fuente de variación sobre la duración absorción agua de grano		Nivel significancia de Interacción
	Genotipo	Posición	GxP
2A	0,001	<u>NS</u>	<u>NS*</u>
2B	0,001	<u>NS</u>	<u>NS</u>
3A	0,01	NS	<u>NS</u>
3B	0,0001	<u>NS</u>	NS
4	<u>NS</u>	NS	<u>NS</u>
5	0,001	NS	<u>NS</u>
6	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
7	0,001	NS	<u>NS</u>
8	0,0001	0,001	<u>NS</u>
9A	0,0001	NS	0,05
9B	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
10	0,0001	<u>NS</u>	<u>NS</u>
11	0,0001	<u>NS</u>	<u>NS</u>

* NS; 0,05; 0,01; 0,001 y 0,0001 presentan datos no significativo ($p > 0,05$) y niveles de significancia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$), respectivamente.

La duración del período de absorción de agua no presentó diferencias ($p < 0,05$) entre las posiciones de grano, con excepción del experimento 8. Interacción entre el genotipo y la posición solo fue presentada por un experimento (9A).

Consecuentemente, la duración del período de absorción de agua estaría determinada por el cultivar y no por la posición de grano como lo muestra el cuadro 14.

4.2.2 Efecto del ambiente y la posición de grano sobre el contenido hídrico del grano. Para analizar las variables que determinan del contenido hídrico máximo del grano se utilizaron los genotipos que se indican en el Cuadro 15.

CUADRO 15. Nivel de significancia de las fuentes de variación (ambiente y posición de grano) y su interacción sobre el contenido hídrico de este.

Genotipo	Nivel significancia de la fuente de variación sobre el contenido hídrico final de grano		Nivel de significancia de Interacción
	Ambiente	Posición	AxP
Bacanora	0,0001	0,0001	0,001
Rayón	<u>NS*</u>	0,0001	<u>NS</u>
Pandora	0,0001	0,0001	0,01
Lr+19	0,0001	0,0001	0,001
Lr-19	0,0001	0,0001	0,01
S1	0,001	0,0001	<u>NS</u>
S3	<u>NS</u>	0,0001	0,001

* NS; 0,05; 0,01; 0,001 y 0,0001 presentan datos no significativo ($p > 0,05$) y niveles de significancia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$), respectivamente.

El contenido hídrico máximo del grano se vió afectado ($p < 0,05$) por el ambiente (con excepción de Rayón y S3) y por la posición de grano para todos los cultivares analizados en distintos ambientes. Para mayores antecedentes revisar el anexo 5.

El cultivar Bacanora fue expuesto a tres ambientes: dos fechas de siembra en la localidad El Batán (México) para la temporada 1998 y una fecha de siembra en la localidad de Valdivia (Chile) para la temporada 2006. El contenido hídrico del grano en la localidad de Valdivia (Chile) fue mayor en comparación con la localidad de El Batán (México), esto se correlacionó con una temperatura promedio del período de llenado de grano que fue menor en Valdivia.

Rayón no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido hídrico del grano entre ambientes. Este cultivar fue expuesto sólo a dos fechas de siembra dentro del período 1998 en la localidad El Batán (México). Siendo similares las temperaturas medias del período de llenado de grano entre estas dos fechas de siembra, lo que explicaría la falta de diferencias.

Los cultivares Pandora y S1 presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambientes presentando mayor contenido hídrico en los ambientes de menor temperatura. Los cultivares Lr +- se comportan de la misma manera.

En la figura 13 se muestra la dinámica del contenido hídrico del grano de un mismo genotipo en distintos ambientes. En el caso del cultivar Bacanora evaluado en tres ambientes distintos, se vió claramente que el mayor contenido hídrico fue alcanzado en el experimento 11, donde las temperaturas medias fueron cercanas al óptimo con una tasa de absorción de agua del grano mayor y una duración menor que los otros dos experimentos, que fueron realizados en un ambiente con temperaturas más altas (sobre 25°C) (Fig. 13a). El cultivar Lr+ se comportó de la misma forma que el cultivar Bacanora, relacionando temperaturas promedios óptimas (cercanas a 15°C) con altas tasas de absorción de agua (Fig. 13b). En estudios anteriores, CALDERINI *et al.*, (2000) obtuvieron resultados que apoyan las deducciones del presente estudio donde la dinámica del agua del grano fue claramente modificada por la fecha de siembra.

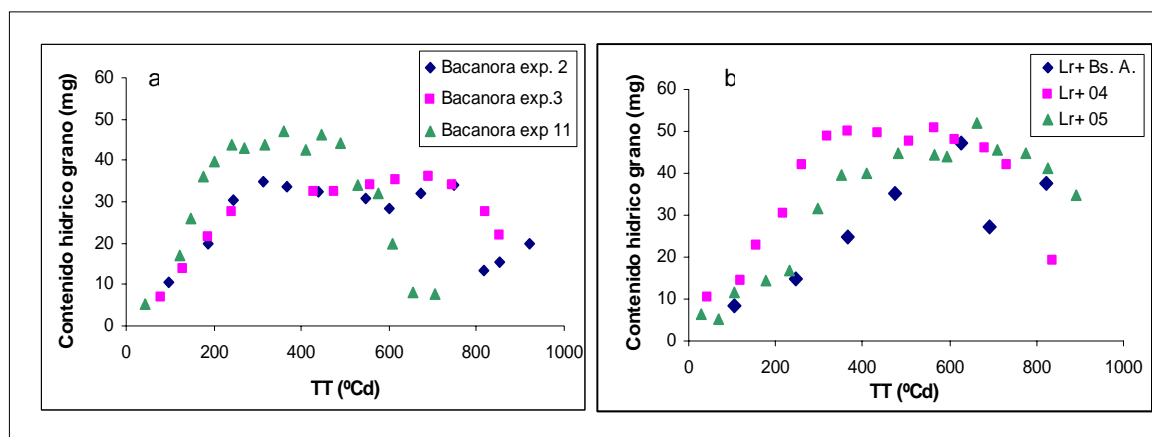


FIGURA 13. Dinámica del contenido hídrico del grano en el tiempo de un genotipo en distintos ambientes.

a) Dinámica del contenido hídrico del agua en el tiempo para cultivar Bacanora. b) Dinámica del contenido hídrico del agua en el tiempo para cultivar Lr+.

4.3 Relación entre el peso final y el contenido hídrico del grano.

Para ver la relación entre el contenido hídrico y el peso final del grano, se realizó una correlación entre estas dos variables. En la figura 14, se muestra la asociación para el contenido hídrico y el peso final del grano, que resulta ser muy cercana y presenta un $R^2 = 0,897$; el coeficiente de la regresión (R^2 ajustado= 0,8959) nos señala que cambios en el peso máximo de los granos se explican en un 90% por variaciones en el contenido hídrico máximo. Estudios anteriores en trigo (RIJVEN y COHEN, 1961; SCHNYDER y BAUM, 1992;) y también en maíz (SALA *et al*; 2006, BORRAS *et al*; 2003) muestran similares resultados a los presentados en este estudio.

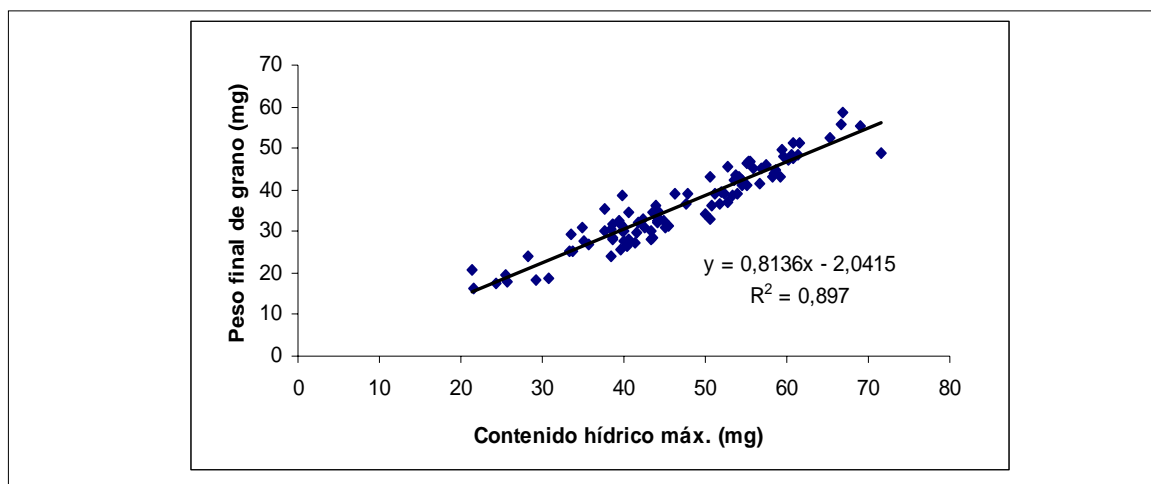


FIGURA 14. Relación entre el peso final de grano (mg) y el contenido hídrico máximo (mg).

Esta asociación se mantuvo al contrastarla en distintas posiciones dentro de la espiga (Figura 15a) y en distintos ambientes, como para el caso del cultivar Bacanora expuesto a ambientes diferentes como se observa en la Figura 15b.

