

VARIACION EN CICLO Y CRECIMIENTO INICIAL EN 19 CULTIVARES DE CEBADA EN DOS AÑOS CON CONDICIONES CLIMATICAS CONTRASTANTES

A. Castro y A. Benítez

Recibido: 5 de marzo de 1999. Aceptado: 4 de junio de 1999.

RESUMEN

Las condiciones ambientales afectan en forma importante y diferencial las características de crecimiento y la fenología de los genotipos de cebada. La detección de genotipos o grupos de genotipos capaces de mantener comportamiento estable frente a condiciones de estrés ambiental son de sumo interés para el mejoramiento genético.

La fenología y curva de macollaje de diecinueve cultivares de cebada fueron analizadas en dos años de características contrastantes. El primero (1995) no presentó graves limitaciones en términos climáticos para el desarrollo del cultivo, mientras que el segundo (1996) se caracterizó por un severo déficit hídrico previo a antesis. Las condiciones del segundo año provocaron alargamiento del ciclo a espigazón y acortamiento del período de llenado de grano, en particular en los genotipos de ciclo largo. El número de macollos fue menor durante el período de sequía, con un aumento posterior del macollaje. Ese macollamiento posterior fue negativo en términos de eficiencia de producción. Varios genotipos (entre ellos algunos ya señalados como de muy buena adaptación) fueron poco afectados por las condiciones de estrés. No hubo asociación entre la estabilidad en el comportamiento y patrones de crecimiento o tipo de ciclo.

PALABRAS CLAVE: cebada, mejoramiento, ciclo a espigazón, llenado de grano, crecimiento inicial.

SUMMARY

VARIATION IN CICLE AND INITIAL GROWTH IN 19 BARLEY CULTIVARS IN TWO ENVIRONMENTALLY CONTRASTING YEARS

Environmental conditions do affect severely and differentially the growth patterns and the phenology of barley genotypes. Finding genotypes or genotypes groups able to maintain a stable performance in stress conditions is very important for breeding.

The phenology and tillering curve of nineteen barley cultivars was analyzed in two contrasting years. The first year (1995) did not present stressing conditions, but during the second (1996) there was severe drought conditions before anthesis. That conditions caused delay in heading date and shortening of grain filling period, specially in late maturing genotypes. Tiller number was lower during the drought period, with a latter increase. That late tillering was negative in lower production efficiency. Several genotypes (including some previously reported as well adapted) were less affected by the drought. There was no association between stability and growth patterns or maturing type.

KEY WORDS: barley, breeding, heading date, grain filling period, initial growth.

INTRODUCCION

Uno de los objetivos iniciales del proyecto de investigación en cebada cervecera de la Universidad de la República fue la definición de un tipo de planta que presente la máxima adaptación a las condiciones nacionales de producción, maximizando el potencial de rendimiento y minimizando los riesgos en condiciones desfavorables (Castro *et al.*, 1994). Dentro del modelo de planta desarrollado, variables como las características de crecimiento inicial (velocidad de crecimiento y curva de macollaje), y la duración y partición del ciclo total (ciclo a espigazón y período de llenado de grano) constituyen características morfofisiológicas claves (Hoffman *et al.*, 1995a; Castro *et al.*, 1996). Se buscan aquellos materiales que presentan lento crecimiento inicial y escasa competencia entre los macollos en las primeras etapas, pero con buen macollaje y alta tasa de crecimiento posteriores de manera de garantizar un buen número de espigas (Hoffman *et al.*, 1995b). En cuanto al ciclo y su partición, el objetivo es un ciclo a espigazón intermedio a corto y la máxima duración del período de llenado de grano (Castro *et al.*, 1995).

Aunque el componente genético es muy importante en ambas características, éstas son también afectadas por las condiciones ambientales, en particular la temperatura. A nivel nacional hay referencias a un aumento del 80% de la tasa de crecimiento en las primeras etapas de desarrollo de la cebada como consecuencia de un aumento de temperatura de 11 a 15 grados C (Ernst *et al.*, 1992). En lo que refiere a la duración del ciclo a espigazón está controlada básicamente por la temperatura a través del llamado tiempo térmico (acumulación diaria de temperatura por encima de un mínimo). Los mínimos se ubican en 0°C en el período de emergencia a doble arruga y en los 4°C desde doble arruga a espiguilla terminal (Scott, 1987; citado por Ernst *et al.*, 1995).

