

Prod. T 14/97

T
15
18

**DESARROLLO APICAL, CRECIMIENTO Y PRODUCCION
EN TRITICALE PARA DOBLE USO DE FORRAJE Y GRANO
EN AMBIENTE MEDITERRANEO**

TESIS DOCTORAL



ASMA BOUJENNA

Dpto. Biología Vegetal

Facultad de Ciencias

Universidad de Granada

1994

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
GRANADA
Nº Documento <u>49666019</u>
Nº Copia <u>21216605</u>

Memoria presentada por la Licenciada

Dña. Asma Boujenna

para aspirar al grado de

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Granada, julio de 1994



Fdo. Asma Boujenna

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Facultad de Ciencias
Fecha <u>1-8-94</u>
ENTRADA NUM. <u>1154</u>

Vº Bº

LOS DIRECTORES DEL TRABAJO



Fdo. Luis F. García del Moral
Profesor Titular
Dpto. Biología Vegetal
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada.



Fdo. José M. Ramos Clavero
Profesor Titular.
Dpto. Biología Vegetal
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada.

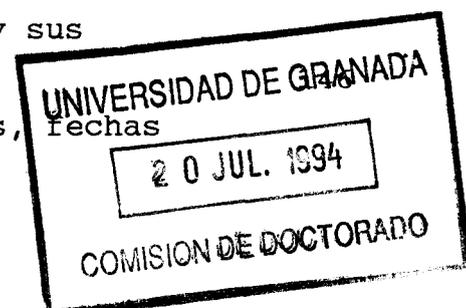
INDICE

0. SUMMARY.

1. OBJETIVOS.	1
2. INTRODUCCION.	2
2.1. Origen y clasificación botánica de los triticales.	2
2.2. Importancia económica del triticales.	5
2.3. Utilización del triticales.	5
2.3.1. Aprovechamiento de grano.	6
2.3.2. Aprovechamiento de forraje.	7
2.3.3. Aprovechamiento mixto forraje y grano.	8
2.4. Morfología del triticales.	10
2.5. Ciclo biológico del triticales.	12
2.5.1. Período vegetativo.	12
2.5.1.1. Germinación y nascencia.	13
2.5.1.2. Ahijado.	14
2.5.2. Período reproductivo.	15
2.5.2.1. Encañado.	15
2.5.2.2. Espigado.	17
2.5.3. Período de maduración.	17
2.6. Crecimiento del grano.	18
2.6.1. Acumulación de hidratos de carbono.	19
2.6.2. Acumulación de proteínas.	20
2.7. Asurado del grano de triticales.	22
2.7.1. Actividad enzimática.	22
2.7.2. Síntesis de almidón.	23
2.7.3. Efecto de los factores genéticos.	24
2.7.4. Efecto de los factores ambientales.	24
2.8. Calidad del grano de triticales.	25
2.9. Calidad del forraje.	26
2.10. Factores que regulan el crecimiento y desarrollo del triticales.	27
2.10.1. Temperatura.	27
2.10.2. Fotoperíodo.	29
2.10.3. Interacción fotoperíodo-temperatura.	30
2.10.4. Humedad.	31
2.10.5. Siembra.	33
2.10.6. Fertilización nitrogenada.	36

2.10.7. Reguladores del crecimiento.	38
2.11.- Fisiología de la producción y de los componentes del rendimiento.	40
2.11.1. Número de espigas.	41
2.11.2. Número de granos por espiga.	43
2.11.2.1. Número de espiguillas por espiga.	43
2.11.2.2. Número de granos por espiguilla.	44
2.11.1.4. Peso medio de los granos.	45
2.12. Efectos de la defoliación sobre el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo.	46
2.12.1. Efectos sobre el crecimiento de las raíces.	47
2.12.2. Efectos sobre la superficie foliar.	47
2.12.3. Efectos sobre el desarrollo.	49
2.12.4. Efectos sobre la cosecha grano y sus componentes.	49
2.12.5. Efectos sobre la producción y calidad del forraje y grano.	52
3. METODOS Y TECNICAS EXPERIMENTALES	53
3.1. Descripción general de los ensayos.	53
3.2. Toma de muestras en el campo.	60
3.3. Obtención de los valores primarios.	64
3.4. Determinación de los componentes del rendimiento.	64
3.5. Disección del material vegetal.	65
3.5.1. Número de primordios y tamaño del ápice..	66
3.6. Metodología para la obtención de la fibra ácido detergente.	67
3.7. Metodología para la obtención de la proteína bruta.	68
3.8. Metodología para la obtención de la proteína digestible.	69
3.9. Cálculo de los índices de crecimiento.	70
3.9.1. Período vegetativo.	71
3.9.1.1. Valores instantáneos.	71
3.9.1.2. Valores medios en un intervalo de tiempo.	73
3.9.2. Período de maduración.	73
3.10. Cálculo de los coeficientes de sendero.	75
3.11. Estudio estadístico.	77

4. RESULTADOS	78
4.1. Desarrollo del meristemo apical.	78
4.1.1. Descripción del desarrollo apical.	78
4.1.1.1. Período vegetativo.	78
4.1.1.2. Período de diferenciación floral.	79
4.1.1.3. Período de crecimiento de las flores.	83
4.1.2. Duración de las fases del desarrollo apical.	85
4.1.2.1. Año 1991.	85
4.1.2.2. Años 1992 y 1993.	89
4.1.2.3. Comparación de tratamientos.	94
4.1.3. Producción de primordios en el tallo principal.	96
4.1.4. Tasa de iniciación y pérdidas de primordios.	105
4.1.5. Estudio del crecimiento del meristemo apical y de la espiga del tallo principal.	110
4.1.6. Relaciones de los parámetros del desarrollo entre sí y con los factores climáticos.	126
4.1.7. Número de primordios en recolección.	133
4.2. Análisis del crecimiento durante la antesis y la madurez fisiológica del cultivo.	135
4.2.1. Diferencias entre los índices de crecimiento y sus componentes.	135
4.2.1.1. Año 1991.	135
4.2.1.2. Año 1992.	137
4.3. Cosecha grano, producción de forraje y componentes de la cosecha en función de las fechas de siembra, genotipos y tratamientos de corte.	139
4.3.1. Año 1991.	139
4.3.1.1. Cosecha grano por unidad de superficie y por planta.	139
4.3.1.2. Producción de forraje.	141
4.3.1.3. Biomasa total utilizable.	141
4.3.1.4. Componentes de la cosecha.	143
4.3.1.5. Parámetros relacionados con la cosecha.	145
4.3.1.6. Relaciones entre la cosecha grano y sus componentes.	
4.3.1.7. Rentabilidad económica de genotipos, fechas	



de siembra y cortes.	149
4.3.2. Año 1992.	150
4.3.2.1. Cosecha grano por unidad de superficie y por planta.	150
4.3.2.2. Producción de forraje.	152
4.3.2.3. Biomasa total utilizable.	152
4.3.2.4. Componentes de la cosecha.	154
4.3.2.5. Parámetros relacionados con la cosecha.	155
4.3.2.6. Relaciones entre la cosecha grano y sus componentes.	156
4.3.1.7. Rentabilidad económica de cortes, genotipos y fechas de siembra.	158
4.4. Contenido de proteínas del grano.	160
4.5. Calidad del forraje.	162
4.6. Correlaciones de los índices de crecimiento entre sí y con la cosecha grano.	164
4.6.1. Año 1991.	164
4.6.2. Año 1992.	165
4.7. Pérdidas de cosecha grano, biomasa y área foliar después de los cortes.	165
4.7.1. Diferencias entre las pérdidas de cosecha, biomasa y área verde.	166
4.7.1.1. Año 1991.	166
4.7.1.2. Año 1992.	167
4.7.2. Correlaciones entre las pérdidas de biomasa y área verde con la cosecha grano.	168
5 DISCUSION.	171
6 CONCLUSIONES.	193
7. BIBLIOGRAFIA.	196

SUMMARY

Title: Apical Development, Growth, and Grain Yield in Triticale Grown for Dual Purpose (Forage and Grain) in a Mediterranean Environment

Triticale (*X Triticosecale* Wittmack), is a relatively new cross between wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.). The possible types of production and uses for this cereal include:

-- Grain production for animal feed.
-- Forage production for animal feed, either fresh or as silage or hay, alone or mixed with a legume.

--Dual use of forage and grain in areas of extensive farming. The dual-purpose consists of grazing (or cutting) the crop at the early stages of development, and then allowing it to produce grain. This dual management, however, is currently limited by a general lack of information concerning the impact of forage removal on plant growth and grain yield.

Studies conducted in different environments, including marginal conditions, indicate that triticale biomass production is considerably greater than that of wheat, oats, barley or rye. Forage removal alters plant tillering, stem elongation and the growth of leaves and roots. Grain yield is also influenced, depending on environmental conditions, moisture and fertility of the soil, husbandry practices and plant genotype.

Neither forage nor dual-purpose triticale varieties have been released in Spain until now. However, the different responses to cutting reflect genetic variability within the genotypes. This study examines the effects of forage removal on subsequent growth, development and grain yield in triticale grown under irrigation and with high soil fertility in a Mediterranean environment (southern Spain).

The objectives were:

- a) to investigate the influence of forage removal on apical growth and development;
- b) to determine the optimal period for sowing and cutting to obtain the best dual production;
- c) to ascertain the recuperation capacity of triticale after cutting, using the classical techniques of Plant Growth Analysis;
- d) to determine the effects of forage removal on grain production in terms of yield components.

The information thus obtained will not only help provide a series of selection criteria for genetic improvement programs concerned with dual-purpose triticale, but will also offer cultivation guidelines for minimizing the negative effects that forage removal can exert on grain production.

Five triticale genotypes (*Tutor*, *Trujillo*, *Tropical*, *Adrian* and *Lasko*), were sown in two periods during three years and subjected to two treatments of simulated pasturing at two different developmental stages (stage 30 and 31 of Zadoks' scale) and compared with one control left uncut. The experimental design was randomized blocks with four replications in plots of 12 m².

Over the three years of tests, plant material was collected in series at approximately 15-day intervals, from the three-leaf stage until harvest, for the growth analysis, and between three and five days for the study of apical development. From the last sampling before harvest, 10 plants per plot were used to establish the yield components.

The principal effect of the cuttings was to delay the stage of the terminal spikelet (when the maximum number of spikelets is reached in triticale), but cuttings also shortened the period from this stage to anthesis.

The number of primordia in the terminal-spikelet stage, at anthesis and physiological maturity, was reduced significantly only after cutting at stage 31. Forage removal at both stages reduced the rate of primordium initiation, especially in the C31 treatment. Conversely, the loss of primordia from the terminal-spikelet stage to maturity was significantly greater in the C30 treatment.

Among sowing dates, the greatest influence on apical development occurred in the period of floral differentiation, since during the other stages no significant variations appeared. Among genotypes, the highest rate of primordium initiation from the double-ridge stage until that of terminal spikelet corresponded to Adrian, followed with significant differences by Tutor and Lasko. As a consequence of these greater rates of initiation, these genotypes also showed the highest number of potential spikelets. The losses of primordia after the cutting were higher than in control.

The variety Tutor produced the most dry forage, with important differences with respect to Tropical (82%) and Trujillo (23%). The production of dry forage at the middle of November exceeded that at the beginning of December. The plots cut at stage 31 gave more forage than those cut at stage 30. The total production of forage and grain was greater for the second sowing than for the first. The total usable biomass from the plots cut at stage 31 exceeded that of plots cut at stage 30 or left uncut.

The cuttings, both at stage 30 and 31, reduced the grain yield by decreasing two yield components--the number of spikes and grains per spike. Sowing in the first few days of December rendered greater grain production than in the middle of November. The uncut plots yielded more grain than cut plots, while comparisons between cuttings showed no statistical differences in grain yield between stage 30 and 31.

The yield components which most affected grain yield among the sowing dates were the number of spikes (both by surface unit and per plant) and the number of grains per spike (this as a function of the number of grains per spikelet). In the case of the genotypes, Tutor differed from Tropical and Trujillo. The grain yield of Tutor varied principally according to the number of grains per spike, whereas the yields of Tropical and Trujillo were principally a function of mean weight per grain.

The most important effects of the cutting treatments were reductions in both Crop Dry Weight and in the Leaf Area Index at anthesis and maturity. These reductions were somewhat more pronounced with treatments at stage 31, although the differences with respect to stage 30 were not great. This loss in Leaf Area Index provoked a parallel effect in Leaf Area Duration from anthesis to maturity.

Cutting reduced the Leaf Area Index primarily by decreasing the leaf area per plant, reflecting a lower number as well as smaller size of leaves.

In general, a close relationship was found between the losses caused by cuttings in the Leaf Area Index at anthesis and the subsequent losses in grain yield. Consequently, this study indicates that the genotypes such as Tropical, Tutor and Trujillo, which present a high leaf-area regeneration capacity after cutting, are the most advisable cultivars for dual use as forage and grain, under Mediterranean conditions. On the other hand, Adrian and especially Lasko proved inadequate for dual-purpose use under the conditions of southern Spain.

1.- OBJETIVOS.

El objetivo general de este trabajo ha consistido en el estudio de una serie de aspectos fisiológicos de la respuesta del triticale a la defoliación, con el propósito de establecer algunos parámetros que puedan ser usados como criterios de selección de variedades con buena aptitud para el aprovechamiento mixto forraje-grano. Dentro de este objetivo general, los objetivos específicos de este estudio son:

1.- Caracterizar el desarrollo del meristemo apical del triticale en respuesta a la defoliación, estudio que permitirá conocer la capacidad de recuperación de los genotipos de triticale utilizados y, por tanto, su potencialidad de regeneración tras el aprovechamiento forrajero.

2.- Realizar un análisis del crecimiento a lo largo del desarrollo del cultivo, para poner de manifiesto las diferencias en la respuesta a la defoliación de los distintos genotipos de triticale utilizados. Este estudio posibilitará la clasificación de estos triticales en categorías, según su aptitud para el rebrote tras el aprovechamiento de forraje.

3.- Analizar el efecto de la defoliación sobre la producción de grano a través de la modificación en los componentes del rendimiento, datos que permitirán diseñar las operaciones de cultivo para intentar minimizar los efectos negativos del pastoreo sobre la cosecha de grano.

4.- Determinar las épocas óptimas de la siembra y del corte para un adecuado aprovechamiento mixto forraje-grano bajo las condiciones de la provincia de Granada.

2.- INTRODUCCION.

2.1.- Origen y clasificación botánica de los triticales.-

El triticales (XTriticosecale Wittmack) fue obtenido por la duplicación cromosómica del híbrido procedente del cruce de los géneros Triticum y Secale. Desde el punto de vista Botánico se sitúa en el mismo orden y familia que sus progenitores: orden Graminales, familia Graminae, tribu Triticeae, género Triticosecale.

El triticales fue descrito por primera vez por Wilson en 1876 al informar, a la Sociedad Botánica de Edimburgo, de la obtención de dos plantas estériles del cruce del trigo hexaploide (Triticum aestivum) y el centeno diploide (Secale cereale) (Müntzing, 1979). El cultivo del híbrido no fue muy importante hasta los primeros decenios del siglo XX, cuando científicos europeos, en particular Müntzing de Suecia, comenzaron a explorar su potencial como cultivo comercial, pero sus esfuerzos se vieron frustrados por la persistente infertilidad de los híbridos, su tendencia a producir semillas arrugadas y por la dificultad de obtener cantidad suficiente de semillas.

En España, el profesor Enrique Sánchez-Monge Parellada fue uno de los investigadores pioneros a nivel mundial en la introducción y mejora del triticales y, en concreto, del triticales hexaploide.

Un gran avance en la mejora genética del triticales fue la obtención del genotipo Armadillo en el CIMMYT (Centro Internacional para la Mejora del Maíz y Trigo). Casualmente, polen de trigo procedente de una parcela vecina fecundó una planta de triticales degenerada, relativamente alta y estéril (Borlaug 1969, en National Research Council 1989). Dos años después, las plantas descendientes manifestaban una serie de caracteres muy favorables tales como insensibilidad al fotoperíodo, menor altura, precocidad en la maduración, mayor

peso específico del grano, buena calidad nutritiva y, lo que es más importante, carecía de los problemas de esterilidad que habían frenado el desarrollo de nuevos triticales. A partir de 1970, la síntesis de líneas de triticales hexaploides aumentó en número y en calidad agronómica, especialmente al incorporar Armadillo en su pedigree (National Research Council 1989).

Los triticales se pueden clasificar en:

- "Primarios", híbridos obtenidos inmediatamente después de la duplicación de los cromosomas posterior a la hibridación interespecífica.

- "Secundarios", híbridos obtenidos a partir del cruzamiento entre triticales primarios; entre estos y trigos hexaploides; o, en general, los derivados de cruzamientos más o menos amplios. Entre ellos cabe la posibilidad de que haya sustituciones de cromosomas del centeno (2R) por otro de trigo harinero (2D), esta clase se denomina "triticales sustituidos", y llamándose "triticales completos" los que tienen el genomio R completo. Es de destacar que los triticales completos son mejores que los sustituidos para el doble uso. Además, los triticales completos suelen estar más adaptados a suelos ácidos, mientras que los sustituidos lo están a suelos alcalinos (Royo *et al.*, 1993a).

Según su dotación cromosómica se distinguen los siguientes tipos (Münzing, 1979; Royo, 1992):

Triticales tetraploides : $2n=4x=28$ se obtienen del cruzamiento entre el triticales hexaploide (AABBRR)x(RR) y el centeno diploide seguido de autofecundaciones sucesivas. La estabilidad cromosómica es buena pero su fertilidad es deficiente, aunque actualmente se están haciendo intentos para su mejora (Lapinski *et al.*, 1994).

Triticales hexaploides: $2n=6x=42$ cromosomas y su constitución genómica es AABBRR. Proceden de la duplicación cromosómica del híbrido resultante del cruzamiento entre T. turgidum (AABB) y S. cereale (RR). Los primeros fueron obtenidos en 1938 por Derjavin. Debido a sus favorables características, Sánchez Monge realizó en España un intenso trabajo sobre su obtención y aplicaciones.

Triticales octoploides: $2n=8x=56$ cromosomas los obtuvo Müntzing en 1948. Su constitución genómica procede del Triticum aestivum (AABBDD) y del Secale cereale (RR) para originar un genomio AABBDDRR. Estudios realizados en China durante los últimos 40 años, presentan a este tipo de triticales como muy prometedor para sustituir a las variedades comunes de trigo (Zhao y Li, 1994).

Triticales decaploides: $2n=10x=70$ cromosomas con genomio AABBDDRRRR obtenido por Müntzing en 1955. Resultan del cruzamiento entre el triticales octoploide y el centeno diploide. Son citológicamente inestables, con poco vigor y fertilidad.

De los distintos tipos de triticales, los hexaploides son los que tienen mayor importancia, no sólo desde el punto de vista agronómico, sino también por su interés en investigaciones básicas, ya que han supuesto un material ideal para llevar a cabo gran cantidad de estudios de cruces entre distintas especies. Los triticales hexaploides son plantas que producen más materia seca que sus parentales. Además muestran mayor número de espigas por planta, de espiguillas por espiga, y de flores por espiguilla, teniendo mayores niveles de lisina, metionina y, en general, de proteínas (20%) que sus parentales trigo duro (11%) y centeno (13%). Sin embargo, presentan una gran desventaja agronómica, su grano arrugado, que suele marcar negativamente la utilización del mismo.

2.2.- Importancia económica del triticale.-

Actualmente se estima que se cultiva el triticale en 32 países, en aproximadamente dos millones ciento treinta mil hectáreas. En las áreas más desarrolladas se ha expandido rápidamente, sobre todo en las que existía un programa de mejora capaz de obtener un nuevo germoplasma. En algunos países se cultiva extensamente, siendo Rusia, Polonia, Francia y Australia los de mayor importancia, seguidos de otros 15 países entre los que se encuentran España, EE.UU, Portugal y Alemania. En el resto, la difusión es escasa, limitándose prácticamente a la realización de estudios previos (National Research Council 1989; Royo, 1992).

En España la importancia del triticale como cultivo ha ido en aumento en los últimos años, dedicándosele unas 73.000 Has en 1989. Actualmente existen unas 22 variedades al alcance del agricultor español, de las cuales 8 fueron registradas antes de 1987. Las últimas variedades registradas han mostrado un valor agronómico mayor que las primeras, lo cual ha contribuido a despertar un enorme interés por el cultivo del triticale dentro del sector productivo y en la fabricación de piensos. El triticale es un cultivo nuevo que se encuentra en fase de estudio y evaluación, tanto desde el punto de vista productivo como de aceptación por parte de los consumidores. Actualmente se están realizando intentos de mejora de nuevas variedades de triticale hexaploide con técnicas como el AMMI (Kaltsikes *et al.*, 1994). Por tanto, su futuro va a depender de que se mejore suficientemente y se compruebe su utilidad y competitividad con otros cereales, aspecto en que deberán implicarse tanto los grupos investigadores que trabajan en triticale como los consumidores directos (Green, 1994).

2.3.- Utilización del triticale.-

Las posibilidades de utilización del triticale son principalmente (Royo, 1992):

-Producción de grano para su inclusión en dietas animales y consumo humano.

-Producción de forraje para su consumo en verde, ensilado o henificado, sólo o asociado a una leguminosa.

-Aprovechamiento mixto forraje-grano en zonas de ganadería extensiva.

2.3.1.- Aprovechamiento de grano.-

Las variedades de triticale que se han desarrollado para la producción de grano tienen bastante interés porque pueden ser usadas como sustituto válido del trigo y la cebada en muy diferentes zonas (Sweeney et al., 1992; Josephides, 1993; Bernard et al., 1994). Además, el contenido de proteína del grano, si bien está muy ligado al genotipo y a las condiciones ambientales en que tiene lugar la producción, es totalmente competitivo con el del trigo (Heger y Eggum, 1991). Por otra parte, la proporción de aminoácidos esenciales en triticale es equilibrada, lo que justifica su gran interés en la producción de piensos compuestos como sustituto del maíz y el sorgo (Skovmand et al., 1984).

Todos estos aspectos sugieren que el grano de triticale puede ser adecuado tanto para la alimentación animal como para la humana. El programa de triticale en CIMMYT se ha concentrado en el desarrollo del cultivo como alimento para el hombre. La harina de triticale resulta aceptable para producir, sin modificaciones técnicas de panificación, muchos productos de pan sin levadura. Sin embargo, las mezclas de harinas de triticale y de trigo harinero son superiores a la de harina de triticale sólo para la producción de ciertos productos (Peña, 1994).

Se ha comprobado que el grano de triticale es un alimento excelente tanto para monogástricos (aves, cerdos, conejos), como para pollos y gallinas ponedoras, donde puede sustituir al maíz

y al trigo sin que disminuya la eficacia de la dieta. Además su mayor contenido de proteína permite disminuir la cantidad de soja en las raciones. Los animales poligástricos, en general utilizan el triticale de forma eficiente aunque resulta más adecuado para terneros jóvenes, vacas lecheras jóvenes o como un suplemento proteínico parcial en los de engorde-acabado, para aprovechar la excelente calidad de las proteínas del grano (Skovman et al., 1984).

2.3.2.- Aprovechamiento de forraje.-

El triticale es un cereal muy apto para ser pastoreado por el ganado ya que produce una aceptable cantidad de biomasa. Ello da la posibilidad al agricultor ganadero de proveerse de forraje a la salida del invierno, cuando hay escasez de heno (Martinez Ochoa et al., 1989). Esta práctica viene realizándose con asiduidad en algunos países, donde el triticale es un componente más de las mezclas forrajeras. La aptitud del triticale como cereal forrajero está ligada al genotipo y al ambiente (Vogel et al., 1993). En general, los triticales de invierno con una gran producción de biomasa, se consideran los más adecuados (Qualset, 1985; Royo, 1990). Otro carácter del que depende la producción de forraje es la morfología del cultivo. Así, se ha demostrado que las variedades erectas son, generalmente, mayores productoras de forraje que las de hábito postrado (Carver et al., 1991; Ud-Din et al., 1993).

Algunos estudios (Bishnoi et al., 1978), han demostrado que el rendimiento de los cultivares de triticale como forraje y como ensilado fue significativamente mayor que el de trigo, centeno, cebada y avena. Los mismos investigadores estudiaron el potencial del triticale como forraje complementario de invierno, demostrando que tenía mayor potencial como forraje, mayor contenido de proteínas y mayor rendimiento que la avena. Otros estudios han dado resultados favorables a los triticales en términos de producción de forraje y contenido de proteínas al

compararlo con avena, cebada y trigo. En ensayos comparativos con trigo se ha observado que el mayor rendimiento del triticale obedece a la mayor superficie fotosintética, mayor eficacia en la fotosíntesis y superior acumulación de materia seca durante el periodo de llenado del grano (Kurbanova et al., 1988).

En algunas zonas de la antigua Unión Soviética, se han alcanzado hasta 6000 Kg de materia seca y 430 Kg de proteína digestible por Ha (Sheredeka, 1988). También se han conseguido líneas forrajeras con rendimiento en verde de 56 Tm/Ha y contenido en proteínas del 9 al 12%. En pruebas de pastoreo con novillos, comparando el triticale con otros cereales se obtuvieron unos aumentos medios en peso de 0.72 Kg con triticale, 0.69 Kg con trigo y 0.59 Kg con centeno (Rossi, 1978). Además, la calidad del forraje del triticale, tanto si se siega en el ahijamiento como en estado de zurrón, es bastante alta (Carnide et al., 1988).

2.3.3.- Aprovechamiento mixto forraje y grano.-

El aprovechamiento mixto consiste en segar o pastorear el cultivo en un estadio precoz de su desarrollo y posteriormente utilizar el rebrote de la planta para la producción de grano. En la utilización mixta del triticale hay que tener en cuenta algunos aspectos, como la palatabilidad del forraje, la recuperación del cultivo después del pastoreo y el rendimiento en grano (Wright et al., 1986; Royo, 1992).

El triticale para doble uso se viene ensayando en diversos países desde hace algún tiempo (Carnide et al., 1988; Pfeiffer, 1994; Singh et al., 1994)). El CIMMYT, pionero en el desarrollo del germoplasma de triticale desde 1964, inició recientemente una línea de trabajo para la obtención de triticales forrajeros, con los que se están realizando pruebas en el CIDA de Granada. Se han hecho algunos estudios sobre el aprovechamiento mixto de triticales procedentes de CIMMYT, observándose que la producción

de materia seca al final del ahijamiento puede hasta 5 ó 6 Tm/Ha. En estos ensayos el rendimiento del triticale en grano después del corte de forraje estuvo por encima del de otros cereales, observándose que la disminución de rendimiento en grano (entre el 10 y el 50% comparada con los testigos no cortados) dependía del genotipo (Nachit, 1983).

La respuesta del triticale al corte, por tanto, parece depender del genotipo, sobre todo en función de si su hábito es de invierno o primavera, por ello es necesario hacer una buena selección para este propósito (Royo et al., 1994a). Una de las variedades más adecuadas para el doble aprovechamiento es Trujillo, que produce cantidades importantes de forraje y de buena calidad; sin que su rendimiento de grano disminuya excesivamente. Esto ha sido explicado por el hecho de que el corte tuvo un efecto positivo sobre el encamado, disminuyendo la altura de las plantas (Royo et al., 1993b). En algunas zonas de centroeuropa, actualmente se cultiva el triticale de invierno Lasko, que es una variedad mucho más apropiada que Trujillo para el doble uso en esos ambientes (Varughese et al., 1987).

La recuperación de las plantas después del corte depende de los genotipos utilizados y del momento en el cual se ha efectuado el corte. Los inviernos cálidos favorecen el corte temprano de las plantas y les permite tener más tiempo para recuperarse antes de la cosecha, mientras que los inviernos fríos obligan las plantas a retardarse para alcanzar el mismo estadio de desarrollo, en consecuencia el tiempo necesario para la recuperación de la planta se reduce y el rendimiento grano también (Royo et al., 1993b).

El ambiente en que se desarrolla el triticale es también de gran importancia para un buen aprovechamiento forraje-grano. Así, en ambientes tipo Mediterráneo, se ha demostrado que el doble uso del híbrido es adecuado en condiciones de regadío o de secano moderado (con precipitaciones de al menos 400mm durante el ciclo del cultivo). Sin embargo, el doble aprovechamiento no es

recomendable en zonas con escasas lluvias estacionales (Ramos et al., 1993).

Otro aspecto a considerar es la época de siembra. En estudios realizados en tres zonas bien diferenciadas climatológicamente de la provincia de Granada se ha comprobado que las fechas de siembra más adecuadas para un buen aprovechamiento mixto de forraje y grano se encontraban situadas en una banda de alrededor de 15 días comprendida entre la última semana de Noviembre y la primera de Diciembre (Marinetti, 1992).

En condiciones climáticas que determinen riesgo de encamado y suelos fértiles, el rendimiento en grano puede incluso aumentar después del pastoreo (Sprague 1954; Royo, 1992). En condiciones climáticas deprimidas y de escasa fertilidad del suelo es previsible una disminución del rendimiento en grano cuando se pastorea durante el periodo vegetativo (Crawford y Mc Leod, 1967; Mc Leod, 1975; Kilcher 1982). El aprovechamiento de forraje durante el ahijamiento puede no afectar al rendimiento en grano del triticale (Carnide et al., 1988), pero el pastoreo durante el encañado es particularmente negativo en los cereales de invierno, ya que se eliminan los ápices vegetativos (Hubbard y Harper, 1949; Holiday, 1956 a y b; Morris y Gardner, 1958). Sin embargo, recientemente se ha demostrado que en años de invierno templado, cuando se adelanta el ciclo del triticale, pueden realizarse aprovechamientos de forraje que eliminen el ápice del tallo sin disminución importante del rendimiento en grano (Royo et al., 1993b).

2.4.- Morfología del triticale.-

Debido a la relativamente escasa bibliografía específica sobre morfología, desarrollo y crecimiento del triticale, en los siguientes apartados se utiliza información tanto de triticale como de otros cereales.

El triticale se considera una planta autógena. Sin embargo, dado que es el resultado del cruzamiento entre una planta autógena (trigo) y una planta alógena (centeno), los triticales primarios presentan un alto porcentaje de alogamia. A medida que han sido mejorados y se han logrado triticales secundarios este porcentaje ha disminuido.

Es una planta anual de porte herbáceo, que en la madurez puede alcanzar metro y medio de altura. El sistema radicular es fasciculado, presentándose la mayor parte de las raíces en los primeros 25 cm de suelo, aunque las más largas pueden alcanzar 1.5 m o más (Müntzing, 1979).

La planta no adquiere un verdadero tallo hasta la fase de encañado; antes de esta tiene pseudotallos, formados por las vainas de las hojas, que recubren las yemas terminales. Una vez desarrollado, el tallo es cilíndrico, nudoso y hueco, con aspecto ceniciento por estar rodeado de una capa de pelos blandos y aterciopelados, contiene de 5 a 8 nudos y otras tantas hojas cintiformes, de color verde-grisáceo. Las hojas son bastante largas, con dos estípulas cubiertas de fino vello y una lígula transparente y corta aplicada sobre el tallo.

La espiga mide aproximadamente de 12 a 15 cm de longitud por término medio (aunque las hay hasta de 28 cm), siendo más larga que la del trigo y centeno. Está formada por un tallo o raquis, sinuoso, que lleva insertas, alternativamente a un lado y otro de 20 a 25 espiguillas, valor que también es mayor que en la espiga de trigo. El número de granos por espiga también es superior que el de su progenitor, llegando incluso a ser del doble. Las espiguillas no poseen pedúnculo, encontrándose su eje o raquidío unido directamente al raquis. Cada espiguilla contiene hasta 9 flores, de las cuales abortarán un número bastante elevado, dependiendo de las condiciones ambientales (Briggle, 1969). La flor es hermafrodita, con un ovario súpero formado por dos carpelos que contienen un óvulo y posee dos estigmas largos y plumosos; la parte masculina de la flor está representada por

tres estambres formados por un filamento y dos anteras péndulas. Cáliz y corola están reducidos a dos escamitas, dispuestas externamente respecto a los estambres, llamadas glumélulas. En la floración estas se hinchan y provocan la apertura de las flores. Estambres y pistilo están envueltos por dos brácteas o glumillas insertas en sus bases y diferenciadas según su posición en glumilla superior o pálea y glumilla inferior o lema. Esta última puede estar provista de una prolongación llamada arista o barba, finamente dentada y que tiene un carácter defensivo. Las flores así formadas se insertan en número variable en el raquídio de una espiguilla, la cual está protegida por dos brácteas en su base llamadas glumas.

El grano es un fruto monospermo, seco e indehiscente (conocido botánicamente como cariósipide). En comparación con el trigo resulta más alargado, bastante arrugado, opaco y de color oscuro, presentando un acanalamiento en una de sus caras. Tiene fractura blanca y es fácilmente pulverizable, debido a la escasa cohesión entre los cuerpos protéicos, los gránulos de almidón y las paredes celulares (Müntzing, 1979).

2.5.- Ciclo biológico del triticale.-

Durante el ciclo de vida del triticale se pueden distinguir tres fases principales: Período vegetativo, período reproductivo y período de maduración.

2.5.1.- Período vegetativo.-

Comprendido entre la germinación de la semilla y el inicio de la diferenciación de la espiga. Esta fase está caracterizada por procesos de fotosíntesis y de absorción de nutrientes minerales.

2.5.1.1.- Germinación y nascencia.-

Desde un punto de vista fisiológico, la germinación se inicia con la fase de imbibición de la semilla, continúa con un período de importante activación enzimática y termina con la elongación de la radícula. Sin embargo, en agronomía una definición satisfactoria debe incluir el crecimiento a través del suelo hasta la elongación del coleóptilo (Wellington, 1966).

Al inicio del desarrollo del grano, cuando este ha absorbido suficiente cantidad de agua, dispone de oxígeno y de una temperatura adecuada, el embrión pasa de vida latente a activa. La germinación comienza cuando la coleorriza emerge desde la base del grano, seguida días después por las raíces seminales secundarias.

La nascencia tiene lugar al aparecer el coleóptilo a nivel del suelo recubriendo la plúmula. A continuación la primera hoja atraviesa el coleóptilo y las raíces seminales crecen, con lo que la plántula puede alimentarse a partir del suelo, finalizando con ello la fase de germinación-nascencia.

La capacidad de germinación depende del tamaño de la semilla y del embrión, de la composición química de la semilla, de la fecha, profundidad y densidad de siembra y de las condiciones climáticas durante la germinación. El porcentaje de nascencia depende de las condiciones ambientales después de la siembra. Los factores decisivos son temperatura y contenido de humedad en el suelo. La nascencia es lenta cuando el contenido de humedad es excesivo, ya que esta aumenta el período entre la siembra y la emergencia. Esto se debe a la falta de oxígeno alrededor de la semilla, lo que causa un lento crecimiento de la planta y de sus raíces.

2.5.1.2.- Ahijado.-

El ahijamiento se inicia cuando el coleóptilo emerge y finaliza con la erección de los pseudotallos (formados por las vainas de las hojas). A su vez puede dividirse en dos etapas: Preahijamiento y ahijamiento.

-**"Preahijamiento"**: Comienza cuando la primera hoja, todavía enrollada, perfora el coleóptilo. Cuando esta se encuentra aún en la primera mitad de su desarrollo, aparece el ápice de la segunda hoja, cuya base permanece envainada por el coleóptilo; en este estadio la planta posee cinco o seis raíces primarias. Una vez que las dos primeras hojas han mediado su desarrollo apunta la tercera; al mismo tiempo, se puede distinguir el mesocotilo o rizoma, el cual termina en un abultamiento que se hincha progresivamente hasta formar la corona o nudo de ahijamiento. El mesocotilo es tanto más largo cuanto más profunda sea la siembra, ya que el nudo de ahijamiento se forma a nivel del suelo. La aparición de la cuarta hoja y la emergencia del tallo principal marcan el final de esta etapa.

-**"Ahijamiento"**: La corona engrosa progresivamente, pudiendo adivinarse los esbozos de las raíces secundarias, que a los pocos días perforarán su base, para desarrollarse rápidamente.

El nudo de ahijamiento está constituido por un número variable de yemas, a cada una de las cuales corresponde una hoja, en cuyas axilas se forman las yemas laterales, de las que surgirán los tallos secundarios en una cantidad que depende de la variedad y el ambiente.

Con la aparición de la cuarta hoja coincide el primer brote hijo (T-1) y con la quinta el segundo (T-2); de esta forma a cada nueva hoja le corresponde la aparición de un tallo hijo. La primera hoja que se desarrolla depende de la profundidad de siembra y de la temperatura. Si el grano está a 5 cm de la superficie del suelo, la primera en crecer es la tercera yema

axilar, pero si la siembra fué superficial, se puede desarrollar la yema del coleoptilo dando lugar a un tallo hijo que raramente llega a la madurez. Durante el crecimiento inicial el ahijamiento está encerrado en la vaina de las hojas correspondientes y depende totalmente del eje principal para el suministro de nutrientes (Lasztity, 1987). Los tallos hijos no llegan a hacerse independientes hasta que hayan desarrollado al menos tres ahijamientos maduros, momento en el que tienen raíces adventicias en su base (Carson y Horne, 1962; Cannel, 1969 a y b).

El ahijamiento termina con la elongación de las vainas foliares y la erección plena de los pseudotallos. La transición entre el período vegetativo y reproductivo viene marcada por un aumento de la tasa de iniciación de primordios apicales, que dejan de producir hojas para comenzar a producir espiguillas (Baker y Gallagher, 1983).

2.5.2.- Período reproductivo.-

Comprende desde el inicio del encañado hasta que la espiga se encuentra totalmente fuera de la vaina con grano formado y acuoso. Se subdivide en dos fases bien diferenciadas, encañado y espigado.