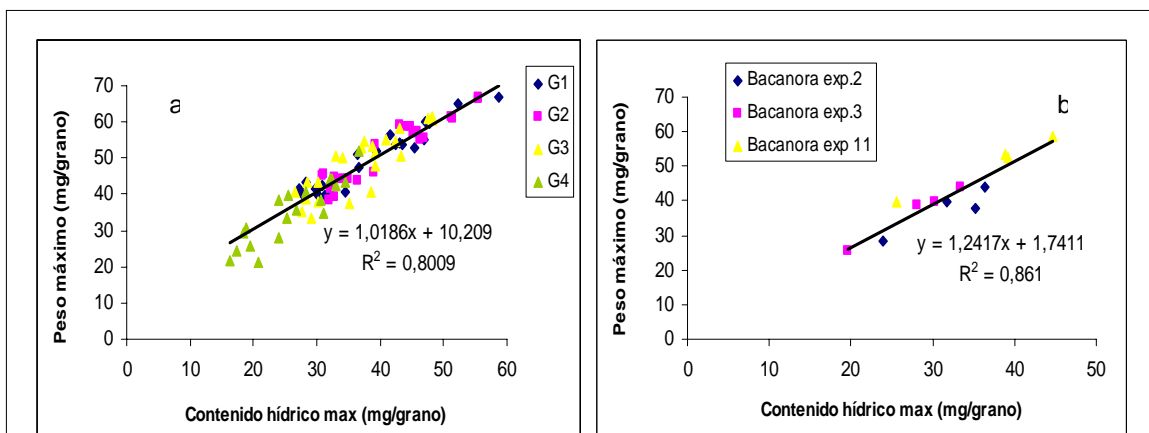


FIGURA 15. Contenido hídrico máximo y peso máximo de los granos para distintas posiciones de grano y ambientes.

a) contenido hídrico máximo y peso máximo de grano para las distintas posiciones de grano dentro de la espiga para todos los experimentos. b) contenido hídrico máximo y peso máximo de grano para cultivar Bacanora en distintos ambientes.

En el cuadro 16, se muestra como el peso seco máximo relativo (%) al momento de máximo contenido hídrico varió significativamente ($p < 0,05$) entre genotipos y posiciones de grano. El 70% de los datos analizados presentó diferencias significativas entre genotipos y el 85% de estos varió significativamente entre posiciones de grano. No se observó Interacción entre estas dos variables.

CUADRO 16. Nivel de significancia de las fuentes de variación (genotipo y posición de grano) y su interacción sobre el contenido hídrico máximo del grano en porcentaje del peso final del mismo.

Experimento	Nivel significancia de fuente de variación sobre el CHM en % de peso final.		Nivel significancia de Interacción
	Genotipo	Posición	GxP
2A	0,01	0,001	<u>NS</u>
2B	0,01	0,05	<u>NS</u>
3A	0,001	0,001	<u>NS</u>
3B	<u>NS*</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>
4	<u>NS</u>	0,001	<u>NS</u>
5	<u>NS</u>	0,001	<u>NS</u>
6	<u>NS</u>	0,001	<u>NS</u>
7	0,01	0,01	<u>NS</u>
8	0,01	0,001	<u>NS</u>
9A	0,001	0,001	<u>NS</u>
9B	<u>NS</u>	0,001	<u>NS</u>
10	0,01	0,01	<u>NS</u>
11	<u>NS</u>	<u>NS</u>	<u>NS</u>

NS; 0,05; 0,01; 0,001 y 0,0001 presentan datos no significativo ($p > 0,05$) y niveles de significancia ($p \leq 0,05$); ($p \leq 0,01$); ($p \leq 0,001$) y ($p \leq 0,0001$), respectivamente.

Entre los casos estudiados se observó una amplia variación en el porcentaje del peso final de grano al momento en que este alcanzó el máximo contenido hídrico, siendo este parámetro un indicador poco confiable. El contenido hídrico máximo del grano para la posición G2 se alcanzó con un peso entre 1 y 13%. Entre las posiciones de grano, el peso seco relativo al momento del máximo contenido hídrico varió entre las posiciones proximales y distales, para las posiciones G1 y G2 el peso seco relativo alcanzó valores máximos de 14% y 13% respectivamente al momento del máximo contenido hídrico, para las posiciones G3 y G4 alcanzó valores máximos de 10% y 8%, respectivamente al momento del máximo contenido hídrico (Anexo 6).

4.4 Relación del contenido hídrico del grano con la dinámica de agua del mismo.

En líneas generales, las variaciones del contenido hídrico del grano se explicaron por los cambios en la tasa de absorción de agua en un 25% de los datos para los experimentos con cuatro posiciones de grano (Fig. 16a). Para el caso de los genotipos con tres posiciones de grano, esta variación se explicó en alrededor de un 50% de los datos (Fig. 16b). Este mejor ajuste se debió a que los genotipos que presentaron tres posiciones de grano (G1, G2 y G3) fueron más estables que aquellos que presentan la posición G4.

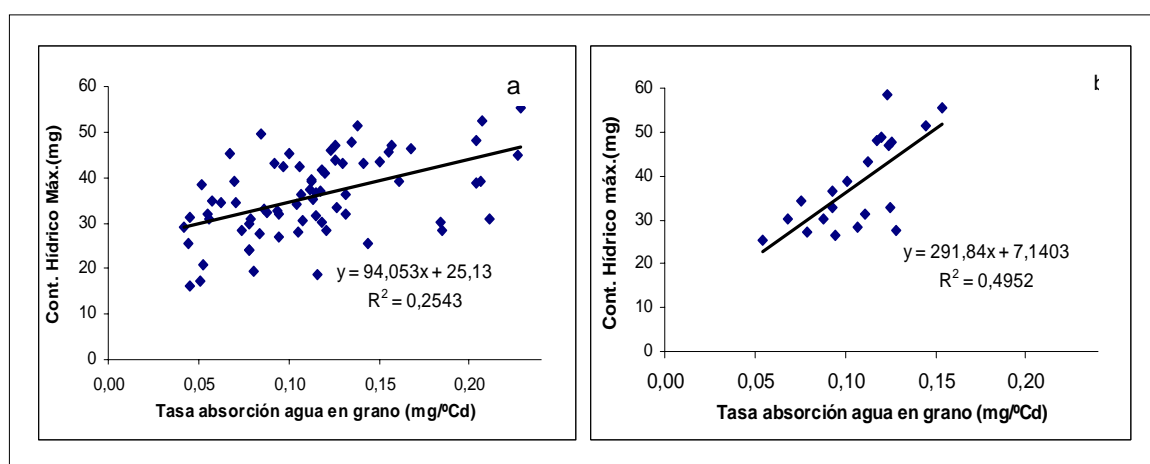


FIGURA 16. Relación de la tasa de absorción de agua en los granos y el contenido hídrico máximo para todos los experimentos.

a) Tasa de absorción de agua y contenido hídrico máximo de los granos para cultivares con 4 posiciones de grano, b) Tasa de absorción de agua y contenido hídrico máximo de los granos para cultivares con tres posiciones de grano.

La duración del período de absorción de agua del grano explicó la variación del contenido hídrico máximo en solo un 3% para los genotipos que a lo menos presentan cuatro posiciones de grano (Fig. 17a) y en un 31% para los genotipos que poseen a lo menos tres posiciones (Fig. 17b).

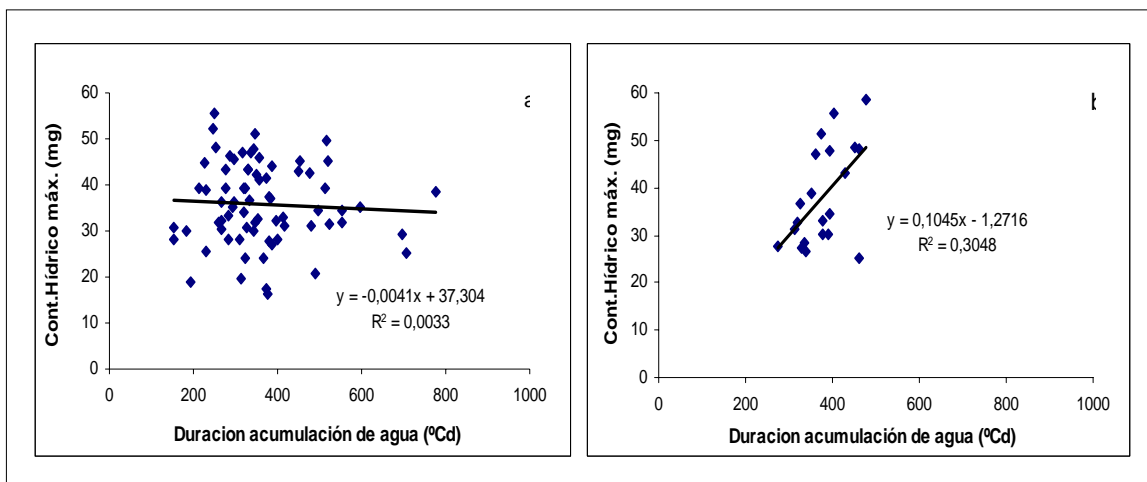


FIGURA 17. Relación entre la duración del periodo de acumulación de agua (°Cd) y el contenido hídrico máximo del grano para todos los experimentos.

- a) Duración del periodo de absorción de agua y contenido hídrico máximo del grano para cultivares con cuatro posiciones de granos, b) Duración del periodo de absorción de agua y contenido hídrico máximo del grano para cultivares con tres posiciones de grano.

Por lo tanto, la variación del contenido hídrico del grano sería mejor explicada por cambios en la tasa de absorción de agua del grano que por la duración del período de absorción de agua del grano en un 25% sobre un 3% (Fig. 16a y b).