En lo que refiere al estrés hídrico, Angus y Moncur (1977) trabajando con trigo, encontraron un efecto de aceleramiento en el desarrollo en aquellas plantas que sufrieron un estrés moderado, en relación a las plantas testigo (sin estrés), y un retardo en el desarrollo de las plantas que habían sufrido un estrés severo, ya fuera inmediatamente luego de la iniciación floral (estrés temprano) como 20 días luego de la misma (estrés tardío). Este retardo en el desarrollo fue explicado por un cese del desarrollo del ápice vegetativo y un posible detenimiento de todos los procesos de división celular durante un stress hídrico severo, aunque una vez levantada la limitante hídrica, las plantas lograron recuperarse a la floración con estrés moderado, mientras que un estrés severo provocó un retraso de ésta. Dweyer y Stewart (1987) en cebada obtuvieron un resultado similar con estrés severo. En condiciones de estrés moderado un mayor calentamiento de la planta por efecto de la reducción de la transpiración puede ser la causa del retraso en floración, mientras que a mayor estrés el efecto de ese factor es superado por otros (Blum, 1996).

Blum (1996) señala la importancia de las características fenológicas de un genotipo en su potencial adaptación frente

a condiciones de estrés hídrico o térmico. La duración del crecimiento determina los requerimientos hídricos así como las probabilidades de exposición al estrés, la que en general disminuye en los genotipos de ciclo más corto. La cantidad de tejidos juveniles y meristemas en la planta es, por otra parte, relativamente mayor en los ciclos largos, lo que significa una mayor disponibilidad de tejidos aptos para iniciar un nuevo crecimiento a posteriori de una condición de estrés. Los tejidos juveniles presentan una mejor tolerancia a la desecación (Blum y Ebercon, 1981) lo que hace que un estrés hídrico de la misma intensidad sea menos dañino cuando más temprano en el desarrollo ocurra (Blum *et al.*, 1990). Como resumen se puede concluir que los genotipos de ciclo corto presentan la ventaja de un período vulnerable mas corto, mientras que los ciclos largos tienen mayor capacidad de recuperación.

Considerando la alta variabilidad climática observada en Uruguay, así como las recurrentes condiciones de altas temperaturas y déficit hídrico en las primeras etapas de los cultivos que se han registrado en los últimos años, la posibilidad de analizar el comportamiento de genotipos diversos frente a esos contrastes resulta de interés para el mejoramiento genético. El presente trabajo analiza el comportamiento de 19 cultivares de cebada frente a condiciones hídricas y térmicas contrastantes en 1995 y 1996 en los ensayos de evaluación de la Est. Exp. Dr. Mario A. Cassinoni.

MATERIALES Y METODOS

Se analizaron los resultados de los ensayos de la red oficial de evaluación de cultivares de cebada realizados en el campo experimental de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni en 1995 y 1996. Los ensayos fueron sembrados sobre un suelo brunosol eútrico de la formación San Manuel, el 10/7/95 y el 16/7/96, con una densidad objetivo de 250 plantas/m². Se evaluaron 19 genotipos de diversos orígenes (ver cuadro 1) en parcelas de 6 surcos de 5 m. de largo a 0.15m entre surcos con tres repeticiones, con un diseño alfa-lattice.

Para las determinaciones de curva de macollaje se marcaron 2 m. por parcela, en uno de los bloques, realizándose conteos periódicos a lo largo del ciclo del cultivo. El llenado de grano se estimó considerando la diferencia entre el ciclo a espigazón y el ciclo total. Este cálculo subestima la duración de este período al darse la antesis en cebada previamente a la emergencia de la espiga. Sin embargo el dato estimado de esta manera se correlaciona en forma muy alta con la duración efectiva (Castro A., datos no publicados), y permite una determinación menos engorrosa. El momento de madurez fisiológica fue determinado de acuerdo al momento de necrosis de los tejidos vasculares que conectan al grano con la espiga (percible por un cambio de coloración de verde a marrón). Se determinó en los granos ubicados en 1/3 de la longitud total de la espiga por encima

Cuadro 1. Línea de cultivos analizados y origen.