2.5.2.1.- Encañado.-

A lo largo de esta fase una parte de tallos hijos formados evoluciona dando lugar a espigas terminales, mientras que el resto de los ahijamientos retrasará su crecimiento para posteriormente detenerlo sin llegar a florecer. Cuando las condiciones climáticas son favorables, los entrenudos del tallo principal se alargan y se desarrolla en cada nudo una hoja. La elongación de los tallos secundarios, se produce de una a tres semanas después que la del tallo principal (Hay, 1978), pero con mayor rapidez, con lo que el estadio morfológico de los tallos

se iguala cuando emerge la espiga, característica común a numerosos cereales (Bergal y Clemencet, 1962).

Hasta después de la iniciación floral no ocurre un alargamiento visible del tallo. Posteriormente el crecimiento del tallo, se produce a partir del meristemo intercalar y el entrenudo se alarga solamente cuando la hoja que se inserta encima de él ha terminado su crecimiento. Al mismo tiempo se alargan las vainas foliares y por reabsorción del tejido central del entrenudo aparece la cavidad medular. Los entrenudos se hacen cada vez más largos, desde la base a la parte superior del tallo, de tal forma que el último entrenudo puede llegar a representar la mitad de la longitud del tallo (Rawson y Evans, 1971; Wardlaw, 1979). Al final, la altura de la planta puede variar entre 50cm y 1.5m dependiendo de las condiciones ambientales y del genotipo.

La distribución relativa de las hojas en el espacio es un aspecto importante y da lugar a la estructura y arquitectura foliar. Las hojas formadas antes de la iniciación foliar se originan próximas a la corona, pero después de la iniciación, el tallo se alarga y las hojas se separan cada vez más en el eje vertical, dando mejor distribución de la luz dentro de la estructura foliar.

La mayor producción de área foliar tiene lugar durante la fase de máxima elongación de los tallos, cuando éstos han alcanzado la mitad de su tamaño final. En la emergencia de la espiga el área foliar disminuye en $2/3$ de su máximo valor (Watson, 1947). Sin embargo, si se incluye el área verde de las vainas foliares y de los tallos a las láminas de las hojas, la superficie fotosintética continúa creciendo hasta un máximo en el momento de la emergencia de la espiga, para después decrecer hasta cero en la maduración (Watson *et al.*, 1958).

2.5.2.2.- Espigado.-

La emergencia de la espiga comienza cuando la espiguilla terminal puede verse por encima de la hoja bandera, mientras que se considera que la emergencia se ha completado (la espiga ha aparecido totalmente), cuando la espiguilla basal sobrepasa dicha hoja (Zadoks et al., 1974). La floración o antesis normalmente tiene lugar tres o cuatro días después de la emergencia de la espiga, pudiendo reducirse en uno a tres días si el tiempo es cálido. Se manifiesta con la aparición de las anteras amarillas fuera de las espiguillas, primero en la parte central de la espiga luego en los dos extremos, en este momento tiene lugar la floración completa del triticales.

Durante esta etapa el crecimiento del tallo tiende a estabilizarse, aunque el entrenudo superior puede continuar su extensión después de la antesis, en una proporción que depende del genotipo, riqueza del suelo y condiciones ambientales (Bergal y Clemencet, 1962). El área foliar y el número de tallos incrementan paralelamente, alcanzando su valor máximo casi al mismo tiempo; luego decrecen después de una senescencia progresiva de las hojas y de la muerte de los tallos. Igualmente el sistema radical se encuentra en este momento bien desarrollado.

2.5.3.- Período de maduración.-

Durante esta fase, una vez que se ha fijado el número real de granos por espiga, se determina el peso final de los mismos. En el triticales, aunque la fase de crecimiento lineal del grano no difiere de la del trigo, la duración del período de maduración es, inexplicadamente, mucho más larga. La longitud de este período está influenciada por los factores ambientales, sobre todo la temperatura, pero también por los factores genéticos, probablemente debidos al origen híbrido de la planta. En esta fase de maduración suele ocurrir, de forma paralela a la pérdida

de agua, una disminución del peso seco del grano, causa principal de su arrugamiento o "asurado". Reducir la duración de esta fase pudiera impedir o, por lo menos paliar, esta evidente pérdida de calidad.

2.6.- Crecimiento del grano.-

En los cereales, el crecimiento del grano se comporta como una sigmoide. Se inicia con una etapa de crecimiento lento, continúa con un aumento casi lineal del peso seco en función del tiempo y finalmente se detiene de una forma más o menos brusca.

Se suele considerar que el crecimiento del grano se hace lineal a partir de un peso aproximado de 10mg, por lo que su peso final dependerá de la pendiente de la recta (que es función de la intensidad de la fotosíntesis y del aporte de carbohidratos desde las reservas vegetativas) y de la duración de la etapa de crecimiento, que viene determinada por los factores ambientales. De esta manera, el peso medio final del grano puede ser analizado en términos de intensidad y duración de almacenamiento de sustancias según: $PG=Pi+(RxD)$. Siendo R el incremento en peso seco a lo largo de la fase lineal de crecimiento; D, la duración de dicha fase y Pi, el peso del grano al inicio de su fase de crecimiento (García del Moral y Ramos, 1989).

El cese del crecimiento del grano se produce por causas aún no suficientemente aclaradas, aunque se relacionan más con la caída de la capacidad de síntesis del almidón, inducida por la deshidratación de las enzimas del endospermo, que con la falta real de asimilados (Evans et al., 1975). El volumen del grano puede disminuir debido a una pérdida rápida de agua (más del 50% en una semana). Algunos autores afirman que esta disminución de volumen representa una pérdida de potencial de almacenaje, no comprendiéndose por qué cesa el almacenamiento en situaciones en que todavía hay disponibles asimilados (García del Moral y Ramos, 1989).

Durante el estadio de grano pastoso y seco, cuando las glumas están perdiendo su color verde y la planta prácticamente ha terminado su actividad fisiológica, se alcanza el máximo peso seco del grano. La humedad del grano, que en la antesis era del 80%, disminuye aproximadamente hasta el 40-45% en la madurez y hasta el 8-10% en la recolección, dependiendo fundamentalmente de la humedad y temperatura del aire. Asimismo, se registra una pérdida de peso seco, debido principalmente a los fenómenos respiratorios del grano, que también son función de la temperatura del aire (García del Moral y Ramos, 1989; Mitchell *et al.*, 1991).

2.6.1.- Acumulación de hidratos de carbono.-

En los cereales, el aumento en peso seco del grano, se debe a la transformación de azúcares en almidón y a la síntesis de proteínas a partir de los aminoácidos transportados desde las partes vegetativas. En el estudio del crecimiento del grano pueden distinguirse dos fuentes de suministro de asimilados. La fotosíntesis después de la emergencia de la espiga, que tiene una gran importancia en climas frescos y lluviosos, y el transporte de asimilados almacenados antes de la antesis en las partes vegetativas, que es fundamental en ambientes secos y calurosos (García del Moral y Ramos, 1989; Pheloung y Siddique, 1991).

Durante bastante tiempo se ha considerado que los hidratos de carbono almacenados en la preantesis contribuían entre el 10 y 20% al peso final del grano en los cereales. Sin embargo, numerosos estudios recientes han demostrado que dicha contribución es válida únicamente bajo condiciones favorables o en ausencia de déficit hídrico, ya que en zonas secas y calurosas aumenta considerablemente, llegando a ser mayoritaria para el llenado del grano. La gran importancia de las reservas de la preantesis en zonas secas y calurosas, como el Sur de España, viene apoyada por las elevadas correlaciones estadísticas encontradas entre la producción de grano y el peso seco del

cultivo en la antesis de cereales cultivados en la provincia de Granada (Ramos et al., 1985 y 1989).

En condiciones de temperatura moderada y con un buen suministro hídrico, los asimilados producidos por las partes verdes por encima del nudo de la hoja bandera, son los que suministran la mayor parte de los carbohidratos para los granos en desarrollo. Estos órganos comprenden el limbo y la vaina de la hoja bandera, la espiga y su pedúnculo, y contribuyen al peso final del grano en función de la duración e intensidad de la fotosíntesis, así como de su capacidad para transportar hacia la espiga los asimilados que produzcan (García del Moral y Ramos, 1989).

2.6.2.- Acumulación de proteínas.-

En el grano de los cereales las proteínas mayoritarias son las albúminas y las globulinas, que representan gran parte de la proteína presente durante las 2 semanas posteriores a la antesis. Sin embargo, pronto se ven superadas por otros dos grupos, las prolaminas (gliadinas) y las gluteninas, que aparecen entre los días 10 y 15 después de la antesis, y que se almacenan en cuerpos protéicos en las células endospermicas. Ambas son proteínas de reserva, que contienen altas cantidades de ácido glutámico y prolina y una baja proporción de aminoácidos esenciales, en especial lisina y metionina (Evans et al., 1975). El contenido de ambos aminoácidos limitantes (que definen la calidad nutritiva de una proteína) disminuye al aumentar el contenido de aminoácidos totales del grano.

Los aumentos de producción provocados por un buen suministro hídrico, altas densidades de siembra, nutrientes distintos al N, etc., normalmente disminuyen el contenido de proteínas del grano debido a un efecto de "dilución". En ambientes poco fértiles, el nitrógeno del suelo se acaba pronto y el grano demanda nitrógeno

del que existe almacenado en hojas y tallos. En estas condiciones, el grano puede acumular entre el 66 y el 75% del nitrógeno total de la planta, aunque puede haber disminución en el rendimiento. Las aplicaciones tardías de nitrógeno, tienden a incrementar la cantidad de proteínas del grano sustancialmente (Andersen, 1977; Torp, 1979). Sin embargo, estas proteínas son pobres en contenidos de aminoácidos, lisina, valina, treonina, isoleucina y treonina (Winkler y Schön, 1980).

El contenido de proteínas en el grano está influenciado por las condiciones climáticas, ya que estas afectan a la cantidad de humedad y de nitrógeno en el suelo. Las altas temperaturas y evaporación durante el período de llenado del grano contribuyen al incremento del contenido de proteínas en el mismo (Rao et al., 1993). Se ha demostrado la existencia de correlaciones positivas entre los valores máximos de temperatura y el contenido de proteínas en el grano de trigo (Benzian y Lane, 1988). Vitkare et al. (1990), han indicado que por una cada grado centígrado que aumentaba la temperatura durante el periodo de post-antesis había una reducción de 2.19 días en el período de llenado del grano en trigo. Se ha sugerido que el incremento de proteínas en el grano causado por el aumento de temperatura es probablemente una compensación a la reducción en el periodo del llenado del grano (Kolderup, 1979; Spiertz, 1979), pero esto no ocurre en el caso de los carbohidratos (Jenner et al., 1991). Por tanto, las reducciones en el periodo de llenado del grano condicionan normalmente una disminución de la producción y un aumento del contenido de proteínas en el grano.

Cambell et al. (1981), indicaron que el efecto de un déficit hídrico sobre el contenido de proteína en trigo de primavera fue debido sobre todo a su relación inversa con el rendimiento en grano. Así, bajo condiciones de sequía la concentración de proteína en el grano aumentó a la vez que la producción disminuyó, mientras que bajo unas condiciones hídricas favorables el contenido de proteínas en el grano se mantuvo estable. Estudios realizados en la provincia de Granada, han demostrado

la existencia de relaciones inversas entre pluviosidad y contenido de proteínas en el grano de triticale cultivado en condiciones de secano (García del Moral et al., 1994a).

2.7.- Asurado del grano de triticale.-

El arrugamiento o "asurado" del grano es uno de los problemas más importantes en el triticale, aún no resuelto. A diferencia de la semilla lisa y llena del trigo, la semilla madura del triticale tiene una cubierta rugosa, un pliegue profundo y carece de brillo. Esta semilla mal formada constituye un medio inadecuado para el embrión y provoca una baja tasa de germinación. Como resultado, el grano de triticale es poco atractivo para muchos agricultores y consumidores (Varughese et al., 1987). Se conocen un conjunto de efectos que pueden contribuir a la presencia del asurado, como actividad de enzimas hidrolíticos, fallos en la síntesis de almidón y efecto de factores genéticos y ambientales.

2.7.1.- Actividad enzimática.-

Uno de los aspectos más estudiados en relación al asurado del grano en triticale, ha sido la actividad del enzima alfa-amilasa durante el desarrollo y madurez del grano. Se ha sugerido que el asurado puede ser el resultado de una rápida conversión de almidón en azúcares (mediada por la alfa-amilasa) previa a la germinación. La actividad alfa-amilasa, que es más cercana al parental centeno, está correlacionada negativamente con la densidad del grano, y por lo tanto, con la calidad (Klassen et al., 1971).

Aparentemente, la correlación actividad alfa-amilásica y asurado no siempre se cumple. Así, Dedio et al. (1975), observaron actividad máxima de la alfa-amilasa en el pericarpio del grano de triticale unos 10-15 días después de antesis, la

cual se manifiesta también en trigo y centeno. Sin embargo, en algunas variedades de triticale, la actividad alfa-amilásica aumentaba notablemente en el endospermo y en la capa de aleurona en las últimas fases del desarrollo del grano y, en especial, en la madurez, lo cual conducía al asurado del grano, cosa que no suele ocurrir en otros cereales. Sin embargo, este fenómeno no aparece en todos los genotipos de triticale que manifiestan algún grado de asurado, por lo que no se puede concluir que el incremento de actividad alfa-amilásica esté siempre relacionado con el asurado (Ching et al., 1983).

2.7.2.- Síntesis de almidón.-

Otra de las causas del asurado del grano de triticale podría ser consecuencia de fallos en la biosíntesis de almidón, lo que daría lugar a una menor tasa de llenado y una terminación temprana de la deposición de materia seca (Heneen et al., 1987).

Se ha sugerido que los fallos en la biosíntesis del almidón pudieran ser, en parte, debidos a cambios en la actividad de los enzimas ADPG-pirofosforilasa, UDPG-pirofosforilasa y fosfoglucomutasa durante el crecimiento del grano. En genotipos de triticale con grano lleno, estas tres enzimas presentan un máximo de actividad durante el período de máxima acumulación de almidón (15-35 días después de anthesis). La incidencia de asurado podría ser explicada en base a las bajas actividades de UDPG y ADPG-pirofosforilasa en este proceso de llenado. Resultados experimentales indican que la ADPG-pirofosforilasa tiene una actividad 2-3 veces menor en las líneas de grano arrugado que en las de grano lleno, lo que indica que esta enzima juega un papel importante en este fenómeno (Ching et al., 1983)

Otro tipo de enzimas que podrían intervenir en la presencia de asurado son las fosfatasas ácidas del endospermo, cuya actividad aumenta en los últimos estadios de desarrollo del grano. Estas enzimas reducen el sustrato destinado a la síntesis

de almidón, lo que conduce a un llenado parcial del endospermo y necrosis generalizadas (Ching et al., 1984).

2.7.3.- Efecto de los factores genéticos.-

Otro de los factores que influyen en el asurado del grano de triticale, estaría relacionado con el desequilibrio genómico y anormalidades mitóticas ocasionadas, en principio, por el genomio del centeno.

Parece ser que las semillas asuradas tienen un alto contenido de núcleos aberrantes (Kaltsikes et al., 1975), lo que disminuye el número de células que permanecen hasta la madurez. Estos núcleos aberrantes no se manifiestan en trigo, pero sí en centeno, aunque en menor grado que en triticale, por lo que la mayor proporción de éstos en triticale es debida bien al genomio del centeno o bien a la interacción trigo-centeno. Como consecuencia de la presencia de estos núcleos, el endospermo no podrá almacenar todo el almidón que permite su potencial, lo que conducirá a un arrugamiento del grano (Peña et al., 1982b).

2.7.4.- Efecto de los factores ambientales.-

Las condiciones ambientales durante el período de llenado del grano, sobre todo durante los estadios de grano lechoso y pastoso, influyen en gran medida en la presencia del asurado. Los factores más importantes son las altas temperaturas y el déficit hídrico, condiciones que suelen darse durante el llenado del grano en ambientes tipo mediterráneo. En estos ambientes se ha comprobado que si la temperatura sube por encima de 30°C durante varios días y hay poca humedad en el suelo, aumenta notablemente la formación de granos arrugados.

El efecto de la temperatura sobre el período de llenado del grano ha sido ampliamente estudiado en otras especies de

cereales. Parece ser que el efecto más acusado es una reducción en la duración de la fase de crecimiento lineal, con lo cual, el aporte de almidón hacia el grano se ve fuertemente disminuído (Wiegand y Cuéllar, 1981; Bruckner y Frohberg, 1987).

2.8.- Calidad del grano de triticale.-

La tasa de extracción de harina del triticale suele situarse en un rango comprendido entre 50 al 65%, menor que la del trigo harinero, situada entre el 67 y 72% (Pinto, 1974). Esta baja tasa se ha atribuído al grano arrugado y al bajo peso por hectolitro del triticale (Farrell et al., 1974). Sin embargo, después de realizar estudios sobre selección de los triticales para obtener granos con más peso hectolítrico y menos arrugas, así como modificar los procedimientos de evaluación, los triticales han llegado a alcanzar un rango de extracción del 54-72% (Amaya, 1982).

La calidad nutricional de la proteína contenida en los cereales suele presentar un balance pobre en aminoácidos esenciales. Diversos estudios con granos de triticale arrugados han informado sobre un mayor contenido de proteínas del triticale respecto al trigo, con rangos entre el 15 y 22% (Skovmand et al., 1984). Los avances en la mejora del desarrollo del grano han resultado en una disminución en el contenido de proteínas. La cantidad de proteínas está relacionada con la proporción de endospermo a pericarpio y aleurona, por tanto, un aumento del peso del grano implica una alteración en esta proporción. Sin embargo, se ha comprobado que los triticales mejorados poseen igual o ligeramente mayor cantidad de proteínas que los trigos, así como un mejor balance de aminoácidos esenciales. El mayor contenido en lisina del triticale y su mejor digestibilidad proteínica junto con el balance de minerales lo hace especialmente adecuado para reemplazar o complementar a otros cereales en la alimentación humana y animal (Skovman et al.,

1984; Hegger y Eggum, 1991).

La digestibilidad del grano de triticale se ha encontrado que era parecida a la del trigo y superior a la del centeno y el contenido de vitaminas es similar al del trigo. Además el contenido de fósforo, potasio y manganeso es más alto que cualquiera de sus progenitores. La cantidad de gramos de fósforo por kilo de materia seca es de 4.5 en triticale comparado con los 3.8 del trigo y 4.1 del centeno, lo que lo convierte en un producto conveniente para la alimentación del cerdo y gallinas, animales cuyas necesidades de fósforo son considerables (Skovmand et al., 1984; Royo, 1990).

2.9.- Calidad del forraje.-

El triticale presenta un excelente potencial como pasto de invierno (Zillinsky y Borlaug, 1971). Los niveles de proteína cruda y digestibilidad para los mismos estados de desarrollo que otros cereales como el centeno, trigo y avena son similares (Brown y Almodares, 1976). La digestibilidad de la materia seca y el porcentaje de proteína, así como los contenidos de minerales del forraje disminuyen conforme avanza el estado de desarrollo del cultivo (Carnide et al., 1988)

La siega de cereales (trigo y cebada) durante el ahijamiento permite obtener forraje de una buena calidad, con una alta digestibilidad y unos contenidos de proteína cruda sobre el 20% de la materia seca (Delgado, 1989). El contenido de proteína del forraje de triticale oscila entre el 22 y 24% que es el más alto de todos los forrajes de cereales, excepto avena (National Research Council, 1989)

Las mejores variedades de triticale para ensilado son las que presentan un contenido bajo de lignina en la fase de madurez lechosa. Las variedades que presentan un gran contenido de lignina suelen ser variedades altas, aunque el contenido de

lignina en la planta depende también de las condiciones de siembra y de la localización geográfica. Numerosas investigaciones han comprobado que durante el crecimiento de la planta de triticale, cuando la materia seca aumenta exponencialmente, la digestibilidad de la materia orgánica disminuye. También, ha sido demostrado que la lignina es el principal enemigo de la digestibilidad, ya que es totalmente indegradable y además, impide la actividad bacteriana en el rumen. Por el contrario, la celulosa es altamente fermentada en el rumen y suministra energía a los animales.

2.10.- Factores que regulan el crecimiento y desarrollo del triticale.-

2.10.1.- Temperatura.-

La temperatura es el principal factor ambiental que controla la respuesta del desarrollo en los cereales, especialmente en las variedades que requieren acumular un número de horas de frío (vernalización) para pasar del período vegetativo al reproductivo. Temperaturas por debajo de 10°C satisfacen estas necesidades de vernalización (Flood y Halloran, 1984a). Sin embargo, las necesidades de frío no son las mismas para todas las variedades. Debido a ello se pueden dividir (Royo, 1992; Gardner et al., 1993) en:

-Variedades de invierno: Necesitan acumular un cierto número de horas de frío para llegar a espigar. Deben pasar unos 60 días con temperatura bajas (comprendidas entre 0° y 6°C).

-Variedades de primavera: No requieren vernalización.

-Variedades alternativas: Requieren algo de vernalización, pero menos que las de invierno.

El cumplimiento de las necesidades de vernalización, también es necesario para que ciertos caracteres, algunos de ellos relacionados con el rendimiento, tengan su máxima expresión (Fejer y Fedak, 1985). Así, cuando la duración del período de frío es menor que la óptima, el peso de mil granos, el número de granos por espiga, la altura de la planta y la longitud de la espiga se ven afectados negativamente (Dalloul, 1980).

El efecto de la temperatura sobre el ahijamiento se encuentra estrechamente relacionado con el de la luz y parece estar muy influenciado por el genotipo. En términos generales, las temperaturas cálidas estimulan el nivel de formación de primordios foliares en el ápice del tallo principal, lo que reduce en gran medida el número de tallos hijos que pueden formarse. Esto puede ser debido a una disminución en el suministro de asimilados a los ahijamientos, debido al aumento de su demanda por el tallo principal. Las bajas temperaturas, por el contrario, aunque retrasan el desarrollo de los tallos hijos, suelen favorecer el ahijamiento, ya que disminuyen el crecimiento de las hojas y, por tanto, la competencia con los ahijamientos (Thorne, 1962; Cannel, 1969b; Kirby y Riggs, 1978; Kirby *et al.*, 1987; López Bellido, 1991).

Un aumento de la temperatura durante el llenado del grano disminuye el peso del mismo por acelerar la senescencia de las hojas, disminuir la duración del desarrollo del grano y aumentar las pérdidas de carbohidratos por la respiración (Thorne, 1974; Wiegand y Cuéllar, 1981). El ambiente cálido afecta también a la capacidad de los granos individuales para utilizar los asimilados disponibles, ya que bajo estas condiciones el crecimiento del grano es rápido al inicio, pero al detenerse antes que con condiciones de temperatura más baja, el peso final del grano tiende a decrecer (Thorne, 1981; Wiegand y Cuéllar, 1981).

2.10.2.- Fotoperíodo.-

La vernalización por sí sola, no es suficiente en muchos casos, para que la planta espigue. Se necesita además otro tipo de inducción que viene dado por el fotoperíodo (horas de luz diarias). Debido a que no todos los genotipos tienen los mismos requerimientos en cuanto al número de horas-luz, suele hacerse la siguiente agrupación (Royo, 1992):

a) **Plantas de día largo:** Con unas 14 horas de fotoperíodo crítico (número mínimo de horas de luz diarias). A este grupo pertenecen la mayoría de los triticales de invierno.

b) **Plantas de día corto:** Cuyo fotoperíodo crítico es inferior a 14 horas. El factor limitante en este tipo de plantas es la duración de la oscuridad, conocida como nictoperíodo crítico.

c) **Plantas de día neutro:** Son las que no responden o lo hacen muy poco a la duración del día.

Los triticales sustituidos suelen ser indiferentes a la duración del día. Sin embargo en los triticales de tipo completo hay una mayor respuesta, ya que el cromosoma RR (del centeno) es portador de los genes causantes de la sensibilidad a la duración del día. En los triticales de primavera, insensibles al fotoperíodo, la duración del día no condiciona el momento en el que pueden espigar, por lo que es posible que lo hagan en cualquier época del año (porque tampoco precisan vernalización). En algunas zonas y con determinadas épocas de siembra, por tanto, pueden aparecer daños por frío al encontrarse la planta en el período reproductivo cuando acontecen heladas tardías (Royo, 1992).

Los fotoperíodos largos estimulan la velocidad de producción de primordios florales, pero acortan la duración del período de iniciación de esos primordios, por lo que reducen el número de

granos por espiga (Kirby y Appleyard, 1980). Por el contrario, los fotoperíodos cortos aumentan la duración de las fases de iniciación de primordios y reducen su velocidad, de forma que el número final de espiguillas es mayor (Craufurd y Cartwright, 1989). El número de tallos producidos y la supervivencia de los mismos también es superior con fotoperíodos cortos, debido a que en estas condiciones se retrasa la finalización de la fase de ahijamiento, lo que permite que se inicie un mayor número de brotes (Cannel, 1969b; Ellis y Kirby, 1980; Kirby y Appleyard, 1984).

2.10.3.- Interacción fotoperíodo-temperatura.-

En condiciones de campo, la estrecha relación existente entre la duración del fotoperíodo y la temperatura diaria a medida que avanza el ciclo, dificulta, frecuentemente, la separación de los efectos de cada uno de estos factores (Flood y Halloran, 1984b). En general, altas temperaturas y días largos aceleran la floración (Ford *et al.*, 1981, Davidson *et al.*, 1985). En trigo estos dos factores influyen sobre la duración y la velocidad de la fase de iniciación de los primordios foliares y florales en el ápice, factores que determinan el número final de hojas, el número de espiguillas por espiga y el número de flores por espiguilla (Baker y Gallagher, 1983). En cebada, el retraso en la iniciación floral causado por las bajas temperaturas puede ser compensado con fotoperíodos largos y, a su vez, la disminución del número de granos por espiga provocado por fotoperíodos largos puede ser amortiguada con temperaturas frías (Faris *et al.*, 1969). Diversos estudios han puesto de manifiesto que, independientemente de si el fotoperíodo o la temperatura limitan la floración, los requerimientos de cada uno de ellos deben satisfacerse para poder iniciarse la fase reproductiva. Decidir cuál de los dos factores es más importante, es una cuestión controvertida. Flood y Halloran (1984b), señalaron que variedades de trigo con grandes necesidades de vernalización no comenzaron la iniciación foliar hasta que complementaron sus

necesidades de frío. Por el contrario, Wiegand et al. (1981), indicaron que el fotoperíodo fue mucho más restrictivo que la vernalización en condiciones semitropicales.

Se debe señalar que no sólo temperatura y fotoperíodo regulan la longitud del ciclo y, en especial, la longitud del período vegetativo, sino que existen otros factores, especialmente genéticos, que pueden intervenir en esta regulación (Ford et al., 1981). Se han detectado genes que retrasan la emergencia de la espiga y otros que regulan la precocidad, los cuales se han localizado en trigo en los cromosomas 3A, 4B, 4D, y 6B (Hoogendron, 1985).

2.10.4.- Humedad.-

El triticale es recomendado para zonas con elevada pluviosidad y de regadío, dado que es bastante resistente al encamado. También presenta un buen comportamiento en secano moderado, mientras en secano severo la cebada es más rentable, ya que tiene un crecimiento más rápido y una madurez más temprana que el triticale, lo que le permite escapar a la sequía en el periodo de madurez (Hadjichristodoulou, 1984). Bajo condiciones de sequía, el rendimiento de triticale es del 93% de la cebada, mientras que bajo condiciones de regadío su rendimiento es del 118% del de aquella. El número de granos por espiga es el componente del rendimiento más afectado por la sequía (Fischer y Wood, 1979). Recientemente, la medida de la transpiración residual de hojas de trigo escindidas (es decir, la pérdida de agua en función del tiempo bajo condiciones constantes de humedad y temperatura) (Clarke y McCaig, 1982; McCaig y Romagosa, 1989) ha sido propuesta como un método fácil y rápido de identificar genotipos de trigo resistentes a la sequía (Clarke y Romagosa, 1991). Esta transpiración residual se encuentra relacionada con características morfológicas y fisiológicas, siendo función de la edad y posición de la hoja en la planta de trigo (Araus et al., 1986; Clarke y Romagosa, 1991; McCaig y Romagosa, 1991; Dib

y Monneveux, 1992; Dib et al., 1993), así como de la cantidad y disminución de la cera epicuticular (Febrero, 1994).

El triticale tarda en espigar por término medio algo más que la cebada y algo menos que el trigo, pero su período de maduración es tan largo que madura aproximadamente como el trigo. El triticale por tanto, está sometido durante más tiempo al riesgo de asurado, por lo que es fundamental que exista una reserva hídrica suficiente en el suelo durante la maduración para poder alcanzar elevados rendimientos (Royo, 1992).

Las fases de germinación y brotación están fuertemente influenciadas por el potencial hídrico del suelo, por la permeabilidad selectiva de las cubiertas externas del grano y por la capacidad de absorción de agua del embrión y del endospermo. Bajo condiciones naturales puede bastar una precipitación de 20mm para que, en un suelo adecuado, se produzca el máximo porcentaje de germinación, aunque el posterior crecimiento y supervivencia de las plántulas requiere lluvia suficiente, cuya cantidad depende del genotipo y ambiente (Briggs, 1978).

La escasez de agua durante las primeras fases de desarrollo del meristemo apical retrasa el inicio de la floración, pero si el déficit se produce durante la diferenciación de la inflorescencia disminuye el número de espiguillas por espiga, lo que provoca una reducción en el número final de granos por espiga (Wych et al., 1985). Las deficiencias ligeras de agua, que ejercen poco efecto sobre el crecimiento vegetativo, deprimen, sin embargo, la formación de primordios florales por el meristemo apical. Las deficiencias severas o más prolongadas pueden determinar el cese total de la diferenciación floral, conduciendo a que los tallos iniciados no produzcan espiga (Husain y Aspinall, 1970; Barlow et al., 1977). La formación de los granos de polen es especialmente sensible a la escasez de agua en el suelo, por lo que las diferencias hídricas severas impiden la formación de polen fértil, conduciendo a la esterilidad masculina, sobre todo, en las espiguillas del ápice y base de la

espiga (Jones y Kirby, 1977).

La humedad del suelo incrementa el número de espigas, al favorecer tanto la formación como la supervivencia de los tallos hijos (Kirby, 1968; Blum et al., 1990; Krenzer y Nipp, 1991). No obstante, tras un período de sequía prolongado, el aumento de humedad aunque eleva el número de tallos formados, no tiene repercusión sobre la producción de grano, ya que los nuevos tallos son inmaduros, verdes y sin espiga (Briggs, 1978), o con esta muy reducida y de rendimiento muy bajo (Blum et al. ., 1990).

La falta de agua desde la antesis a la madurez en la cebada no suele modificar en gran medida el peso final de los granos, debido al efecto compensador de la reservas de otras partes de la planta, lo que se manifiesta por una intensa pérdida de peso seco en esos órganos (Gallagher et al., 1976). Por el contrario, la escasez de agua durante el periodo de preantesis conduce a una disminución en la cantidad potencial de reservas de carbohidratos, disminuyendo el peso final de los granos si las condiciones de sequía se prolongan durante la maduración (Lawlor et al. ., 1981; Ramos et al., 1985). Ello es consecuencia de que los déficits hídricos durante el periodo vegetativo limitan la magnitud de LAI, siendo la expansión foliar más sensible al estrés hídrico que el proceso fotosintético (Li et al. ., 1991).

2.10.5.- Siembra.-

La técnica de siembra del triticale es igual a la trigo en casi todos los aspectos. El tipo y profundidad de siembra utilizados en trigo son también adecuados en triticale. El período que transcurre entre la germinación y la nascencia varía con la fecha y profundidad de siembra. La siembra en líneas a profundidades comprendidas entre 3 y 5 cm, según el grado de humedad del suelo, es favorable para el cultivo (Royo, 1992). La profundidad de siembra disminuye el número de tallos hijos, principalmente porque elimina el ahijamiento del coleóptilo y una

siembra muy profunda puede provocar la muerte de la planta antes de alcanzar la superficie.

El momento adecuado para sembrar depende tanto del tipo de variedad (invierno o primavera) como de la zona de cultivo (Gardner et al., 1993). Las variedades de primavera admiten un tipo de siembra alternativa e incluso otoñal en muchas zonas. En el Valle del Ebro, Andalucía Occidental y Extremadura, el momento más adecuado para llevarla a cabo es el mes de Noviembre (Royo, 1992). Un estudio realizado en tres zonas de la provincia de Granada (secano y regadío) mostró que la fecha de siembra más favorable, para el mejor aprovechamiento mixto forraje-grano, estaba en una banda situada entre el 15 de Noviembre y el 15 de Diciembre (Yañez, 1992; Ramos et al., 1994a). Las siembras anteriores o posteriores, sobre todo estas últimas, causaban disminuciones importantes en la producción de grano y de forraje (Ramos et al., 1993; García del Moral et al., 1994b). En zonas frías, sin embargo, deberá retrasarse la fecha de siembra para evitar el riesgo de heladas tardías en el espigado (Royo, 1992).

La fecha de siembra afecta a la iniciación floral retrasando la aparición de la doble arruga y disminuyendo la duración de las fases de desarrollo de la inflorescencia, aunque estimula la velocidad de formación de primordios florales, por lo que el número final de granos por espiga no suele sufrir grandes oscilaciones (Kirby et al., 1985). El retraso de la fecha de siembra puede disminuir el ahijamiento, sobre todo en variedades con elevada capacidad de formación de tallos (Matthews y Thomson, 1984; Agyare et al., 1994).

La densidad de siembra es un factor que influye en gran medida sobre la producción y calidad del triticale (Carnide et al., 1994). Para calcularla correctamente hay que tener en cuenta el número potencial de espigas por unidad de superficie que es capaz de soportar un determinado suelo y clima. Se aconseja una densidad de 600 a 800 espigas/m² en zonas de regadío, mientras que en zonas menos fértiles puede ser adecuada una densidad de

400 a 600 espigas/m². También hay que tener en cuenta la capacidad de ahijamiento para determinar el número de plantas adultas deseadas por unidad de superficie, así como el porcentaje de germinación de una semilla en condiciones óptimas y porcentaje de plántulas germinadas capaces de nacer, y el peso de mil semillas. En general, las densidades de siembra más adecuadas para el triticale son de 200 a 250 Kg de semilla/Ha. En aprovechamiento forrajero la densidad de siembra debe ser más elevada (Royo, 1992).

Las altas densidades de siembra tienden a reducir la formación de hojas en el tallo principal y a provocar un adelanto en la iniciación floral (Kirby y Faris, 1970; Fukay *et al.*, 1990). La velocidad de iniciación de espiguillas no suele afectarse, aunque su duración se acorte, lo que conduce a un menor número total de espiguillas por espiga. La supervivencia de las espiguillas suele aumentar con bajas densidades de siembra (Jedel y Salmon, 1993). Estos hechos son interpretados como una consecuencia del incremento en la cantidad de nutrientes y agua disponibles cuando las plantas están más separadas unas de otras, lo que revela una gran plasticidad en el crecimiento y desarrollo de los cereales (Wych *et al.*, 1985).

La densidad de siembra ejerce un efecto potente sobre el ahijamiento. Cuando la densidad de siembra es muy alta la producción de tallos hijos disminuye, como consecuencia de lo cual, se registra un bajo número de espigas por planta (Frank y Apel, 1985, Fukay *et al.*, 1990). En general, la formación de tallos se altera de forma débil por el aumento del número de plantas, presumiblemente porque al inicio del ahijado la competencia por la luz, agua y nutrientes aún no es muy importante, aunque sí reduce notablemente el posterior desarrollo y supervivencia de esos tallos (Finlay *et al.*, 1971).

La densidad de siembra tiene un efecto importante sobre los componentes del rendimiento (Jedel y Salmon, 1993). Existe una relación inversa entre la densidad de siembra y el número de

granos por espiga. El general, el tamaño de los granos se reduce con el aumento de la densidad, aunque en ocasiones se ha observado un efecto positivo del tamaño de los granos al aumentar la densidad (Willey y Holliday, 1971).

2.10.6.- Fertilización nitrogenada.-

El triticale es un cereal que presenta una elevada respuesta a la fertilización, ya es capaz de utilizar eficientemente los nutrientes en beneficio de una mayor productividad. La fertilización recomendada para el triticale es igual a la del trigo. El elemento cuantitativamente más importante para conseguir elevados rendimientos es el nitrógeno, ya que su disponibilidad en cantidades adecuadas favorece un mayor número de espigas por m² y un mayor número de granos por espiga. Sin embargo, una sobrealimentación de este elemento puede dañar a la planta provocando un desarrollo vegetativo exuberante y un alto índice de área foliar de donde pueden derivarse consecuencias nefastas, tales como el retraso del ciclo del cultivo y sobre todo el riesgo de encamado (Royo, 1992).

El triticale utiliza 3 kg de nitrógeno por cada 100 kg de grano que produce. En cobertera el nitrógeno se debe aplicar al inicio del ahijado, puesto que en este momento las necesidades del cultivo son máximas y el aprovechamiento más eficiente. Antes de este período las necesidades en nitrógeno son realmente pequeñas, sin que superen normalmente el 10% del total. En zonas muy fértiles, donde se intensifica bastante el cultivo, hay que tener cuidado con la cantidad de nitrógeno que se aplica en cobertera ya que como se ha comentado anteriormente, puede provocar encamado, sobre todo cuando se trata de variedades altas. La dosis de nitrógeno aplicada depende del clima, el suelo, la rotación, la variedad y el sistema de cultivo (Royo, 1992).

El aporte de nitrógeno en cobertera es particularmente

interesante cuando se utiliza el triticale para doble uso (forraje-grano). En este caso es muy importante aplicar nitrógeno directamente utilizable por el cultivo (formas nítricas y amoniacal) después de la siega o pastoreo para favorecer el rebrote (Royo, 1992).