El máximo contenido hídrico alcanzado por el grano fue mejor explicado por la tasa de absorción de agua para los cultivares presentes en este estudio, como se muestra en la figura 18, donde para los cultivares con a lo menos cuatro granos por espiguilla esta variación se explicó en un 24% (R^2 ajustado 0,24) a través la tasa de absorción de agua del grano y para los cultivares que presentaron a lo menos tres granos por espiguilla esta variación fue explicada en un 50% ($R^2 = 0,47$).

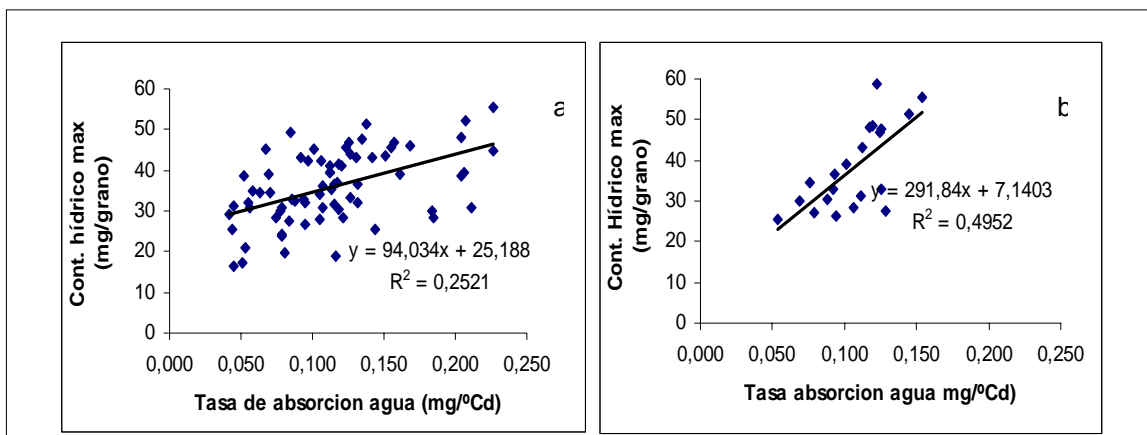


FIGURA 18. Contenido hídrico máximo asociado a la tasa de absorción de agua del grano.

- a) Contenido hídrico máximo asociado a la tasa de absorción de agua en el grano para los cultivares con a lo menos cuatro granos por espiguilla. b) Contenido hídrico máximo asociado a la tasa de absorción de agua en el grano para los cultivares con a lo menos tres granos por espiguilla.

La asociación entre el contenido hídrico máximo y la duración del período de absorción de agua fue significativo solo para los cultivares que presentaron tres posiciones de grano, donde el máximo contenido hídrico fue explicado en un 27% por la duración del periodo de absorción de agua ($R^2 = 0,27$).

Por lo tanto, la tasa de absorción de agua es la variable que mejor explicó el máximo contenido hídrico que alcanzaron los granos de todos los cultivares y no la duración de este período como fue hipotetizado en la presente tesis. Por esto la hipótesis de que el máximo contenido hídrico del grano se logra con una mayor duración del periodo de absorción de agua es rechazada.

Para analizar que variable de la dinámica del contenido hídrico es determinante en el peso final de grano, se realizaron correlaciones entre la tasa de absorción de agua, la tasa de llenado de grano y la duración de este período. De estos dos componentes, la tasa de llenado de grano fue la que presentó una relación lineal positiva con la tasa de absorción de agua de este, mostrando un coeficiente de

correlación cercano al 60%, lo que explicó esta relación en un porcentaje similar (Figura 19).

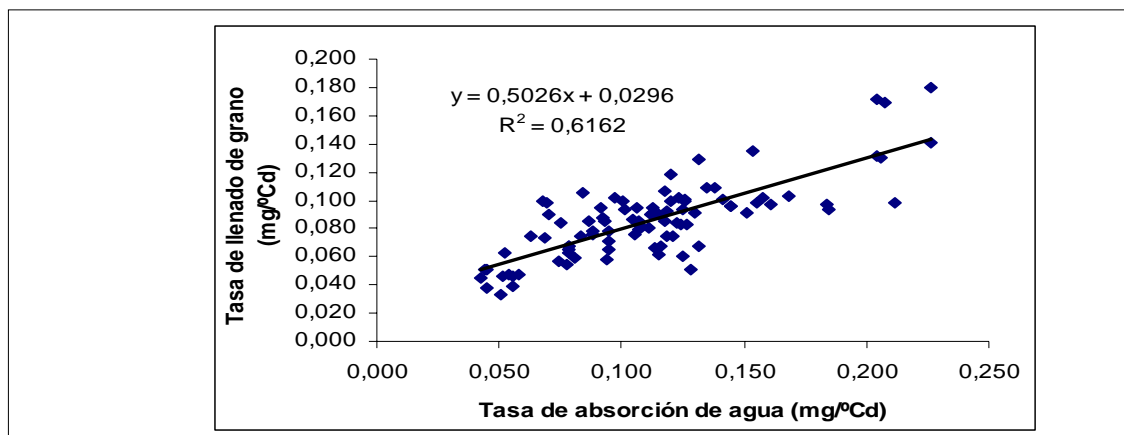


FIGURA 19. Relación entre la tasa de absorción de agua y la tasa de llenado grano.

Debido a que no se han realizados estudios en trigo relacionando estas variables es que este estudio es pionero en obtener esta información. Publicaciones anteriores en maíz (JONES *et al.*, 1996; BORRÁS *et al.*, 2003) sugieren que la tasa de acumulación de materia seca depende del numero de gránulos de almidón (área) disponibles para la depositación de asimilados y al mismo tiempo el máximo números de gránulos está determinado por el máximo contenido hídrico alcanzado por el grano (BORRÁS *et al.*, 2003). El máximo contenido hídrico, tanto en maíz (BORRÁS *et al.*, 2003) como en trigo serviría como una medida funcional de la fuerza del destino, en términos de la capacidad potencial del grano para incorporar asimilados dentro del almidón.

5 CONCLUSIONES

- En la dinámica del peso de grano, como se había presentado en estudios anteriores, la tasa de llenado de grano fue la que explicó los cambios en el peso final alcanzado por los mismos. La tasa de llenado, la duración de este período y el peso máximo de los granos fueron afectados por los distintos genotipos utilizados, por las posiciones de grano dentro de la espiga y por los ambientes a que fueron sometidos.
- Las diferencias en el peso de los granos de trigo debidas al genotipo, la posición de los granos dentro de la espiga y las condiciones ambientales durante el llenado estuvieron asociadas con el contenido hídrico que alcanzaron los granos en etapas tempranas de su crecimiento.
- El contenido hídrico máximo de los granos de trigo es resultado de una mayor tasa de absorción de agua por parte de estos órganos y no de la duración del período de absorción de agua. Los genotipos utilizados, las posiciones de grano y los ambientes donde fueron realizados estos experimentos modificaron el peso de grano debido a una tasa de absorción de agua por parte de los granos diferencial.
- La variable que mejor explicó el contenido hídrico del grano fue la tasa de absorción de agua que presentó una asociación lineal con la tasa de llenado del grano. Esto explicaría que la cantidad de agua que ingresa al grano en etapas tempranas del período de llenado, establece el volumen de este órgano que podría llenarse con asimilados en una etapa más avanzado del período de llenado de grano.

6. RESUMEN

Diversos trabajos han encontrado que las dinámicas de materia seca y agua de los granos están estrechamente relacionadas, mostrando relaciones positivas entre éstas, para trigo y otros cultivos. A pesar de la importancia del contenido hídrico máximo que alcanzan los granos en crecimiento, existe poca información sobre los factores que lo condicionan y su dinámica, ni se ha podido dilucidar cuál de los determinantes fisiológicos del contenido hídrico de los granos es responsable de que alcancen mayor o menor contenido hídrico ni como son afectados por los factores genotípicos y del ambiente.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las variables que influyen en la dinámica del contenido hídrico del grano y su efecto sobre el peso final en trigo.

Se utilizó una base de datos de distintos experimentos realizados en campo (solamente los testigos), en cuyo diseño experimental las fuentes de variación para las dinámicas de agua y materia seca de los granos fueron: la localidad, los cultivares de trigo y las posiciones de grano dentro de la espiga. Durante el ciclo del cultivo se siguió el peso húmedo y seco de los granos desde antesis hasta cosecha. Además los datos se ajustaron mediante un software TBL curve 2.0 para las dinámicas de peso y agua del grano.

Las diferencias en el peso de los granos de trigo estuvieron asociadas al contenido hídrico que alcanzaron los granos en etapas tempranas del crecimiento. Además el contenido hídrico máximo de los granos de trigo es el resultado de una mayor tasa de absorción de agua por parte de estos órganos. Los genotipos utilizados, la posición de grano y los ambientes donde fueron realizados estos experimentos, modificaron el peso de grano debido a una tasa de absorción de agua por parte de los granos diferencial.

SUMMARY

Several studies have found that dynamics of dry matter and water content of grains are closely related showing positive relations on wheat and other crops. Despite the importance of maximum water content reached by growing grains, there is little information about its dynamics and the factors involved in it. Also, it hasn't been explained which of the physiological determinants of maximum water content in grains is responsible for reaching a certain amount of water content in grain nor how genotypic and environmental factors affects this determinants.

The main objective of this study was to evaluate the variables that influence the dynamics of water content in grains and its effect in the final weight of wheat.