CULTIVO	CRIADERO	ORIGEN
CLE 175	INIA	Uruguay
Ana	Criadero Tomé	Argentina
NE 240	CYMPAY S.A.	North Dakota (EEUU)
CLE 170	INIA	Australia
E. Quebracho	INIA	Australia
FNC 1	M. Oriental	Uruguay
NE 035	CYMPAY S.A.	Australia
FNC 6-1	M. Oriental	Uruguay
Q. Pampa	M. Oriental	Argentina
NE 223	CYMPAY S.A.	North Dakota (EEUU)
Clipper	Univ. Adelaide	Australia
Q. Sur	M. Oriental	Argentina
CLE 173	INIA	Uruguay
NE 074	CYMPAY S.A.	Uruguay
Defra	CYMPAY S.A.	Alemania
Bonita	Criadero Tomé	Argentina
Goldie	Agrosan	Suecia
NE 167	CYMPAY S.A.	R.Checa
Aphrodite	CYMPAY S.A.	Alemania

de la base de ésta, en varias espigas dentro de la parcelá. Al igual que para la determinación del momento de espi-gazón, las determinaciones se realizaron diariamente.

Las sumas térmicas fueron calculadas utilizando la misma temperatura base (0°C) para todos los estadios de crecimiento.

Los datos climáticos fueron obtenidos del observatorio del aeropuerto Chalkling, distante 1 km. del lugar de los ensayos. Los datos fueron analizados utilizando los procedimientos GLM y CORR del programa estadístico SAS (SAS Inst., 1995).

Cuadro 2. Partición del ciclo de los 19 materiales en 1995 y 1996 medidos en días post emergencia y suma térmica (grados.día).

	Ciclo 1995 (días)			Ciclo 1996 (días)			Ciclo 1995 (grados.día)			Ciclo 1996 (grados.día)		
	Espig.	Llenado	Total	Espig.	Llenado	Total	Espig.	Llenado	Total	Espig.	Llenado	Total
CLE 175	65	34	99	71	30	101	864	553	417	1130	589	1719
Ana	68	32	100	74	28	102	904	534	1439	1190	559	1749
NE 240	67	33	100	76	25	101	890	549	1439	1234	458	1692
CLE 170	67	34	101	74	27	101	890	563	1453	1190	529	1719
E. Quebracho	68	34	101	74	28	102	904	548	1453	1190	558	1748
FNC 1	72	31	102	78	25	103	970	497	1467	1266	502	1768
NE 035	70	32	102	79	23	102	938	529	1467	1284	434	1718
FNC 6-1	74	29	103	77	25	102	993	487	1480	1249	500	1749
Q. Pampa	71	32	103	80	21	101	957	523	1480	1304	415	1719
NE 223	75	29	104	90	19	109	1008	487	1495	1473	441	1914
Clipper	71	33	104	76	29	105	957	538	1495	1234	551	1785
Q. Sur	74	31	104	78	24	102	993	502	1495	1266	438	1749
CLE 173	72	32	104	79	22	101	970	524	1495	1284	435	1719
NE 074	75	31	106	85	19	104	1008	519	1527	1403	402	1805
Defra	85	22	107	92	14	106	1175	373	1548	1516	327	1843
Bonita	78	29	107	92	16	108	1058	491	1548	1516	349	1865
Goldie	88	20	107	95	13	108	1217	331	1548	1590	275	1865
NE 167	83	25	108	86	19	105	1146	426	1572	1413	410	1823
Aphrodite	84	25	109	95	15	110	1161	437	1597	1590	324	1914
Media	74.1	29.9	103.7	81.6	22.2	103.8	1000	495	1496	1333	447	1782

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Condiciones Climáticas

En la figura 1 se presentan las precipitaciones acumuladas desde mayo hasta el momento de la siembra y las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo para los años 1995 y 1996 respectivamente. Se observa que en el año 1995 se partió con 155 mm de precipitación acumulada al momento de la siembra del ensayo, mientras que en el año 1996, dicho valor era significativamente menor (46 mm). Esto sumado a las bajas lluvias registradas hasta la última quincena de setiembre completa un cuadro de estrés en todo el desarrollo hasta poco antes de la floración de los materiales más precoces.