La fertilización nitrogenada durante el desarrollo de la inflorescencia parece afectar en mayor medida al crecimiento y diferenciación de los primordios florales que a su formación por el meristemo apical. Así, el aporte de nitrógeno incrementa el número de granos por espiga (Sibony y Pinthus, 1988; Reilly, 1990), principalmente a través del aumento de la fertilidad de las espiguillas. Las deficiencias de nitrógeno, por el contrario, pueden provocar hasta un 40% de reducción en la cosecha grano del triticale principalmente causada por disminuciones en la densidad de espigas (Oetler, 1994). Aproximadamente el mismo porcentaje de reducción se ha encontrado en el número de granos por espiga en cebadas de dos carreras y hasta un 60% en las de seis (Evans y Wardlaw, 1976; Dale y Wilson, 1979; Reilly, 1990).

Normalmente la aplicación de fertilizantes nitrogenados aumenta la producción de tallos y su supervivencia en trigo (Simmons et al., 1982) y en cebada (García del Moral et al., 1984; Reilly, 1990). El aporte de este elemento en sementera estimula el crecimiento de las yemas laterales y la formación de tallos, mientras que su aplicación a inicios del ahijado favorece el crecimiento de los tallos hijos respecto al tallo principal, lo que aumenta sus posibilidades de supervivencia y el número de espigas por planta (García del Moral et al., 1984; De la Morena et al., 1986). Las aplicaciones tardías de nitrógeno, por el contrario, no se traducen en aumento de cosecha si se realizan próximas al momento en que se decidirá el porcentaje de tallos que dará lugar a espiga, agravando además, la tendencia al encamado (García del Moral et al., 1982). Por esta razón, lo más adecuado es fraccionar equilibradamente las aportaciones de nitrógeno entre sementera y cobertera temprana (a inicio o mitad de ahijado) (De La Morena et al., 1986).

Antes de la antesis, el nitrógeno absorbido por el cultivo aumenta principalmente la superficie fotosintética, el número de tallos y el número de granos por espiga (Gregory *et al.*, 1981; Morgan 1988), mientras que la capacidad fotosintética de las hojas es escasamente afectada. Cuando el nitrógeno se añade con exceso a la demanda de la planta se observa un incremento máximo del contenido del nitrógeno en la hoja (Groot y Spiertz, 1988). Después de la antesis, la absorción del nitrógeno cesa y el grano para su crecimiento utiliza en gran medida el nitrógeno transportado desde las partes vegetativa. Las proteínas de las hojas se hidrolizan y el nitrógeno pasa al grano en forma de amino-acidos o amidas (Dalling *et al.*, 1976; Makino *et al.*, 1984).

Un estudio llevado a cabo durante dos años en tres ambientes de la provincia de Granada (dos de secano y uno de regadío), mostró que la aportación de nitrógeno después de los cortes no afectaba la producción de forraje, pero sí aumentaba la cosecha grano en los ambientes de secano (Ramos *et al.*, 1994a). Esto no ocurrió en el ambiente de regadío debido a las elevadas cantidades de nitrógeno residual existente tanto en el suelo como en el agua de riego de ese ambiente (Castillo, 1984; Pozo, 1991).

Junto al nitrógeno, el fósforo y el potasio son dos elementos importantes y cada uno de los tres elementos no produce su pleno efecto si no están presentes cantidades suficientes de los otros. El triticale es muy tolerante a las deficiencias de cobre, magnesio y zinc y al exceso de boro y aluminio (Royo 1992; Dinev y Stancheva, 1993).

2.10.7.- Reguladores del crecimiento.-

Durante el ahijado, el tallo principal y los hijos producen activamente hormonas que modifican el crecimiento y desarrollo de otros órganos del vegetal, incluyendo los propios tallos. Las auxinas (sintetizadas tanto por los tejidos meristemáticos como

por las hojas en crecimiento) reducen la producción de tallos, por conducir a una acentuada dominancia apical debido a que el ápice del tallo se encuentra durante todo el ahijado a escasos milímetro por encima del nudo de ahijamiento. Ello se ha comprobado experimentalmente cuando se han aplicado cortes a la planta incluyendo los ápices del tallo principal, observándose una estimulación de los ahijamientos, debida a la eliminación de la fuente principal de auxinas, que inhiben el desarrollo de las yemas laterales (Younger, 1972; Dunphy *et al.*, 1982; Poysa, 1985; García del Moral, 1992a)

Otro grupo de sustancias reguladoras del crecimiento son las citoquininas que en la mayoría de los vegetales estimulan el desarrollo de las yemas axilares, si bien en los cereales, la respuesta a la aplicación de sustancias tales como kinetina parece depender fuertemente del momento en que se apliquen. De esta manera, cuando se añaden en el estadio de doble arruga, suelen estimular el ahijamiento. Posteriormente, sin embargo, parecen incrementar la mortalidad de los tallos formados, debido a que estimulan la actividad de las raíces y sustraen asimilados a los tallos en crecimiento (García del Moral, 1992b).

La influencia de las giberelinas sobre el proceso de ahijamiento en los cereales aún no está suficientemente aclarada. Sobre los genotipos de estatura normal, la aplicación de ácido giberilico generalmente inhibe el ahijamiento e incrementa la altura de la planta. De gran interés son los agentes antigiberelinas (los enanizantes o retardantes del crecimiento), ampliamente utilizados sobre los cereales en Europa. Entre ellos se puede citar al cloruro de 2-cloroetiltrimetilamonio (CCC o cloromequat), el ácido 2-cloroetilfosfónico (etephon, ethrel o cicocel) y cloruro de 1,1-dimetil piperidinium (mepiquat-cloruro), así como sus combinaciones comerciales, como el Terpal (mezcla de mepiquat y etephon) (Nikel, 1978; De la Morena, 1986; García del Moral y Ramos, 1989). Estas sustancias, al inhibir la acción de las giberelinas, son utilizadas durante el encañado para reducir la elongación de los tallos en crecimiento y limitar

de esta forma el riesgo de encamado , sobre todo en las variedades más altas o bajo condiciones de elevada humedad o fertilización nitrogenada. Sin embargo, estos agentes usados durante el ahijado pueden incrementar la producción y supervivencia de los tallos hijos en cereales, conduciendo a un mayor número de espigas por planta y aumentando la cosecha (García y Ramos, 1987; Ramos et al., 1989).

En triticales los reguladores del crecimiento no deben usarse sistemáticamente, sino sólo cuando las condiciones del cultivo lo aconsejan, por ejemplo un elevado riesgo de encamado (Royo, 1992). El uso de fitorreguladores está poco extendido en triticales, pero en algunos países su aplicación es frecuente. En España no existe ningún regulador autorizado para triticales, mientras que en Francia por ejemplo está autorizado el uso del Etephon, Ethrel, cloruro de Mepicuat y el cloruro de Clormecuat. Estos productos se utilizan en dosis controladas y en épocas bien determinadas del desarrollo del cultivo.

2.11.- Fisiología de la producción y de los componentes del rendimiento.-

En la mayor parte de los cultivos, la producción puede ser contemplada como el producto de varios parámetros o componentes. Este "análisis por componentes" permite estudiar con gran exactitud la contribución de las distintas partes de la planta a la cosecha de grano y las causas de variación de la producción final (Biscoe y Gallagher 1977; Petr et al., 1988).

Para el triticales, la cosecha de grano puede expresarse como: $Y = NE \times NGE$ ($NeE \times NGe$) $\times PG$. En la ecuación, NE es el número de espigas por planta o unidad de superficie, NGE el número de granos por espiga (que a su vez se puede dividir en número de espiguillas por espiga, NeE, y en número de granos por espiguilla, NGe) y PG el peso medio del grano en el momento de la recolección.

Los distintos componentes del rendimiento se establecen secuencialmente a lo largo del desarrollo de la planta, fijándose primero el número de tallos hijos, seguido por el número de espiguillas por espiga, el número de granos por espiguilla y, finalmente, el peso medio de los granos, siendo el resultado de procesos muy complejos. Así el número de espigas depende tanto de la cantidad de tallos hijos formados por la planta como del porcentaje de los mismos que producen espiga en cosecha. Los granos por espiga resultan del número de primordios florales formados por el meristemo floral, de la cantidad de ellos que producen espiguilla fértil y del porcentaje de estos que han sido fecundados en la antesis para originar granos viables. El peso del grano es función tanto de la duración de la etapa de maduración como de la velocidad de crecimiento del grano, parámetros inversamente relacionados en la mayoría de las situaciones (García del Moral y Ramos, 1989; Royo, 1992).

Esta formación secuencial de los componentes de la cosecha, proporciona a los cereales, si las condiciones ambientales lo permiten, la capacidad de compensar efectos adversos sobre los primeros componentes del rendimiento mediante la elevación de los siguientes. De esta manera logran equilibrar la cosecha bajo muy diversos ambientes y circunstancias. Precisamente esta es una de las razones que explican la elección de los cereales como cultivos desde tiempos remotos (Evans y Wardlaw 1976; Royo *et al.*, 1988).

2.11.1.- Número de espigas.-

El número final de espigas depende del número de plantas por unidad de superficie y de la capacidad de éstas para producir tallos fértiles. El número de plantas viene determinado por el número de semillas germinadas, que darán lugar a plantas viables. Dicho número puede ser reducido en los primeros estadios de la vida de la planta (especialmente durante la germinación-nascencia) y depende de la calidad de la semilla y su

pretratamiento, de la profundidad, densidad y fecha de siembra, además de las condiciones climáticas durante esas primeras fases (Frank y Apel, 1985).

El número de espigas resulta también de la combinación de dos variables, el número de tallos producidos y la proporción de estos que darán lugar a espiga (Bulman y Hunt, 1988; Hucl y Baker, 1989; García del Moral et al., 1991b). Mientras que la primera depende principalmente de las características genotípicas, la segunda es el resultado de muchos factores, tales como las condiciones ambientales de temperatura, humedad, irradiación y fotoperíodo; de los daños por enfermedades; de la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo; y de la densidad de siembra, ya que una alta densidad reduce el ahijamiento por planta, y el número de espigas por planta. La distancia entre plantas y surcos es importante para que las plantas dispongan del espacio, nutrientes y luz suficientes para desarrollar un máximo número de ahijamiento y espigas (García del Moral y Ramos, 1989; Reilly, 1990).

Un elevado número de tallos hijos agrava la competencia por los factores nutritivos y por la luz siendo, por tanto, las condiciones ambientales y la densidad de población las que determinan el porcentaje de tallos que darán lugar a espiga y los que morirán sin hacerlo (Davidson y Chevalier, 1990).

Numerosos estudios sobre la producción y supervivencia de los tallos hijos en los cereales han demostrado que, independientemente de las condiciones ambientales y la variedad de que se trate, existe un patrón general para la evolución del ahijamiento (Bunting y Drenan, 1966). El número de tallos aumenta progresivamente hasta alcanzar un máximo al final del período de ahijamiento, después disminuye progresivamente hasta estabilizarse en el momento de emergencia de las espigas, manteniéndose así hasta la recolección (Watson et al., 1958; Thorne, 1962; Cannel, 1969a; Evans et al., 1975; García del Moral et al., 1984).

2.11.2.- Número de granos por espiga.-

En general, el número de granos por espiga en el triticale depende del propio potencial de la variedad para formar espigas, espiguillas y flores. Además, se encuentra muy influenciado por las condiciones climáticas durante la formación de espigas y en la anthesis. Así, las heladas tardías después de la emergencia de la espiga causan el aborto de muchas espiguillas, sobre todo las de la parte apical de la espiga. El aporte de nitrógeno incrementa el número de granos por espiga, principalmente a través de aumentos en: a) la fertilidad de las espiguillas; b) el tamaño y la actividad de la superficie fotosintética durante la formación de espigas, espiguillas y flores; y c) la capacidad de transporte de los asimilados fotosintéticos hacia la espiga y los granos (Sibony y Pinthus, 1988; Reilly, 1990). La competencia entre espigas de una misma planta y entre espiguillas de la misma espiga por los asimilados, hace aumentar el porcentaje de aborto sobre todo de las espiguillas más jóvenes. Por otra parte, un aumento en el número final de espigas por planta, generalmente se acompaña de una disminución en el número de granos por espiga y en el peso medio de los granos (Cannel, 1969a; Pollhamer, 1981; García del Moral et al., 1991b).

En triticale, el número de granos por espiga es, a su vez, el resultado del producto de dos componentes: número de espiguillas por espiga y número de granos por espiguilla.

2.11.2.1.- Número de espiguillas por espiga.-

El esbozo de la futura espiga (yema terminal) se organiza en estadios muy tempranos del desarrollo de la planta, cuando son visibles dos o tres hojas. En ella se puede distinguir una fase vegetativa, en la que sólo se producen primordios foliares, y otra reproductiva, cuya evolución comienza a partir de un simple estrangulamiento o arruga, apenas perceptible sobre la parte superior del cono vegetativo.

Los cereales tienen la peculiaridad de que todas las espiguillas fértiles florecen casi al mismo tiempo. Este carácter se adquiere durante la iniciación de la espiga, ya que aunque transcurran varios días entre la iniciación de la primera y última espiguilla, estas crecen y se desarrollan con distinta velocidad. Así, cuando se llega la antesis, todas las espiguillas alcanzan aproximadamente el mismo tamaño y se encuentran en idéntico estadio de desarrollo (Kirby y Appleyard, 1986).

Entre la iniciación de la inflorescencia y la antesis pueden transcurrir unas pocas semanas o incluso algunos meses, normalmente dependiendo de la variedad y condiciones ambientales. En ambientes mediterráneos, es conveniente que la diferenciación de la espiga no sea muy temprana, ya que así se evita el riesgo de heladas. Sin embargo, es deseable que la maduración de los granos se inicie pronto, para que no coincida con las elevadas temperaturas y falta de agua del verano (Kirby y Appleyard 1980; Kirby y Ellis 1980; García del Moral et al., 1991b).

2.11.2.2.- Número de granos por espiguilla.-

En la antesis, cuando las flores son fecundadas para dar lugar a granos, se fija el número de granos por espiguilla. Durante el desarrollo y crecimiento de la espiga, se crea un gradiente nutritivo tanto en la espiga como en la propia inflorescencia, que obliga a competir entre sí a las espiguillas de la base y del ápice del meristemo, a la vez que a las flores de cada espiguilla. Todo ello, conduce a la muerte por inanición de las espiguillas y flores menos competitivas.

Durante la mayor parte de su desarrollo, la espiga ha de competir con hojas y tallos por el suministro de asimilados fotosintéticos. Experimentalmente, esta competencia por los asimilados puede reducirse retirando órganos en crecimiento y observando las modificaciones producidas en los demás. Así, se ha encontrado que la retirada de un cierto número de ahijamientos

conduce a un aumento en el número de granos en la espiga del tallo principal, presumiblemente porque la reducción en la competición por los recursos disponibles permite que se inicien más espiguillas y que las flores sobrevivan en mayor proporción (Gallagher, 1979b; Cottrell et al., 1985).

2.11.1.4.- Peso medio de los granos.-

El peso final de los granos es el último componente del rendimiento que se forma en el triticales. Su magnitud se establece durante la fase de maduración, es decir, desde la antesis hasta que la planta se encuentra completamente seca y lista para la recolección. Este componente depende en gran medida del número de células del endospermo, el cual es fijado en las fases iniciales del desarrollo del grano (García del Moral y Ramos, 1989). La velocidad de formación de células del endospermo está asociada con el suministro de carbohidratos durante este período y con el nivel de citoquininas del grano. Factores tales como genotipo, nivel de radiación, disponibilidades hídricas o competición entre los granos en desarrollo pueden alterar la producción de células durante esta fase, influyendo poderosamente sobre el peso final de los granos (Gallagher et al., 1976; Brockleurst, 1977).

La máxima tasa de crecimiento del grano oscila entre 0,9 y 2,2 mg/grano.día (Scott et al., 1983), encontrándose con frecuencia inversamente relacionada con la longitud del período de llenado del grano (Gallagher et al., 1976).

En los cereales, el peso final del grano es un componente de la cosecha relativamente estable (Gallagher et al., 1975), estabilidad atribuida a la movilización de las reservas de carbohidratos almacenados en el tallo y otros órganos vegetativos, los cuales pueden compensar una disminución en la capacidad de fotosíntesis durante el llenado del grano, fenómeno

frecuente en zonas secas y calurosas (Ramos et al., 1982; 1985).

En condiciones de temperatura y lluvia no limitantes, un alto porcentaje del peso seco del grano proviene de la fotosíntesis después de la emergencia de la espiga (Thorne, 1966). Sin embargo, en ambientes secos y calurosos, la contribución de las reservas de la preantesis aumenta considerablemente, llegando al 45% o más, muy posiblemente porque la fotosíntesis después de la emergencia de la espiga se encuentra muy limitada (Austin et al., 1980; García del Moral y Ramos, 1989; Acevedo et al., 1991).

2.12.- Efectos de la defoliación sobre el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo.-

La defoliación, corte o pastoreo simulado significa la retirada de cantidades variables de forraje, incluyendo tanto porciones de tallo como de hojas. En general, el corte de forraje afecta al crecimiento de diversos órganos de la planta, principalmente raíces y hojas, así como a la tasa de ahijamiento y a la elongación de nuevos tallos (Milthorpe y Davidson 1966). La defoliación implica una limitación del crecimiento, por reducción de los asimilados fotosintéticos, debido a la pérdida de superficie asimiladora activa. Los carbohidratos disponibles se utilizan prioritariamente para la renovación de hojas y posteriormente de los tallos hijos. En estos procesos tienen gran importancia la contribución de reservas de carbohidratos, que se movilizan desde los lugares de almacenamiento (Youngner, 1972). La defoliación en los cereales afecta al rendimiento de grano y forraje de forma muy variable, ya que depende de las condiciones ambientales, prácticas de cultivo, fertilidad del suelo y genotipo de la planta (Holliday, 1956 a y b; Martínez-Ochoa et al., 1989).

2.12.1.- Efectos sobre el crecimiento de las raíces.-

La defoliación disminuye el crecimiento de las raíces como consecuencia de la reducción de tejidos fotosintéticos. La frecuencia del corte y su altura influyen directamente en la mayor o menor disminución del peso de las raíces (Youngner, 1972). La retirada de forraje reduce el número de nuevas raíces en proporción directa al rigor de la defoliación, ya que la planta tiende a reconstruir su aparato asimilador antes de reanudar el crecimiento del sistema radical. Si la defoliación es muy severa puede producir la degeneración del ápice de la raíz y a menudo la muerte general del sistema radicular (Youngner, 1972). La defoliación altera la parte funcional dentro de la planta, lo cual puede afectar al sistema radicular del cultivo y reducir el uso del agua inmediatamente después del corte.

2.12.2.- Efectos sobre la superficie foliar.-

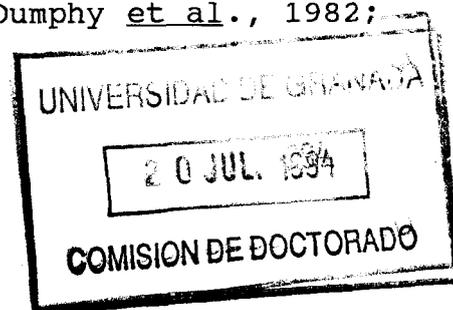
Numerosas investigaciones han puesto de manifiesto que la defoliación reduce significativamente el índice de área foliar (LAI) y la biomasa (CDW) del cultivo (Dunphy *et al.*, 1982; Winter y Thompson 1987; Winter *et al.*, 1990; Winter y Musick, 1991; García del Moral, 1992a; Marinetto, 1992). En sus trabajos, LAI y CDW durante la antesis estuvieron significativamente correlacionados con el rendimiento del grano, estando éste limitado por el potencial de la planta para regenerar rápidamente nueva superficie verde.

Los cortes disminuyen significativamente CDW y LAI en antesis y madurez, especialmente cuando se aplican dos cortes (García del Moral, 1992a; Marinetto, 1992). La duración del área foliar (LAD) desde la antesis a la madurez resulta significativamente reducida por la retirada de forraje, lo que es consecuencia tanto de la magnitud del índice del área foliar como de la longitud del periodo de antesis a madurez. Por el contrario, la eficiencia asimiladora del cultivo durante la

maduración (G) aumenta significativamente en respuesta a la defoliación, lo que indica una mayor producción de grano por unidad de área foliar en las parcelas cortadas en relación a los testigos. Este efecto probablemente sea debido a que al reducirse el área foliar en antesis, mejoraría la penetración de la luz al cultivo, estimulándose así la eficiencia asimiladora por unidad de área foliar. La defoliación normalmente disminuye el número de hojas por planta y por tallo, disminución que es más acusada cuando se aplican dos cortes, viéndose también reducido el tamaño medio de las hojas individuales (García del Moral, 1992a; Marinetto, 1992).

Normalmente, la defoliación reduce la altura de las plantas, aumentando de esta forma la resistencia al encamado, esta acción es tanto más acusada cuanto más intenso y tardío sea el corte (Delgado et al., 1984; Poysa, 1985; Winter y Thomson 1987; Martínez Ochoa et al., 1989; Miller et al., 1993).

Si los cortes se realizan a muy poca altura del suelo, la mayoría de los meristemos apicales son eliminados, lo que causa una disminución inicial del número de tallos hijos, pero con un aumento posterior en relación con el de las plantas no cortadas. Si el corte se realiza a más de 6 cm desde el suelo se eliminan pocos ápices, permitiendo que los tallos recuperen lentamente su crecimiento, presentando pocas diferencias con respecto a los testigos (Hyder, 1972; Youngner 1972). Las razones para estas diferencias en la respuesta del número de tallos hijos a la defoliación, parecen estar relacionadas con el suministro fotosintético y la dominancia apical. El corte del ápice del tallo principal estimularía el ahijamiento de la planta por la eliminación de la fuente principal de auxinas que inhiben el desarrollo de yemas laterales, las cuales pueden ahora desarrollarse libremente. No obstante, la mayoría de estos ahijamientos morirán sin producir espiga, por lo que en definitiva, el corte tiende a reducir el número final de tallos por unidad de superficie (Youngner, 1972; Dumphy et al., 1982; Poysa, 1984; García del Moral, 1992a).



2.12.3.- Efectos sobre el desarrollo.-

Las plantas cortadas presentan notables diferencias en su desarrollo respecto a los testigos inmediatamente después de la defoliación, pero estas diferencias disminuyen cuando avanza el ciclo (Dumphy et al., 1982; Poysa, 1985). El retrasar el corte de forraje o alargar el pastoreo una semana puede suponer en algunos casos, la eliminación de los meristemas apicales de los tallos y con ello una disminución drástica del rendimiento en grano (Morris y Gardner, 1958; Royo, 1992), aunque esta reducción depende en gran medida de las condiciones ambientales (Royo et al., 1993b).

La defoliación generalmente prolonga el periodo desde la siembra a la antesis (DSA), mientras que acorta la duración del periodo de maduración de los granos, es decir, los días desde la antesis a la madurez fisiológica (DAM) (Martínez- Ochoa et al., 1989; Winter y Musick, 1991; Marinetto, 1992; Boujenna et al., 1994). La duración del área foliar (LAD) desde la antesis a la madurez resulta significativamente reducida por la retirada del forraje (García del Moral, 1992a; Marinetto, 1992).

2.12.4.- Efectos sobre la cosecha grano y sus componentes.-

Numerosas investigadores han informado de disminuciones en la cosecha de grano con el aprovechamiento de forraje (Dumphy et al., 1984; Winter y Thomson, 1987; Martínez Ochoa et al., 1989; Miller et al., 1993; Ramos et al., 1993). Estas reducciones dependen del número de cortes efectuados y del momento del corte. Así, se ha demostrado que con dos cortes la disminución del rendimiento es mucho más importante que con un solo corte (García del Moral et al., 1994b). Por otra parte, los cortes en el estadio 30 de Zadoks reducen el rendimiento en menor proporción que los efectuados en el 31 (Royo et al., 1994b). La principal causa de reducción en el rendimiento del grano, tras uno o dos

aprovechamientos de forraje, suele ser la disminución en el número de espigas provocada por la muerte de tallos hijos (Miller et al., 1993; Ramos et al., 1994b). La cantidad de espiguillas por espiga sólo es afectada ligeramente por la defoliación, probablemente debido a que cuando se aplicaron los tratamientos de corte había terminado la diferenciación floral (García del Moral, 1992a; Miller et al., 1993). Otros estudios (Christiansen et al., 1989), indican que en las parcelas cortadas, el número de granos por espiga aumentó significativamente respecto a los testigos. El peso de los granos parece ser el componente de rendimiento que menos se afecta por la defoliación en las primeras etapas de desarrollo, ya que disminuye si el corte se realiza tardíamente (Dunphy et al., 1982; García del Moral et al., 1994b). En las espigas de los ahijamientos, el peso medio de los granos resulta muy disminuído por el aprovechamiento de forraje especialmente cuando se aplican dos cortes, ello se debe al retraso en floración y maduración provocado por los cortes, lo que obliga a los granos a desarrollarse bajo condiciones ambientales más desfavorables y conduce al asurado (García del Moral, 1992a). Un estudio llevado en diversas zonas de Cataluña (Insa, 1992, Royo et al., 1994b) demostró que el peso de los granos puede ser el factor determinante de las variaciones de rendimiento en respuesta a tratamientos de siega, en el ambientes desfavorable. Otros estudios realizados en tres ambientes bien diferenciados de la provincia de Granada, mostraron que el peso de los granos resultó el componente más importante para explicar las variaciones de cosecha en el ambiente más seco (García del Moral et al., 1994b; Ramos et al., 1994b). Ello parece obedecer a que el triticale presenta mayores problemas para el llenado del grano que otros cereales, siendo muy sensible a las condiciones de estres hídrico durante el período de maduración (Royo, 1992).

Estudios comparativos entre varios cereales han demostrado que el rendimiento del triticale en grano después de un corte al final del ahijado o durante el encañado, estuvo por encima de los restantes cereales en algunos ensayos (Royo et al., 1993b). La disminución observada respecto a los testigos no segados dependió

del genotipo (entre un 10 y un 50%) (Nachit, 1983). También ha sido demostrada la existencia de buenas correlaciones entre la biomasa y el rendimiento del grano final (Malik et al., 1988), así como con el contenido de proteínas al inicio del ciclo y el rendimiento final (Nachit, 1983).

Si con la defoliación se eliminan o dañan los ápices del tallo principal o de los ahijamientos primarios, estos son reemplazados por los secundarios, que generalmente producen menos granos, efecto observado tanto en trigo (Fraser y Dougherty, 1977) como en cebada (Cannell, 1969a). Dunphy et al. (1982 y 1984), han demostrado que el aprovechamiento de forraje y grano puede disminuir el rendimiento del grano aunque los ápices del tallo no sean eliminados. En cebada y triticale, se ha demostrado que tras los cortes los rendimientos disminuyen alrededor del 10%, debido a una reducción de espigas, a pesar de que los ápices de los tallos principales permanecieron debajo del suelo en el momento del pastoreo (Scott et al., 1988; Scott y Hines, 1991; García del Moral, 1992a).

En numerosas ocasiones el pastoreo actúa directamente sobre el número de espigas, si bien las diferencias climatológicas entre campañas influyen más sobre la producción de grano que el grado de pastoreo dentro del mismo año (Christiansen et al., 1989). Dumphy et al. (1982), demostraron que la producción final de espigas dependía más de la superviviencia de los tallos después de la defoliación que de la capacidad de un genotipo dado para producir tallos. La retirada de forraje disminuye la cosecha y el peso del grano por planta, principalmente a través de la reducción del número de espigas y en buena medida de la fertilidad floral y el peso de mil granos (Miller et al., 1993; García del Moral et al., 1994b).

2.12.5.- Efectos sobre la producción y calidad del forraje y grano.-

La cosecha de forraje aumenta con el número de cortes y el retraso de la fecha del corte (Marinetto 1992; Royo et al., 1994a), sin embargo las defoliaciones tardías disminuyen la calidad de forraje (Cherney y Marten, 1982, West et al., 1991). Cuando se aplican dos cortes la cosecha de forraje del primero suele ser mayor que la del segundo (Ramos et al., 1993). Con los cortes en el estadio 31 de Zadoks, tanto la cosecha de forraje como su contenido de proteínas fue menor que los obtenidos con los cortes en el estadio 30, sin embargo el contenido de fibra fue mayor en el forraje cortado en el estadio 31 (Royo et al., 1994b). Normalmente, con el aumento de fibra la digestibilidad del forraje disminuye (Patel y Nishimuta, 1977; Heger y Eggum, 1991).

En los cereales existe una relación inversa entre el rendimiento y el contenido de proteínas en el grano. Parece que las condiciones ambientales y los factores genéticos son los principales responsables de esta relación negativa (Kramer, 1979, Nair y Chatterjee, 1990).

Los cortes aumentan el contenido de proteínas en el grano de triticale bajo condiciones de secano, este incremento es debido al efecto de dilución causado por una reducción en la acumulación de almidón. Sin embargo, en condiciones de regadío el corte no afecta el contenido de proteína en el grano, aunque la producción disminuye (García del Moral et al., 1994a).

3.- METODOS Y TECNICAS EXPERIMENTALES

3.1.- Descripción general de los ensayos.-

Los ensayos se han realizado durante las campañas 1990/91, 1991/92 y 1992/93 en la Vega de Granada. Ambiente normalmente destinado a cultivos en condiciones de regadío, con unos 500 mm de lluvia anuales y situado al sur de la ciudad de Granada, con una altitud de 600 m.

La caracterización climatológica del ambiente donde se han realizado los ensayos para las tres campañas y para la media del período 1976-93, se puede observar en las Figuras 1 a 8, donde se representan las medias mensuales de temperatura máxima y mínima, así como la pluviometría mensual acumulada. Este ambiente no es demasiado frío, con temperaturas mínimas mensuales que no llegan a bajar de 0° C en ningún mes del año, y temperaturas máximas bastante cálidas, especialmente durante los meses de Abril, Mayo y Junio. Los meses más fríos corresponden a Diciembre y Enero, mientras que los más lluviosos son Octubre, Diciembre, Febrero y Marzo. La pluviometría media total en este ambiente, durante el ciclo de desarrollo del triticale para los últimos 17 años ha sido de 459.4 mm (Figuras 1 y 2).

Según la clasificación de la FAO, el suelo de este ambiente pertenece al tipo Fluvisoles calcáreos, se trata de suelos desarrollados sobre materiales típicamente aluviales, constituídos por arenas, conglomerados, arcillas y limos, poco o nada consolidados. Son suelos profundos, poco diferenciados, con un contenido medio-alto en materia orgánica y con estructura franco-limosa. Son suelos muy fértiles y normalmente destinados a cultivos en condiciones de regadío

Figura 1.- Vega 1976-1993
Temperaturas mensuales

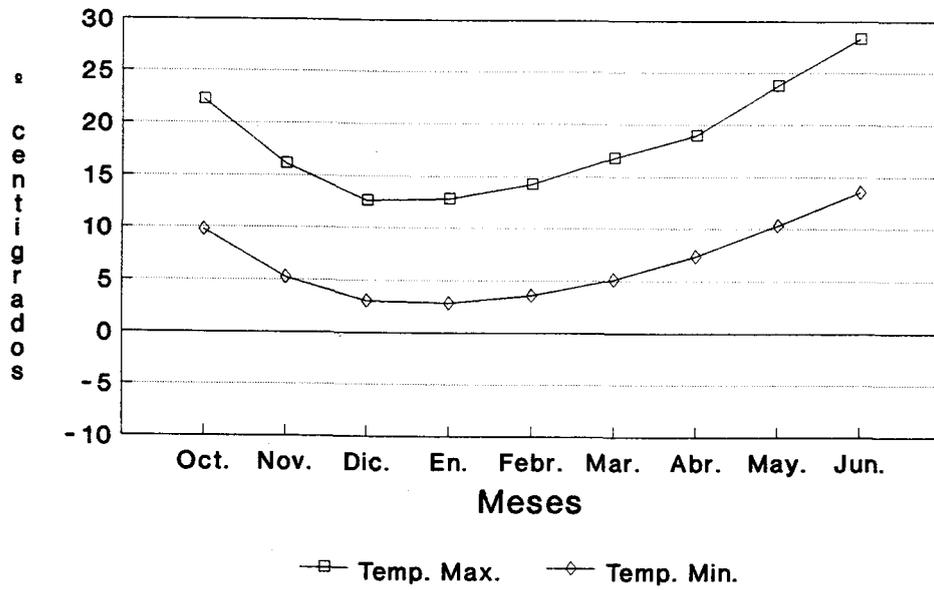


Figura 2.- Vega 1976-1993
pluviometria

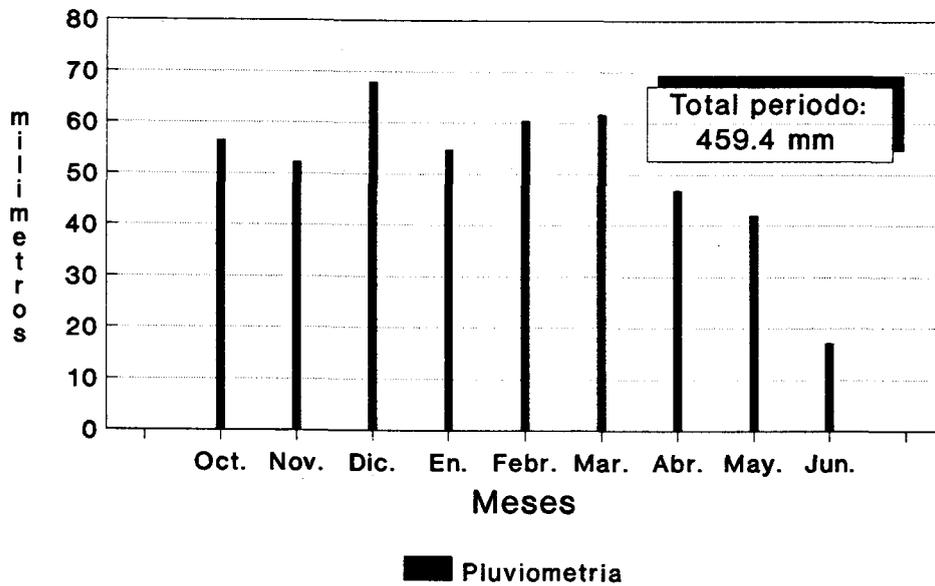


Tabla 1.- Composición granulométrica y análisis químico del suelo .

Año	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH en agua	M.O (%)	Ntotal (%)	Pasim (pmm)	Kasim (pmm)	Caliza act(%)	CO3= (%)
1991	45.5	43.5	11.0	8.0	2.01	0.192	36	88	2.9	10.2
1992	39.9	48.2	11.9	8.0	1.15	0.095	50	65	2.8	10.2
1993	37.5	51.6	10.9	8.4	1.59	0.090	61	70	3.3	11.7

Durante la campaña 1990/91, se han utilizado 3 genotipos de triticale de primavera ("Tropical", "Tutor" y "Trujillo"), sometidos a dos tratamientos simulados de pastoreo en dos ocasiones diferentes del desarrollo del cultivo (estadios 30 y 31 de la escala de Zadoks et al., 1974), contrastados con testigos sin cortar. Todo ello sobre un diseño estadístico de bloques al azar con 4 repeticiones. Este ensayo fue sembrado en dos épocas diferentes, precoz y media (19-Nov y 3-Dic), lo que constituyó un total de 36 parcelas por cada fecha de siembra. Con este primer año se ha pretendido optimizar la época de siembra y de corte más apropiado para el aprovechamiento mixto del triticale en regadío, así como averiguar la repercusión que la retirada de forraje ejerce sobre la producción de grano y sus componentes.

La climatología de esta campaña se ha caracterizado (Figuras 3 y 4), por un otoño bastante lluvioso, especialmente el mes de Octubre, un invierno frío y seco, y una primavera bastante seca, con temperaturas moderadas hasta mitad de Mayo. La pluviosidad recogida durante este ensayo fue de 285.25 mm, es decir un 40% menos que la media de los últimos 17 años. No obstante, los riegos recibidos compensaron esta falta de lluvia, aunque estos datos nos dan una idea de la sequedad del aire, especialmente durante el período de maduración de los granos.