It was used a database of different field experiments (only control treatment data) in whose experimental design the sources of variation for the weight of the grains and the dynamics of water content and dry matter in the grain were: site, wheat cultivars and the position of grain inside the spike. During crop cycle, from anthesis to harvest, humid and dry weight of grains were recorded. In addition, weight and water content data of grains were adjusted using software TBL curve 2.0.

Differences in the wheat grain weight were associated to water content that grains reached at this early stage of growing. Furthermore, the maximum water content of the wheat grain is the result of a greater water absorption rate of these organs. The different genotypes used, position of grain, and environments modified the grain weight, this being caused by a differential water absorption rate.

7 BIBLIOGRAFIA

- BEWLEY, J. y BLACK, M. 1985. Seed: Physiology of development and germination. Plenum Press. New York.
- BORRAS, L., WESTGATE, M. y OTEGUI, M. 2003. Control of kernel weight and kernel water relations by post-flowering source-sink ratio in maize. *Annals of Botany*. 91: 857-867.
- BORRAS, L., SLAFER, G., OTEGUI, M., 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Res.* 86: 131-146.
- BROCKLEHURST, P. 1977. Factors controlling grain weight in wheat. *Nature*. 266: 348-249.
- BROOKS, A., JENNER, C. y ASPINALL, D. 1982. Effects of water deficit on endosperm starch granules and on grain physiology of wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*. 9: 423-436.
- CALDERINI, D., ABELEDO, L., SAVIN, R., y SLAFER G. 1999. Final grain weight in wheat as affected by short periods of high temperature during pre- and post-anthesis under field conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*. 26: 453-458.
- CALDERINI, D., ABELEDO, L., SAVIN, L., SLAFER, G. 1999a. Effect of temperature and carpel size during pre-anthesis on potential grain weight in wheat. *Journal Agriculture Science (Camb.)*. 132: 453-460.

- CALDERINI, D. y MATTEHEW, R. 2000. Changes in grain weight as a consequence of de-graining treatments at pre-and post-anthesis in synthetic hexaploid lines of wheat (*Triticum durum* x *T. tauschii*). *Australian Journal Physiology*. 27: 183-191.
- CALDERINI, D., ABELEDO, L., SLAFER, G. 2000. Physiological maturity in wheat based on kernel water and dry matter. *Agronomy Journal*. 92: 895-901.
- CALDERINI, D. y ORTIZ-MONASTERIO, I. 2000. Grain position affects grain macronutrient and micronutrient concentrations in wheat. *Crop science*.43: 141-151.
- CALDERINI, D., SAVIN, R., ABELEDO, L., REYNOLDS, M. y SLAFER, G. 2001. The importance of the period immediately preceding anthesis for grain weight determination in wheat. *Euphytica*. 119: 199-204.
- CARCOVA, J., ABELEDO, G. y LOPEZ-PEREIRA, M. 2003. Análisis de la generación del rendimiento: Crecimiento, partición y componentes. In: Satorre, E., Vence Arnold, R., Slafer, G., De La Fuente, E., Miralles, D., Otegui, M. y Savin, R. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. pp 75-95.
- CALDERINI, D., REYNOLDS, M., SLAFER, G. 2006. Source-sink effects on grain weight of bread wheat, durum wheat, and triticale at different locations. *Australian Journal of Agricultural Research*. 57: 1-7.
- CHOWDURY, S. y WARDLAW, I. (1978). The effect of temperature on kernel development in cereals. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29: 205-223.
- CIRILO, A. y ANDRADE, F. 1996. Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Science*. 36: 325-331.

- DUGGAN, B. y FOWLER, D. 2006. Yield Structure and Kernel Potential of Winter Wheat on the Canadian Prairies. *Crop Science*. 46: 1479–1487.
- EGLI, D., FRASER, J., LEGGETT, J. y PONELEIT, C. 1981. Control of seed growth in soybeans (*Glycine max L.*). *Annals of Botany*. 48: 171-176.
- EGLI, D. 1998. Seed grown and development. Seed biology and the yield of grain crops. *In* D. Egli (ed.). CAB International, New York. P.15-37
- EGLI, B. 2006. The role of seed in the determination of yield of grain crops. *Australian Journal of Agricultural Research*. 57: 1237-1247.
- GAMBIN, B., BORRAS, L. y OTEGUI, M. 2006. Source–sink relations and kernel weight differences in maize temperate hybrids. *Field Crops Research*. 95: 316–326
- HAY, R. y KIRBY, E. 1991. Convergent and synchrony- a review of the coordination of development in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*. 42:661-700.
- HUNT, L., VAN DER POORTEN, G., PARARAJASINGHAM, S. 1990. Postanthesis temperature effects on duration and rate of grain filling in some winter and spring wheats. *Canadian Journal Plant Science*. 71: 609-617.
- INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES, CORPORACION DE FOMENTO y UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 1978. Estudio de suelos de la provincia de Valdivia. Santiago, Chile. 178 p.
- JANDEL SCIENTIFIC, 1991. Table Curve V 3.0. User`s Manual version 3.0 AISN Software. Jandel Scientific, Corte Madera, Ca.
- LABRA, M. 2007 “Efectos de la Translocación Cromosómica de la Cromatina LR19 de *Agropyron elongatum* (Host) y de la Relación Fuente-Destino en Pre-Antesis sobre la Producción de Biomasa y Peso de Grano en Trigo (*Triticum aestivum*

L.)". Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 88 p.

MIRALLES, D; DOMINGUEZ, C; SLAFER, G. 1996. Grain growth and postanthesis leaf area duration in dwarf, semidwarf and tall isogenic lines of wheat. *Journal Agronomy Crop Science*. 177: 115-122.

PANOZZO, J; EAGLES, H. 1999. Rate and duration of grain filling and grain nitrogen accumulation of wheat cultivars grown in different environments. *Australian Journal Agriculture*. 50: 1007-1015.

PEPLER. S., GOODING, M., ELLIS, R. 2005. Modelling simultaneously water content and dry matter dynamics of wheat grains. *Field Crops Research*. 95: 49-63.

SALA, R., WESTGATE, M., ANDRADE, F. 2007. Source/sink ratio and the relationship between maximum water content, maximum volume, and final dry weight of maize kernels. *Field Crops Research*. 101: 19- 25.

SALA, R., ANDRADE, F., WESTGATE, M., 2007. Maize kernel moisture at physiological maturity as affected by the source-sink relationship during grain filling. *Crop Science*. 47: 711-716.

SATORRE, E; BENECH, R; SLAFER, G; de la FUENTE, E; MIRALLES, D; OTEGUI, M y SAVIN, R. 2003. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. Primera edición. 783 pags.

SCHNYDER, H., BAUM, U.1992. Growth of the grain of wheat (*Triticum aestivum* L.). The relationship between water content and dry matter accumulation. *European Journal Agronomy*. 1(2): 51-57.

SLAFER, G. y SAVIN, R. 1994a. Grain mass change in a semi-dwarf and a standard-height wheat cultivar under different sink-source relationship. *Field Crops Research* 37:39-49.

- SLAFER, G; MIRALLES, D; SAVIN, R; WHITECHURCH, E; GONZALEZ, F. 2003. Ciclo ontogénico, Dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del trigo. In: Satorre, E., Vence Arnold, R., Slafer, G., De La Fuente, E., Miralles, D., Otegui, M. y Savin, R. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. pp 100-129.
- SOFIELD, I., EVANS, L., COOK, M. y WARDLAW, I., 1977. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*. 4: 785-797.
- UGARTE, C., CALDERINI, D. y SLAFER, G. 2007. Grain weight and number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crop Science*. 100: 240-248.
- WIEGAND, C., CUELLAR, J. 1981. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Science*. 21: 95-101.
- YANG, J. y ZHANG, J. 2005. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist*. 169:223-236.

ANEXOS

ANEXO 1. Resultados del ajuste bilineal del peso de grano.