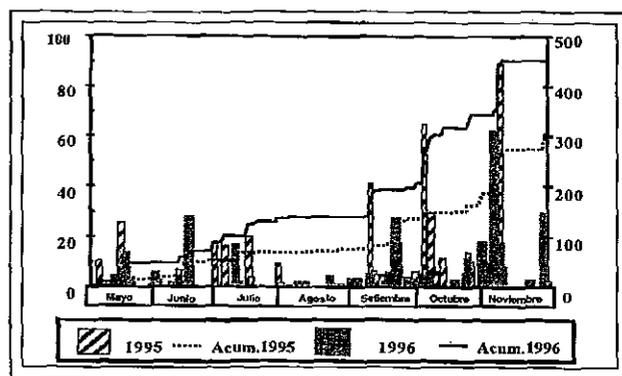


Figura 1. Precipitaciones en el período mayo - noviembre 1995 y 1996. Las barras representan el total en períodos de diez días y las líneas el acumulado en el período (Fuente: Observatorio aeropuerto Chalkling).

Cuadro 3. Correlaciones de rangos de Spearman para ciclo y partición de ciclo en 1995 y 1996 (solo se presentan valores significativos al 0.001)

Variable	1995						1996					
	Ciclo en días			Suma térmica			Ciclo en días			Suma térmica		
	Espig.	LI Grano	Total	Espig.	LI Grano	Total	Espig.	LI Grano	Total	Espig.	LI Grano	Total
1995												
Ciclo en días												
Espigazón	1	-0.953	0.935	0.999	-0.954	0.935						
LI.grano		1	-0.820	-0.953	0.985	-0.820						
Total			1	0.935	-0.819	0.999						
Suma térmica												
Espigazón				1	-0.954	0.935						
LI.grano					1	-0.819						
1996												
Ciclo en días												
Espigazón	0.909	-0.867	0.884	0.909	-0.856	0.884	1	-0.974		0.999	-0.948	
LI.grano	-0.880	0.850	-0.835	-0.880	0.827	-0.835		1		-0.974	0.968	
Total	0.813	-0.764	0.767	0.813	-0.753	0.767			1			0.949
Suma térmica												
Espigazón	0.909	-0.867	0.884	0.909	-0.856	0.884				1	-0.948	
LI.grano	-0.821	0.776	-0.826	-0.821	0.745	-0.826					1	
Total	0.841	-0.784	0.783	0.841	-0.779	0.784						1

2. Partición de ciclos

En 1996 se detectó con respecto a 1995 un alargamiento de los ciclos a espigazón y una reducción en términos generales del período de llenado de grano (medidos en días), no habiendo diferencias en cuanto a la duración total de los ciclos (cuadro 2). Las diferencias en las fechas de siembra entre ambos años (6 días) no parece haber afectado este resultado. Este efecto fue más marcado en aquellos materiales de ciclo largo, como por ejemplo Defra y Aphrodite (14 y 15 días de llenado de grano en 1996, respectivamente) que presentaron reducciones de más de una semana. Los materiales de ciclo a espigazón más corto sufrieron menores variaciones entre años.

La suma térmica (ST) (temperatura acumulada por encima de 0 °C) total fue superior en 1996. Del análisis de la partición del ciclo se observa que este aumento es explicado por una mayor ST hasta espigazón, mientras que la temperatura acumulada durante el llenado de grano fue similar entre años. La diferencia en ST a espigazón entre años no se explica solamente por una duración mayor en días sino también por una mayor temperatura diaria promedio en 1996. De acuerdo a estos resultados, la duración de los ciclos a espigazón en 1996 no respondió claramente a un modelo de acumulación de temperatura. Por el contrario existió otro factor que también afectó esa duración. Considerando lo analizado respecto a las condiciones climáticas de ambos años, el déficit hídrico experimentado en 1996 parece haber demorado la emergencia de espigas de los cultivares, en forma similar a lo detectado por Angus y Moncur (1977).

En 1996 el llenado de grano, debido a la mayor dura-

ción del ciclo a espigazón, se dio más tarde, en un momento en el cual las mayores temperaturas determinaron la menor duración en días del mismo. Como se dijo anteriormente, los materiales de ciclo largo fueron los más afectados ya que el llenado de grano se dio en los últimos días de octubre y primeros días de noviembre.

Las correlaciones de rangos de Spearman entre las variables de ciclo y su partición en los dos años (cuadro 3) muestran dentro de años una alta correlación negativa entre ciclo a espigazón y duración del llenado de grano medidos tanto en días como en grados.día. Por otra parte si se analizan las correlaciones entre años se observa que las principales relaciones se mantienen, con la excepción de que en 1996 la duración total del ciclo no se correlacionó significativamente con las otras variables. Esto está relacionado con una diferente partición de ciclos totales equivalentes (en días) o mayores (medidos por suma térmica) en 1996.