Figura 3.- Vega 1990-91
Temperaturas decenales

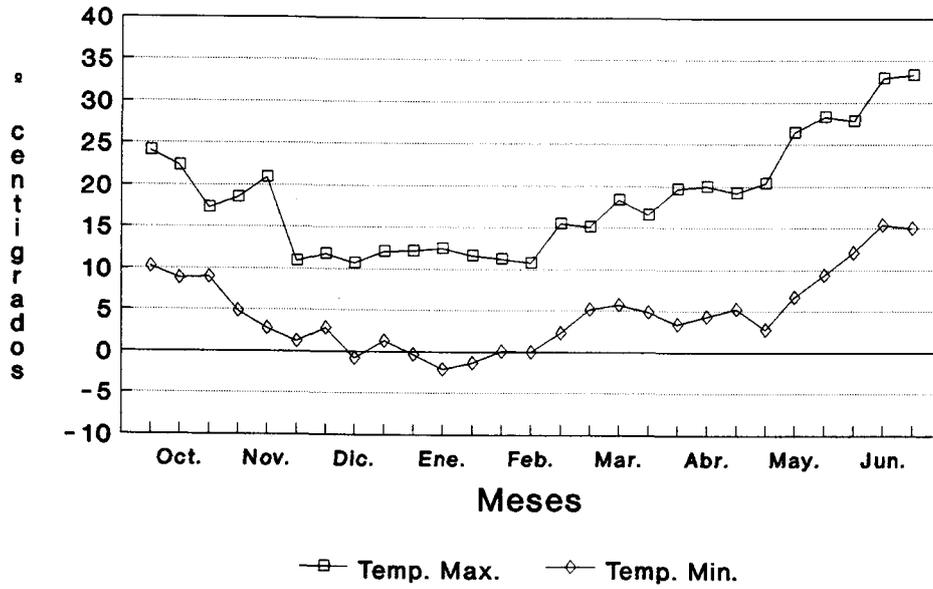
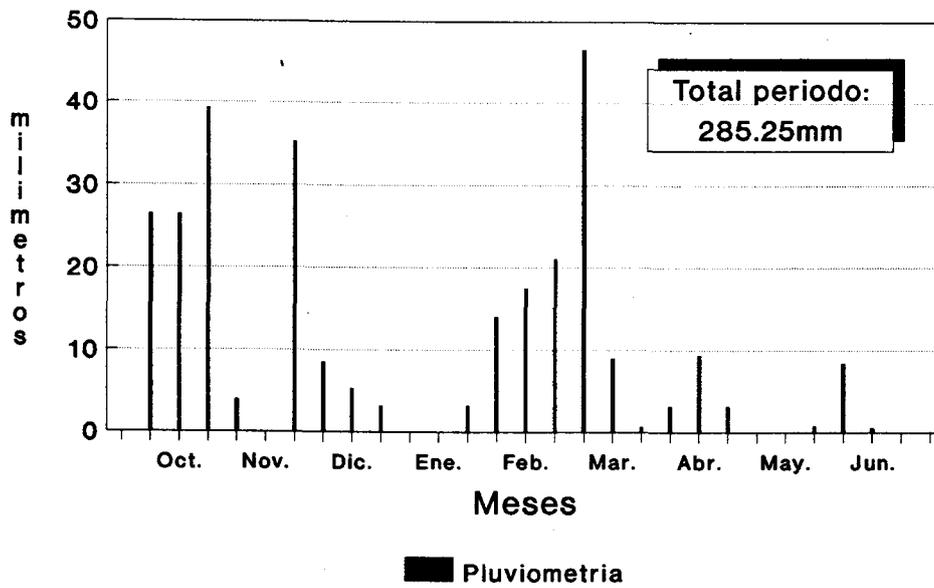


Figura 4.- Vega 1990-91
pluviometria



En la campaña 1991/92, se han estudiado 5 genotipos de triticale, "Tropical", "Tutor" y "Trujillo", ya empleados el año anterior, "Adrian" (variedad de primavera), procedente de un ensayo de selección realizado en Lérída y "Lasko" (variedad de invierno), muy utilizada en centroeuropa. Se realizó un tratamiento de corte en el estadio 31 de la escala de Zadoks, época más apropiada deducida del año anterior, y un testigo sin cortar. Este ensayo fue sembrado en dos épocas diferentes (19-Nov y 13-Dic), con un diseño de bloques al azar repetido 4 veces, lo que originó un total de 40 parcelas en cada fecha de siembra.

La climatología de esta campaña (Figuras 5 y 6), se ha caracterizado por una distribución irregular de las precipitaciones durante el ciclo. El invierno fue bastante más seco y algo más frío que el año anterior, presentando fuertes aumentos de temperatura a finales del mes de Marzo y durante Abril y Mayo, con temperaturas máximas cercanas a los 30°C. La pluviosidad total recogida durante el ensayo fue casi idéntica a la del año anterior.

Durante la campaña 1992/93, el diseño experimental fue paralelo al del año anterior: se sembraron en cuatro bloques los mismos cinco genotipos, en dos épocas de siembra (19-Nov y 11-Dic) y se aplicó un tratamiento de corte en el estadio 31 de Zadoks, dando lugar a un total de 80 parcelas. Todo ello se realizó para confirmar la validez de los parámetros utilizados como criterios de selección, así como obtener un mínimo de 4 parentales bien caracterizados fisiológicamente para incluirlos en un programa de mejora.

Esta campaña fue muy seca, con una pluviosidad total durante el ciclo del triticale de 237.1 mm, lo que representa casi la mitad de la media de los últimos 17 años. La temperatura durante el invierno fue similar a los dos años anteriores, pero presentando fuertes subidas desde el mes de Marzo.

Figura 5.- Vega 1991-92
Temperaturas decenales

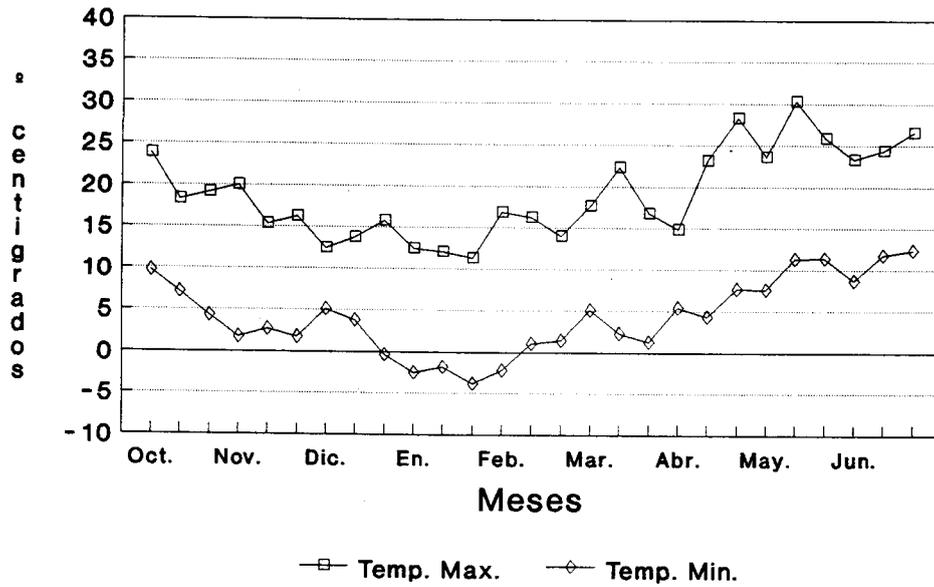


Figura 6.-Vega 1991-92
pluviometria

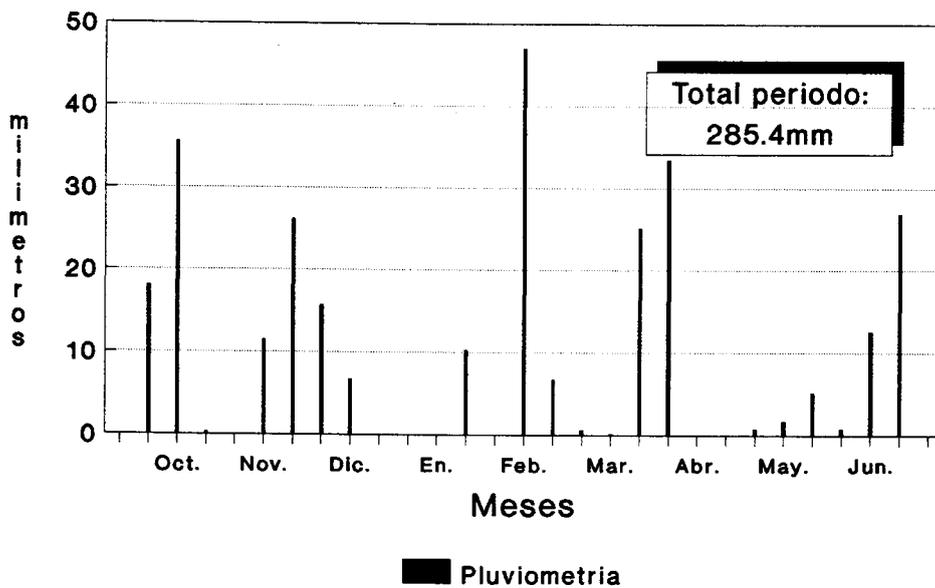


Figura 7.- Vega 1992-93
Temperaturas decenales

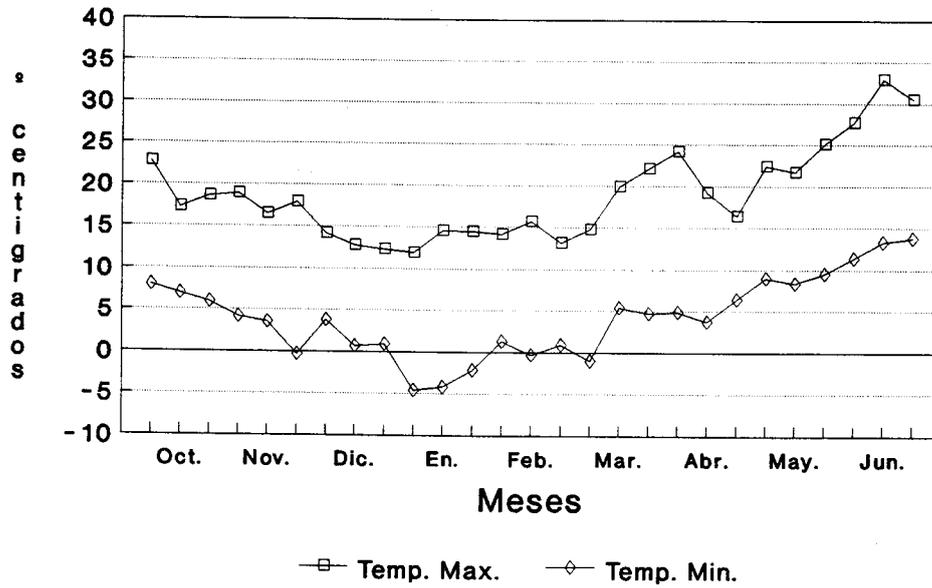
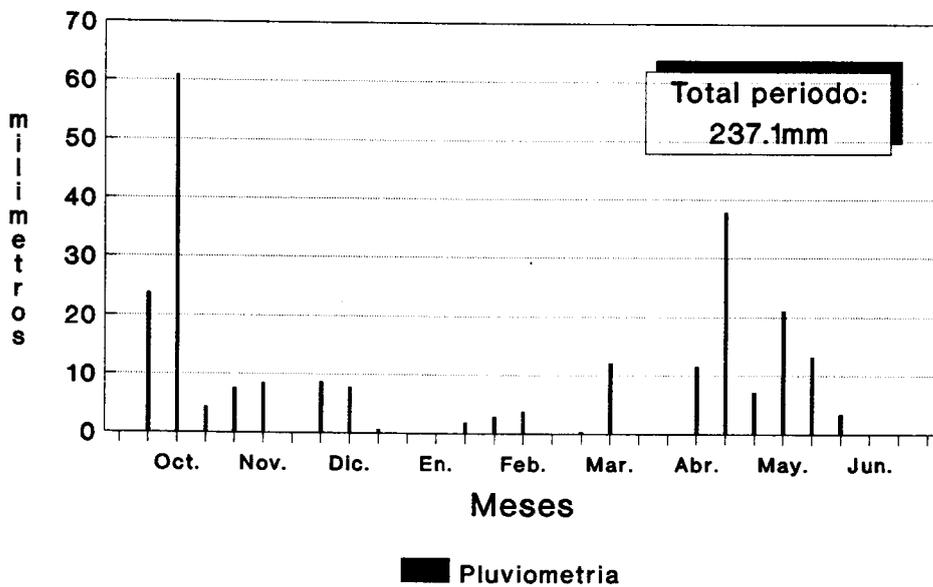


Figura 8.- Vega 1992-93
pluviometria



En las tres campañas, la siembra se realizó con una sembradora de ensayos y con una densidad de 300 granos/m². Las parcelas medían 1,2m x 10m con 6 surcos. Antes de la siembra, se aplicaron 400 Kg/Ha de un fertilizante complejo de (N,P,K) en un porcentaje equilibrado 15:15:15. La fertilización de cobertera (hacia mitad de ahijado) consistió en la aplicación de 350 Kg de N/Ha en forma de nitrosulfato amónico. Para el control de malas hierbas se utilizó Trifluralin + Linuron a las dosis normalmente utilizadas en la zona.

Los cortes se realizaron de forma manual (con hoz), a una altura de 5-6 cm del suelo. Después del corte se pesó la cantidad de forraje obtenida en cada parcela, se tomó una muestra de 400g de forraje verde y se secó durante 24h a una T° de 70°C, obteniéndose de esta manera el peso seco de forraje por parcela. Los riegos se realizaron mediante inundación de las parcelas en dos ocasiones durante el desarrollo del cultivo (ahijado y encañado), simulando una precipitación de 150mm en cada ocasión. La recolección se efectuó a finales del mes de Julio, mediante cosechadora de ensayos, por corte de la superficie total de cada parcela, pesando posteriormente el grano limpio y llevándolo al 14% de humedad.

En la Tabla 2 se pueden observar las diferentes fuentes de variación de los ensayos durante las tres campañas.

3.2.- Toma de muestras en el campo.-

Para caracterizar exactamente el crecimiento de las plantas en función del genotipo, fecha de siembra y tratamiento de corte, se efectuaron diferentes tomas de muestras de material vegetal en cada uno de los ensayos, desde el estadio de tres hojas hasta la cosecha. El intervalo de tiempo entre dos recogidas consecutivas fue aproximadamente de 15 días, variando ligeramente según las condiciones climáticas de cada año pero siempre se han obtenido datos en los estadios fenológicos más importantes del

Tabla 2.- Descripción de los ensayos durante los 3 años

Campaña	Fechas de siembra	Genotipos	Tratamientos	Fecha de corte		Número de parcelas
				1ªSiembra	2ªSiembra	
1990-91	19/11/90	Tropical Tutor Trujillo	C0	-	-	36
			C30	8/02/91	30/02/91	36
	C31		7/03/91	16/03/91		
1991-92	19/11/91	Tropical Tutor Trujillo Adrian Lasko	C0	-	-	40
			C31	2/03/92	16/03/92	40
			23/03/92	27/03/92 (Lasko)		
1992-93	19/11/92	Tropical Tutor Trujillo Adrian Lasko	C0	-	-	40
			C31	3/03/93	24/03/93	40
			30/03/93	13/04/93 (Lasko)		

C0 = Testigo

C30= Corte (Pastoreo simulado) en el estadio 30 de la escala de Zadoks.

C31= Corte (Pastoreo simulado) en el estadio 31 de la escala de Zadoks.

ciclo del cultivo. Actualmente existen diversas escalas para caracterizar el crecimiento de los cereales, encontrándose una excelente revisión en los trabajos de Landes y Porter (1989) y Pujol y Gorchs (1989). En la Tabla 3 se detallan las fechas de muestreo y los estadios fenológicos a que corresponden.

El material vegetal se recogió totalmente al azar en cada una de las parcelas, despreciándose el primer surco, para evitar el conocido efecto de borde. En cada muestreo se tomaron las plantas contenidas en 50cm de surco determinado al azar dentro de cada parcela. Este procedimiento permite, además, conocer simultáneamente el número de plantas por unidad de superficie.

Las plantas, fueron introducidas en bolsas de plástico etiquetadas y transportadas al laboratorio, donde se conservaron en cámara fría a 4°C hasta el momento de su análisis, 24 horas después como máximo desde su recogida.

La antesis se consideró como la aparición de las anteras fuera de las espiguillas basales de las espiga en un 50% de las mismas. La madurez fisiológica se registró por la desaparición del color verde en el 75% de las glumas en las espigas primarias.

Con el objeto de llevar a cabo un seguimiento estricto del desarrollo de la inflorescencia, cada 3-4 días se recogieron en cada parcela unas 10 plantas al azar para posteriormente ser diseccionadas en el laboratorio, y establecer los estadios de desarrollo del meristemo apical del tallo principal, de acuerdo a la escala elaborada por Kirby y Appleyard (1986).

Tabla 3.- Fechas de recogida de muestras para análisis del crecimiento a lo largo del ciclo de vida del cultivo y estadios fenológicos en que se encontraban las plantas.

a) Año 1991

<u>Número</u>	<u>Estadio fenológico</u>	<u>Primera</u>	<u>Segunda</u>
		<u>Siembra</u>	<u>Siembra</u>
1	Inicio ahijado	6/02/91	26/02/91
2	Mitad ahijado	5/03/91	13/03/91
3	Fin ahijado	20/03/91	4/04/91
4	Encañado	18/04/91	24/04/91
5	Antesis	4/05/91 14/05/91	14/05/91 17/05/91
6	Madurez	21/05/91 14/06/91	1/06/91 13/06/91
7	Recolección	2/07/91	2/07/91

b) Año 1992

<u>Número</u>	<u>Estadio fenológico</u>	<u>Primera siembra</u>	<u>Segunda siembra</u>
1	Inicio ahijado	27/01/92	11/02/92
2	Mitad ahijado	26/02/92	9/03/92
3	Fin ahijado	18/03/92	25/03/93
4	Encañado	8/04/92	8/04/92
5	Antesis	2/05/92 19/05/92	6/05/92 19/05/92
6	Madurez	5/06/92 29/06/92	5/06/92 25/06/92
7	Recolección	9/07/92	9/07/92

c) Año 1993

<u>Número</u>	<u>Estadio fenológico</u>	<u>Primera Siembra</u>	<u>Segunda Siembra</u>
1	Inicio ahijado	22/01/93	5/02/93
2	Mitad ahijado	2/03/93	8/03/93
3	Fin ahijado	18/03/93	22/03/93
4	Encañado	14/04/93	4/05/93
5	Antesis	18/03/93 21/05/93	22/03/93 31/05/93
6	Madurez	3/06/93	3/06/93
7	Recolección	6/07/93	6/07/93

3.3.- Obtención de los valores primarios.-

Ya en el laboratorio, las muestras procedentes del campo se extrajeron una a una y al azar de la cámara frigorífica. Entre todas las plantas recogidas se eligieron las cinco más homogéneas para, una vez separada la raíz, determinar los siguientes parámetros por planta:

- 1) Número de hojas.
- 2) Número de ahijamientos por planta, que indica las espigas potenciales por planta.
- 3) Número de tallos con espiga por planta, que determina las espigas reales por planta.
- 4) Longitud del tallo principal medida desde el nudo de ahijamiento hasta el ápice excluyendo, la espiga.
- 5) Superficie foliar, utilizando un planímetro fotoelectrónico LICOR, LI-300, Portable Area Meter, fabricado por Lambda Instruments Corporation.
- 6) Peso seco de hojas, tallos y espigas después de secado en estufa de aire forzado a 70-80°C, hasta peso constante.

3.4.- Determinación de los componentes del rendimiento.-

En el último muestreo, previo a la cosecha, se recogieron las plantas contenidas en un metro de surco, obteniéndose así:

- 1) El número de plantas/m².
- 2) El número de espigas/m².

Posteriormente, se seleccionaron las 10 plantas más homogéneas de las contenidas en el metro de surco recogido en cada parcela y se obtuvieron los siguientes parámetros de producción:

- 3) Número de espigas por planta.
- 4) Número de granos por espiga.
- 5) Índice de cosecha, pesando por separado la paja y el grano de unas 10 plantas por tratamiento.
- 6) Compacidad de la espiga, obtenida como el cociente entre el número de granos por espiga y la longitud de su raquis.
- 7) Longitud del tallo principal, sin contar la espiga.

En una muestra de grano procedente de la cosechadora se obtuvieron los restantes parámetros:

- 8) Peso medio de 1000 granos, determinado por pesada de 10 grupos de 100 granos.
- 9) Contenido de humedad en el grano, mediante desecación de una muestra a 70-80°C hasta peso constante.
- 10) Peso específico, pesando los granos limpios contenidos en 250 ml y pasándolos a Kg/Hl.

3.5.- Disección del material vegetal.-

Para caracterizar la duración de las diferentes fases del desarrollo del meristemo apical del tallo principal, así como su crecimiento en longitud y la formación de primordios de espiguilla, se han observado 5 ápices del tallo principal de otras tantas plantas de cebada a lo largo de todo el ciclo de vida del cultivo, desde el periodo vegetativo hasta la recolección, a intervalos de aproximadamente 3-4 días.

Para poder examinar el ápice del tallo es necesario retirar las hojas que lo envuelven, ya que durante el desarrollo vegetativo se encuentra situado en la base de los pseudotallos, a escasos milímetros por encima del nudo de ahijamiento. Una vez retiradas las hojas maduras, se procedió desenvolviendo con cuidado las vainas de las hojas más jóvenes a partir de la base,

donde se sitúa la zona de crecimiento. Cuando la hoja expuesta era de unos 30mm de longitud se continuó la disección bajo una lupa binocular con micrómetro incorporado, marca Nikon, hasta descubrir el meristemo apical. Como fuente luminosa artificial se utilizó un equipo de luz fría marca Volpi, modelo Intralux 4000, aconsejable para la observación y disección de material vegetal vivo por ocasionar menores pérdidas de agua en los tejidos.

Una vez descubierto el ápice, este presenta dos posibles visiones: de "perfil", cuando se contempla en sentido perpendicular al plano de las hojas, lo que permite observar simultáneamente las hileras de primordios a ambos lados del meristemo; y de "frente", cuando se gira 90° con respecto a la posición anterior. De esta forma, desde la siembra hasta la cosecha, se determinó el estadio de desarrollo del ápice del tallo principal, utilizando como referencia la "Guía de desarrollo de los cereales" de Kirby y Appleyard (1986).

3.5.1.- Número de primordios y tamaño del ápice.-

El número de primordios y la longitud del meristemo apical fueron medidos cada 15 días aproximadamente. Para ello, siguiendo a Kirby y Riggs (1978), durante las fases iniciales del desarrollo se contó el número total de primordios sobre el meristemo apical. También en cada meristemo se registró la longitud en milímetros desde el collar hasta el ápice y la anchura máxima del meristemo (mm).

3.6.- Metodología para la obtención de la fibra ácido detergente.-

Se ha determinado por el método de Van Soest, que consiste en:

- Pesar 1.5 gr de muestra y ponerla en un vaso de 400 ml.
- Añadir 150 ml de solución ácido detergente, preparada con 20 g de bromuro de cetiltrimetilamonio en 1 litro de ácido sulfúrico 1 N.
- Añadir 2 ml de decalina (decahidronaftalato).
- Regular la temperatura en una placa calefactora y mantener en ebullición suave durante 60 minutos. Conservar el nivel con agua hirviendo.
- Filtrar al vacío a través de un embudo con placa porosa (porosidad 2) previamente tarado, que contenga papel de filtro y lana de vidrio (P_1).
- Disgregar el residuo con una varilla de vidrio y lavar con agua a 90-100°C.
- Pasar el embudo a la estufa a 105°C durante 24 h.
- Enfriar en desecador y pesar (P_2).

El contenido de fibra ácido detergente (FAD) se calcula según:

$$\% \text{ FAD} = \frac{(P_2 - P_1)}{\text{peso muestra}} \cdot 100$$

3.7.- Metodología para la obtención de la proteína bruta.-

Se ha determinado mediante el método de Kjeldahl, que mide la cantidad total de nitrógeno liberado en forma amoniacal. Para obtener el contenido protéico es necesario multiplicar por 5.7 para el grano y 6.25 en el caso del forraje, factores de conversión recomendados en la bibliografía. De esta forma, la proteína bruta engloba las proteínas propiamente dichas y otras sustancias no proteicas, pero que contienen nitrógeno en su estructura química.

El método puede dividirse en dos partes:

1) Destrucción y mineralización de la materia orgánica mediante ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador. Así se transforman todas las formas nitrogenadas orgánicas en formas inorgánicas amoniacales.

2) Liberación de las sales amónicas añadiendo hidróxido sódico concentrado. Estas sales son arrastradas con vapor de agua y6 fijadas en ácido bórico. Finalmente, se valoran con ácido sulfúrico diluido.

El procedimiento empleado ha consistido en:

- Pesar aproximadamente 1 g de muestra e introducirlo en un matraz Kjeldahl.

- Añadir 1.5 g de catalizador (compuesto de 2 g Se/ 31 g de sulfato de cobre/ 100 g de sulfato potásico) y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado (98%).

- Situar el matraz en la batería de hornillos y calentar poco a poco hasta llegar a 150° C, manteniendo esta temperatura durante 1.5 h para que se efectúe la digestión.

- Una vez frío, añadir agua destilada y proceder a la destilación añadiendo NaOH hasta que cambie de color. El nitrógeno amoniacal es arrastrado con el vapor de agua y recogido en ácido bórico al 4%.

- Una vez destilados 100 ml, se valoran con ácido sulfúrico de normalidad 20/70.

La proteína bruta (PB) se obtiene como:

$$\% \text{ PB} = \frac{2.5 \text{ ml SO}_4\text{H}_2}{\text{gramos muestra}}$$

3.8.- Metodología para la obtención de la proteína digestible.-

Se ha obtenido mediante el método pepsina-ácido clorhídrico, que determina "in vitro" la fracción proteica del forraje que el animal puede digerir y asimilar. Sin embargo, los resultados así obtenidos no coinciden plenamente con el valor real de la digestibilidad "in vivo", de aquí que sea más correcta la denominación de proteína soluble en pepsina- ácido clorhídrico.

El procedimiento es como sigue:

- Pesar 2 g de muestra secada al aire y añadir 480 ml de agua destilada.

- Adicionar 10 ml de ácido clorhídrico al 25 % y 1 g de pepsina (DAB₆).

- Añadir 10 gotas de solución de sulfato de cobre al 5% (agente precipitante).

- Marcar el nivel y poner en estufa a 38° C durante 24 horas, agitando frecuentemente.

- Añadir agua hasta el nivel marcado y de nuevo 1 g de pepsina y 5 ml de ClH al 25%.

- Dejar en estufa de nuevo otras 24 horas a 38° C.

- Terminada la digestión, se filtra por decantación y se lava el residuo con agua caliente hasta que no dé reacción de cloruros.

- Finalmente se determina el N del residuo insoluble por el método de Kjeldahl.

El resultado que se obtenga nos dará el valor de la proteína no digestible (PND). Por lo tanto:

$$\% \text{ PND} = \% \text{ Proteína bruta} - \text{Proteína no digestible}$$

3.9.- Cálculo de los índices de crecimiento.-

En esta Memoria, el crecimiento se estudia antes y después de la anthesis ya que este suceso marca un cambio fisiológico decisivo en el desarrollo de los cereales. En efecto, pasan de una etapa donde predominan los fenómenos de absorción y fotosíntesis con crecimiento de todos los órganos de la planta (Período Vegetativo), a otra donde predomina el transporte de materiales hacia los granos en desarrollo, únicos órganos que presentan entonces un crecimiento activo (Período de Maduración).

En el análisis del crecimiento se utilizará la terminología anglosajona por haber sido aceptada internacionalmente. Los símbolos N, A y W corresponden respectivamente al número de plantas/m², área foliar y peso seco total, referidos a dos recogidas realizadas en los tiempos t1 y t2.

3.9.1.- Período vegetativo.-

3.9.1.1.- Valores instantáneos.-

Los índices utilizados para caracterizar el crecimiento durante este período han sido los siguientes:

A) Índice de área foliar (Leaf Area Index, LAI)

Representa una medida del aparato asimilador en relación al área de terreno (Watson, 1947). Ha sido calculado en cada toma de muestras mediante la expresión:

$$\text{LAI} = N \times A \text{ (área foliar/área de terreno)}$$

Este índice aumenta con el desarrollo del cultivo hasta un máximo, que en cebada suele coincidir con la aparición de la hoja bandera y decreciendo posteriormente. Variación que se debe principalmente a cambios en el área foliar por planta y en menor medida, en el número de plantas, el cual tiende a disminuir con la edad en condiciones de campo. En cereales, LAI incrementa con las disponibilidades de N (especialmente en aplicación temprana) a través del aumento en el número y tamaño de las hojas, así como en el número de tallos hijos (García del Moral *et al.*, 1984; Ramos *et al.*, 1985); con el suministro de P y K, que estimulan el tamaño de las hojas y retrasan su senescencia y con la irrigación. Por el contrario, el área foliar y LAI decrecen con el incremento en iluminación o el retraso en la fecha de siembra y con la sequía, incluso a niveles moderados.

B) Unidad de asimilación neta (Inverse of Leaf Area Ratio, 1/LAR).

Este índice describe en términos instantáneos la relación entre el peso seco de la planta y su área foliar:

$$1/LAR = 1/(A/W) = W/A \text{ (peso/àrea foliar)}$$

De esta manera, $1/LAR$ puede ser utilizado como una medida de la eficiencia en la asimilación de la materia seca, es decir, de la cantidad de peso producido en un momento dado por unidad de superficie foliar. Como tal, sus variaciones normalmente reflejan la influencia de los factores ambientales sobre la velocidad de los dos procesos básicos (Fotosíntesis y Respiración) que regulan la intensidad del crecimiento (Evans, 1972) dependiendo más de la radiación incidente que de ningún otro factor ambiental, al ser una medida de la maquinaria fotosintética. Asimismo, y a causa del incremento en el sombreado mutuo de las hojas, este índice se encuentra correlacionado negativamente con el área foliar y, consecuentemente, con todos los factores que promuevan su desarrollo (aporte de N, deficiencia de luz, alto suministro hídrico, etc.).

C) Biomasa o peso seco del cultivo (Crop Dry Weight, CDW).

Representa, en términos absolutos, la producción de materia seca del cultivo por unidad de superficie de terreno (Warren Wilson, 1981):

$$CDW = N \times W \text{ (peso/àrea de terreno).}$$

Este índice constituye el factor de proporcionalidad que relaciona el crecimiento de las plantas individuales con el crecimiento del cultivo. Su valor depende de la magnitud de los dos índices anteriores ya que:

$$CDW = LAI \times 1/LAR$$

o

$$N \times W = N \times A \times W/A$$

Esta relación permite que cualquier efecto sobre el crecimiento del cultivo pueda ser interpretado en términos de su influencia sobre el tamaño del aparato asimilador (LAI), sobre su eficiencia neta (1/LAR) o, lo que es más frecuente, sobre ambos.

3.9.1.2.- Valores medios en un intervalo de tiempo.-

A) Nivel de crecimiento relativo del ápice (Relative Growth Rate, RGR)

Representa el incremento en longitud del meristemo apical por unidad de longitud del ápice y por unidad de tiempo, permitiendo comparar la velocidad del progreso hacia la floración entre los diversos genotipos de cebada, así como establecer correlaciones con los factores ambientales, especialmente fotoperiodo y temperatura acumulada (García del Moral, 1992b).

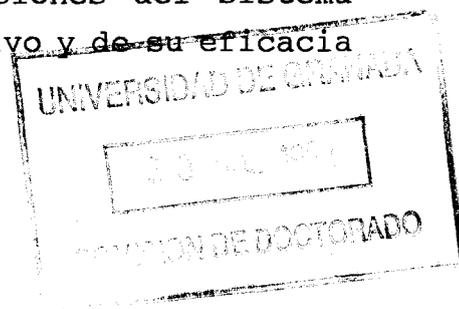
Para su cálculo se ha utilizado la expresión (Ledent y Stoy, 1983):

$$RGRL = \frac{\ln L_2 - \ln L_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{longitud/longitud} \times \text{tiempo})$$

donde L1 y L2 son las longitudes en milímetros del meristemo apical en los tiempos t1 y t2.

3.9.2.- Período de maduración.-

En los cereales la cosecha está fuertemente influenciada por el nivel de fotosíntesis durante el crecimiento y maduración del grano, el cual va a depender de las dimensiones del sistema asimilador, del tiempo en que se mantenga activo y de su eficacia



en la producción de materiales para el grano. Estas características pueden ser estimadas mediante los siguientes índices.

A) Duración del área foliar (Leaf Area Duration, LAD).

El índice de área foliar es una medida del tamaño del aparato asimilador en un instante determinado, pero no tiene en cuenta el tiempo durante el cual es activo en la producción de materia seca. Por esta razón, Watson en 1947 sugirió que la integral del área bajo la curva de LAI frente al tiempo, a la que denominó duración del área foliar, podía suministrar una buena medida de la capacidad de los cereales para producir y mantener su área foliar, y por tanto, de su oportunidad total para la asimilación. Si se desea calcular exactamente el valor de LAD debe conocerse la ecuación de la curva del área foliar o de LAI durante todo el desarrollo del cultivo. Sin embargo, cuando sólo se dispone de un número limitado de observaciones puede realizarse una aproximación gráfica considerando el valor de LAD como el área del trapecio que, bajo la curva de LAI frente al tiempo, delimitan las fechas consideradas; para el período de maduración las de anátesis (LAIa) y madurez (LAI_m) (Kvet et al., 1971).

$$LAD = \frac{LAIa + LAIm}{2} \times (t_m - t_a) \text{ (tiempo)}$$

La ecuación anterior expresa en términos cuantitativos como mantiene el cultivo su superficie asimiladora activa durante la maduración, encontrándose buenas correlaciones con la producción de grano en numerosos cereales de zonas húmedas o bajo condiciones de irrigación.

B) Eficiencia asimiladora durante la maduración (Grain: Leaf Ratio, G).

Otro índice de gran interés en los estudios sobre producción de cultivos de cereales, es la eficiencia asimiladora durante la maduración. Se calcula dividiendo la producción final de grano (Y) por la duración del área foliar en el periodo comprendido entre la antesis y la madurez:

$$G = \frac{Y}{LAD} \quad (\text{peso/ área de terreno x tiempo})$$

Este índice, por tanto, proporciona una medida de la eficiencia fotosintética de la superficie verde en la producción de carbohidratos para el grano, y constituye un parámetro más sensible de la eficacia asimiladora durante el crecimiento del grano que cualquier otra característica basada en el peso seco total; puesto que la intensa translocación de asimilados hacia el grano provoca que las demás partes de la planta pierdan peso.

G está influido por los factores ambientales, especialmente luz y temperatura, con los que está correlacionado en forma directa (Thorne, 1974).

3.10.- Cálculo de los coeficientes de sendero.-

Un considerable número de estudios sobre producción de cultivos incluyen correlaciones estadísticas entre el rendimiento y sus componentes, las cuales, aunque útiles para identificar el componente más importante en la determinación de la cosecha, generalmente no proporcionan una adecuada representación de la magnitud relativa de cada una de las variables en estudio. El análisis mediante coeficientes de sendero (path-coefficient analysis), ideado por Wright (1921, 1923) y posteriormente

elaborado y difundido por Li (1955, 1956, 1975) ofrece una interpretación basada en relaciones de causa-efecto para cada variable, especificando la dirección en la que ejercen su influencia y valorando su importancia relativa dentro del sistema. Por ello resulta especialmente útil para desentrañar las relaciones que existen entre las variables de un sistema múltiple cuando las variables independientes se encuentran, a su vez, estrechamente relacionadas entre sí. Este es el caso del sistema constituido por el rendimiento de un cultivo y sus componentes, como en la cebada, donde el número de espigas, el número de granos por espiga y el peso medio por grano se determinan secuencialmente, por lo que pueden interactuar en forma compensatoria durante el desarrollo del cultivo y la magnitud alcanzada por cada uno de ellos condicionar en gran medida la de los siguientes (García del Moral y Ramos, 1989). En este caso, el análisis mediante coeficientes de sendero considera la cosecha (la variable dependiente) como resultado de los efectos ejercidos por los componentes del rendimiento (las variables independientes), tanto de forma "directa" (es decir, la influencia que cada componente ejerce por sí mismo), como "indirecta" (a través de la modificación compensatoria que cada uno de ellos induce en los demás).

Un coeficiente de sendero es un coeficiente de regresión parcial tipificado, es decir, el obtenido después de expresar todas las variables, respecto de sus medias en unidades de desviación típica. Por tratarse de un tipo de coeficientes de regresión parcial, los coeficientes de sendero son unidireccionales (a diferencia de los de correlación que son bidireccionales) y su valor puede ser positivo o negativo, así como mayor o menor que la unidad. Además al haberse expresado por unidad de desviación típica resultan adimensionales (lo que los asemeja a los coeficientes de correlación) y, por ello, la magnitud de los coeficientes de sendero suministra una medida de la importancia relativa de las variables independientes que intervienen determinando a la dependiente. Este método permite dividir un coeficiente de correlación en sus componentes de

efectos directos e indirectos, separando así la verdadera influencia de cada variable independiente sobre la dependiente (García del Moral et al., 1991a).

El análisis por senderos utiliza coeficientes de correlación, y para su empleo se requiere fijar una dirección al sistema de causas-efectos, establecida bien mediante una hipótesis que se desea comprobar o bien por la previa evidencia experimental (Wright, 1921; Li, 1975). El método considera que cuando establecemos el coeficiente de correlación entre cada variable independiente (cada uno de los componentes del rendimiento) sobre la cosecha, en realidad obtenemos la suma de un efecto "directo" (debido al componente del rendimiento considerado aisladamente), y de un efecto "indirecto" (causado porque cada componente del rendimiento modifica en forma compensatoria a los demás). Es decir, el análisis por senderos considera que un coeficiente de correlación en un sistema múltiple, es el resultado de la suma de efectos directos (medidos por los coeficientes de sendero) e indirectos (medidos por el producto entre un coeficiente de sendero y un coeficiente de correlación). En esta Memoria el análisis por coeficientes de sendero se ha realizado utilizando el programa en GWBASIC desarrollado por García del Moral et al., 1991a.

3.11.- Estudio estadístico.-

El análisis estadístico de los datos se ha basado en la realización de análisis de la varianza y test de diferencias entre medias (mínimas diferencias significativas y "t" de Student) en lo referente al efecto de las fechas de siembra, genotipos, tratamientos de corte y años sobre cosecha y parámetros. Por otra parte, se analiza la interdependencia de unos parámetros con otros y con la cosecha, mediante correlación simple y técnicas de coeficientes de sendero (Li, 1969; Steel y Torrie, 1984).

4.- RESULTADOS.

4.1.- Desarrollo del meristemo apical.-

4.1.1.- Descripción del desarrollo apical.-

Dado que no ha sido posible encontrar una descripción completa de los estadios de desarrollo del triticales, a continuación se presentan las observaciones realizadas a lo largo de este trabajo, de forma similar al estudio de Kirby y Appleyard (1986) para trigo. Puesto que los cortes alteran grandemente el desarrollo normal del ápice, este estudio se ha basado solamente sobre los genotipos testigo.