Exp .	Genotipos	Peso Máximo de grano (mg/grano)				Tasa de llenado del grano (mg/°Cd)				Duración del llenado de grano (°Cd)				R2			
		G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
2	Bacanora	39,5	43,9	37,7	28,2	0,062	0,068	0,067	0,063	680	708	658	610	0,96	0,98	0,96	0,89
2	S1	55,3	60,8	50,6	-	0,082	0,096	0,088	-	759	759	753	-	0,98	0,98	0,97	0,97
2	S2	41,4	45,5	40,5	25,7	0,067	0,081	0,071	0,051	708	690	702	655	0,90	0,91	0,80	-
2	S3	59,6	66,7	58,2	-	0,093	0,134	0,094	-	768	743	786	-	0,94	0,95	0,89	-
2	Rayón	41,5	44,9	38,7	24,4	0,054	0,058	0,057	0,033	836	861	802	839	0,96	0,96	0,92	0,85
3	Bacanora	39,9	44,2	38,6	25,6	0,075	0,083	0,076	0,060	626	661	642	573	0,96	0,97	0,94	0,95
3	Rayón	40,5	41,7	35,0	21,5	0,074	0,078	0,074	0,050	641	629	598	578	0,97	0,96	0,95	0,96
3	S1	39,9	44,3	37,7	29,3	0,073	0,084	0,078	0,061	647	643	608	686	0,95	0,97	0,95	0,99
3	S3	66,8	71,6	60,6	-	0,084	0,119	0,106	-	879	822	808	-	0,91	0,94	0,88	-
4	QH 71-6	43,3	45,0	43,3	30,8	0,093	0,098	0,097	0,068	468	468	473	486	0,97	0,97	0,97	0,92
5	Lr+ BS	42,0	43,1	39,8	33,3	0,065	0,075	0,074	0,072	723	704	679	645	0,95	0,93	0,92	0,93
5	Lr- BS	38,7	37,9	33,6	21,4	0,066	0,074	0,071	0,100	669	642	643	563	0,92	0,86	0,94	0,95
6	QH 71-6 Bs. A.	40,1	39,3	33,6	-	0,051	0,060	0,048	-	854	763	832	-	0,97	0,97	0,93	-
7	Lr+04	52,8	55,6	50,6	38,4	0,099	0,102	0,101	0,081	602	627	608	592	0,99	0,99	0,97	0,96
7	Lr-04	53,8	55,1	51,3	40,6	0,091	0,103	0,097	0,074	642	615	625	653	0,99	0,99	0,98	0,96
8	Lr+05	54,1	56,8	54,5	43,6	0,095	0,099	0,102	0,090	686	699	689	682	0,98	0,98	0,98	0,95
8	Lr- 05	53,6	57,4	55,1	42,4	0,095	0,101	0,100	0,086	677	690	706	676	0,98	0,99	0,98	0,94
9	Huañil	56,6	58,5	52,7	35,6	0,092	0,099	0,085	0,065	740	744	776	733	0,99	0,98	0,97	0,95
9	Pandora	51,9	59,2	54,5	44,1	0,089	0,091	0,090	0,076	674	743	721	706	0,98	0,98	0,96	0,96
9	S6	47,6	46,2	43,5	-	0,085	0,093	0,079	-	660	616	700	-	0,97	0,96	0,95	1,00
9	S30	55,9	59,5	47,9	34,9	0,100	0,105	0,098	0,067	640	663	616	615	0,98	0,98	0,98	0,98
10	Pandora	60,2	61,5	60,8	51,8	0,100	0,109	0,109	0,090	682	657	665	708	0,99	0,98	0,99	0,97
10	Huayún	50,9	53,8	50,1	38,4	0,085	0,091	0,086	0,065	663	669	686	720	0,99	0,99	0,99	0,99
11	Bacanora	52,3	58,6	53,3	39,5	0,130	0,141	0,131	0,096	660	670	658	633	0,98	0,99	0,97	0,95
11	Kambara	65,2	69,1	61,4	44,1	0,170	0,180	0,171	0,129	660	670	658	633	0,98	0,97	0,97	0,98

ANEXO 2. Coeficientes de regresión para la asociación de la tasa de llenado de grano y la duración de este período con el peso máximo de los granos.

Experimentos	Tasa de llenado y peso máx. granos		Duración llenado y Peso máx. granos	
	R2	R2 ajustado (p< 0,05)	R2	R2 ajustado (p< 0,05)
2	0,3606	0,2534	0,0354	-0,1253
2 sintético	0,7666	0,7332*	0,5694	0,5078*
3	0,9521	0,944*	0,8528	0,8282*
3 sintético	0,6227	0,5283	0,9173	0,8966*
4	0,9867	0,9799	0,9507	0,926*
5	0,6555	0,598	0,8704	0,8488
6	0,4095	-0,1809*	0,0327	-0,93*
7	0,7968	0,7628*	0,0058	-0,159
8	0,8207	0,7908*	0,3949	0,294
9	0,787	0,7656*	0,091	0,00012
9 sintético	0,0197	-0,9613*	0,0034	-0,9932
10	0,9707	0,9658*	0,5682	0,4962*
11	0,885	0,8658*	0,272	0,1506