Las correlaciones de los ciclos a espigazón (en días y en grados.día) entre años fueron muy altas y significativas. Esto indica que no existió una interacción cultivar x efecto del déficit hídrico en el experimento. El alargamiento de los ciclos detectado anteriormente afectó en forma similar a los distintos cultivares analizados, más allá de pequeñas diferencias individuales.

3. Curva de macollaje

Se detectaron diferencias en la evolución del número de macollos promedio de los 19 cultivares (figura 2). La curva de 1996 presenta durante la mayor parte del ciclo un número menor de macollos, para luego presentar un pico

Cuadro 4. Correlaciones entre el número de macollos en los distintos momentos de medición y el número final de espigas en ambos años.

Datos 1995		Datos 1996	
Momento de determinación de macollaje (en días post emergencia)	Correlación con número final de espigas	Momento de determinación de macollaje (en días post emergencia)	Correlación con número final de espigas
1 (nº plantas)	0.674 **	1 (nº plantas)	0.720 ***
33	0.622 **	32	0.874 ***
44	0.488 *	45	0.853 ***
67	0.620 **	59	0.829 ***
		72	0.483 ns.

* Significativo al 0.05 ** Significativo al 0.01 *** Significativo al 0.001 ns No significativo

de macollaje muy marcado y tardío, cercano al comienzo de espigazón. El número de macollos en las etapas previas a ese pico se correlacionó muy significativamente con el número final de espigas (cuadro 4) mientras que el pico máximo de macollos no. Esto contrasta con los valores obtenidos en 1995 donde las correlaciones del número de macollos con las espigas finales si bien fueron menores que en 1996, en todos los casos fueron significativas. Resulta lógico relacionar este comportamiento atípico de los cultivares respecto a trabajos previos (Castro *et al.*, 1995; Castro y Condon, 1996) con las particulares condiciones climáticas analizadas. El severo estrés hídrico sufrido en

1996 limitó la emisión de macollos y el cambio provocado por las lluvias de fines de setiembre parece ser la causa del patrón de macollaje verificado. En las condiciones ex-

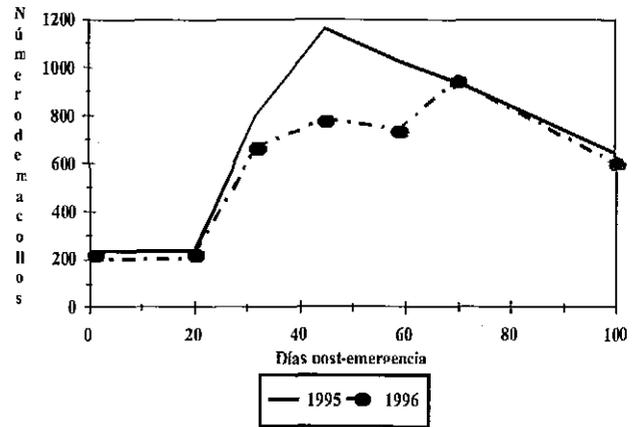


Figura 2. Curva promedio de macollaje para los 19 cultivares en 1995 y 1996.

trems de 1996 los pocos macollos producidos durante el período de déficit hídrico parecen haber producido en su mayoría espigas, mientras que el macollaje tardío parece no haber afectado mayormente el número final de espigas.

El estrés durante el macollaje provoca una degeneración de los macollos ya producido, como comprobaron Elaloui *et al.* (1992) en cebada, y un corte total en la

Cuadro 5. Datos de macollamiento en 1995 y 1996 para los 19 cultivares.