El desarrollo del triticales hasta la antesis puede agruparse en tres grandes fases que comprenden un período vegetativo, otro durante el que tiene lugar la diferenciación floral y un tercero de crecimiento de las flores ya iniciadas.

4.1.1.1.- Período vegetativo.-

Comienza cuando emerge la primera hoja y finaliza cuando en el meristemo apical aparecen los primordios de espiguillas en la fase de doble arruga. En nuestro estudio este período ha oscilado entre 61 y 87 días, dependiendo del genotipo, fecha de siembra y año.

Durante la fase vegetativa, el meristemo apical presente en el embrión del grano, por divisiones sucesivas sólo produce primordios foliares. Tiene una forma de cono redondeado (domo), con una longitud de 0.2mm y una anchura máxima de 0.1mm, aproximadamente. Para poder observarlo es necesario retirar las hojas que lo envuelven, ya que durante el desarrollo vegetativo y gran parte del reproductivo, se encuentra situado en la base de los pseudotallos, a pocos milímetros por encima del nudo de ahijamiento.

A medida que crece el meristemo apical, aumenta la velocidad de formación de primordios siendo esta mucho mayor que su capacidad para diferenciarse en hojas, por lo que se acumulan en el ápice. Sin embargo, pronto se inician algunas arrugas que constituirán primordios de espiguillas, comenzando de esta manera la diferenciación floral. El domo vegetativo en este momento posee un tamaño aproximado de 0.7mm y una anchura de 0.2mm.

4.1.1.2.- Período de diferenciación floral.-

Comprende desde la doble arruga hasta la aparición de la espiguilla terminal. Durante este período se forma todo el conjunto de hojas y espiguillas de la planta. Su duración en nuestra región varía desde 33 hasta 52 días dependiendo del genotipo y fecha de siembra.

El meristemo apical inicia entre 8 y 15 primordios de hojas, dependiendo del genotipo y fecha de siembra, formando a continuación los primordios de espiguilla, que en el triticales van a ser alrededor de 30. Cada uno de estos primordios de espiguilla se diferenciará en una espiguilla multifloral.

Durante el período de diferenciación floral pueden distinguirse los siguientes estadios de desarrollo.

a) Estadio de doble arruga.

Marca la transición entre la fase vegetativa y la fase reproductiva, y viene indicado por la aparición de doble crestas, cuya parte inferior representa el primordio foliar y la superior, más ancha, desarrolla primordios de espiguilla. Estas arrugas se extienden circularmente sobre el meristemo apical. En esta fase, el ápice tiene alrededor de 1mm de largo y una anchura máxima de 0.3mm. La planta de triticales tiene entre 4 y 8 hojas emergidas sobre el tallo principal, dependiendo de la variedad y de la

época de siembra. En nuestras condiciones este estadio tiene una duración de 16 a 22 días, en función del genotipo y de la fecha de siembra.

b) Estadio de inicio de las glumas.

Al desarrollarse el meristemo, el crecimiento más rápido de los primordios florales determina la obliteración de los primordios foliares que dejarán de desarrollarse. Los primordios florales evolucionarán en primordios de espiguillas que se encuentran rodeadas por dos anchas y fuertes glumas, que aparecen como dos protuberancias, una a la derecha y otra a la izquierda del meristemo de espiguilla.

El ápice presenta una longitud de alrededor de 2mm, con una anchura máxima de 0.6mm. El número de primordios varía entre 18 y 21. La planta tiene generalmente entre 5 y 10 hojas emergidas en el tallo principal. La duración de este estadio suele ser de unos 8 a 12 días, según el genotipo y la fecha de siembra.

c) Estadio de inicio de las lemas.

Comienza cuando sobre el meristemo apical aparecen los esbozos de las lemas, que vistos de frente forman una estructura que se extiende alrededor y por detrás del primordio floral. En visión lateral, estos primordios de lemas se observan como unos pliegues redondeados que aparecen en la base del primordio floral envolviéndolo. La diferenciación de la pálea ocurre algo más tarde que la lema, pero al estar oculta por otras partes de la espiguilla su desarrollo no puede ser seguido con tanto detalle. Durante esta fase, el ápice continúa aún produciendo primordios de espiguillas; tiene una longitud de 2.5 a 2.9mm, una anchura máxima de 0.8mm y un número de primordios de 22 a 25. La planta tiene generalmente entre 5 y 11 hojas emergidas en el tallo principal. La duración de esta fase oscila entre 3 y 6 días dependiendo del genotipo y fecha de siembra.

d) Estadio de inicio de las flores.

En este estadio los primordios de las flores aparecen claramente visibles, sobre todo en la parte central del ápice. El meristemo floral crece en la axila de cada lema, luego se iniciará la pálea, dos lodículas, tres estambres y el carpelo. El ovario se diferencia primero seguido por los estilos y por último de los estigmas. En cada espiguilla se distinguen más de una flor, ya que mientras que estas flores se están diferenciando, el meristemo apical sigue iniciando primordios de flores. En una fase más avanzada de este estadio y en la parte central del ápice se puede observar la aparición de los esbozos de los estambres, visibles como protuberancias esféricas en las flores que fueron las primeras en iniciarse.

En este estadio el meristemo apical posee unos 4mm de longitud, una anchura máxima de 1.4mm y un número de primordios de alrededor de 26. Su duración suele ser de 4 a 6 días y la planta presenta en su tallo principal entre 6 y 11 hojas emergidas, dependiendo de la fecha de siembra y la variedad.

e) Estadio de espiguilla terminal.

Este estadio marca el final de la iniciación de espiguillas, siendo el equivalente del estadio de inicio de aristas en cebada, o momento en que se alcanza el máximo número de espiguillas. La joven espiga está ya casi completamente formada.

En este estadio los últimos primordios iniciados por el domo del ápice no se desarrollan en espiguillas, sino que darán lugar a las glumas y flores de la espiguilla terminal. La diferenciación de las flores dentro de la espiguilla sigue adelante, apareciendo esbozos de estambres en las flores más jóvenes de la espiguilla y también en las flores de las espiguillas de los dos extremos del ápice.

En este estadio el meristemo apical tiene aproximadamente una longitud de 7mm, una anchura máxima de 1.6mm y un número de primordios de alrededor de 30. La planta tiene generalmente entre de 7 a 12 hojas emergidas en el tallo principal, dependiendo de la fecha de siembra y la variedad. Esta fase en nuestra región suele completarse de 3 a 6 días.

En triticale, al igual que en trigo, la iniciación de los primordios de flores empieza en las espiguillas centrales y continúa luego hacia la parte basal y apical de la espiga. La diferenciación de los órganos florales comienza en las flores basales de las espiguillas centrales y después continúa hacia la parte distal del ápice. En nuestro estudio, la iniciación de los primordios florales en la parte central de la espiga comenzó entre 8 y 13 días antes que la diferenciación de la espiguilla terminal. En este momento están diferenciadas aproximadamente 7 flores en cada espiguilla de la parte central de la espiga, mientras que en la parte basal y distal solo se forman de 3 a 6 flores por espiguilla. La diferenciación en estas zonas ocurre de 1 a 5 días más tarde. Por ello, el desarrollo de las flores y la capacidad de éstas para formar granos en la parte basal de la espiga es menor que en el centro. El factor crucial que afecta la probabilidad de formación de granos es el estadio alcanzado por las flores en la emergencia de la espiga, aunque también depende de las condiciones ambientales, de la propia capacidad del genotipo y de la fertilización.

Desde la fase de espiguilla terminal hasta casi la emergencia de la espiga la tasa de formación de flores disminuye, probablemente debido al aumento de la competencia causado por el crecimiento de los tallos que empiezan a alargar sus entrenudos después de la diferenciación de la espiguilla terminal. Aunque las flores que se inician después de este estadio constituyen aproximadamente la tercera parte del total de la espiga, sin embargo no llegan al estadio de anteras visibles y en madurez se presentan en forma rudimentaria ó completamente senescentes. La iniciación de flores se detiene después de la emergencia de

la espiga y, en este estadio, las flores de las 3 espiguillas basales y de las 4 distales están menos desarrolladas que las de la parte central.

4.1.1.3.- Período de crecimiento de las flores.-

Comprende desde el estadio de espiguilla terminal hasta la antesis y durante este período se produce el crecimiento y maduración de las espiguillas. Su duración bajo nuestras condiciones suele ser entre 43 y 55 días, dependiendo del genotipo, fecha de siembra y anualidad. En este período pueden identificarse las fases que se indican a continuación.

a) Estadio de inicio de las aristas

En este estadio se inicia la formación de las aristas que se producen por desarrollo del extremo de la lema. El primordio de la arista tiene la forma de un pequeño cuerno que crece desde la lema, curvándose sobre el primordio de los estambres.

La joven espiga tiene unos 14 mm de longitud y una anchura máxima de 2mm. Este estadio tiene una duración entre 2 y 4 días.

b) Estadio de anteras translúcidas

Removiendo la gluma y la lema de una flor se pueden examinar los tres estambres, las dos lodículas y el carpelo. Las anteras son translúcidas y aparecen claramente divididas en cuatro lóbulos que rodean parcialmente el carpelo. Los filamentos de los estambres son todavía muy cortos. En el ápice del carpelo se distinguen dos protuberancias que corresponden a los inicios del estilo y los estigmas. La pálea encierra parcialmente al carpelo y a los estambres.

La espiga está aún encerrada en la vaina de la última

hoja y posee una longitud aproximada de 3cm, con una anchura de 0.3cm. La duración de esta fase suele oscilar entre 7 y 12 días, dependiendo del genotipo y fecha de siembra.

c) Estadio de anteras verdes

Cuando los estambres han crecido hasta alcanzar 1 mm de longitud se vuelven de color verde brillante con unos filamentos cortos. En este estadio tiene lugar la meiosis, sincrónicamente en las anteras y en el carpelo que va desarrollando el estilo y los estigmas. La espiga va saliendo poco a poco hasta aparecer completamente fuera de la hoja bandera. Su tamaño oscila de 6 a 12 cm con una anchura máxima de 0.5cm a 1cm. La duración de este estadio suele ser de 14 a 18 días, dependiendo del genotipo y fecha de siembra.

Cualquier eventualidad que afecte al desarrollo de las divisiones celulares, que tienen lugar activamente durante esta fase, puede conducir a esterilidad floral y disminuir el número de granos formados por espiga. La planta en este momento es particularmente sensible al estrés hídrico, que puede conducir a esterilidad de los granos de polen.

d) Estadio de anteras amarillas.

Cuando las anteras maduran y se forman los granos de polen, su color se vuelve amarillo. De forma paralela, el carpelo se diferencia y desarrolla los dos estigmas plumosos. Este estadio termina con la antesis, que comienza en las espiguillas de la parte central de la espiga y se extiende hacia los extremos, completándose de uno a cuatro días. Esta fase suele durar de 6 a 12 días y a su término la espiga casi ha alcanzado su tamaño definitivo.

4.1.2.- Duración de las fases del desarrollo apical.-

La evolución del desarrollo del meristemo apical se ha dividido en las siguientes fases:

1) "Período vegetativo", desde la siembra hasta el inicio de la doble arruga.

2) "Diferenciación floral", que comprende desde la doble arruga hasta la aparición de la espiguilla terminal (momento en el que dejan de producirse primordios por el meristemo apical en triticales).

3) "Crecimiento floral", desde la fase de espiguilla terminal hasta la antesis.

4) "Crecimiento del grano", comprendido entre la antesis y la madurez fisiológica; es decir, cuando finaliza la acumulación de materiales en el grano.

Puesto que los tratamientos de corte afectan de forma muy drástica a la duración del desarrollo apical, la comparación entre genotipos y fechas de siembra se ha realizado exclusivamente con las parcelas testigo de cada ensayo.

4.1.2.1. Año 1991.- (Tabla 4).

a) Genotipos

En la duración del período vegetativo tanto en la primera como segunda siembra, aparecen diferencias significativas entre genotipos, iniciando Tropical la doble arruga entre 3 y 5 días antes que Tutor o Trujillo, que presentan valores muy similares, sin diferencias significativas en ninguna de las siembras. Con respecto a los cortes no se observan diferencias significativas en ninguna siembra, como era de esperar dado que en este período

aún no se habían realizado. Al estudiar el conjunto de las fechas de siembra, se observa, que la duración del período vegetativo fue 8 días superior en la primera que en la segunda siembra.

Tabla 4.- Comparación de los valores medios (días) de duración del desarrollo apical en el año 1991.

	Periodo Vegetativo	Diferenciación floral	Crecimiento floral	Crecimiento grano	Siembra antesis	Siembra madurez
a) genotipos:						
Siembra 1						
TrpT	77.0b	41.8a	49.8b	25.8a	168.5b	194.3a
TutT	81.5a	38.5b	54.0a	24.3a	174.0a	198.3a
TrjT	80.5a	42.0a	47.5b	25.5a	170.0b	195.5a
Siembra 2						
TrpT	67.5b	41.3a	46.5b	21.3b	162.3c	183.5b
TutT	72.5a	35.8b	49.5a	24.5a	165.0a	189.5a
TrjT	72.5a	35.8b	48.5a	23.5a	164.0b	187.5a
b) corte:						
Siembra 1						
Testigo	79.7a	40.8b	50.4a	25.2a	170.8a	196.0a
Corte30	79.8a	41.7b	49.8a	18.0b	171.2a	189.2b
Corte31	79.3a	46.5a	46.3b	19.5b	172.2a	191.7b
Siembra 2						
Testigo	70.8a	37.6c	48.2a	23.1a	161.4c	186.8a
Corte30	70.3a	48.3b	44.2b	23.8a	164.3a	186.6ab
Corte31	70.7a	52.0a	39.1c	22.7a	163.3b	185.3b
c) siembra:						
Siembra 1	79.7a	40.8a	50.4a	25.2a	170.8a	196.0a
Siembra 2	70.8b	37.6b	48.2b	23.1a	163.8b	186.8b

a-c: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 segun el test de mínimas diferencias significativas.

En el período de diferenciación floral de nuevo aparecen diferencias entre genotipos, siendo Trujillo y Tropical los de mayor duración en la primera siembra con diferencias significativas frente a Tutor. En la segunda siembra, sin embargo, no aparecen diferencias entre Tutor y Trujillo. El efecto del corte fue, en general, el de prolongar la duración de la diferenciación floral, aunque en la primera siembra no aparecieron diferencias significativas entre el tratamiento testigo y el C30. En la segunda siembra, los dos cortes produjeron diferencias significativas entre sí y con respecto al testigo. Al comparar las dos fechas de siembra, se observa que la diferenciación floral fue 4 días más corta en la segunda siembra que en la primera.

La duración del crecimiento floral parece estar inversamente relacionada con la diferenciación, de forma que los genotipos que tuvieron mayor duración de su diferenciación floral, presentaron los valores mínimos de duración del crecimiento de las flores. Además, esta relación inversa entre diferenciación y crecimiento floral se mantiene tanto para los tratamientos de corte como para el efecto de la fecha de siembra.

La duración del crecimiento de los granos no presentó diferencias significativas entre genotipos para la primera siembra, pero sí para la segunda, en la que Tropical maduró significativamente antes que Tutor o Trujillo. Los tratamientos de corte redujeron el período de maduración de forma significativa en la primera, pero no en la segunda siembra. En promedio, la fecha de siembra no provocó diferencias significativas en la duración del crecimiento de los granos en este ensayo.

Como consecuencia de las diferencias anteriores, en los días desde la siembra hasta la antesis resultaron ser Tutor y Trujillo los genotipos más tardíos en ambas siembras, presentando diferencias frente a Tropical. Los tratamientos de corte prolongaron el período hasta la antesis en las dos siembras,

aunque las diferencias no fueron significativas en la primera. Al considerar las dos siembras, hubo una diferencia significativa de 7 días superior en la primera que en la segunda.

En el período hasta la madurez fisiológica, no aparecen diferencias significativas entre los tres genotipos en la primera siembra, pero sí en la segunda, donde Tropical maduró significativamente antes que Tutor y Trujillo. Al contrario de lo que ocurría con la duración hasta la antesis, los tratamientos de corte disminuyeron el período hasta la madurez. La segunda siembra maduró, en conjunto, casi 11 días antes que la primera.

Como resumen del año 1991, puede concluirse que el genotipo más precoz fue Tropical, debido principalmente a que tuvo una menor duración de los estadios vegetativo y de crecimiento floral. Estas diferencias fueron responsables también de su mayor precocidad en madurez en la primera siembra, dado que no difirió de los otros genotipos en el período de crecimiento de los granos. En la segunda siembra su mayor precocidad en madurez se debió también a una menor duración del período entre antesis y madurez.

b) Cortes

El efecto principal de los cortes fue el de retrasar el estadio de espiguilla terminal, aunque tendieron a acortar el período desde este momento hasta la antesis. Como consecuencia de esta compensación no existieron diferencias en la antesis en la primera siembra, aunque sí en la segunda, debido a que en ésta la variación en la duración de los estadios de desarrollo fue más acusada que en la primera. Por tanto, las diferencias en madurez fisiológica dentro de la primera siembra se debieron a una menor duración del crecimiento de los granos. En la segunda siembra, influyeron más las variaciones en la fecha de antesis.

c) Fecha de siembra

El resultado de un retraso en la fecha de siembra fue el acortar en 9 días el período vegetativo, mientras que prolongó en 4 la diferenciación floral. Sobre el crecimiento de las flores y de los granos su efecto fué menor. A pesar de que en la fecha de siembra hubo una diferencia de 14 días, en la antesis esta diferencia se acortó bastante, representando sólo 7 días, fundamentalmente debido a la menor duración del período vegetativo, ya que la duración de los otros estadios se compensó entre siembras. En la madurez ocurrió exactamente lo mismo, ya que la diferencia de 10 días entre siembras obedeció a la diferencia de 9 días en el período vegetativo.

4.1.2.2.- Años 1992 y 1993.- (Tablas 5 y 6).

a) Genotipos

En general en los dos años y en las dos siembras, Tropical fue el primer genotipo en iniciar la doble arruga y Lasko el último, como corresponde a un genotipo de invierno. El rango de variación entre ambos fue de 11 días para las dos siembras en el año 92 y de 21, también para las dos siembras, en el 93. Tutor, Trujillo y Adrian presentaron un comportamiento intermedio, oscilando en función de la siembra y del año. Al igual que en el ensayo de 1991, no existieron diferencias debidas al corte, dado que este tratamiento aún no se había realizado. La duración del período vegetativo se acortó significativamente con el retraso en la fecha de siembra en el año 1992, pero no en 1993.

En 1992, el genotipo Lasko en las dos siembras presentó el período de diferenciación floral más largo, con diferencias estadísticas frente al resto, los cuales no variaron significativamente. En 1993, por el contrario, Lasko y Adrian presentaron los valores más bajos de duración de este período.

Tabla 5.- Comparación de los valores medios (días) de duración del desarrollo apical en el año 1992.

	Periodo Vegetativo	Diferenciación floral	Crecimiento floral	Crecimiento grano	Siembra antesis	Siembra madurez
a) genotipos:						
Siembra 1						
TrpT	69.7b	45.3b	50.0b	35.3a	165.0d	200.3b
TutT	71.3b	43.0b	50.0b	37.8a	165.0d	202.8b
TrjT	72.8b	44.8b	52.8a	34.0a	170.3b	204.3b
AdrT	73.2b	46.5b	47.8b	33.8a	167.0c	203.8b
LskT	81.5a	51.8a	45.3c	33.8a	178.0a	211.8a
Siembra 2						
TrpT	60.3b	32.8b	52.0a	31.8b	145.0c	176.8c
TutT	59.8b	34.0b	51.5a	35.5a	145.0c	180.5b
TrjT	61.2b	33.0b	53.5a	32.8ab	147.0b	179.8bc
AdrT	60.4b	33.8b	42.8b	35.8a	145.0c	180.8b
LskT	70.5a	40.3a	44.3b	35.3a	154.0a	189.0a
b) corte:						
Siembra 1						
Testigo	73.7a	46.3b	49.2a	35.5a	169.0b	204.6a
Corte31	73.6a	52.5a	47.2b	32.7b	173.0a	205.9a
Siembra 2						
Testigo	62.3a	34.8b	48.8a	34.2a	147.3b	181.5a
Corte31	62.4a	43.0a	45.0b	32.1b	150.4a	182.5a
c) siembra:						
Siembra 1	73.7a	46.3a	49.2a	35.5a	169.1a	204.6a
Siembra 2	62.4b	34.8b	48.8a	34.2a	147.3b	181.5b

a-d: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 segun el test de mínimas diferencias significativas.

En general en los dos años y en ambas siembras, la duración del período de producción de primordios se alargó por efecto del corte, con la excepción de la segunda siembra del año 1993. Como ya se indicó en los métodos, el corte en este ensayo se efectuó algo tardíamente, por lo que provocó una diferencia de tan sólo 1 día con respecto al testigo. Al estudiar el efecto de la fecha

de siembra, se observó que en los dos años la siembra más tardía presentó una duración significativamente menor, efecto que fue más acusado en el año 1993.

Tabla 6.- Comparación de los valores medios (días) de duración del desarrollo apical en el año 1993.

	Periodo Vegetativo	Diferenciación floral	Crecimiento floral	Crecimiento grano	Siembra antesis	Siembra madurez
a) genotipos:						
Siembra 1						
TrpT	66.0d	51.0ab	49.3b	34.8a	166.3c	201.0b
TutT	66.0d	52.0a	54.3a	28.8b	172.3b	201.0b
TrjT	69.0c	48.5bc	53.3a	29.5b	171.3b	200.6b
AdrT	80.3b	37.0d	54.5a	31.3ab	172.0b	203.3ab
LskT	87.3a	47.0c	49.3b	23.5c	182.8a	208.5a
Siembra 2						
TrpT	67.8d	32.5a	52.0a	32.0a	153.0c	185.8b
TutT	70.8c	31.5ab	51.3a	31.3a	153.8c	186.0b
TrjT	69.8cd	30.5b	53.0a	31.8a	153.0c	184.0b
AdrT	77.8b	30.0bc	51.5a	27.5b	159.0b	186.5b
LskT	86.3a	28.5c	52.0a	22.8c	167.0a	189.8a
b) corte:						
Siembra 1						
Testigo	73.7a	47.1b	52.1a	29.6a	172.9b	202.5a
Corte31	73.7a	51.6a	50.8b	27.3b	176.1a	203.3a
Siembra 2						
Testigo	74.6a	30.6b	51.9b	29.1a	157.2b	186.2b
Corte31	74.3a	31.6a	54.9a	27.4b	160.8a	188.1a
c) siembra:						
Siembra 1	73.7a	47.1a	52.1a	29.6a	172.9a	202.5a
Siembra 2	74.6a	30.6b	51.9a	29.1a	157.2b	186.2b

a-d: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 segun el test de mínimas diferencias significativas.

En el período desde la espiguilla terminal a la antesis, Lasko fue el genotipo con tendencia a presentar la menor duración en el conjunto de siembras y años, mientras que Trujillo obtuvo el valor más alto de esta característica. En el año 1992 se volvió a encontrar la tendencia inversa entre las duraciones de la iniciación y del crecimiento floral para los genotipos. En el año 1993, sin embargo, esta relación no fue tan clara, especialmente en la segunda siembra donde las diferencias para el crecimiento floral no fueron significativas entre genotipos. De forma paralela al año 1991, este período fue más largo en las plantas testigo, con una diferencia de 2 días en la primera siembra de los dos años, y de 3 días en la segunda de 1992. En la segunda siembra de 1993, sin embargo, este período fue más largo para las plantas cortadas, debido a que el corte se efectuó al principio de esta fase, lo que provocó un retraso de 3 días en la fecha de antesis. Para el efecto de la fecha de siembra no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los dos años.

En el período de crecimiento de los granos no se encontraron diferencias significativas entre genotipos para la primera siembra del año 1992. En la segunda siembra, Tropical y Trujillo tuvieron el valor significativamente más bajo, mientras que Tutor, Adrian y Lasko no difirieron entre sí. En el año 1993, por el contrario, las duraciones más pequeñas correspondieron a Lasko en las dos siembras, seguido de Tutor en la primera y de Adrian en la segunda. El efecto del tratamiento de corte en 1992, de forma análoga a lo encontrado el año anterior, fue disminuir el período de crecimiento de los granos en unos 2 días aproximadamente. En 1993, sin embargo, los cortes alargaron este período en 3 días aproximadamente en las dos siembras. Para la fecha de siembra no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los dos años.

En el conjunto de los cuatro ensayos, Tropical fue el genotipo más precoz en antesis y Lasko el más tardío. El resto de los genotipos, como consecuencia de lo ocurrido en los

estadios anteriores, se comportaron de forma variable en las dos siembras y en los dos años. El efecto del corte consistió en alargar la duración del período hasta la antesis entre 2 y 4 días, en el conjunto de siembras y años. El retraso en la fecha de siembra prolongó el período hasta la antesis en 12 y 15 días en los años 1992 y 1993, respectivamente.

Al igual que en la duración hasta la antesis, el genotipo más tardío en madurez fue Lasko en los dos años y en ambas siembras. Sin embargo, el resto de genotipos maduraron en una fecha muy similar, con un rango no superior a 4 días en las dos siembras durante los dos años.

Como resumen de los ensayos de 1992 y 1993, puede indicarse que el genotipo más tardío en antesis fue Lasko, debido principalmente a una mayor duración de su período vegetativo, ya que el resto de los estadios tendieron a compensarse en los diferentes años y siembras. Los demás genotipos presentaron un comportamiento variable entre siembras y años, aunque pueden señalarse Tropical y Tutor como los de mayor precocidad.

b) Corte

El efecto del tratamiento de corte en el estadio 31 fue de retrasar la antesis, debido principalmente a que prolongó el período de diferenciación floral, con excepción de la segunda siembra de 1993, donde la mayor influencia fue del período de crecimiento floral, por las razones mencionadas anteriormente. Debido a que los cortes disminuyeron el período de crecimiento de los granos, compensaron su efecto sobre el retraso en la fecha de antesis, no apareciendo diferencias significativas en la madurez, excepto en la segunda siembra de 1993.

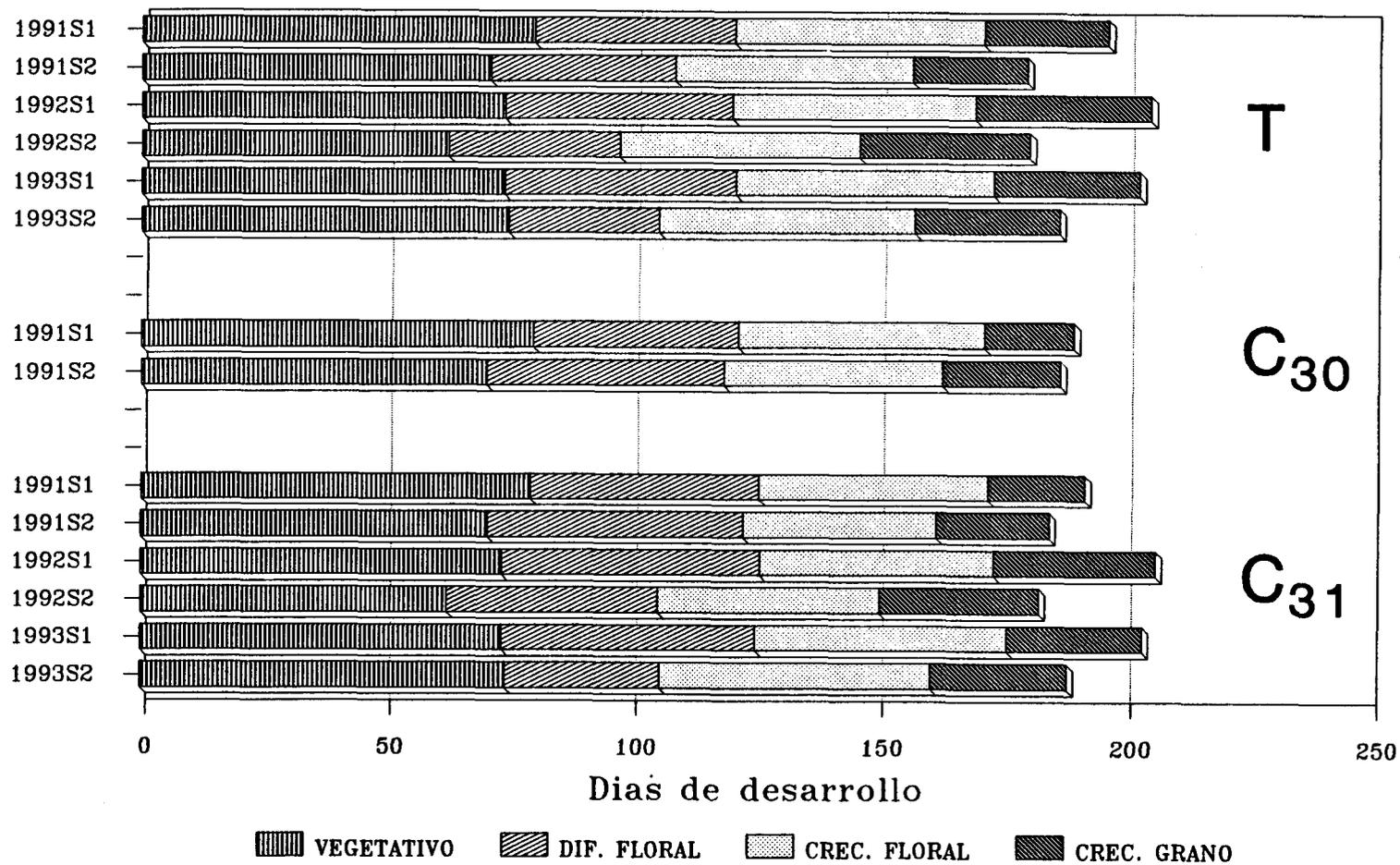
c) Fecha de siembra

Entre siembras la mayor influencia sobre las fechas de antesis y de madurez fue ejercida también por el período de diferenciación floral, ya que en los demás estadios no aparecieron diferencias significativas.

4.1.2.3.-Comparación de tratamientos.-

Con objeto de facilitar la comparación del efecto de los tratamientos de corte sobre la duración del desarrollo apical, en la Fig. 9 se han representado los distintos períodos en función del corte y fecha de siembra en los tres años de ensayos. Puede comprobarse que el efecto principal de los cortes consistió en retrasar la aparición de la espiguilla terminal y el período de crecimiento del grano, pero tendieron a acortar el período posterior hasta la antesis. Este efecto fue más acusado cuando el tratamiento se aplicó en el estadio 31 que en el 30.

Figura 9.- Desarrollo meristemo apical
Comparación de tratamientos de corte



4.1.3.- Producción de primordios en el tallo principal .-

a) Genotipos

En la Figuras 10 y 11 se ha representado la evolución del número de primordios producidos a lo largo del tiempo en los ensayos de los tres años en cada siembra. Para evitar la influencia de los tratamientos de corte y obtener el verdadero efecto debido al genotipo, este estudio se ha realizado únicamente con las parcelas testigo.

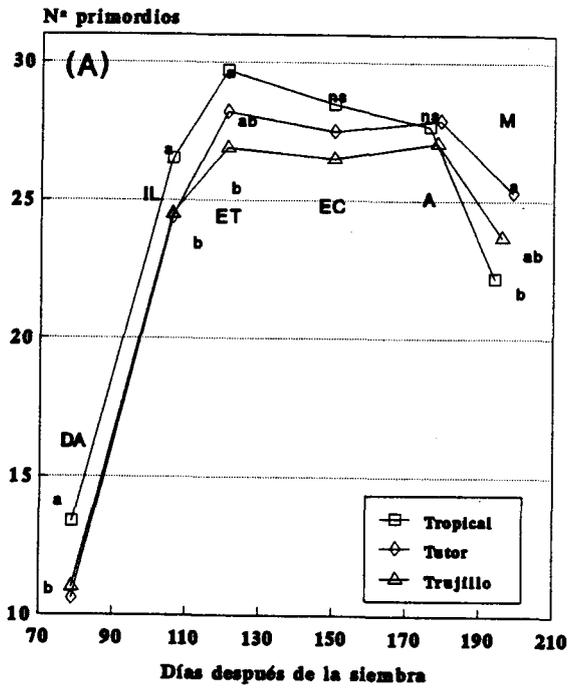
En general, se puede observar que la producción de primordios en todos los años y siembras sigue un modelo bastante similar, aumentando hasta un máximo situado en un tiempo variable después de la siembra y disminuyendo posteriormente hasta la madurez.

Año 1991: El comportamiento de los tres genotipos fue casi idéntico en las dos fechas de siembra (Fig. 10 A y B). Así, Tropical presentó la mayor producción de primordios hasta la espiguilla terminal, seguido de Tutor y Trujillo. A partir de este punto, la pérdida de primordios fue mayor en Tropical, de forma que en la madurez este genotipo presentó los valores mínimos. Trujillo fue el genotipo que menor número de primordios produjo, pero el que menos perdió también, por lo que al final tuvo un valor intermedio. Tutor presentó valores intermedios de producción de primordios, pero sus pérdidas fueron las menores, lo que provocó que en madurez tuviese la mayor cantidad de primordios en este año.

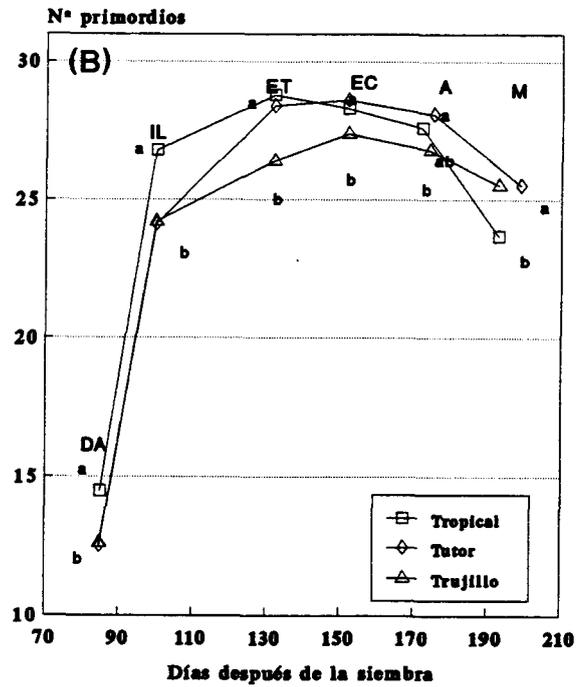
Años 1992 y 1993: En las dos siembras el comportamiento de los tres genotipos anteriores, es decir, Tropical, Tutor y Trujillo (Fig. 10 C y D; Fig. 11 A y B) fue muy parecido al del año 1991, aunque los valores en madurez tendieron a aproximarse más entre estos dos últimos genotipos. El desarrollo de Adrian y Lasko estuvo retrasado, alcanzando la espiguilla terminal más tarde que los otros tres genotipos y presentando valores mayores de número de primordios desde este momento hasta la madurez.

Figura 10.- Número de primordios en función de los genotipos y fechas de siembra en las parcelas no cortadas. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de P= 0.05.

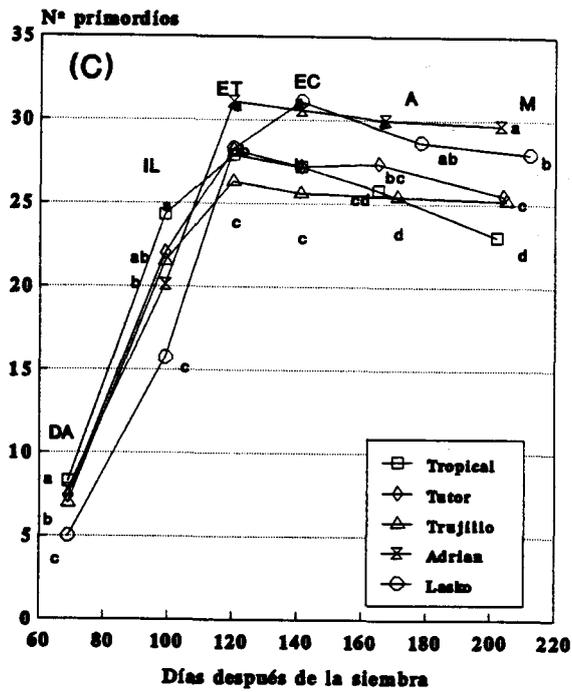
1991. Primera siembra.



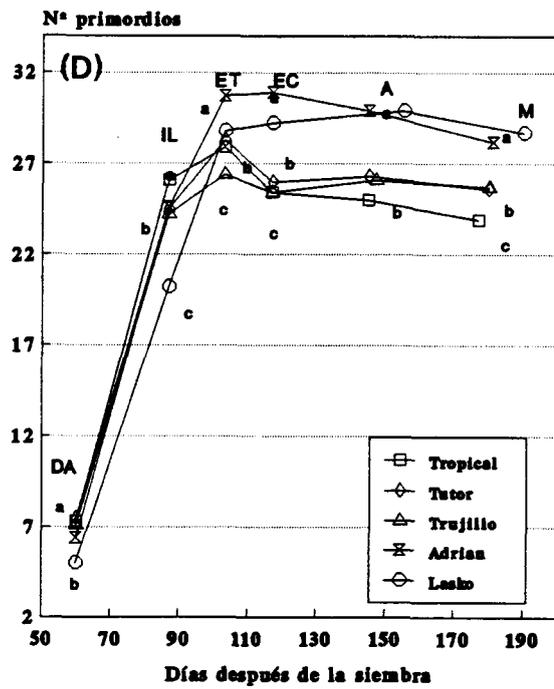
1991. Segunda siembra.