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 3. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,00114	0,00118	80,64	0,0000
B: Posición	3	0,00082	0,00027	18,65	0,0019
C: Bloque	2	0,00050	0,00025	17,21	0,0033
INTERACCIONES					
AB	3	0,00047	0,00016	10,56	0,0083
RESIDUAL	6	0,00001	0,00001		
TOTAL (Corregido)	23	0,00333			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 4. Análisis de varianza de la duración de llenado de grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	174466	174466	63,72	0,000
B: Posición	3	13840,9	4613,62	1,69	0,268
C: Bloque	2	21490,8	10745,40	3,92	0,0813
INTERACCIONES					
AB	3	7001,66	2333,89	0,85	0,5142
RESIDUAL	6	16427,40	2737,90		
TOTAL (Corregido)	23	258649			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 5. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,0096	0,0096	0,000	0,958
B: Posición	3	1097,28	365,759	116,35	0,000
C: Bloque	2	6,47	3,24	1,03	0,41
INTERACCIONES					
AB	3	30,23	10,08	3,21	0,1045
RESIDUAL	6	18,86	3,14		
TOTAL (Corregido)	23	1165,61			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 6. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 2 (I. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	0,0053	0,0027	11,48	0,005
B: Posición	2	0,0027	0,0014	5,88	0,027
C: Bloque	2	0,0020	0,0010	4,21	0,056
INTERACCIONES					
AB	4	0,0012	0,0003	1,24	0,367
RESIDUAL	8	0,0019	0,0002		
TOTAL (Corregido)	26	0,0169			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 7. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 2 (I. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	22784,9	11392,5	8,5	0,011
B: Posición	2	1478,3	739,1	0,55	0,597
C: Bloque	2	19677,0	9838,5	7,34	0,016
INTERACCIONES					
AB	4	1953,1	488,3	0,36	0,828
RESIDUAL	8	10725,1	1340,6		
TOTAL (Corregido)	26	109794			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 8. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 2 (I. sintética), afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	1708,8	854,40	596,91	0,000
B: Posición	2	299,23	149,62	104,53	0,000
C: Bloque	2	50,62	25,31	17,68	0,001
INTERACCIONES					
AB	4	26,93	6,731	4,7	0,030
RESIDUAL	6	11,45	1,43		
TOTAL (Corregido)	26	2142,74			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 9. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,0001	0,0001	2,40	0,172
B: Posición	3	0,0022	0,0007	20,03	0,002
C: Bloque	2	0,0003	0,0002	4,54	0,063
INTERACCIONES					
AB	3	0,0001	0,0000	0,61	0,631
RESIDUAL	6	0,0002	0,0003		
TOTAL (Corregido)	23	0,0033			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 10. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	1171,0	1170,97	0,96	0,3644
B: Posición	3	16406,9	5468,95	4,50	0,0559
C: Bloque	2	6281,6	3140,81	2,58	0,1552
INTERACCIONES					
AB	3	3643,9	1214,63	1,00	0,4552
RESIDUAL	6	7298,12	1216,35		
TOTAL (Corregido)	23	39623,6			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 11. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	34,27	34,27	47,16	0,001
B: Posición	3	13333,31	444,44	611,53	0,000
C: Bloque	2	9,48	4,74	6,52	0,031
INTERACCIONES					
AB	3	20,09	6,70	9,21	0,012
RESIDUAL	6	4,36	0,73		
TOTAL (Corregido)	23	1430,87			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 12. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 3 (I. sintéticas) afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,0022	0,022	27,72	0,006
B: Posición	2	0,0017	0,0008	10,38	0,026
C: Bloque	2	0,0033	0,0017	20,90	0,008
INTERACCIONES					
AB	2	0,0004	0,0002	2,29	0,217
RESIDUAL	2	0,0003	0,0001		
TOTAL (Corregido)	15	0,01			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 13. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 3 (I. sintéticas) afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	193587	193587	129,08	0,000
B: Posición	2	7607,91	3803,95	2,54	0,194
C: Bloque	2	63644,50	31822,30	21,22	0,007
INTERACCIONES					
AB	2	1864,99	932,49	0,62	0,582
RESIDUAL	2	5999,04	1499,76		
TOTAL (Corregido)	15	31363			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 14. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 3 (I. sintéticas), afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	2913,39	2913,39	666,13	0,000
B: Posición	2	222,579	111,289	25,45	0,005
C: Bloque	2	61,85	30,93	7,07	0,0486
INTERACCIONES					
AB	2	12,40	6,20	1,42	0,3424
RESIDUAL	2	17,49	4,37		
TOTAL (Corregido)	15	3323,74			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 15. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 4, afectado la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	3	0,0018	0,0006	5,41	0,025
Dentro grupos	8	0,0009	0,0001		
TOTAL (Corregido)	11	0,0028			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 16. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	3	664,11	221,37	0,11	0,953
Dentro grupos	8	16260,40	2032,55		
TOTAL (Corregido)	11	16924,5			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 17. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 4, afectado por la posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	3	391,19	130,40	20,37	0,000
Dentro grupos	8	51,21	6,40		
TOTAL (Corregido)	11	442,39			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 18. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 5, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,000	0,000	0,24	0,643
B: Posición	3	0,000	0,000	0,47	0,715
C: Bloque	2	0,001	0,001	1,12	0,397
INTERACCIONES					
AB	3	0,001	0,000	0,30	0,822
RESIDUAL	5	0,003	0,001		
TOTAL (Corregido)	22	0,009			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 19. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 5, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	20769	20769	4,16	0,0960
B: Posición	3	24671	8224	1,65	0,2913
C: Bloque	2	8080	4040	0,81	0,4959
INTERACCIONES					
AB	3	2584	861		
RESIDUAL	5	24945	4989		
TOTAL (Corregido)	22	112375			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 20. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 5, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	250,74	250,74	57,9	0,001
B: Posición	3	525,91	175,30	40,5	0,001
C: Bloque	2	1,44	0,72	0,17	0,851
INTERACCIONES					
AB	3	58,09	19,36	4,47	0,070
RESIDUAL	5	21,64	4,328		
TOTAL (Corregido)	22	899,33			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 21. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 6, afectado por posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	2	0,00025	0,0001	3,15	0,116
Dentro grupos	6	0,0002	0,0000		
TOTAL (Corregido)	8	0,00049			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 22. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 6, afectado por posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	2	13762,5	6881,23	0,93	0,446
Dentro grupos	6	44623,0	7437,31		
TOTAL (Corregido)	8	58386,3			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 23. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 6, afectado por la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	2	74,49	37,24	7,63	0,023
Dentro grupos	6	29,3	4,88		
TOTAL (Corregido)	8	103,792			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 24. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 7, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,0001	0,0001	8,89	0,025
B: Posición	3	0,0021	0,0007	59,74	0,000
C: Bloque	2	0,0002	0,0001	7,87	0,0210
INTERACCIONES					
AB	3	0,0001	0,0000	2,02	0,2122
RESIDUAL	6	0,0001	0,0000		
TOTAL (Corregido)	23	0,0030			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 25. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 7, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	4200	4200	3,24	0,122
B: Posición	3	137,239	45,746	0,04	0,990
C: Bloque	2	42,077	21,03800	0,02	0,984
INTERACCIONES					
AB	3	4463,61	1487,87	1,15	0,4038
RESIDUAL	6	7787,52	1297,92		
TOTAL (Corregido)	23	33815,3			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 26. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 7, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	4,018	4,018	1,29	0,300
B: Posición	3	903,88	301,296	96,54	0,000
C: Bloque	2	10,414	5,20700	1,67	0,265
INTERACCIONES					
AB	3	5,411	1,803	0,58	0,6505
RESIDUAL	6	18,724	3,12		
TOTAL (Corregido)	23	968,295			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 27. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 8, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,0000	0,0000	0,32	0,593
B: Posición	3	0,0006	0,0002	6,37	0,027
C: Bloque	2	0,0009	0,0005	13,53	0,006
INTERACCIONES					
AB	3	0,0000	0,0000	0,38	0,768
RESIDUAL	6	0,0000	0,0000		
TOTAL (Corregido)	23	0,0002			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 28. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 8, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	15,67	15,67	0,04	0,849
B: Posición	3	1505,75	501,92	1,26	0,369
C: Bloque	2	14678,90	7339,44	18,41	0,003
INTERACCIONES					
AB	3	728,06	242,69	0,61	0,633
RESIDUAL	6	2391,36	398,56		
TOTAL (Corregido)	23	33848,90			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 29. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 8, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,07	0,066	0,09	0,775
B: Posición	3	706,88	235,63	318,02	0,000
C: Bloque	2	13,04	6,521	8,8	0,016
INTERACCIONES					
AB	3	3,33	1,111	1,5	0,307
RESIDUAL	6	4,45	0,741		
TOTAL (Corregido)	23	752,70			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 30. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 9, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	0,000	0,000	7,64	0,007
B: Posición	3	0,004	0,001	67,11	0,000
C: Bloque	2	0,000	0,000	3,19	0,077
INTERACCIONES					
AB	6	0,001	0,000	4,29	0,015
RESIDUAL	12	0,000	0,000		
TOTAL (Corregido)	35	0,007			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 31. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 9, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	82460,6	41230,3	53,8	0,0000
B: Posición	3	6578,57	2192,86	2,86	0,0812
C: Bloque	2	9333,46	4666,73	6,09	0,0149
INTERACCIONES					
AB	6	8923,14	1487,19	1,94	0,1546
RESIDUAL	12	9196,14	766,35		
TOTAL (Corregido)	35	132092			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 32. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 9, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	50,60	25,30	20,18	0,000
B: Posición	3	2190,78	730,26	582,52	0,000
C: Bloque	2	31,85	15,93	12,7	0,001
INTERACCIONES					
AB	6	219,49	36,58	29,18	0,000
RESIDUAL	12	15,04	1,25		
TOTAL (Corregido)	35	2607,41			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 33. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 10, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,0025	0,0025	225,39	0,000
B: Posición	3	0,0019	0,0006	56,20	0,000
C: Bloque	2	0,0001	0,0001	6,06	0,036
INTERACCIONES					
AB	3	0,0001	0,0000	2,85	0,128
RESIDUAL	6	0,0001	0,0001	6,06	0,036
TOTAL (Corregido)	23	0,0049			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 34. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 10, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	261,88	261,88	0,67	0,444
B: Posición	3	9113,48	3037,83	7,80	0,017
C: Bloque	2	9204,45	4602,23	11,82	0,008
INTERACCIONES					
AB	3	1398,86	466,29	1,20	0,388
RESIDUAL	6	2336,69	389,45		
TOTAL (Corregido)	23	29418,9			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 35. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 10, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	633,97	633,97	477,60	0,000
B: Posición	3	576,07	192,02	144,66	0,000
C: Bloque	2	20,48	10,24	7,71	0,022
INTERACCIONES					
AB	3	26,13	8,71	6,56	0,025
RESIDUAL	6	7,96	1,33		
TOTAL (Corregido)	23	1279,91			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 36. Análisis de varianza de la tasa de llenado de grano para el experimento 11, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,009	0,009	942,59	0,000
B: Posición	3	0,008	0,003	298,60	0,000
C: Bloque	2	0,000	0,000	0,00	0,981
INTERACCIONES					
AB	3	0,000	0,000	1,94	0,225
RESIDUAL	6	0,000	0,000		
TOTAL (Corregido)	23	0,018			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 37. Análisis de varianza de la duración del llenado de grano para el experimento 11, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	5990,4	5990,4	13,69	0,010
B: Posición	3	1435,5	478,52	1,09	0,421
C: Bloque	2	1715,18	857,59	1,96	0,221
INTERACCIONES					
AB	3	2138,01	712,67	1,63	0,279
RESIDUAL	6	2625,18	437,53		
TOTAL (Corregido)	23	26468,3			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 38. Análisis de varianza del peso máximo de grano para el experimento 11, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	486,63	486,63	120,81	0,000
B: Posición	3	1631,79	543,93	135,03	0,000
C: Bloque	2	11,09	5,543	1,38	0,322
INTERACCIONES					
AB	3	57,04	19,01	4,72	0,0508
RESIDUAL	6	24,17	4,028		
TOTAL (Corregido)	23	2265,95			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 39. Análisis de varianza del peso máximo de grano para todos los experimento, afectados por el ambiente.

Ambiente	Genotipo	Peso de grano		
		Tasa de llenado de grano (mg/°Cd)	Duración de llenado de grano (°Cd)	Peso máx. (mg)
México F1	Bacanora 98	0,0647 a	664 b	37,3 a
México F2	Bacanora 98	0,0731 b	626 b	37,1 a
Valdivia	Bacanora 06	0,1246 c	635 b	50,9 b
México F1	Rayón 98	0,0507 a	835 b	37,4 b
México F2	Rayón 98	0,0693 b	612 a	34,7 a
Valdivia	Pandora 05	0,1021 b	678 a	58,6 b
Valdivia	Pandora 06	0,0863 a	711 b	52,4 a
Bs. Aires	Lr+ 01	0,0460 a	1099 c	39,9 a
Valdivia	Lr+ 04	0,0955 b	607 a	49,4 b
Valdivia	Lr+ 05	0,0996 b	689 b	52,2 c
Bs. Aires	Lr- 01	0,0478 a	1020 b	33,4 a
Valdivia	Lr- 04	0,0914 b	634 a	50,2 b
Valdivia	Lr- 05	0,0952 b	687 a	52,1 b
México F1	S1 98	0,0728 a	700 b	42,4 a
México F2	S1 98	0,0782 a	637 a	41,0 a
México F1	S3 98	0,1072 a	766 a	61,5 a
México F2	S3 98	0,1003 a	844 a	66,5 b

Letras distintas indican diferencias significativas (P < 0,05).

ANEXO 40. Resumen del análisis estadístico de la dinámica del peso de grano con la temperatura del período de llenado de grano.

Temperatura media diaria (°C) del período de llenado de grano	Ambiente	Genotipo	Tasa de llenado de grano (mg/°Cd)	Duración de llenado de grano (°Cd)	Peso máx. (mg)
29,18	México F1	Bacanora 98	0,0647 a	664 b	37,3 a
26,99	México F2	Bacanora 98	0,0731 b	626 b	37,1 a
16,40	Valdivia	Bacanora 06	0,1246 c	630 b	50,9 b
29,18	México F1	Rayón 98	0,0507 a	835 b	37,4 b
26,99	México F2	Rayón 98	0,0693 b	612 a	34,7 a
13,05	Valdivia	Pandora 05	0,1021 b	678 a	58,6 b
16,40	Valdivia	Pandora 06	0,0863 a	711 b	52,4 a
19,07	Bs. Aires	Lr+ 01	0,0460 a	1099 c	39,9 a
16,40	Valdivia	Lr+ 04	0,0955 b	607 a	49,4 b
13,05	Valdivia	Lr+ 05	0,0996 b	689 b	52,2 c
19,07	Bs. Aires	Lr- 01	0,0478 a	1020 b	33,4 a
16,40	Valdivia	Lr- 04	0,0914 b	634 a	50,2 b
13,05	Valdivia	Lr- 05	0,0952 b	687 a	52,1 b
29,18	México F1	S1 98	0,0728 a	700 b	42,4 a
26,99	México F2	S1 98	0,0782 a	637 a	41,0 a
29,18	México F1	S3 98	0,1072 a	766 a	61,5 a
26,99	México F2	S3 98	0,1003 a	844 a	66,5 b

Letras distintas indican diferencias significativas (P<0,05).

ANEXO 41. Resultados del ajuste trilineal del contenido hídrico del grano.