Cultivar	1995				Espigas /m ²	1996				Espigas /m ²	
	Plantas/m ²	Número de macollos/m ² (días post emergencia)				Plantas/m ²	Número de macollos/m ² (días post emergencia)				
		33	44	67			32	45	59	72	
CLE 175	200	913	1157	833	720	173	723	777	703	980	660
Ana	207	847	1100	730	500	250	657	660	573	1053	573
NE 240	197	883	1370	893	800	227	637	683	743	1143	440
CLE 170	237	963	1383	1340	560	260	867	1107	940	753	730
E. Quebracho	247	1047	1093	947		273	770	930	767	810	790
FNC 1	270	680	907	760	627	283	607	723	550	650	493
NE 035	253	767	1167	1247	733	227	650	750	783	877	730
FNC 6-1	233	617	957	727	487	207	553	763	623	787	393
Q. Pampa	203	673	1387	1267	593	193	623	710	787	1347	633
NE 223	247	997	1720	940	583	250	737	817	1160	1170	740
Clipper	280	750	1183	963	750	190	683	807	667	687	613
Q. Sur	220	713	1097	827	430	173	470	540	493	943	430
CLE 173	237	747	1063	970	710	177	557	603	617	633	483
NE 074	217	617	790	733	617	187	617	840	737	1097	567
Defra	233	720	993	827	730	203	750	880	737	783	583
Bonita	193	803	1077	813	537	227	637	683	743	1143	440
Goldie	207	803	1200	917	687	233	613	773	727	1147	627
NE 167	247	827	1347	993	527	263	817	1033	933	943	873
Aphrodite	233	763	960	1033	947	203	657	700	693	980	590
Media	230	796	1155	935	641	221	664	778	736	943	599

aparición de nuevos macollos, como detectaron Blum *et al.* (1990) en trigo. Es probable que una combinación de ambos efectos sea la explicación de los resultados observados en 1996. La ausencia de datos precisos impide concluir al respecto. Parece claro, sin embargo, que el rápido macollamiento posterior a las lluvias de fines de setiembre se asocia a la rápida respuesta en aquellos genotipos que presentaban meristemas viables en ese momento. Como señala Brum (1996), los mecanismos de reconstitución del área foliar a continuación de una rehidratación actúan en forma mucho más eficiente y rápida a través de la producción de nuevos macollos que de la producción de nuevas hojas en los macollos ya existentes.

La tendencia general en las curvas de macollaje de 1996 comentada representa la situación de la mayoría de los cultivares estudiados. Sin embargo, el análisis de los valores individuales (cuadro 5) permite detectar algunos genotipos que escapan a esa tendencia general. Los cultivares CLE 170, E. Quebracho, FNC 1, Clipper, NE 223, CLE 173, Defra y NE 167, no presentan macollaje tardío o lo presentan a valores mínimos. Es interesante considerar que no se asocian a ningún origen (hay cultivares de origen nacional, europeo y australiano) ni largo de ciclo en particular. Tampoco se agrupan dentro de un tipo de crecimiento inicial o potencial de producción de macollos particular. Se requiere información analítica más detallada para definir las posibles causas de este comportamiento diferencial.

Es indudable que los macollos formados en último término y como consecuencia de la rehidratación de fines de setiembre fueron muy poco o nada productivos, a causa de lo tardío de su aparición. Por el contrario es esperable que su contribución haya sido negativa al competir por recursos con los tallos que estaban empezando a llenar el grano en esa etapa. Algunos genotipos mostraron ser muy afectados por esto, mientras que otros (a modo de ejemplo E. Quebracho y Clipper) fueron relativamente poco afectados en ambos grupos de variables, mostrando un comportamiento similar en ambos años. Los cultivares que evitaron ese efecto de las condiciones ambientales resultan de gran potencial en términos de adaptación, y de interés en términos de mejoramiento genético. No es casual que los cultivares señalados hayan sido destacados en numerosos trabajos publicados como ejemplos de tipos adaptados a las condiciones nacionales. Las condiciones semiáridas de su ambiente de selección (regiones relativamente secas de Australia) pueden ser una causa de este comportamiento en este caso específico.

De acuerdo a lo señalado al comienzo del trabajo, sería esperable que los materiales de ciclo largo fueran muy afectados por esta situación, al tener en general una mayor duración del período de macollaje y por tanto un mayor potencial de rebrote luego de la mejora de las condiciones hídricas (Brum, 1990). Ese es el comportamiento que se observa en los cultivares Bonita, NE 074, Goldie y Aphrodite, todos considerados de ciclo relativamente largo. Sin

embargo cultivares como Defra y NE 167, también de ciclo largo, prácticamente no presentan macollaje tardío en 1996. Esto implica que independiente de la desventaja de su fenología (para las particulares condiciones de ese año), presentaron un interesante potencial de adaptación y un indudable valor en términos de mejoramiento.

Los resultados presentados, más allá de las limitaciones señaladas, permitieron detectar comportamientos diferenciales tanto en lo que refiere a crecimiento inicial como a la partición del ciclo, frente a condiciones ambientales muy limitantes. La importancia del tema justifica la necesidad de estudios más detallados que permitan determinar las causas últimas de estas diferencias.