1992. Primera siembra.



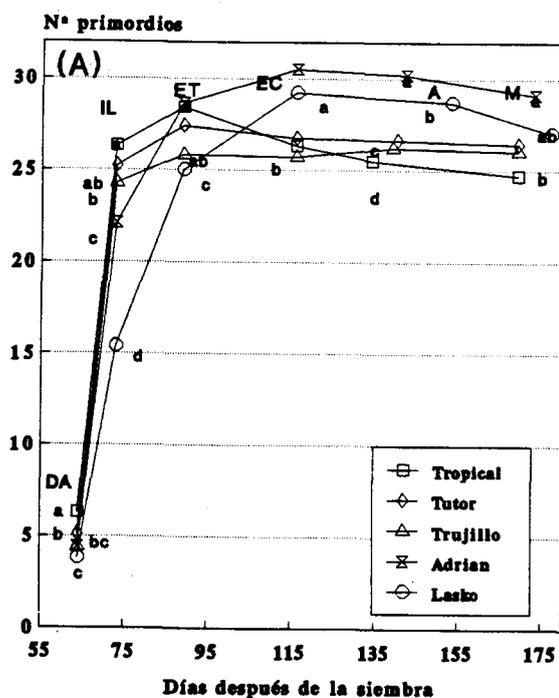
1992. Segunda siembra.



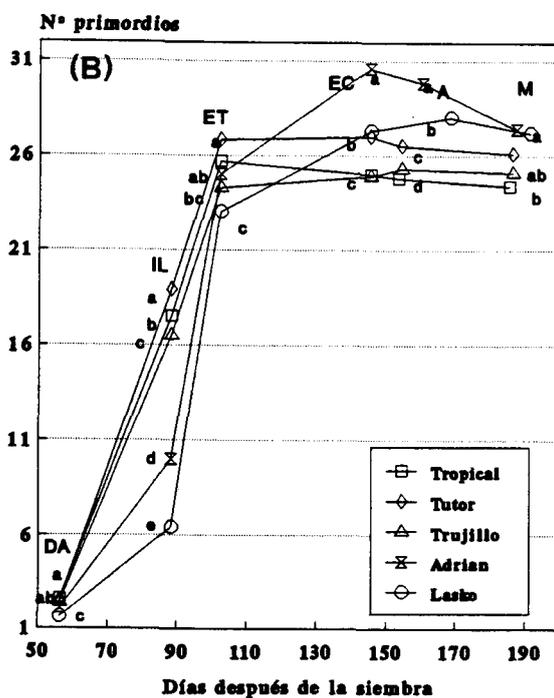
DA: Doble arruga; IL: Inicio de lenas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

Figura 11.- Número de primordios en función de los genotipos y fechas de siembra en las parcelas no cortadas. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de $P=0.05$.

1993. Primera siembra.



1993. Segunda siembra.



DA: Doble arruga; IL: Inicio de lemas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

De este estudio, puede concluirse que Tropical, Tutor y Trujillo presentaron un comportamiento de tipo primaveral, Lasko plenamente invernal y Adrian de tipo intermedio, posiblemente porque en su pedigrí tenga alguna variedad de invierno.

b) Fechas de siembra

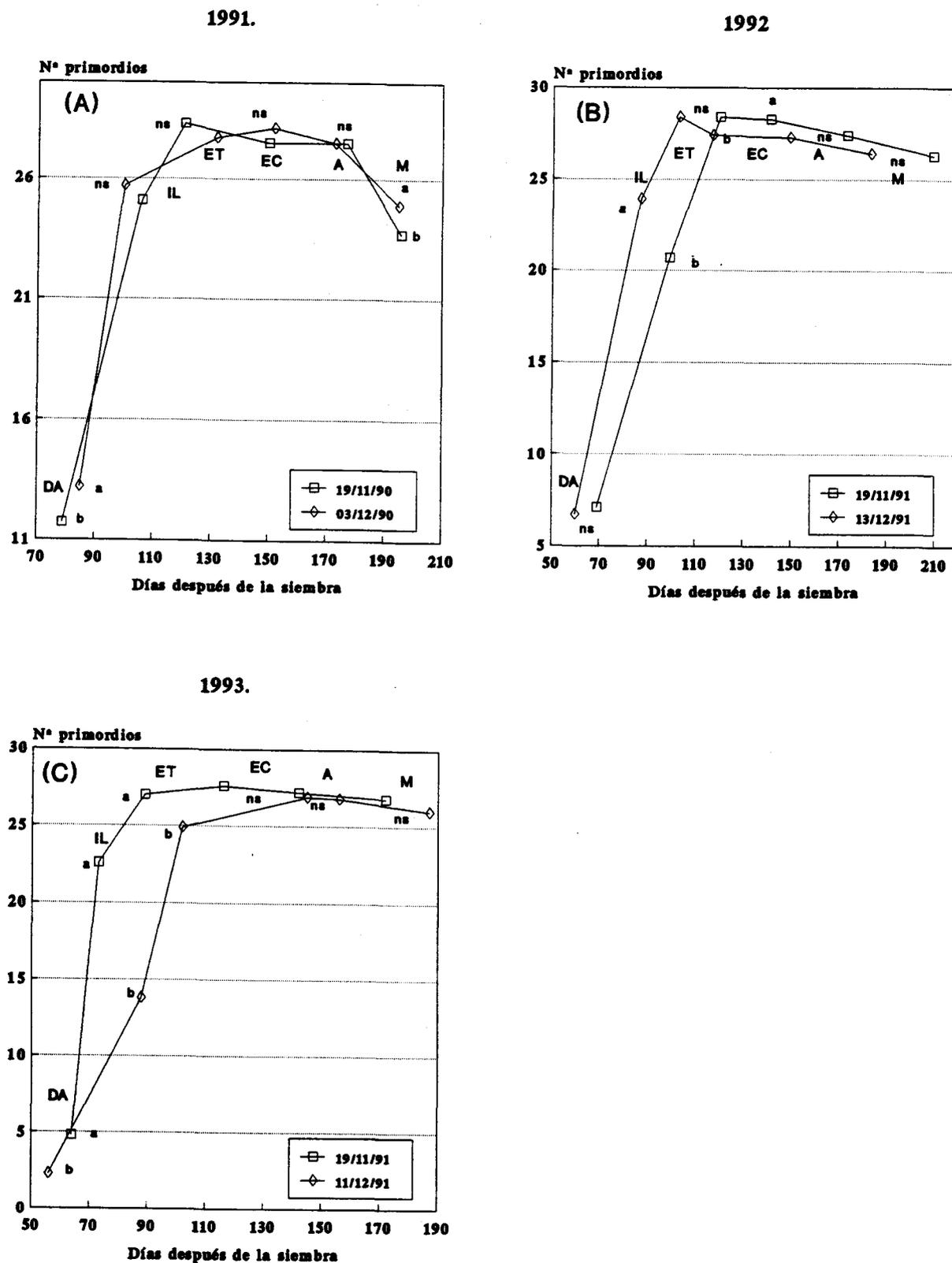
Año 1991: Las diferencias en la evolución de los primordios entre siembras en el año 1991 (Fig. 12 A), fueron menores que en los otros dos, debido a que las siembras se efectuaron dentro del período más recomendable para el triticale de doble uso en la provincia de Granada, es decir, entre la última decena de noviembre y la primera semana de diciembre. No obstante, en la primera siembra se produjeron más pérdidas de primordios, por lo que su número final en madurez fue algo más bajo que en la segunda.

Años 1992 y 1993: la segunda siembra se realizó más avanzada que en 1991, pasado ya el momento más adecuado para un buen rendimiento del triticale en la zona. Por ello, la producción de primordios en la primera siembra superó a la de la segunda, aunque sin diferencias significativas (Fig. 12 B y C).

c) Tratamientos de corte

Año 1991: En la Figura 13 (A y B) se ha representado la evolución de los primordios en cada uno de los tratamientos testigo y cortados. Del estudio estadístico se deduce que en la primera siembra el corte en el estadio 30 no afectó de forma significativa a la producción de primordios durante el desarrollo. El corte en el estadio 31 sí redujo estadísticamente la producción de primordios en todos los momentos estudiados. En la segunda siembra, sin embargo, el corte en el estadio 30 sí disminuyó la producción de primordios, aunque sólo inicialmente, ya que las parcelas cortadas se recuperaron después, de forma que desde la fase de espiguilla terminal hasta la madurez no difirieron de forma significativa de las testigos. El corte en el estadio 31, al igual que en la siembra anterior, disminuyó estadísticamente la producción de primordios en todo el desarrollo.

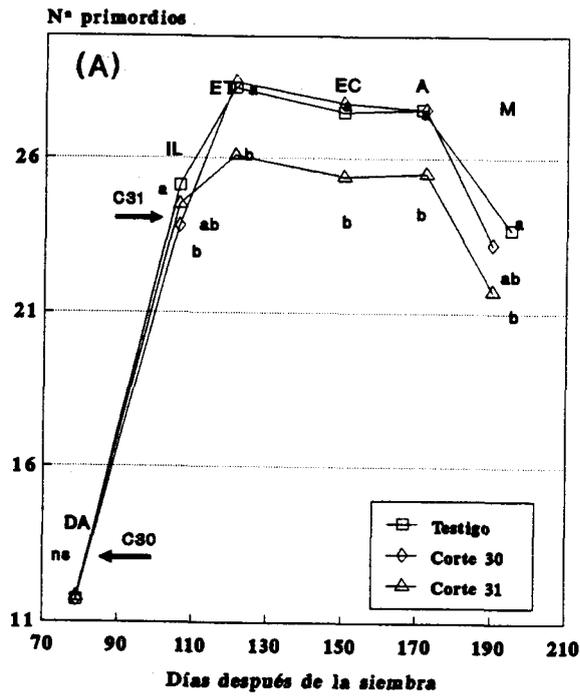
Figura 12.- Número de primordios en función de las fechas de siembra en las parcelas no cortadas. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de P= 0.05.



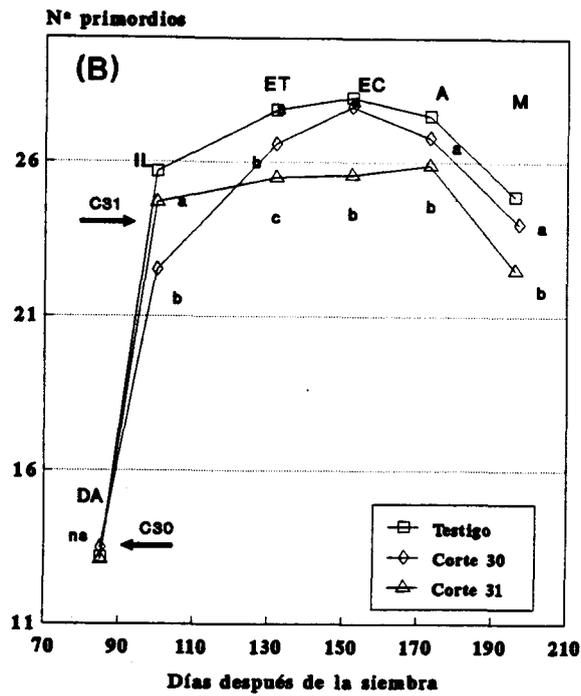
DA: Doble arruga; IL: Inicio de lemas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

Figura 13.- Número de primordios en función de los tratamientos de corte. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de P= 0.05.

1991. Primera siembra



1991. Segunda siembra.



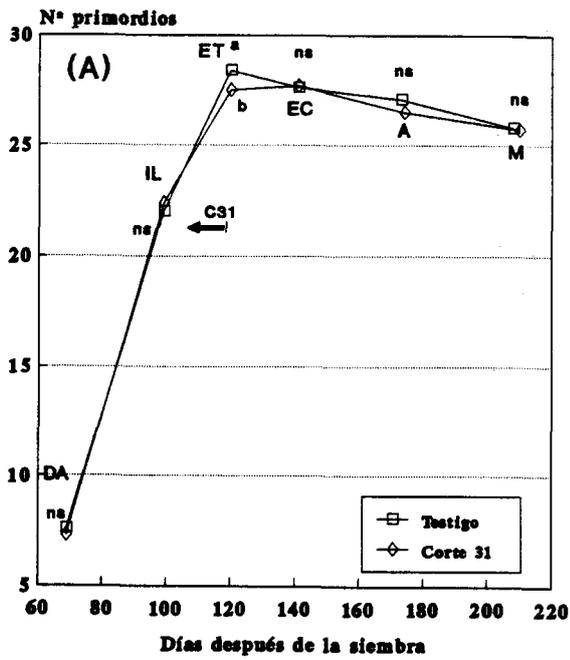
DA: Doble arruga; IL: Inicio de lemas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

Años 1992 y 1993: Dado que en estos dos años el genotipo Lasko alcanzó el estadio 31 de Zadoks más tarde que los otros cuatro, ha sido necesario estudiar este genotipo de forma independiente. Así, en las Figura 14 (A, B, C y D) se presentan los valores medios de los genotipos Tropical, Tutor, Trujillo y Adrian en función de la fecha de siembra y tratamiento de corte. Del estudio estadístico, se comprueba que en la primera siembra de 1992 el corte redujo significativamente la producción de primordios en la fase de espiguilla terminal. Posteriormente, sin embargo, las pérdidas fueron mayores en los testigos, por lo que en madurez no se obtuvieron diferencias significativas. En la segunda siembra no aparecieron diferencias estadísticas inducidas por el tratamiento en ninguna fase del desarrollo. En 1993, en la primera siembra el corte no afectó a la producción de primordios pero sí incrementó las pérdidas posteriores hasta la madurez, donde aparecieron diferencias significativas. En la segunda siembra el corte afectó en mayor medida al máximo número de primordios producidos en la fase de espiguilla terminal que a las pérdidas posteriores, con el resultado final de un menor número de primordios en madurez en relación al testigo, al igual que en la primera siembra.

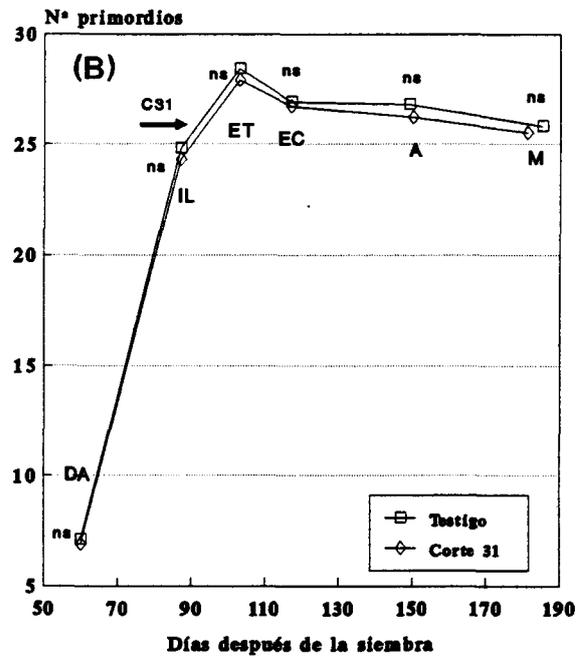
Con respecto a Lasko, se comprueba (Figura 15 A, B, C y D) que el corte disminuye el número de primordios después de su aplicación en todos los ensayos, con la excepción de la primera siembra de 1992, donde no aparecieron diferencias significativas en comparación con los testigos.

Figura 14.- Número de primordios en función de los cortes para las variedades Tropical, Tutor, Trujillo y Adrian. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de P= 0.05.

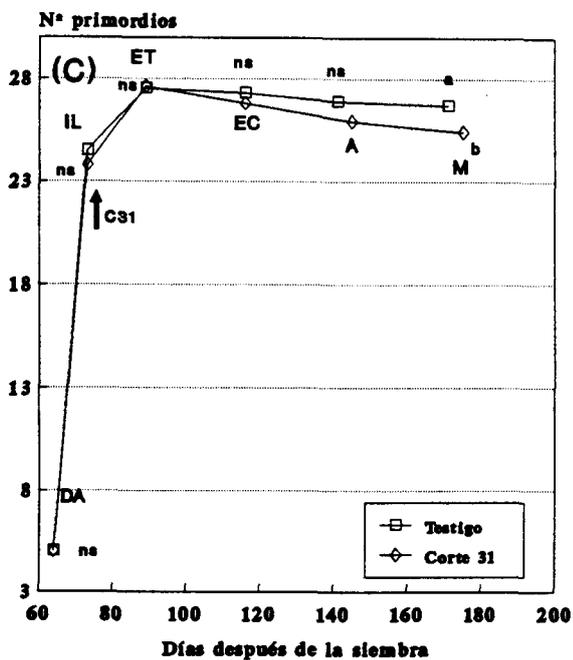
1992. Primera siembra



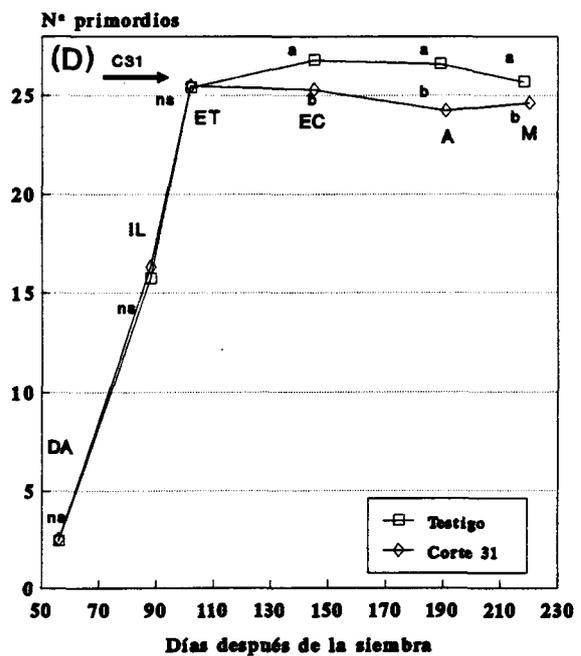
1992. Segunda siembra



1993. Primera siembra

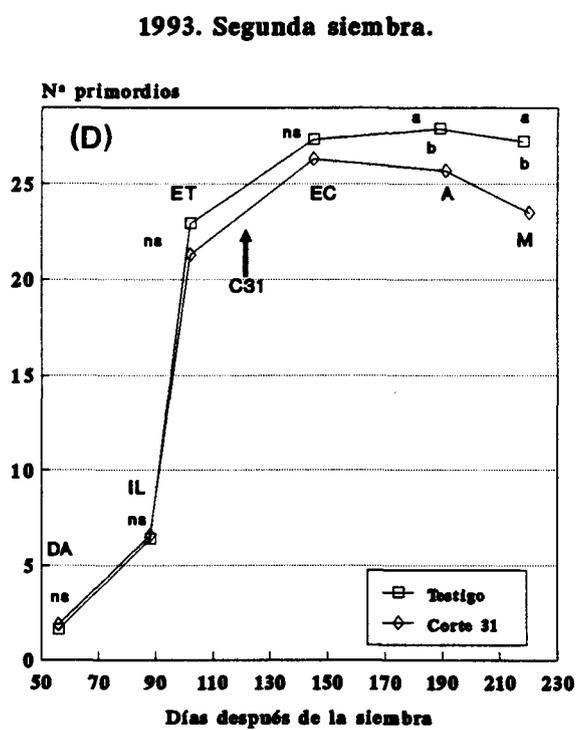
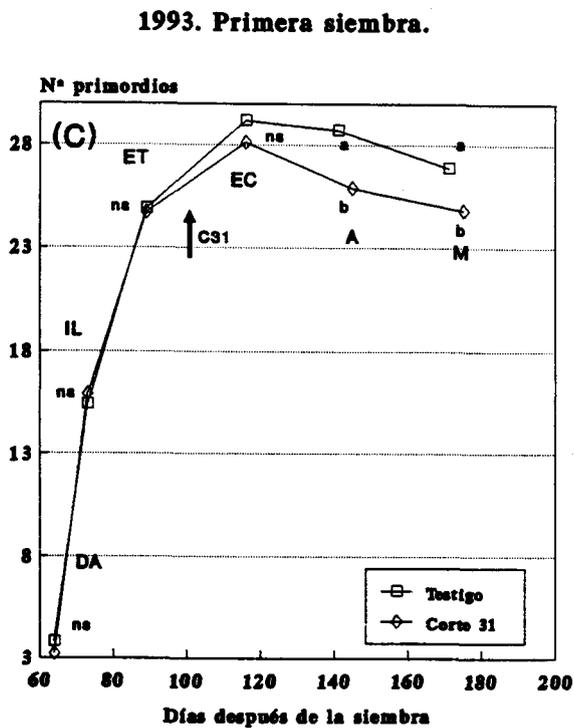
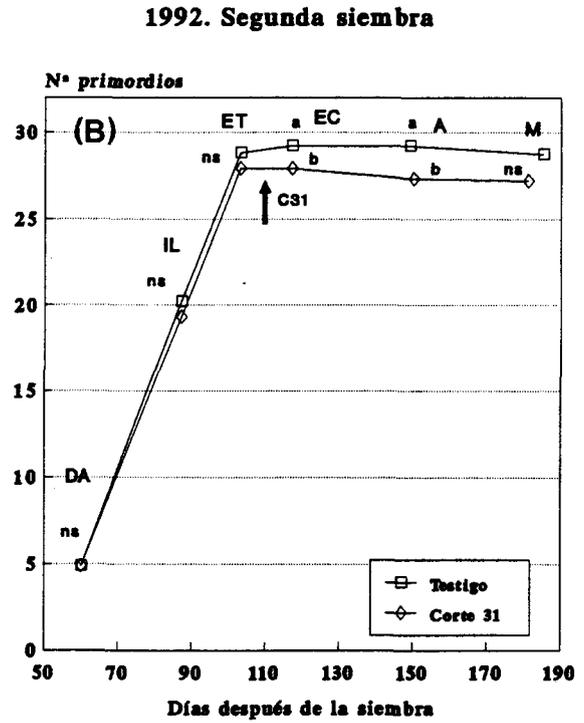
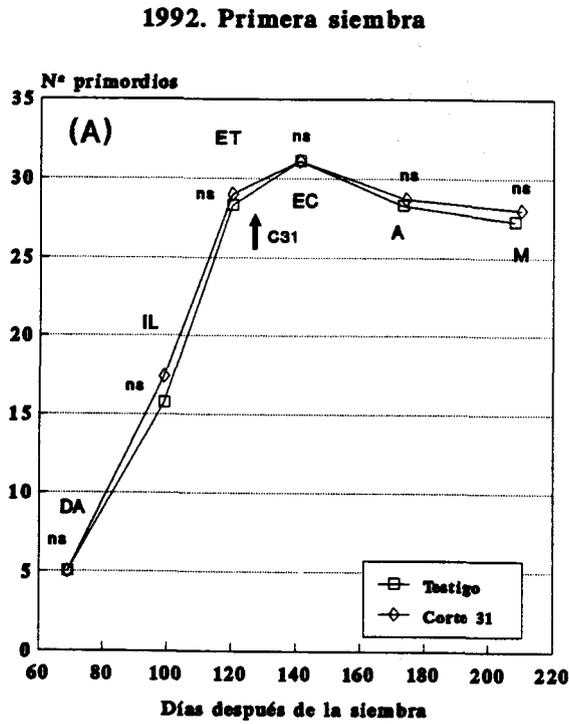


1993. Segunda siembra.



DA: Doble arruga; IL: Inicio de lemas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

Figura 15.- Número de primordios en función de los cortes para la variedad Lasko. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de $P=0.05$.



DA: Doble arruga; IL: Inicio de lemas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

4.1.4.- Tasa de iniciación y pérdidas de primordios.-

Con objeto de conocer mejor las diferencias en la capacidad de producción de primordios entre los genotipos, tratamientos de corte, fechas de siembra y años, se ha calculado la tasa de iniciación de primordios (TIP, primordios/día) que se ha obtenido como la pendiente de la recta (coeficiente de regresión) del número de primordios frente al tiempo (Kirby, 1973; Kirby *et al.*, 1987; Kirby, 1990). Las pérdidas de primordios se han calculado para los periodos comprendidos entre la espiguilla terminal (máximo número de primordios en triticales), anthesis (Pant), y recolección (Prec), así como para la pérdida total de primordios (Ptot) que corresponde a la suma de las pérdidas obtenidas en los periodos anteriores.

De nuevo, este estudio se ha realizado de forma independiente para los genotipos testigo y para el efecto de los tratamientos de corte.

a) Genotipos testigo.-

Debido a que el diseño del primer año fue diferente del de los dos posteriores, a continuación se presentan los resultados obtenidos agrupando los genotipos comunes a los tres años por una parte, y los cinco genotipos durante los dos últimos años, de otra.

En la Tabla 7 se presentan los valores medios por genotipo, fecha de siembra y año obtenidos para el conjunto de los ensayos realizados.

Al comparar la media de los tres años (Tabla 7a), se comprueba que en la tasa de iniciación de primordios aparecen diferencias significativas entre los genotipos, siendo Tutor el de mayor producción de primordios por día, seguido de Trujillo y Tropical.

Tabla 7.- Tasa de iniciación (TIP) y porcentaje de pérdidas de primordios desde el estadio de espiguilla terminal hasta la antesis (Pant), desde la antesis a la recolección (Prec) y pérdida total (Ptot) en los genotipos testigo.

a) tres genotipos durante los tres años

	TIP pr/d	Pant %	Prec %	Ptot %
Tropical	0.491b	7.6a	8.6a	16.2a
Tutor	0.527a	3.3b	5.2b	8.5b
Trujillo	0.509ab	5.1b	4.0b	9.1b

b) cinco genotipos durante dos años

	TIP pr/d	Pant %	Prec %	Ptot %
Tropical	0.505d	8.7a	5.9a	14.6a
Tutor	0.558b	3.9b	2.6b	6.5bc
Trujillo	0.540c	5.4b	2.3b	7.7bc
Adrian	0.639a	3.5b	2.8b	6.3c
Lasko	0.550bc	3.9b	5.0ab	8.9b

c) fechas de siembra

	TIP pr/d	Pant %	Prec %	Ptot %
Siembra 1	0.455b	6.8a	7.4a	14.2a
Siembra 2	0.563a	3.8b	4.4b	8.2b

d) años

	TIP pr/d	Pant %	Prec %	Ptot %
Año 1991	0.459c	4.0b	10.5a	14.5a
Año 1992	0.510b	6.8a	3.8b	10.6b
Año 1993	0.557a	5.2ab	3.4b	8.6b

a-d: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 según el test de mínimas diferencias significativas.

En lo que hace referencia a las pérdidas de primordios, cabe señalar que en cada genotipo han sido muy similares en los dos períodos estudiados, es decir, desde la fase de espiguilla terminal hasta la antesis y desde esta a la recolección (Tabla 7a). Entre genotipos, ha sido Tropical el de mayor porcentaje de pérdida total de primordios, con diferencias significativas respecto a Tutor y Trujillo, entre los cuales no hubo diferencias estadísticas.

Al comparar los cinco genotipos comunes durante 1992 y 1993, se comprueba (Tabla 7b) que fue Adrian el de mayor tasa de iniciación de primordios, seguido con diferencias significativas por Tutor y Lasko. De nuevo, Tropical resultó el genotipo con menor velocidad de iniciación de primordios, siendo superado por Trujillo. Con respecto a las pérdidas de primordios, se constató de nuevo que fueron aquellos genotipos con menor tasa de iniciación los que tendieron a presentar las mayores pérdidas totales de primordios.

b) Fechas de siembra

Al estudiar los valores medios de las dos siembras se comprueba (Tabla 7c), que para el conjunto de los tres años, la siembra más tardía presentó valores estadísticamente superiores de tasa de iniciación de primordios que la más temprana. Ello parece ser debido a la mayor temperatura registrada por las plantas, a causa del retraso en la fase de iniciación de primordios ocasionado al atrasar la fecha de siembra. En las pérdidas de primordios, por el contrario, la primera siembra presentó valores significativamente superiores a la segunda en los dos períodos considerados y en el total.

c) Años

En cuanto a la comparación entre años (Tabla 7d), existieron diferencias significativas tanto en la tasa de iniciación como en la pérdida de primordios. Así, los valores más elevados de

formación de primordios correspondieron a 1993, seguido de 1992 y, finalmente, de 1991. La pérdida de primordios, sin embargo, se estratificó al contrario que la tasa de producción, de forma que los valores máximos se encontraron en 1991, seguido de 1992 y 1993.

d) Tratamientos de corte (Tabla 8)

Tabla 8.- Tasa de iniciación (TIP) y porcentaje de pérdidas de primordios desde el estadio de espiguilla terminal hasta la antesis (Pant), desde la antesis a la recolección (Prec) y pérdida total (Ptot) en los tratamientos de corte.

a) Año 1991

	TIP pr/d	Pant %	Prec %	Ptot %
Testigo	0.459a	4.0a	10.5b	14.5b
Corte30	0.444a	4.4a	15.5a	19.9a
Corte31	0.368b	4.3a	11.7ab	16.0ab

b) Año 1992

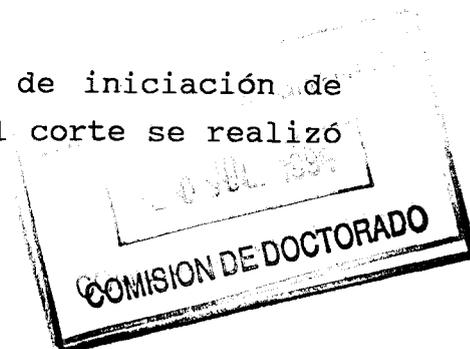
	TIP pr/d	Pant %	Prec %	Ptot %
Testigo	0.510a	6.8a	3.8a	10.6a
Corte31	0.464a	8.1a	3.0a	11.1a

c) Año 1993

	TIP pr/d	Pant %	Prec %	Ptot %
Testigo	0.558a	5.2b	3.4a	8.6b
Corte31	0.538a	10.0a	3.4a	13.4a

a-d: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 según el test de mínimas diferencias significativas.

La retirada de forraje redujo la tasa de iniciación de primordios solamente en el año 1991 cuando el corte se realizó



en el estadio 31. El corte en el estadio 30 no modificó la tasa de iniciación de primordios, con respecto a los testigos sin cortar. En los años 1992 y 1993, no se encontraron diferencias significativas en la velocidad de formación de primordios entre las plantas testigo y las cortadas en el estadio 31.

Los tratamientos de corte incrementaron la pérdida total de primordios aunque sin diferencias significativas en el año 1992. En 1991, las pérdidas fueron mayores cuando el corte se aplicó en el estadio 30.

4.1.5.- Estudio del crecimiento del meristemo apical y de la espiga del tallo principal.

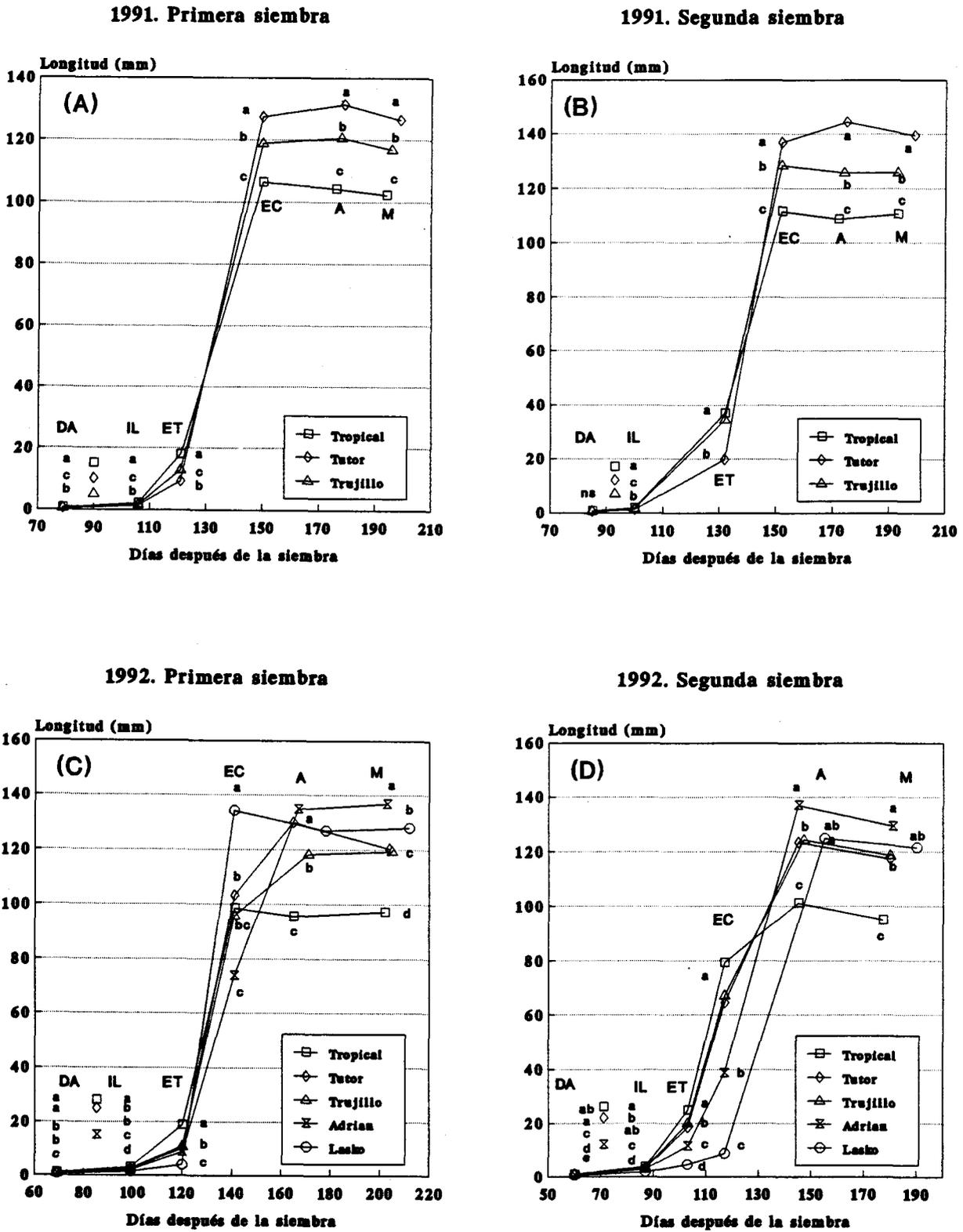
Paralelamente al estudio de la producción de primordios, se ha analizado la evolución de la longitud del ápice desde el estadio de doble arruga hasta la madurez fisiológica. Dado que los tratamientos de corte afectan radicalmente a la evolución posterior del crecimiento del ápice, para estudiar el efecto del genotipo y de la fecha de siembra ha sido necesario separar los valores de las parcelas testigo de las destinadas a doble uso.

a) Genotipos testigo.

En la figura 16 (A y B) se presentan los valores medios de longitud del ápice en mm para cada genotipo durante el año 1991 obtenidos para la primera y segunda siembra, respectivamente. Los resultados muestran que en la primera siembra (Fig. 16 A), durante las fases de doble arruga y espiguilla terminal, Tropical presentó el mayor tamaño del meristemo apical, seguido por Trujillo y Tutor. A partir del encañado, sin embargo, estas diferencias se invirtieron, de forma que Tropical resultó el genotipo con espigas de menor longitud, mientras que Tutor el de espigas más grandes. Estos resultados se repiten exactamente en la segunda siembra (Fig. 16 B), aunque sin que aparecieran diferencias significativas entre los tres genotipos en el momento de la doble arruga.

Al estudiar la velocidad de crecimiento del ápice mediante el cálculo de los valores de nivel de crecimiento relativo en longitud (RGRa, mm/mm sem) (Tabla 9a), se comprueba que la longitud final de la espiga dependió de la velocidad de crecimiento a partir del estadio de espiguilla terminal. Así, fueron las variedades Tutor y Trujillo las que presentaron mayor crecimiento de sus ápices y, por tanto, mayor longitud de sus espigas.

Figura 16.- Longitud de los primordios en función de los genotipos y fechas de siembra en las parcelas no cortadas. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de $P=0.05$.



DA: Doble arruga; IL: Inicio de lemas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

Tabla 9.- Valores medios de Nivel de Crecimiento en Longitud del ápice (RGRa, mm/mm.sem) desde el estadio de doble arruga hasta el momento de máxima longitud de la espiga. Comparación de genotipos testigo (RGRa1= doble arruga a inicio de lemas; RGRa2= inicio de lemas a espiguilla terminal; RGRa3= Espiguilla terminal a encañado; RGRa4= encañado a antesis).

		a) 1991			
		RGRa1	RGRa2	RGRa3	
1ª Siembra					
Tropical		0.311a	1.026a	0.429c	
Tutor		0.352a	0.865b	0.633a	
Trujillo		0.353a	0.952ab	0.540b	
2ª Siembra					
Tropical		0.425a	0.661a	0.388b	
Tutor		0.398a	0.587b	0.681a	
Trujillo		0.446a	0.678a	0.462b	
		b) 1992			
		RGRa1	RGRa2	RGRa3	RGRa4
1ª Siembra					
Tropical		0.266ab	0.607a	0.551c	-
Tutor		0.243bc	0.450b	0.778b	0.072a
Trujillo		0.283a	0.482b	0.719b	0.052a
Adrian		0.222c	0.496b	0.703b	0.165a
Lasko		0.210c	0.335c	1.169a	-
2ª Siembra					
Tropical		0.380a	0.818a	0.560a	0.073d
Tutor		0.324b	0.739a	0.613a	0.169c
Trujillo		0.375a	0.757a	0.597a	0.154c
Adrian		0.339ab	0.612b	0.596a	0.321b
Lasko		0.296b	0.436c	0.319b	0.489a
		c) 1993			
		RGRa1	RGRa2	RGRa3	RGRa4
1ª Siembra					
Tropical		-	0.654b	0.682c	-
Tutor		-	0.621c	0.793b	-
Trujillo		-	0.744a	0.714c	-
Adrian		-	0.601d	0.846a	-
Lasko		-	0.492c	0.671c	0.195
2ª Siembra					
Tropical		0.380a	0.645ab	0.434c	0.033a
Tutor		0.333a	0.539bc	0.512b	0.028a
Trujillo		0.348a	0.684a	0.462c	0.036a
Adrian		0.244b	0.633ab	0.625a	-
Lasko		0.237b	0.525c	0.593a	0.062a

a-d: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 segun el test de mínimas diferencias significativas.