Exp.	Genotipos	Contenido Hídrico Máximo del grano (mg)				Tasa de acumulación agua (mg/°Cd)				Duración de acumulación de agua en grano (°Cd)				R2			
		G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
2	Bacanora	31,8	36,4	35,2	23,9	0,115	0,132	0,113	0,078	259	266	294	367	0,77	0,74	0,71	0,75
2	S1	46,9	51,4	33,0	-	0,124	0,145	0,092	-	360	374	378	-	0,82	0,90	0,85	0,92
2	S2	27,2	31,2	26,5	17,9	0,079	0,111	0,094	0,105	328	314	340	242	0,95	0,93	0,74	-
2	S3	47,9	55,6	43,2	-	0,125	0,154	0,112	-	394	402	431	-	0,94	0,92	0,89	-
2	Rayón	29,8	32,7	28,3	17,3	0,078	0,094	0,074	0,051	344	352	400	375	0,86	0,91	0,91	0,68
3	Bacanora	30,2	33,4	28,1	19,6	0,118	0,127	0,106	0,081	266	284	309	313	0,95	0,96	0,96	0,97
3	Rayón	34,6	32,0	27,6	16,3	0,063	0,095	0,084	0,045	498	346	381	375	0,98	0,96	0,96	0,92
3	S1	30,2	34,4	30,3	-	0,068	0,075	0,088	0,110	378	394	390	266	0,84	0,88	0,91	0,98
3	S3	58,6	48,6	48,2	-	0,123	0,120	0,117	-	478	451	460	-	0,95	0,89	0,87	-
4	QH 71-6	28,3	30,8	30,2	18,8	0,185	0,212	0,184	0,116	153	153	185	193	0,91	0,86	0,90	0,71
5	Lr+ BS	30,9	35,0	38,5	25,4	0,056	0,058	0,052	0,044	480	596	778	707	0,83	0,76	0,78	0,85
5	Lr- BS	31,3	31,9	29,1	20,8	0,045	0,055	0,042	0,053	523	554	695	492	0,87	0,87	0,89	0,86
6	QH 71-6 Bs. A.	27,7	32,7	25,3	-	0,129	0,125	0,054	-	274	320	461	-	0,94	0,94	0,86	-
7	Lr+ 04	45,5	46,9	43,3	30,7	0,155	0,157	0,142	0,108	295	318	329	327	0,96	0,97	0,97	0,93
7	Lr- 04	43,5	46,2	39,1	28,3	0,151	0,168	0,161	0,121	278	288	275	285	0,97	0,96	0,92	0,85
8	Lr+ 05	43,0	45,2	42,5	34,5	0,092	0,101	0,097	0,070	449	454	476	553	0,95	0,95	0,96	0,94
8	Lr- 05	42,4	45,8	41,0	33,0	0,106	0,123	0,120	0,086	352	357	357	414	0,95	0,96	0,96	0,91
9	Huañil	41,6	43,9	37,0	26,9	0,118	0,126	0,117	0,095	374	386	382	386	0,96	0,97	0,97	0,95
9	Pandora	39,4	43,2	41,3	32,4	0,113	0,130	0,112	0,088	324	330	380	397	0,95	0,94	0,96	0,97
9	S6	36,6	38,9	28,4	-	0,093	0,101	0,107	-	326	351	335	-	0,83	0,90	0,87	-
9	S30	45,2	49,5	39,2	31,0	0,068	0,085	0,070	0,079	519	518	513	415	0,94	0,96	0,96	0,93
10	Pandora	47,1	51,2	47,7	36,7	0,126	0,138	0,134	0,115	337	345	344	335	0,96	0,95	0,95	0,97
10	Huayún	36,4	39,3	34,1	24,1	0,107	0,112	0,105	0,078	295	319	321	323	0,96	0,96	0,96	0,93
11	Bacanora	39,2	44,7	38,8	25,5	0,206	0,226	0,204	0,144	214	225	231	229	0,92	0,90	0,89	0,87
11	Kambara	52,3	55,4	48,3	32,1	0,207	0,226	0,204	0,132	248	250	253	268	0,93	0,92	0,92	0,88

ANEXO 42. Coeficientes de regresión para asociaciones de tasa de absorción de agua del grano y duración de este período con el contenido hídrico máximo de los granos.

Experimentos	Tasa de absorción agua y CH máx.		Duración absorción agua y CH máx.	
	R ²	R ² ajustado (p< 0,05)	R ²	R ² ajustado (p< 0,05)
2	0,80	0,77*	0,46	0,37
2 sintético	0,87	0,85*	0,46	0,39*
3	0,32	0,20	0,01	-0,15
3 sintético	0,85	0,81*	0,97	0,96*
4	0,95	0,92*	0,41	0,13
5	0,09	-0,06	0,14	-0,00
6	0,52	0,05	0,33	-0,34
7	0,75	0,70*	0,00	-0,20
8	0,50	0,42*	0,16	0,02
9	0,02	-0,08	0,12	0,03
9 sintético	0,45	-0,11	0,13	-0,75
10	0,96	0,96*	0,35	0,24
11	0,69	0,63*	0,05	-0,11

*: Solo los datos que tienen asterisco tienen diferencias significativas (p<0,05).