BIBLIOGRAFIA

- ANGUS J.F. AND MONCUR M.W., 1977. Water stress and phenology in wheat. *Australian J. agric. Res.* 28: 177-188.
- BLUM A., 1996. Crop responses to drought and thye interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20: 135-148
- BLUM A. AND EBERCON A., 1984. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science* 21: 43-47.
- BLUM A., RAMAIAH S., KANEMASU E.T. AND PAULSEN G.M., 1990. Recovery of wheat from drought stress at the tillering developmental stage. *Field Crops Res.* 24: 67-85.
- CASTRO A. Y CONDÓN F., 1996. Agrupamiento de genotipos de cebada cervecera con dos años de evaluación oficial por su comportamiento en la EEMAC en 1994. In: VIª Reunión Nacional de investigación en cebada cervecera, Montevideo, setiembre de 1995. Mesa Nacional de la Cebada, Montevideo, pp 39-45.
- CASTRO A., ERNST O., HOFFMAN E. AND BENTANCUR O., 1996. Characterization through growth cycle and growth pattern, yield and yield components, and grain quality of the barley germplasm in Uruguay. In: Slinkard A., Scoles G. and Rossnagel B.(eds); V International Oat Conference and VII International Barley Genetics Symposium. Proceedings, Poster Sessions Vol. 1, pp. 155-157.
- CASTRO A., HOFFMAN E. Y ERNST O., 1994. Potencial de producción de cebada cervecera. I.- Potencial nacional y limitaciones para su superación. *Cangüe* 1(1); 18-21.
- CASTRO A., HOFFMAN E. Y ERNST O., 1995. Caracterización y agrupamiento de 11 variedades de cebada de acuerdo a ciclo a espigazón, rendimiento en grano y sus componentes y calidad industrial. In: IVª Reunión Nacional de investigadores de cebada. Palmar, junio de 1993. Mesa Nacional de la Cebada, Montevideo, pp.33-41.
- CASTRO A. Y SIRI G., 1995. Caracterización y agrupamiento preliminar de genotipos de cebada cervecera con dos o más años de evaluación oficial. In: Resúmenes de la Vª Reunión Nacional de investigación en cebada cervecera. Colonia, ju-

- nio de 1994. Mesa de la cebada., Montevideo, pp. 41-48.
- DWYER L.M. AND STEWART D.W., 1987. Influence of photoperiod and water stress on growth, yield and development rate of barley measured in heat units. *Can. J. Plant Sci.* 67: 21-34.
- ELALAOUI A.C., SIMMONS S.R. AND CROOKSTON R.K., 1992. Allocation of photoassimilate by main shoots and non-surviving tillers in barley. *Crop Science* 32: 1233-1237.
- ERNST O., HOFFMAN E., MAILHOS M. Y URRUTY F., 1992. Análisis comparativo de crecimiento de trigo y cebada, y su efecto sobre la determinación del rendimiento. In: Iia. Reunión Nacional de Investigadores de cebada cervecera. La Estanzuela, mayo de 1991. INIA, Montevideo, pp. 138-151.
- ERNST O., HOFFMAN E., BRASSETTI D. Y SIRI G., 1995. Efecto de la época de siembra sobre el crecimiento del cultivo de cebada cervecera. In: IVa. Reunión Nacional de Investigadores de cebada cervecera. Palmar, junio de 1993. Mesa Nacional de la Cebada, Montevideo. Pp. 49-51.
- HOFFMAN E., ERNST O. BRASSETTI D. Y SIRI G., 1995a. Análisis y caracterización de patrones de crecimiento en 11 variedades de cebada cervecera. In: IVª Reunión Nacional de investigadores de cebada. Palmar, junio de 1993. Mesa Nacional de la Cebada, Montevideo, pp.19-32.
- HOFFMAN E., ERNST O. Y CASTRO A., 1995b. Rendimiento en grano y sus componentes. I.- Bases fisiológicas y evolución histórica a nivel mundial. In: IVª Reunión Nacional de investigadores de cebada. Palmar, junio de 1993. Mesa Nacional de la Cebada, Montevideo, pp. 52-59.
- SAS Inst., 1995. SAS - STAT Guide. SAS Inst., Cary, NC.