En el año 1992 (Figura 16 C y D) aparecieron también diferencias significativas entre genotipos para la longitud del meristemo apical. Así, al comienzo del desarrollo, Tropical, Tutor y Trujillo se comportaron igual que en el año anterior y superaron a los otros dos genotipos, entre los que Lasko presentó el menor tamaño del meristemo apical hasta el encañado. Desde este momento hasta la madurez fisiológica, sin embargo, Adrian y Lasko presentaron el mayor tamaño de espiga, mientras que Tropical presentó los valores mínimos. Este comportamiento se repitió exactamente en la segunda siembra, aunque con un cierto desfase de tiempo.

Al estudiar el crecimiento del ápice en la primera siembra (Tabla 9b) se observa que los genotipos Tutor, Trujillo y Adrian prolongaron el crecimiento de sus espigas hasta la antesis en las dos siembras, lo que explica que sus espigas fuesen las de mayor tamaño y en especial Adrian que presentó el mayor crecimiento en este período. Lasko, sin embargo, tuvo un comportamiento diferente, ya que hasta la espiguilla terminal su velocidad de crecimiento fue inferior al resto de los genotipos. Desde este estadio hasta al encañado, por el contrario, su crecimiento aumentó, presentando los valores máximos de RGRa en esta siembra. Tropical, al igual que en 1991, presentó valores elevados al comienzo del desarrollo, pero su velocidad de crecimiento disminuyó en comparación a los demás genotipos a partir de la espiguilla terminal.

En la segunda siembra todos los genotipos prolongaron el crecimiento de sus espigas hasta la antesis (Tabla 9b), aunque con diferencias significativas. De nuevo Tutor, Trujillo y Adrian presentaron los mayores RGRa desde la espiguilla terminal al encañado, lo que explica el mayor tamaño de sus espigas en Antesis y madurez. Al igual que en la primera siembra, Lasko presentó la menor velocidad de crecimiento al principio del desarrollo, pero a diferencia de la primera siembra, su crecimiento continuó hasta la antesis a valores más elevados que el resto de genotipos. Esto explica que la longitud final de sus

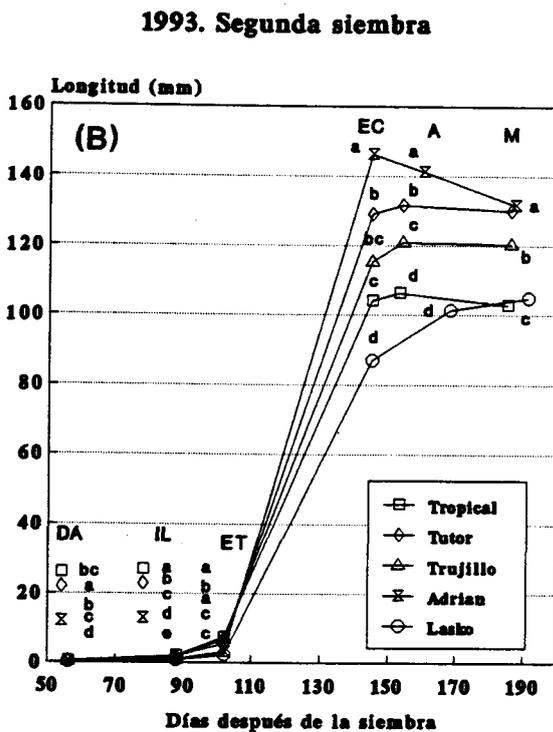
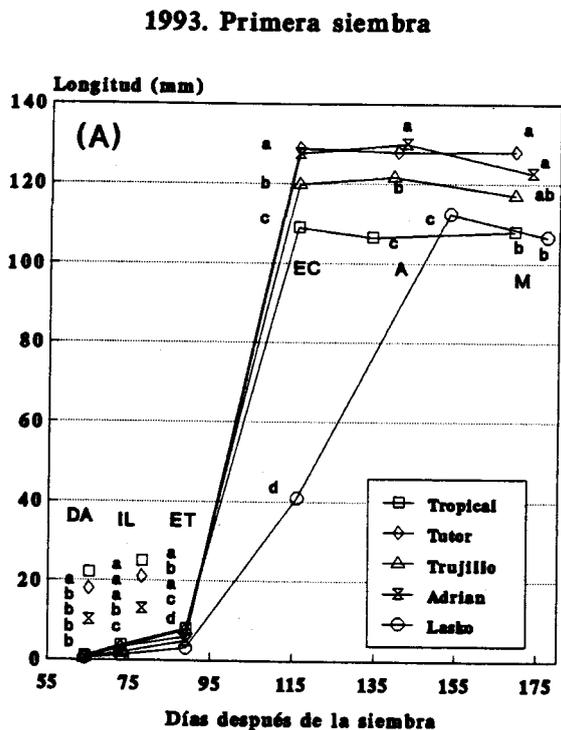
espigas no difiriera significativamente de Tutor, Trujillo y Adrian. El comportamiento de Tropical fue, de nuevo, muy similar al de los ensayos anteriores. Así, presentó un crecimiento elevado al principio, pero inferior al resto de genotipos (a excepción de Lasko, como se ha comentado) a partir de la espiguilla terminal.

En 1993 (Fig 17 A y B), para la primera siembra el crecimiento de todos los genotipos menos Lasko se había estabilizado para el momento de la antesis (Fig 17 A). En esta primera siembra de nuevo Tutor, Trujillo y Adrian presentaron el mayor tamaño final de espigas, pero Lasko, a diferencia del año anterior, se igualó estadísticamente con Tropical. Al estudiar la velocidad de crecimiento relativo, es de señalar que debido a la proximidad de los dos primeros muestreos, los valores de RGRa se han calculado para el intervalo entre el primer y tercer muestreos. De nuevo Tutor, Trujillo y Adrian presentaron los mayores RGRa desde la espiguilla terminal al encañado, seguidos de Tropical y de Lasko, sin diferencias significativas entre estos últimos.

En la segunda siembra el crecimiento de las espigas de todos los genotipos menos Adrian se prolonga hasta la antesis (Fig 17 B). El comportamiento de todos los genotipos fue muy similar al de la primera siembra, correspondiendo a Tutor, Trujillo y Adrian las espigas de mayor longitud en la madurez. De nuevo, entre Tropical y Lasko no se detectaron diferencias significativas. Al estudiar la velocidad de crecimiento (Tabla 9c), se confirmó, en términos generales, lo obtenido para la primera siembra.

Con objeto de investigar los factores que influyen sobre el crecimiento del ápice, se ha realizado correlaciones lineales entre los valores de RGRa tanto desde el inicio de la doble arruga hasta la fase de espiguilla terminal (diferenciación floral) como desde este momento hasta el encañado, con la temperatura media del período correspondiente (Figura 18 A y B).

Figura 17.- Longitud de los primordios en función de los genotipos y fechas de siembra en las parcelas no cortadas. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de P= 0.05.



DA: Doble arruga; IL: Inicio de lemas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

Para realizar este estudio, de nuevo, ha sido necesario separar los valores testigos de los cortados y no incluir a la variedad Lasko, por las razones ya comentadas. Además, como los muestreos para crecimiento se realizaron en la misma fecha, se han promediado los valores de los genotipos en cada siembra.

En la Figura 18 (A y B) se presentan los valores medios, junto con la ecuación de regresión y coeficiente de correlación obtenidos para los dos períodos del desarrollo apical, respectivamente. Los coeficiente de correlación obtenidos en los dos casos ($r = -0.899 *$ y $r = -0.973 **$) indican que la velocidad de crecimiento del ápice se relacionó inversamente con la temperatura media del aire. Esta relación probablemente fue debida a que las altas temperaturas favorecieron el crecimiento de la parte aérea, aumentando la competición por los recursos disponibles y limitando, así, el crecimiento del meristemo apical, tanto durante el período de diferenciación de primordios florales como durante su crecimiento posterior.

b) Fechas de siembra

En la Figura 19 se presentan los valores medios de longitud del meristemo apical obtenidos para cada fecha de siembra en los tres ensayos realizados.

De la comparación de los tres años de estudio, se deduce que la segunda siembra presenta siempre valores máximos de longitud de la espiga ligeramente superiores a los de la primera, sin diferencias significativas en los años 1992 y 1993 (Fig. 19 A y B).

Al estudiar la velocidad de crecimiento del ápice (Tabla 10), se comprueba que aunque existen diferencias significativas en los tres años, éstas tienden a compensarse en los diferentes períodos estudiados, de forma que el efecto de la fecha de siembra sobre la longitud final de la espiga es muy similar.

Figura 18.- Regresiones y correlaciones lineales entre RGR del ápice y la temperatura media durante las fases de diferenciación y crecimiento floral.

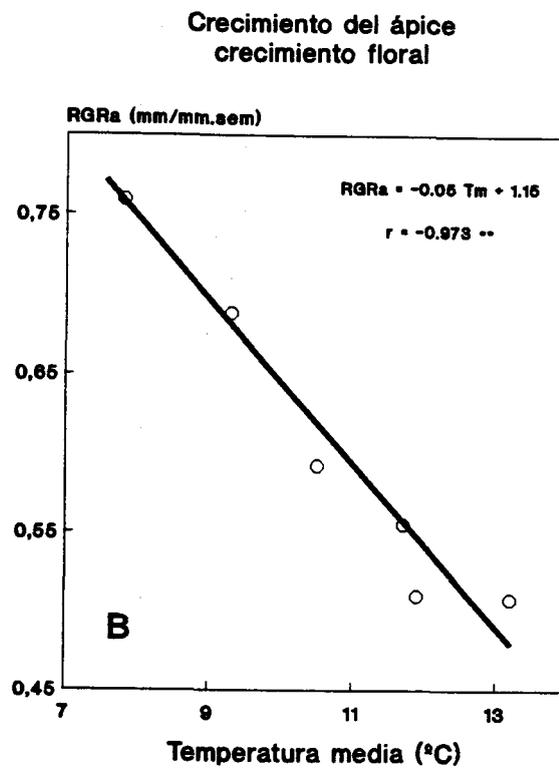
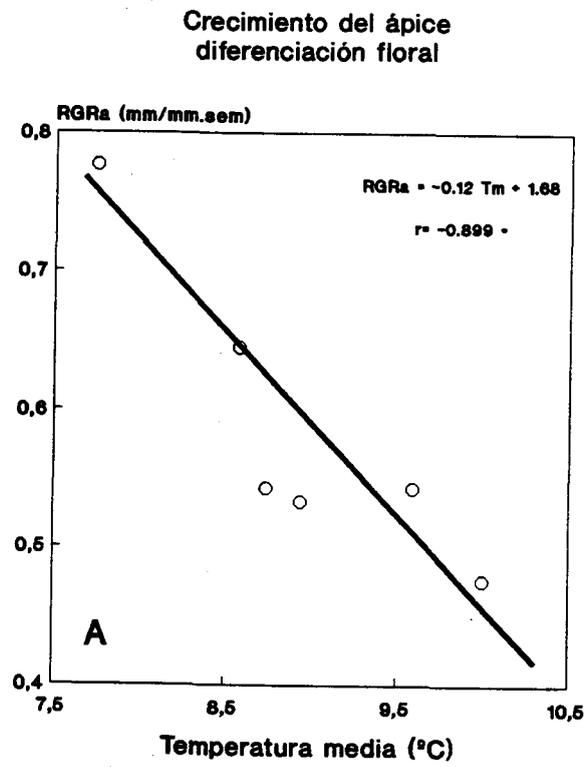
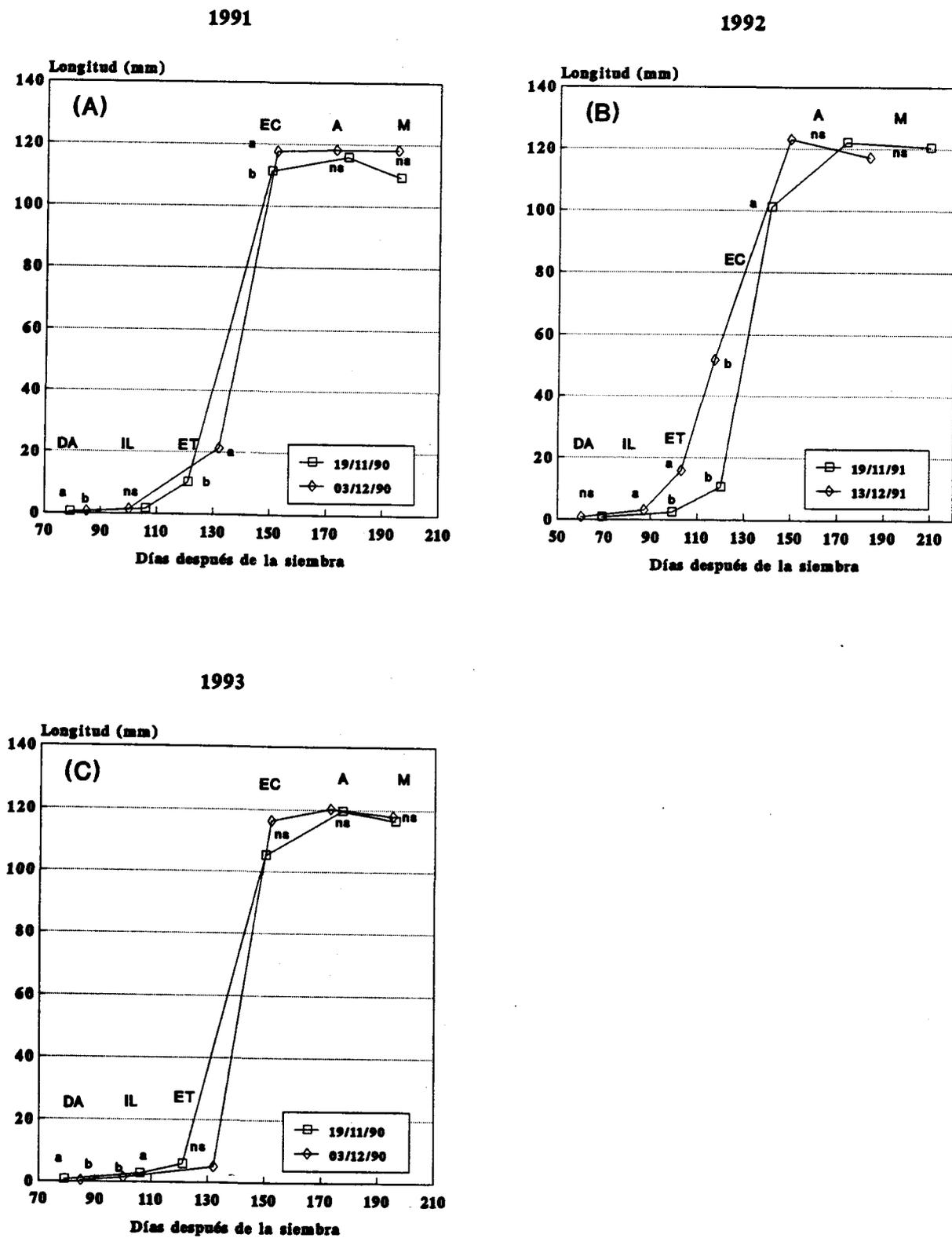


Figura 19.- Longitud de los primordios en función de las fechas de siembra en las parcelas no cortadas. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de P= 0.05.



DA: Doble arruga; IL: Inicio de lenas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

Tabla 10.- Valores medios de Nivel de Crecimiento en Longitud del ápice (RGRa, mm/mm.sem) desde el estadio de doble arruga hasta el momento de máxima longitud de la espiga. Comparación de genotipos testigo (RGRa1= doble arruga a inicio de lemas; RGRa2= inicio de lemas a espiguilla terminal; RGRa3= Espiguilla terminal a encañado; RGRa4= encañado a antesis).

	1991			
	RGRa1	RGRa2	RGRa3	
1ª siembra	0.338b	0.947a	0.534a	
2ª Siembra	0.423a	0.642b	0.510a	

	1992			
	RGRa1	RGRa2	RGRa3	RGRa4
1ª Siembra	0.244b	0.474b	0.784a	0.041b
2ª Siembra	0.343a	0.672a	0.537b	0.190a

	1993			
	RGRa1	RGRa2	RGRa3	RGRa4
1ª Siembra	-	0.623a	0.741a	0.033a
2ª Siembra	0.308	0.605a	0.525b	0.011a

a-b: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 segun el test de mínimas diferencias significativas.

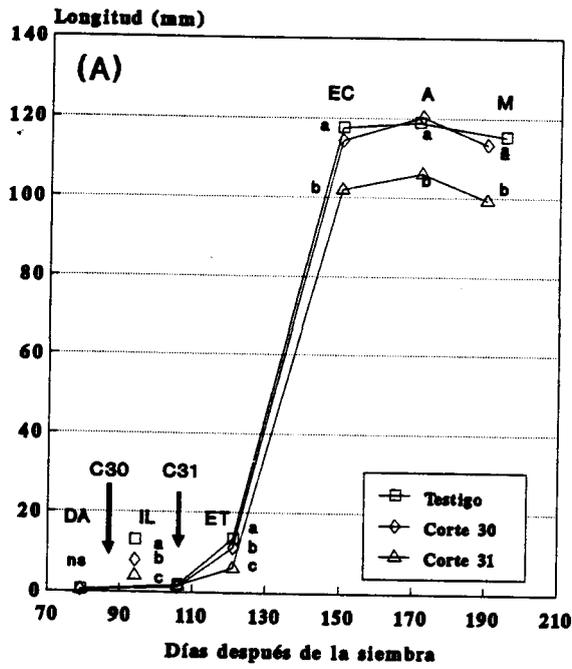
c) Tratamientos de corte sin genotipo Lasko

En las Figuras 20 y 21 se presentan los valores medios de longitud del ápice por tratamiento de corte y fecha de siembra obtenidos en los tres años de estudio.

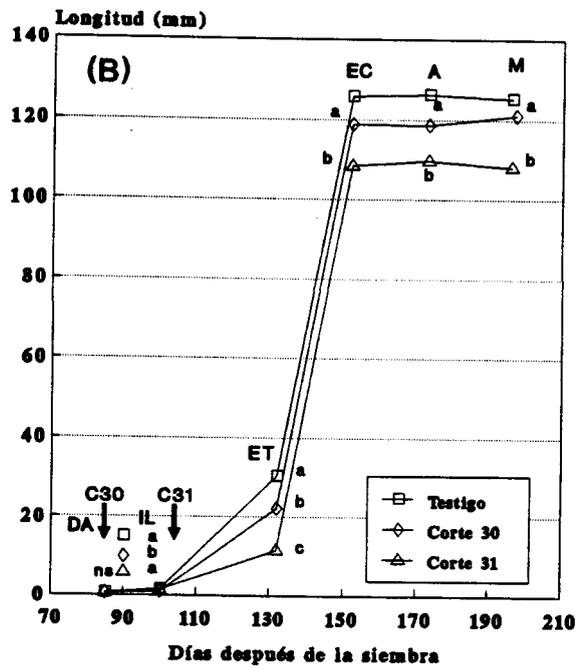
En el año 1991 se observa en las dos siembras (Fig. 20 A y B), que tras el tratamiento aplicado en el estadio 30 aparecen diferencias significativas con el testigo. Estas diferencias desaparecen, sin embargo, en el encañado, no difiriendo significativamente desde este momento hasta la madurez fisiológica. Tras el corte en el estadio 31, por el contrario, las diferencias estadísticas se mantienen durante todo el desarrollo de la espiga hasta la madurez fisiológica, en las dos siembras.

Figura 20.- Longitud de los primordios en función de los tratamientos de corte. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de P= 0.05.

1991. Primera siembra



1991. Segunda siembra



DA: Doble arruga; IL: Inicio de lemas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

El efecto inmediato de los tratamientos de corte consistió en reducir la velocidad de crecimiento relativo del ápice en las dos siembras (Tabla 11a).

Tabla 11.- Valores medios de Nivel de Crecimiento en Longitud del ápice (RGRa, mm/mm.sen) desde el estadio de doble arruga hasta el momento de máxima longitud de la espiga. Comparación de tratamientos de corte sin genotipo Lasko (RGRa1= doble arruga a inicio de lemas; RGRa2= inicio de lemas a espiguilla terminal; RGRa3= Espiguilla terminal a encañado; RGRa4= encañado a antesis).

a) año 1991				
	RGRa1	RGRa2	RGRa3	
1ª Siembra				
Testigo	0.338a	0.947a	0.534b	
Corte 30	0.271b	0.970a	0.565b	
Corte 31	0.320a	0.639b	0.677a	
2ª Siembra				
Testigo	0.422a	0.642a	0.510b	
Corte 30	0.240b	0.656a	0.640b	
Corte 31	0.427a	0.438b	0.797a	
b) año 1992				
	RGRa1	RGRa2	RGRa3	RGRa4
1ª Siembra				
Testigo	0.253a	0.508a	0.688a	0.097a
Corte 31	0.256a	0.360b	0.728a	0.121a
2ª Siembra				
Testigo	0.354a	0.732a	0.591b	0.241b
Corte 31	0.348a	0.458b	0.787a	0.308a
c) año 1993				
	RGRa1	RGRa2	RGRa3	
1ª Siembra				
Testigo	-	0.655a	0.758a	
Corte 31	-	0.625a	0.739a	
2ª Siembra				
Testigo	0.326a	0.625a	0.508a	
Corte 31	0.316a	0.698a	0.499a	

a-b: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 segun el test de mínimas diferencias significativas.

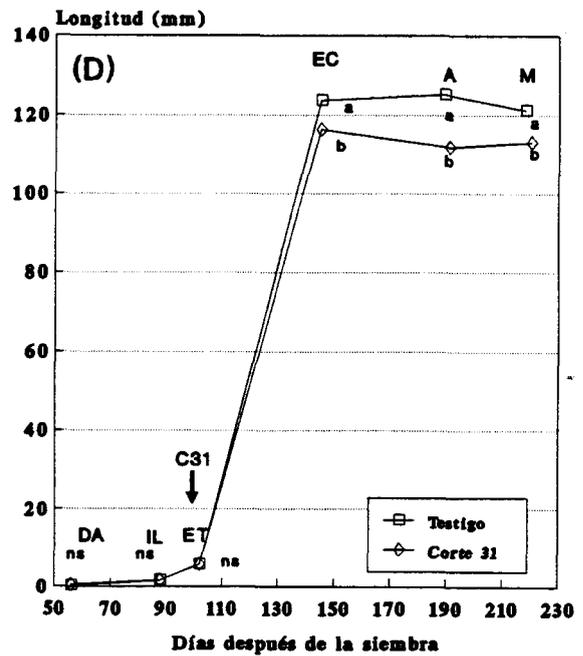
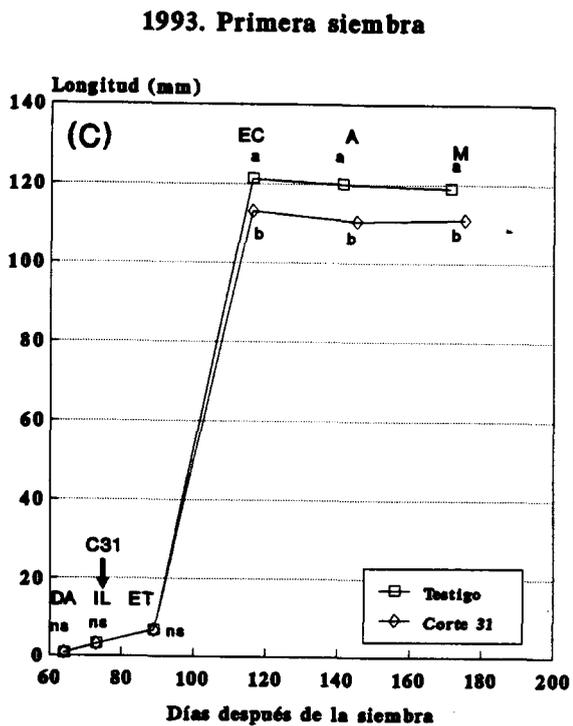
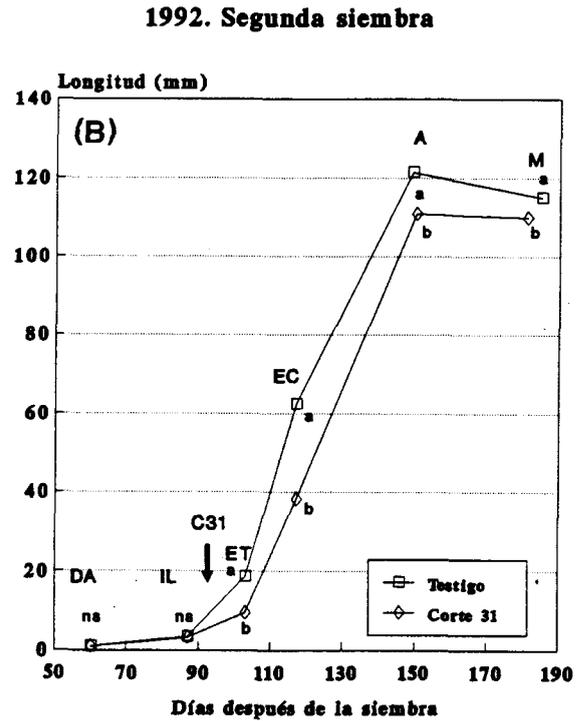
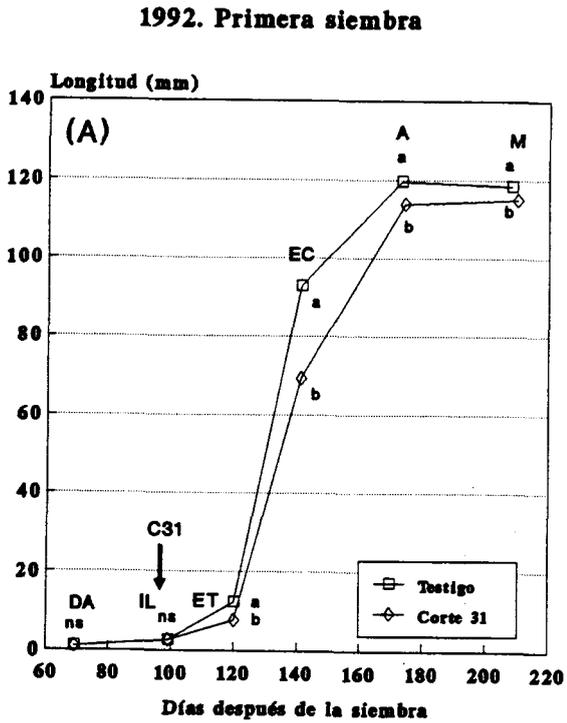
Así, se observa que el RGRa medido entre la doble arruga y el inicio de lemas fue significativamente inferior para el tratamiento C30 (Tabla 11a). A partir de este momento, sin embargo, las plantas cortadas recuperaron la velocidad normal de crecimiento, no presentando diferencias significativas con los testigos hasta el encañado. El efecto del corte en el estadio 31 se manifestó desde la fase de inicio de lemas hasta la de espiguilla terminal, donde el RGRa fue inferior al testigo y al tratamiento C30. A partir de este momento y hasta el encañado, la velocidad de crecimiento del ápice se recuperó, siendo superior a los testigos y C30. No obstante, esta mayor velocidad no llega a compensar la disminución anterior, por lo que el tamaño final de las espigas en el tratamiento C31 es inferior al testigo y C30 (Fig. 20 A y B).

Para analizar la longitud y el crecimiento del ápice en los años 1992 y 1993 fue necesario estudiar por separado al genotipo Lasko, ya que debido a su comportamiento invernal la fecha de los tratamientos fue diferente al resto de genotipos. La longitud del ápice en función de las fechas de siembra y tratamientos para el conjunto de genotipos sin Lasko, se presenta en la Figura 21.

En el año 1992, el corte en el estadio 31 disminuyó significativamente la longitud del ápice en las dos siembras a lo largo de todo el desarrollo hasta la madurez fisiológica (Fig. 21 A y B). Al estudiar la velocidad de crecimiento (Tabla 11b) se observa que ésta disminuyó tras el tratamiento, aunque posteriormente se recuperó, superando a la de los testigos. Sin embargo, esta recuperación no llegó a compensar el retraso inicial, por lo que la longitud final de sus espigas fue menor en relación a los testigos.

En el año 1993 en las dos siembras, los cortes (Fig. 21 C y D) ejercieron el mismo efecto sobre la longitud del ápice que en el año anterior. Asimismo, en la primera siembra, el corte redujo la velocidad de crecimiento del ápice en los períodos estudiados, aunque no de forma significativa (Tabla 11c).

Figura 21.- Longitud de los primordios en función de los cortes para las variedades Tropical, Tutor, Trujillo y Adrian. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de P= 0.05.



DA: Doble arruga; IL: Inicio de lenas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

En la segunda siembra tampoco aparecieron diferencias significativas, aunque también la velocidad inicial y final de crecimiento del ápice fue ligeramente inferior que la de los testigos (Tabla 11c).

d) Tratamientos de corte en genotipo Lasko (Fig. 22 y Tabla 12)

Al igual que en el resto de genotipos, el tratamiento de corte redujo significativamente el tamaño del ápice de la variedad Lasko en los dos años y en las dos siembras (Fig. 22).

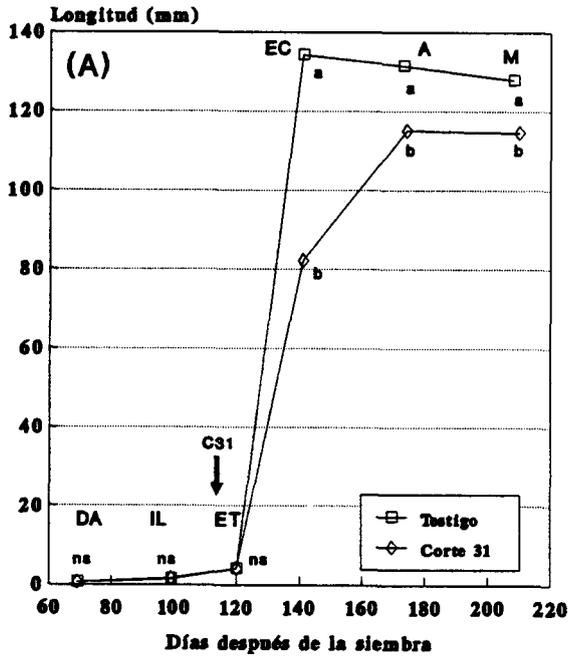
Tabla 12.- Valores medios de Nivel de Crecimiento en Longitud del ápice (RGRa, mm/mn.sen) desde el estadio de doble arruga hasta el momento de máxima longitud de la espiga. Comparación de tratamientos de corte en el genotipo Lasko (RGRa1= doble arruga a inicio de lenas; RGRa2= inicio de lenas a espiguilla terminal; RGRa3= Espiguilla terminal a encañado; RGRa4= encañado a antesis).

		a) año 1992			
		RGRa1	RGRa2	RGRa3	RGRa4
1ª Siembra	Testigo	0.210a	0.335a	1.169a	0.015b
	Corte 31	0.222a	0.319a	1.002b	0.072a
2ª Siembra	Testigo	0.296a	0.436a	0.320a	0.489b
	Corte 31	0.269b	0.474a	0.182b	0.579a
		b) año 1993			
		RGRa1	RGRa2	RGRa3	RGRa4
1ª Siembra	Testigo	-	0.492a	0.670a	0.195b
	Corte 31	-	0.519a	0.431b	0.437a
2ª Siembra	Testigo	0.237a	0.525a	0.593a	0.062a
	Corte 31	0.236a	0.456a	0.477b	0.126a

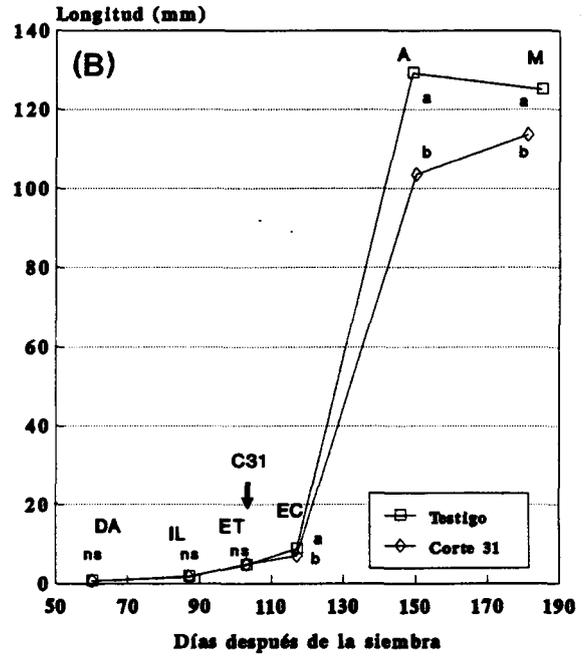
a-b: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 según el test de mínimas diferencias significativas.

Figura 22.- Longitud de los primordios en función de los cortes para la variedad Lasko. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas a nivel de $P = 0.05$.

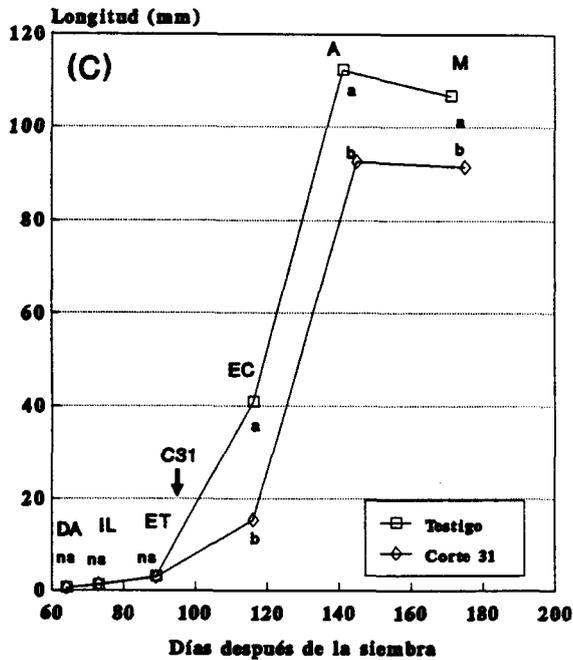
1992. Primera siembra



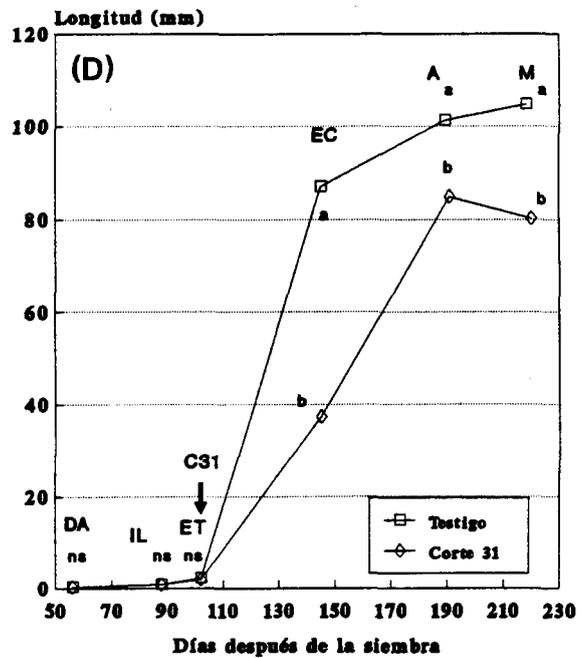
1992. Segunda siembra



1993. Primera siembra



1993. Segunda siembra



DA: Doble arruga; IL: Inicio de lemas; ET: Espiguilla terminal; EC: Encañado; A: Antesis; M: Madurez.

Aunque este efecto resultó mucho más acusado en el genotipo Lasko, debido al retraso que presenta en su desarrollo con respecto a los demás. En la Tabla 12 se analiza la velocidad de crecimiento del ápice, pudiéndose comprobar que también en los dos años y en las dos siembras, los tratamientos redujeron el crecimiento apical tras su aplicación. Aunque posteriormente las plantas cortadas se recuperaron, al igual que en los demás genotipos, sin embargo no llegaron a compensar la caída inicial, por lo que el tamaño final de las espigas en las parcelas cortadas resultó menor que en los testigos (Fig. 22).

4.1.6.- Relaciones de los parámetros del desarrollo entre sí y con los factores climáticos.-

Para investigar la influencia de los factores climáticos sobre el desarrollo apical, se han realizado correlaciones entre la duración de la iniciación de primordios y las temperaturas máxima, mínima y media, así como con el fotoperíodo medio y los grados día acumulados, durante ese período. El estudio se ha realizado con las medias de las cuatro repeticiones a lo largo de los tres años y sólo con las parcelas testigo, ya que el corte, como se ha comentado, altera grandemente el desarrollo apical. Además, ha sido necesario separar el genotipo Lasko de los demás, dado que su hábito invernal provoca un retraso muy notable en el desarrollo en relación al resto de los genotipos.