ANEXO 43. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,008	0,00759	44,69	0,0005
B: Posición	3	0,007	0,0024	14,27	0,004
C: Bloque	2	0,005	0,0026	15,56	0,0042
INTERACCIONES					
AB	3	0,000	0,00004	0,24	0,8622
RESIDUAL	6	0,001	0,00016		
TOTAL (Corregido)	23	0,026			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 44. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	30252,4	30252,4	18,96	0,0048
B: Posición	3	19177,9	6392,62	4,01	0,070
C: Bloque	2	12476,8	6238,39	3,91	0,0818
INTERACCIONES					
AB	3	8429,08	2809,69	1,76	0,2542
RESIDUAL	6	9573,22	1595,54		
TOTAL (Corregido)	23	91243,1			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 45. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 2, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	8,05	8,05	1,85	0,2229
B: Posición	3	449,96	149,99	34,42	0,0000
C: Bloque	2	15,600	7,80	1,79	0,2456
INTERACCIONES					
AB	3	58,97	19,65	4,51	0,0556
RESIDUAL	6	26,14	4,35		
TOTAL (Corregido)	23	582,58			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 46. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 2 (I. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	0,006	0,003	24,97	0,000
B: Posición	2	0,007	0,003	26,46	0,000
C: Bloque	2	0,003	0,001	10,63	0,006
INTERACCIONES					
AB	4	0,002	0,000	3,83	0,050
RESIDUAL	6	0,001	0,000		
TOTAL (Corregido)	26	0,024			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 47. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 2 (I. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	30149,8	15074,9	12,61	0,003
B: Posición	2	2631,98	1315,99	1,1	0,378
C: Bloque	2	1946,03	973,016	0,81	0,477
INTERACCIONES					
AB	4	1136,91	284,23	0,24	0,909
RESIDUAL	6	9560,64	1195,08		
TOTAL (Corregido)	26	71872,6			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 48. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 2 (I. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	1435,51	717,76	227,26	0,000
B: Posición	2	905,16	452,58	143,3	0,000
C: Bloque	2	15,84	7,92	2,51	0,143
INTERACCIONES					
AB	4	242,83	60,71	19,22	0,000
RESIDUAL	6	25,27	3,16		
TOTAL (Corregido)	26	2688,51			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 49. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,008	0,008	23,28	0,0029
B: Posición	3	0,007	0,002	6,98	0,0220
C: Bloque	2	0,001	0,000	1,86	0,2359
INTERACCIONES					
AB	3	0,000	0,000	0,87	0,5060
RESIDUAL	6	0,002	0,000		
TOTAL (Corregido)	23	0,021			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 50. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	68507	68507	23,89	0,0027
B: Posición	3	13369,9	4456,65	1,55	0,295
C: Bloque	2	56608,4	28304,20	9,87	0,0127
INTERACCIONES					
AB	3	31271,9	10424	3,64	0,0837
RESIDUAL	6	17206	2867,66		
TOTAL (Corregido)	23	266112			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 51. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 3, afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,238	0,238	0,02	0,8833
B: Posición	3	856,25	285,417	28,11	0,0006
C: Bloque	2	17,1	8,555	0,84	0,4759
INTERACCIONES					
AB	3	47,2	15,74	1,55	0,296
RESIDUAL	6	60,92	10,15		
TOTAL (Corregido)	23	1016,62			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 52. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 3 (I. sintética), afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,005	0,005	15,26	0,060
B: Posición	2	0,002	0,000	0,30	0,767
C: Bloque	2	0,001	0,001	1,90	0,3445
INTERACCIONES					
AB	2	0,001	0,000	1,00	0,499
RESIDUAL	2	0,001	0,001		
TOTAL (Corregido)	15	0,013			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 53. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 3 (l. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	10776	10776	5,07	0,153
B: Posición	2	309,5	154,75	0,07	0,932
C: Bloque	2	3166,49	1583,25	0,75	0,573
INTERACCIONES					
AB	2	486,3	243,17	0,11	0,897
RESIDUAL	2	4248,03	2124,01		
TOTAL (Corregido)	15	36666,7			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 54. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 3 (l. sintética) afectado por genotipos y posiciones de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	916,720	916,72	129,35	0,008
B: Posición	2	34,777	17,39	2,45	0,290
C: Bloque	2	9,399	4,70	0,66	0,601
INTERACCIONES					
AB	2	88,890	44,45	6,27	0,137
RESIDUAL	2	14,170	7,09		
TOTAL (Corregido)	15	1982,34			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 55. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	3	0,01	0,00	0,99	0,446
Dentro grupos	8	0,04	0,01		
TOTAL (Corregido)	11	0,05			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 56. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	3	4023,40	1341,15	1,13	0,392
Dentro grupos	8	9459,20	1182,40		
TOTAL (Corregido)	11	13482,6			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 57. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 4, afectado por la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	3	278,39	92,79	5,37	0,026
Dentro grupos	8	138,36	17,29		
TOTAL (Corregido)	11	416,74			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 58. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 5, afectado por el genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,000	0,000	0,73	0,433
B: Posición	3	0,000	0,000	0,75	0,5686
C: Bloque	2	0,001	0,000	2,08	0,2196
INTERACCIONES					
AB	3	0,000	0,000	0,28	0,8408
RESIDUAL	5	0,001	0,000		
TOTAL (Corregido)	22	0,003			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 59. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 5, afectado por el genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	10724,3	10724,3	0,79	0,416
B: Posición	3	181655	60551,5	4,44	0,071
C: Bloque	2	112437	56218	4,12	0,088
INTERACCIONES					
AB	3	16280,9	5427,0	0,40	0,761
RESIDUAL	5	68249	13649,8		
TOTAL (Corregido)	22	559497			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 60. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 5, afectado por el genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	82,41	82,44	39,03	0,0015
B: Posición	3	290,87	96,95	45,92	0,0005
C: Bloque	2	2,34	1,17	0,55	0,6059
INTERACCIONES					
AB	3	74,31	24,77	11,73	0,0106
RESIDUAL	5	10,56	2,111		
TOTAL (Corregido)	22	657,97			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 61. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 6, afectado por la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	2	0,01	0,005	8,7	0,017
Dentro grupos	6	0,00	0,001		
TOTAL (Corregido)	8	0,01			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 62. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 6, afectado por la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	2	57096,2	28548,1	19,81	0,002
Dentro grupos	6	8645,4	1440,9		
TOTAL (Corregido)	8	65741,6			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 63. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 6, afectado por la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
Entre grupos	2	87,06	43,53	4,18	0,073
Dentro grupos	6	62,42	10,40		
TOTAL (Corregido)	8	149,47			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 64. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 7, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,001	0,001	5,21	0,063
B: Posición	3	0,008	0,003	25,29	0,000
C: Bloque	2	0,004	0,002	17,74	0,003
INTERACCIONES					
AB	3	0,000	0,000	1,45	0,319
RESIDUAL	6	0,001	0,000		
TOTAL (Corregido)	23	0,014			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 65. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 7, afectado por el genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	7689,48	7689,48	38,15	0,001
B: Posición	3	1317,38	439,13	2,18	0,192
C: Bloque	2	4584,42	2292,21	11,37	0,009
INTERACCIONES					
AB	3	1109,10	369,7	1,83	0,242
RESIDUAL	6	1209,39	201,56		
TOTAL (Corregido)	23	19895,11			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 66. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 7, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	32,20	32,20	15,80	0,007
B: Posición	3	1046,52	348,84	171,20	0,000
C: Bloque	2	7,90	3,95	1,94	0,224
INTERACCIONES					
AB	3	8,91	2,97	1,46	0,317
RESIDUAL	6	12,23	2,04		
TOTAL (Corregido)	23	1149,75			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 67. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 8, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,002	0,002	26,59	0,002
B: Posición	3	0,004	0,001	17,22	0,002
C: Bloque	2	0,000	0,000	0,05	0,953
INTERACCIONES					
AB	3	0,000	0,000	0,36	0,782
RESIDUAL	6	0,000	0,000		
TOTAL (Corregido)	23	0,008			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 68. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 8, afectado por el genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	76919,40	76919,40	85,42	0,000
B: Posición	3	26766,10	8922,04	9,91	0,010
C: Bloque	2	4506,44	2253,22	2,50	0,162
INTERACCIONES					
AB	3	1863,77	621,26	0,69	0,591
RESIDUAL	6	5402,71	900,45		
TOTAL (Corregido)	23	5402,71			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 69. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 8, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	3,34	3,34	3,08	0,130
B: Posición	3	457,50	152,50	140,65	0,000
C: Bloque	2	9,51	4,76	4,39	0,067
INTERACCIONES					
AB	3	4,67	1,56	1,44	0,322
RESIDUAL	6	6,51	1,08		
TOTAL (Corregido)	23	497,34			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 70. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 9, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	0,011	0,006	95	0,000
B: Posición	3	0,003	0,001	17,88	0,000
C: Bloque	2	0,000	0,000	1,55	0,2522
INTERACCIONES					
AB	6	0,002	0,000	4,88	0,0095
RESIDUAL	12	0,001	0,000		
TOTAL (Corregido)	35	0,019			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 71. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 9, afectado por el genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	121516,0	60757,80	35,81	0,000
B: Posición	3	3195,0	1065	0,63	0,611
C: Bloque	2	62,7	31,34	0,02	0,982
INTERACCIONES					
AB	6	31997,8	5332,96	3,14	0,043
RESIDUAL	12	20362,4	1696,87		
TOTAL (Corregido)	35	200246,0			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 72. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 9, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	2	89,784	44,89	8,59	0,005
B: Posición	3	1182,46	394,15	75,42	0,000
C: Bloque	2	1,93	0,96	0,18	0,833
INTERACCIONES					
AB	6	108,6	18,10	3,46	0,032
RESIDUAL	12	62,72	5,23		
TOTAL (Corregido)	35	1511,79			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 73. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 10, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,005	0,005	165,20	0,000
B: Posición	3	0,003	0,001	33,55	0,000
C: Bloque	2	0,000	0,000	0,37	0,708
INTERACCIONES					
AB	3	0,000	0,000	3,14	0,109
RESIDUAL	6	0,000	0,000		
TOTAL (Corregido)	23	0,008			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 74. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 10, afectado por el genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	3931,65	3931,65	17,19	0,006
B: Posición	3	1121,23	373,744	1,63	0,278
C: Bloque	2	22,29	11,143	0,05	0,953
INTERACCIONES					
AB	3	667,24	222,41	0,97	0,465
RESIDUAL	6	1372,53	228,76		
TOTAL (Corregido)	23	8308,29			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 75. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 10, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	891,82	891,82	950,94	0,000
B: Posición	3	736,25	245,42	261,68	0,000
C: Bloque	2	1,63	0,81	0,87	0,467
INTERACCIONES					
AB	3	6,50	2,17	2,31	0,176
RESIDUAL	6	5,63	0,94		
TOTAL (Corregido)	23	1645,98			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 76. Análisis de varianza de la tasa de absorción de agua del grano para el experimento 11, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	0,0001	0,0001	0,41	0,548
B: Posición	3	0,0267	0,0089	72,06	0,000
C: Bloque	2	0,0049	0,0025	19,96	0,002
INTERACCIONES					
AB	3	0,0002	0,0001	0,5	0,697
RESIDUAL	6	0,0007	0,0001		
TOTAL (Corregido)	23	0,0338			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 77. Análisis de varianza de la duración de la absorción de agua del grano para el experimento 11, afectado por el genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	5407,50	5407,5	74,72	0,000
B: Posición	3	930,62	310,21	4,29	0,061
C: Bloque	2	1904,46	952,23	13,16	0,006
INTERACCIONES					
AB	3	287,99	96,00	1,33	0,910
RESIDUAL	6	434,22	72,37		
TOTAL (Corregido)	23	10320,60			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 78. Análisis de varianza del contenido hídrico máximo del grano para el experimento 11, afectado por genotipo y la posición de grano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Calc	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Genotipo	1	593,62	593,617	858,37	0,000
B: Posición	3	1536,06	512,021	740,38	0,000
C: Bloque	2	0,10	0,050	0,07	0,932
INTERACCIONES					
AB	3	32,97	10,990	15,90	0,003
RESIDUAL	6	4,15	0,691		
TOTAL (Corregido)	23	2198,38			

P < 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 79. Análisis de varianza del contenido hídrico del grano para todos los experimentos afectados por el ambiente.

Localidad	Genotipo	Tasa de absorción agua (mg/°Cd)	Duración de período absorción (°Cd)	Contenido Hídrico máximo (mg)
México Fecha 1	Bacanora	0,1097 a	297 b	28,2 a
México Fecha 2	Bacanora	0,1079 a	293 b	27,8 a
Valdivia	Bacanora	0,1952 b	286 b	37,1 b
México Fecha 1	Rayón	0,0741 a	368 a	27,1 a
México Fecha 2	Rayón	0,0716 a	400 a	27,6 a
Valdivia	Pandora	0,1282 b	340 a	45,7 b
Valdivia	Pandora	0,1106 a	358 a	39,1 a
Bs. Aires	Lr+	0,0523 a	640 c	32,5 a
Valdivia	Lr+ 04	0,1404 c	317 a	41,6 b
Valdivia	Lr+ 05	0,09 b	483 b	41,3 b
Bs. Aires	Lr-	0,0488 a	573 c	28,9 a
Valdivia	Lr- 04	0,1501 c	282 a	39,3 b
Valdivia	Lr- 05	0,1088 b	370 b	40,6 b
México Fecha 1	S1	0,0946 a	327 a	28,3 a
México Fecha 2	S1	0,0783 a	389 b	31,8 b
México Fecha 1	S3	0,1305 a	409 a	48,9 a
México Fecha 2	S3	0,1203 a	464 b	52,3 a

Letras distintas muestran diferencias significativas.