Tras el análisis de correlación la temperatura media y el fotoperíodo medio fueron las variables con mayor significación. En la Figura 23 a y b se presentan los coeficientes de correlación lineales, junto con las ecuaciones de regresión obtenidas para el conjunto de los cuatro genotipos. Los coeficientes de correlación indican que tanto la temperatura como el fotoperíodo acortan significativamente la duración de la iniciación de primordios (Fig. 23 a y b), probablemente porque aceleran el desarrollo del ápice y estimulan la tasa de

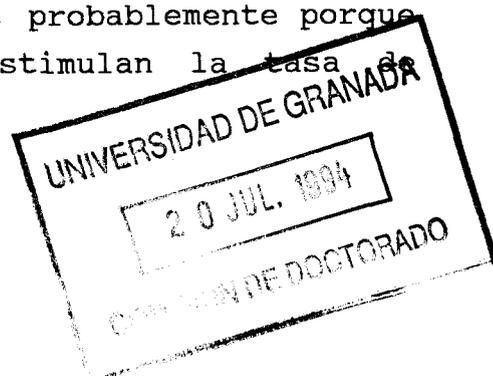
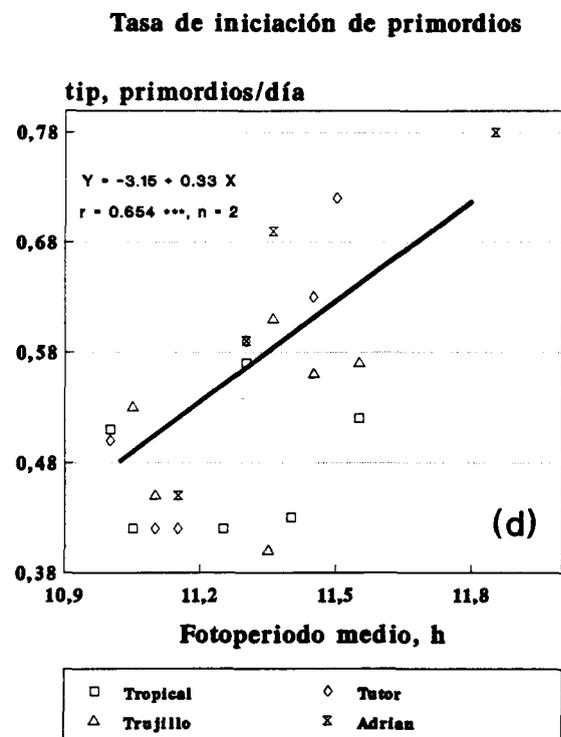
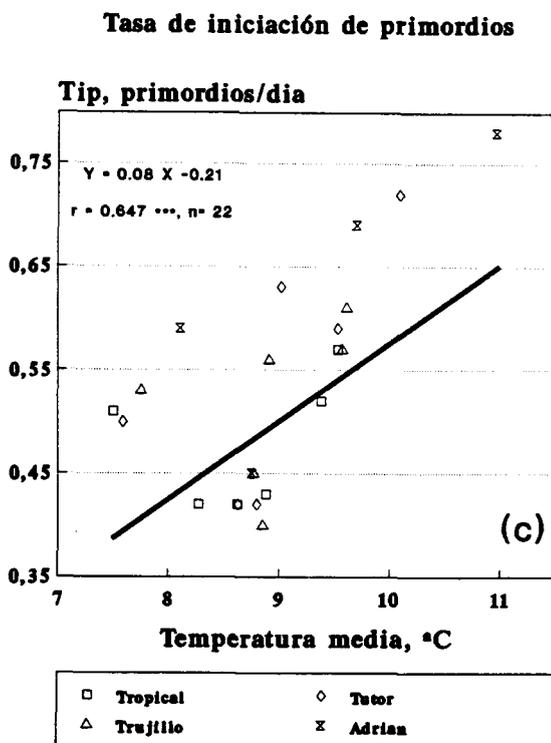
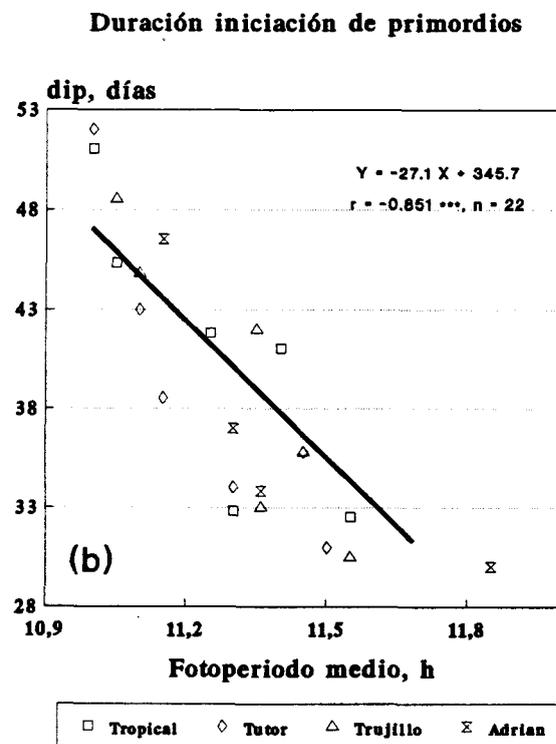
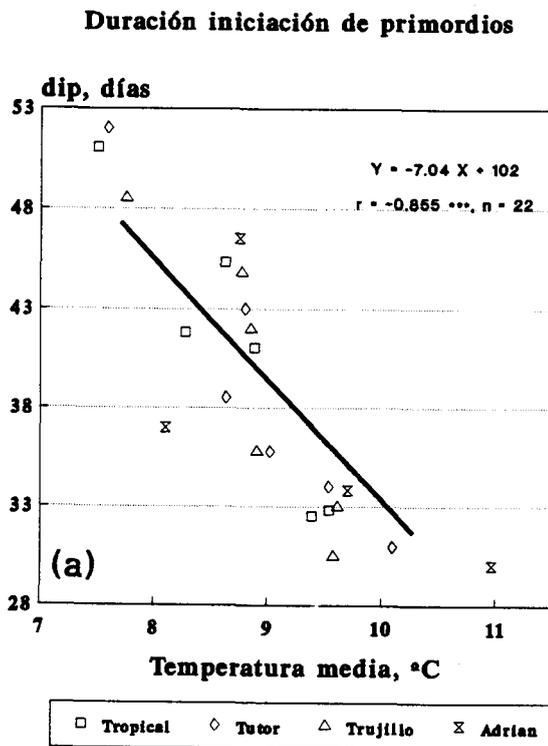


Figura 23.- Regresiones y correlaciones lineales entre duración y tasa de iniciación de primordios con temperatura y fotoperiodo medios para las variedades Tropical, Tutor, Trujillo y Adrian durante 1991, 1992 y 1993.



iniciación de primordios (Fig. 23 c y d); adelantando, de esta forma la aparición de la espiguilla terminal. Ello parece confirmarse por la relación inversa encontrada entre la tasa de iniciación y la duración de la formación de primordios (Fig. 24 c).

Dado que las dos variable climáticas ejercieron una influencia de magnitud similar, y además se encuentran altamente correlacionadas entre sí, se ha realizado una correlación múltiple por pasos para separar el verdadero efecto de cada variable. El programa seleccionó ambas variables, aunque con la temperatura media en primer lugar. La ecuación de regresión y el coeficiente de correlación múltiple fueron los siguientes:

$$\text{DIP} = 238.98 - 3.94 T_m - 14.57 \text{ FP}$$

$$R = 0.894 \text{ ***}, n = 22$$

Para el genotipo Lasko esta relación fue:

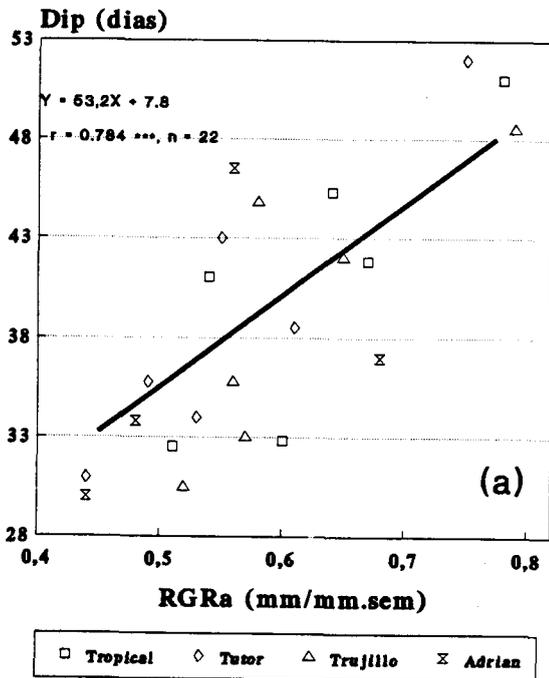
$$\text{DIP} = 187.72 - 4.49 T_m - 8.77 \text{ FP}$$

$$R = 0.998 \text{ *}, n = 4$$

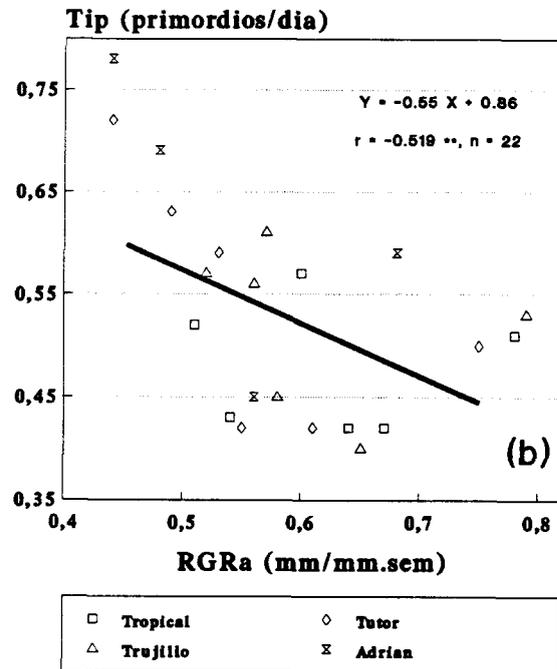
De igual forma se ha encontrado una relación positiva entre la velocidad de crecimiento del ápice y la duración de la fase de iniciación de primordios (Fig. 24 a). Esto posiblemente se deba al hecho de que tanto la duración de la iniciación de primordios como RGRa están relacionados negativamente con la temperatura (Fig. 23 a; Fig. 25 a y b). A su vez, el RGRa se encuentra negativamente correlacionado con la tasa de iniciación de primordios (Fig. 24 b), lo que obedece a la relación inversa entre tasa de iniciación y duración de la producción de primordios (Fig. 24 c). Esto determina que cualquier factor relacionado positivamente con la duración de la iniciación de

Figura 24.- Regresiones y correlaciones lineales entre diferentes parámetros del desarrollo para las variedades Tropical, Tutor, Trujillo y Adrian durante 1991, 1992 y 1993.

Duración iniciación de primordios



Tasa de iniciación de primordios



Tasa de iniciación de primordios

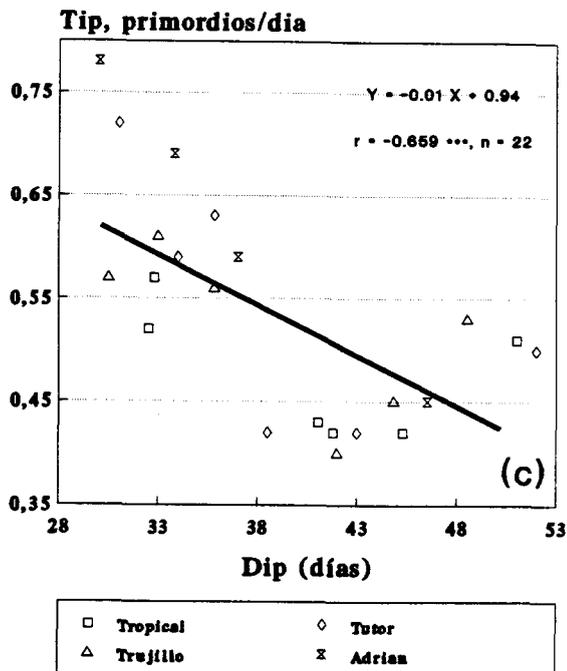
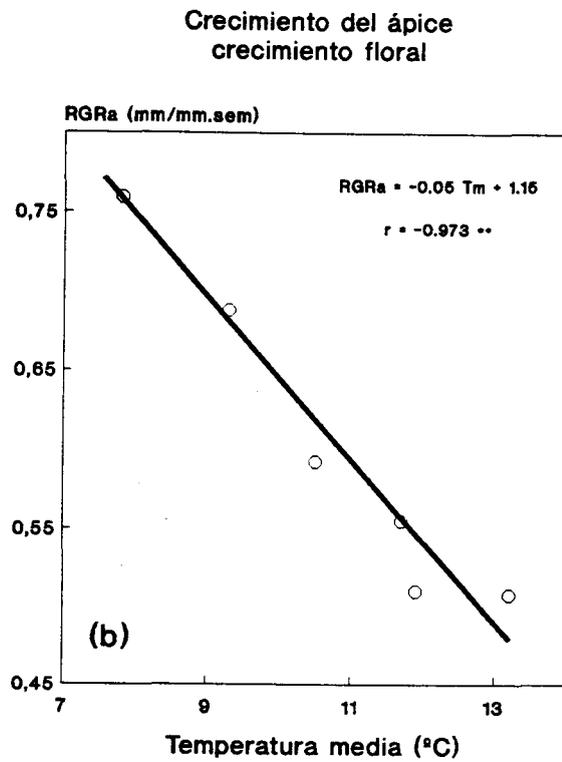
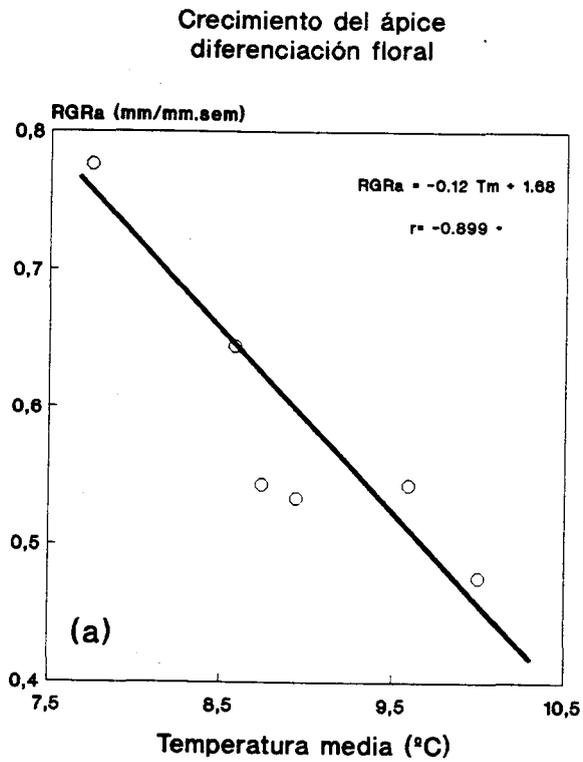


Figura 25.- Regresiones y correlaciones lineales entre el crecimiento del ápice y la temperatura durante las fases de diferenciación y crecimiento floral.



primordios tienda a encontrarse negativamente relacionado con la velocidad de su formación.

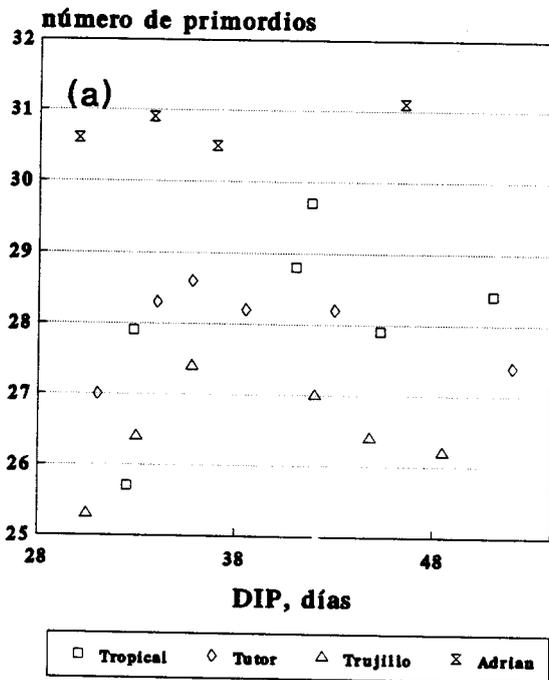
El número máximo de primordios de espiguilla puede depender tanto de la duración del período de iniciación de primordios como de la velocidad con que sean producidos por el meristemo apical. Para investigar estas relaciones, se han realizado correlaciones y regresiones lineales entre el número de primordios producidos en el estadio de espiguilla terminal y estos factores, así como con la temperatura media y el fotoperíodo medio durante el período de iniciación de primordios. En la figura 26 se observa la representación gráfica obtenida para el conjunto de los cuatro genotipos, a excepción de Lasko. Aunque las correlaciones estadísticas no fueron significativas para la duración ni la tasa de iniciación de primordios en el conjunto de los cuatro genotipos, sin embargo, se obtuvo una tendencia bastante clara dentro de cada genotipo.

En efecto (Fig 26 a), parece existir una relación parabólica entre el máximo número de primordios y la duración del período de su iniciación, de forma que se encuentra una duración óptima bajo la cual este número se hace máximo, decreciendo si el período de iniciación se prolonga demasiado, con excepción del genotipo Adrian. Al estudiar la tasa de iniciación de primordios (Fig. 26 b), estas relaciones se pierden en gran medida, probablemente debido a la relación negativa que existe entre duración y tasa de iniciación de primordios.

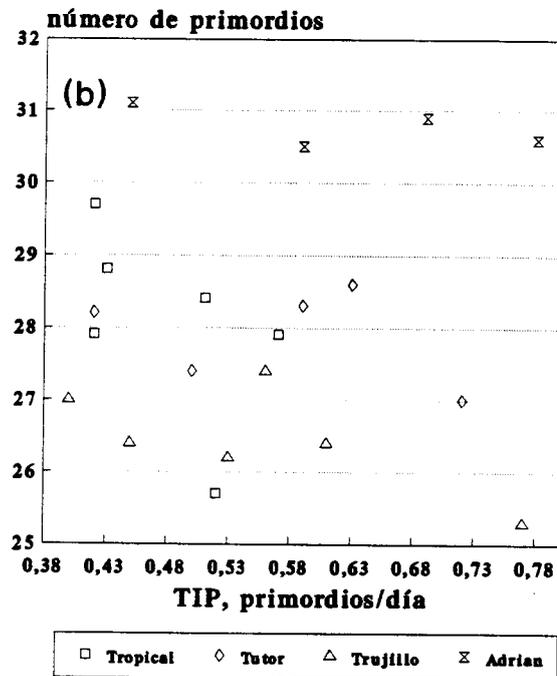
La temperatura media durante la fase de iniciación de primordios parece presentar también una relación parabólica con el máximo número de primordios (Fig. 26 c), de forma que superada una cierta temperatura óptima, la capacidad máxima de producción de primordios disminuye. Estas relaciones fueron menos claras con el fotoperíodo medio (Fig 26 d).

Figura 26.- Diagramas de dispersión del máximo número de primordios con diferentes parámetros del desarrollo y factores climáticos para las variedades Tropical, Tutor, Trujillo y Adrian durante 1991, 1992 y 1993.

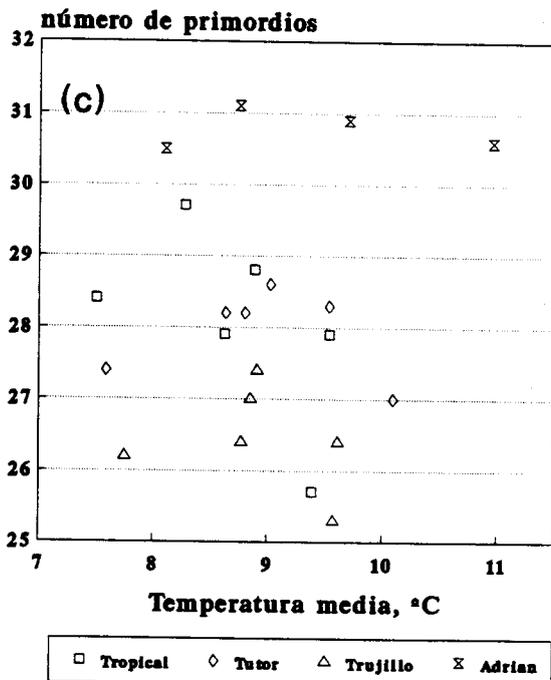
Máximo número de primordios



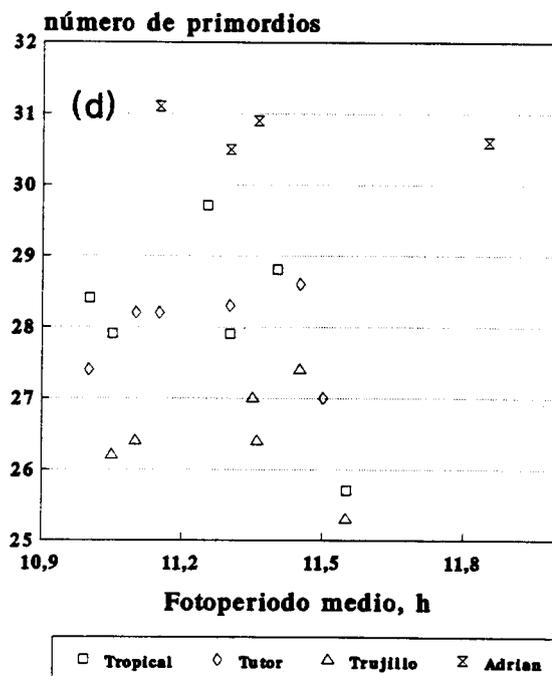
Máximo número de primordios



Máximo número de primordios



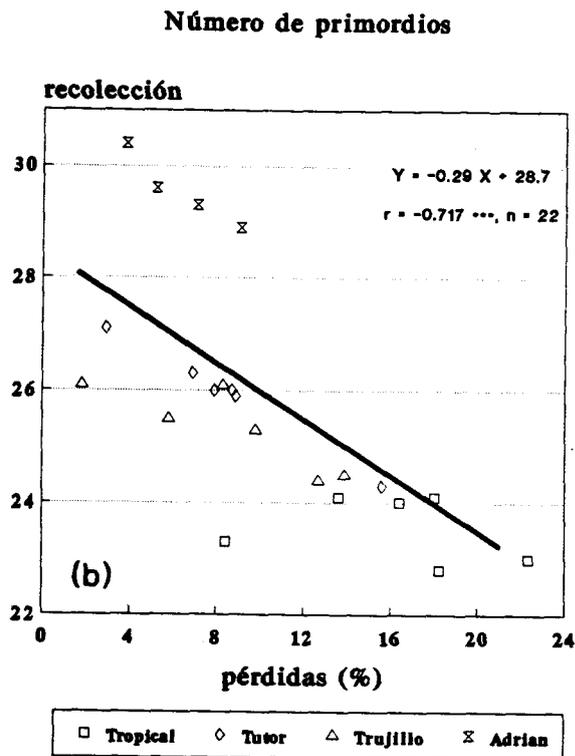
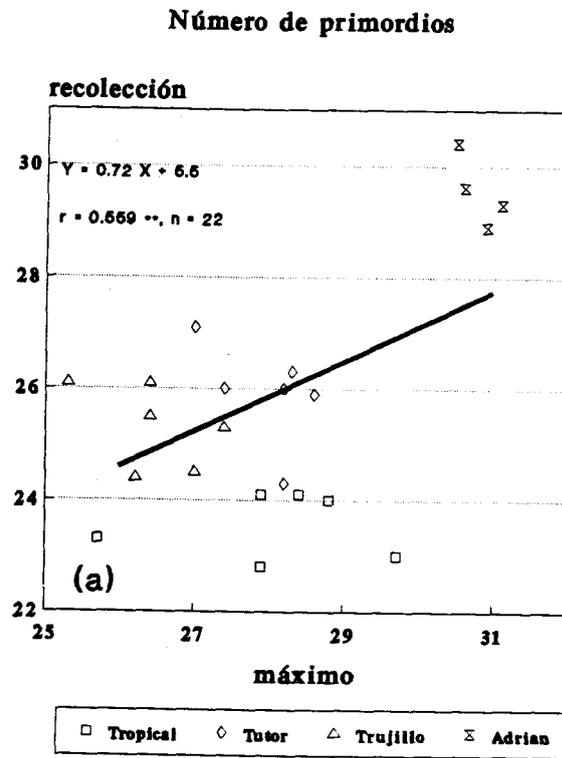
Máximo número de primordios



4.1.7.- Número de primordios en recolección.-

El número final de espiguillas sobre el ápice del tallo principal depende tanto de la capacidad máxima de producción de primordios como de su pérdida en las diferentes fases del desarrollo apical. Para averiguar la influencia de estos parámetros, se han realizado correlaciones lineales con el número de espiguillas por espiga en la recolección. Los resultados indican (Fig. 27) que son las pérdidas el factor que más influye sobre la determinación del número final de espiguillas en el tallo principal (Fig. 27 a), aunque la capacidad de producción de primordios también se encuentra significativamente correlacionado con este componente del rendimiento (Fig. 27 b).

Figura 27.- Regresiones y correlaciones lineales del número final de primordios tanto con la capacidad máxima de producción como con sus pérdidas para las variedades Tropical, Tutor, Trujillo y Adrian durante 1991, 1992 y 1993.



4.2.- Análisis del crecimiento durante la antesis y la madurez fisiológica del cultivo.-

En este apartado se estudia el comportamiento fisiológico del cultivo en función de las fechas de siembra, genotipos y tratamientos de corte, mediante la utilización de los siguientes índices de crecimiento: Biomasa del cultivo en antesis (CDWa, g/m²) y sus dos componentes, el índice del área foliar (LAIa, m²/m²), representativo del tamaño de la antena fotosintética y la inversa de la proporción del área foliar (1/LARa, g/m²), estimativa de la eficiencia fotosintética de la antena; así como la duración del área verde desde antesis a madurez (LAD, semanas) y la eficiencia asimiladora en la producción de materia seca con destino al grano (G, g/m².semana).

4.2.1.- Diferencias entre los índices de crecimiento y sus componentes.-

4.2.1.1.- Año 1991.- (Tabla 13).

La biomasa en antesis (CDWa) de Tropical, Tutor y Trujillo presentó valores muy similares, sin diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, LAIa y LAD de Tutor y Trujillo fueron superiores a los de Tropical con porcentajes situados entre el 16 y 27%. La mayor abundancia de área foliar de Tutor y Trujillo sobre Tropical fue debida a aumentos entre el 11 y 20% en la SFPla, mientras que el NPSa fue afectado sólo débilmente por los genotipos. A su vez, la SFPla estuvo determinada por el tamaño de las hojas y no por el número de hojas.

Los tratamientos de corte provocaron reducciones importantes en la biomasa y en el área foliar, sin embargo, los estadíos en que se realizaron los cortes (30 y 31 de Zadoks) no afectaron a los índices de crecimiento. Los cortes causaron disminuciones situadas entre el 19 y 20% en CDWa; entre el 23 y 27% en LAIa; y entre el 33 y 35% en LAD. Los índices estimativos de la eficiencia fotosintética, 1/LARa y G variaron en forma muy escasa

con los tratamientos de corte. El efecto de los cortes sobre los componentes del área foliar fue diferente al de las fechas de siembra o al de los genotipos, de forma que la defoliación hizo disminuir el 8% el NPSa y el 20% la SFPLa, la cual, a su vez estuvo determinada por el número de hojas y no por el tamaño de las mismas.

La biomasa del cultivo en antesis (CDWa) de la segunda fecha de siembra (3-Dic) fue el 18% más elevada que la de la primera (19-Nov). Este aumento fue debido fundamentalmente al mayor índice de área foliar (LAIa) de la 2ª siembra, ya 1/LARa no difirió entre ambas siembras. La duración del área foliar de la segunda siembra fué 2 semanas mayor que la de la primera.

Tabla 13.- Valores medios de índices de crecimiento y componentes para el año 1991.

	CDWa	LAIa	1/LARa	LAD	G	NPSa	NHa	SFHa	SFPLa
FSI (19/11)	979b	2.91b	340.4a	5.2b	916.7a	238a	5.4b	22.6b	121.7b
FS2 (3/12)	1158a	3.71a	319.3a	7.4a	900.6a	231a	6.4a	25.1a	160.2a
Tropical	1070a	2.98b	363.4a	5.4b	1026.8a	233a	6.1a	20.8b	127.6b
Tutor	1043a	3.50a	302.1b	6.9a	793.5c	227a	5.8a	26.5a	153.7a
Trujillo	1092a	3.46a	324.0b	6.5a	905.8b	244a	5.9a	24.3a	141.5a
C0	1232a	3.98a	314.1a	8.1a	844. a	249a	6.5a	24.6a	159.6a
C30	982b	2.92b	342.2a	5.3b	985.4a	227b	5.7b	24.1a	129.9b
C31	991b	3.05b	333.2a	5.4b	896.1a	228b	5.5b	22.9a	133.3a

a-b Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren al nivel de P=0.05 según un test de mínimas diferencias significativas.

Estas diferencias en el área foliar por unidad de superficie entre siembras fueron debidas a variaciones en la superficie foliar por planta (SFPla) y no al número de plantas/m² (NPSa). Así la SFPla de la 2ª siembra fue el 31% mayor que la de la primera. Las diferencias en la SFPla dependieron, a su vez, en mayor medida del número de hojas por planta (NHa, 20%) que del tamaño de las hojas (SFHa, 11%).

4.2.1.2.- Año 1992.- (Tabla 14).

Las dos épocas de siembra (19-Nov y 13-Dic) no influyeron de forma importante sobre CDWa; sin embargo, si provocaron diferencias estadísticas entre sus componentes. Así, LAIa de la primera fecha de siembra fue el 17% mayor que el de la segunda, mientras que 1/LARa de esta última siembra superó en el 18% al de la primera, debido a este efecto de compensación entre los componentes, las diferencias en biomasa se anularon al considerar las dos siembras. Además, la duración del área verde desde anthesis a madurez (LAD) de la primera siembra fue el 24% mayor que la de la segunda. En este año, las variaciones de la superficie verde entre siembras fueron debidas principalmente a la SFPla, ya que el NPSa no difirió en ambas siembras. A su vez, la SFPla varió en función del tamaño de las hojas (SFHa) y no de su número (NHa).

Los genotipos Trujillo, Tutor y Tropical obtuvieron los mayores valores de CDWa, con aumentos comprendidos entre el 63% y el 93% respecto a Lasko y entre el 5% y 20% en relación a Adrian. En cuanto al tamaño y duración de la superficie verde, Tutor fue el genotipo que consiguió mayores valores de LAIa y LAD con aumentos cercanos al 90% respecto a Lasko y comprendidos entre el 18% y el 30% en relación al resto. Al igual que en la campaña anterior, el componente del área foliar que causó fundamentalmente las diferencias entre genotipos fue el tamaño de las hojas (SFHa) y no el número de hojas (NHa). El número de plantas (NPSa) influyó de manera importante sobre Lasko, ya que

este genotipo obtuvo valores muy elevados de SFPLa, sin embargo, el poseer una media de 100 plantas/m² menos que el resto de las variedades, provocó que sus LAIa y LAD tuvieran valores muy por debajo de las demás.

Tabla 14.- Valores medios de índices de crecimiento y componentes para el año 1992.

	CDWa	LAIa	1/LARa	LAD	G	NPSa	NHa	SFHa	SFPLa
FSI (19/11)	1290a	4.05a	331.0b	11.4a	864a	197a	9.5a	22.0a	206.2a
FS2 (13/12)	1295a	3.47b	393.3a	9.2b	923a	202a	9.2a	19.3b	177.7b
Tropical	1331bc	3.52b	437.9a	9.3c	1093a	233a	9.5b	15.5d	151.4d
Tutor	1434b	4.71	311.7b	14. a	710c	234a	9.6b	21.0bc	199.6b
Trujillo	1578a	3.99b	407.7a	10.4bc	917b	227a	8.6c	19.7c	171.2c
Adrian	1320c	3.99b	328.5b	11.1b	670c	190b	8.3c	25.3a	210.1ab
Lasko	816d	2.59c	324.9b	6.6d	1075a	113c	10.6a	21.6b	227.6a
C0	1389a	4.38a	321.7b	12.3a	737b	206a	10.4a	21.2a	218.1a
C31	1196b	3.15b	402.5a	8.3b	1050a	198a	8.3a	20.0a	165.8b

a-b Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren al nivel de P=0.05 según un test de mínimas diferencias significativas.

Los cortes en el estadio 31 redujeron, frente a los testigos, tanto CDWa (15%), como LAIa (28%) y LAD (32%). La defoliación no redujo en este año el NPSa de forma apreciable (4%), pero sí lo hizo con la SFPLa (24%). A su vez, la superficie verde por planta dependió, al igual que en 1991, del número de hojas y no de la superficie foliar.

4.3.- Cosecha grano, producción de forraje y componentes de la cosecha en función de las fechas de siembra, genotipos y tratamientos de corte.-

El análisis estadístico de los datos en 1991 y 1992 se ha dividido en varios apartados :

-Ensayos de diferencias entre medias (mínimas diferencias significativas), entre los distintos parámetros de la producción en función de los genotipos, cortes y fechas de siembra.

-Técnicas de correlación simple y análisis por coeficientes de sendero entre la cosecha grano y sus componentes.

-Estudio económico de la rentabilidad de los tratamientos de corte en el aprovechamiento mixto forraje-grano.

4.3.1.- Año 1991.-

4.3.1.1.- Cosecha grano por unidad de superficie y por planta.- (Tabla 15 y Figura 28).

No se han encontrado diferencias significativas en las producciones de los tres genotipos ensayados, aunque Trujillo tuvo los mejores rendimientos, con el 6% y 3% de aumento frente a Tutor y Tropical, respectivamente.

Los tratamientos de corte provocaron diferencias muy importantes en las producciones de grano. Así, los cortes en el estadio 30 (escala de Zadoks et al., 1974), provocaron reducciones en la cosecha grano y planta del 24% y 23%, respectivamente. Mientras que los cortes realizados en el estadio 31 redujeron las producciones por unidad de superficie y por planta en el 30 % y 22%, respectivamente. Por último, los cortes en el estadio 31 dieron lugar a reducciones del rendimiento del 9% en la producción de grano respecto a los del estadio 30.

Tabla 15.- Valores medios de producción de forraje, cosecha grano y componentes de la cosecha. 1991

VARIABLE	Y	YP	YF	YT	NEP	NCE	NeE	NGe
TROPICAL	5518a	2.50a	1409c	6458b	1.5a	36.5c	20.2b	1.80b
TUTOR	5356a	2.48a	2568a	7071a	1.6a	45.0a	22.9a	1.97a
TRUJILLO	5682a	2.51a	2097b	7051a	1.7a	41.6b	23.0a	1.80b
CO	6741a	3.05a	-	6741b	1.8a	43.3a	22.5a	1.92a
C30	5124b	2.34b	1182b	6306b	1.5b	40.4b	21.6b	1.87a
C31	4691b	2.37b	2867a	7558a	1.5b	39.2b	21.9b	1.89a
FSI 19/11	4583b	2.18b	2219a	6077b	1.5b	36.4a	21.9a	1.66a
FSII 13/12	6455a	2.99a	1830b	7644a	1.7a	45.6a	22.1a	2.06a
VARIABLE	PMG	NES	NPS	PE	IC	LTP	COMP	
TROPICAL	39.8a	409a	238b	73.0b	0.32a	109.9b	2.24a	
TUTOR	37.2b	415a	257a	74.8a	0.35a	104.8b	1.88c	
TRUJILLO	40.1a	390a	257a	69.4c	0.36a	118.2a	2.09c	
CO	39.3a	473a	263a	71.8a	0.32a	123.1a	2.01b	
C30	38.7a	366b	248b	72.3a	0.34a	112.5b	2.02b	
C31	39.1a	347b	243b	73.0a	0.37a	97.2c	2.17a	
FSI 19/11	40.5a	375b	248a	72.8a	0.34a	104.1b	2.11a	
FSII 13/12	38.6a	434a	254a	72.0a	0.35a	117.8b	2.03a	

a-c Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado, no difieren a nivel de $P=0.05$ según un test de mínimas diferencias significativas.

Las producciones de grano por Ha (Y) y por planta (YP) de la segunda fecha de siembra (3-Dic-90) fueron estadísticamente mayores que las de la primera siembra (19-Nov-90), con aumentos del 40% y 37% respectivamente.

Por tanto, durante la campaña 1990-91, las mayores producciones de grano en las condiciones ambientales ensayadas fueron obtenidas con las siembras realizadas en los primeros días de diciembre; las producciones de las variedades fueron muy parecidas, aunque el genotipo con mejor rendimiento fue Trujillo,

con ligeras diferencias respecto a Tropical y Tutor; mientras que los cortes en el estadio 30 de Zadoks provocaron ligeramente menores pérdidas en cosecha que los realizados en el estadio 31, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

4.3.1.2.- Producción de forraje.- (Tabla 15 y Figura 29).

La cosecha de forraje de la variedad Tutor fue mayor en un 23% a la de Trujillo y un 82% a la de Tropical. A su vez, la producción de forraje de Trujillo fué el 49% superior a la de Tropical.

Respecto a la época de corte, la retirada de forraje en el estadio 31 de Zadoks fué mucho más productiva que la del estadio 30, con un aumento altamente significativo del 140%.

La producción de forraje por unidad de superficie (YF) de la primera fecha de siembra (19-Nov) fue significativamente superior a la de la segunda siembra (3-Dic), con un aumento del 21%.

4.3.1.3.- Biomasa total utilizable.- (Tabla 15 y Figura 30).

La biomasa total utilizable o producción total de grano y forraje (YT) de Tutor y Trujillo no difirieron estadísticamente entre sí, pero ambas fueron un 10% superiores a la de Tropical.

La producción total de las parcelas cortadas en el estadio 31 de Zadoks fué estadísticamente más elevada que las de las parcelas no cortadas o cortadas en el estadio 30, con aumentos respectivos del 12% y 20%. Entre producciones totales de las parcelas no cortadas y cortadas en el estadio 30, no hubo diferencias significativas.

Figura 28.- Cosecha grano en funcion de las FS, genotipos y cortes (1991).

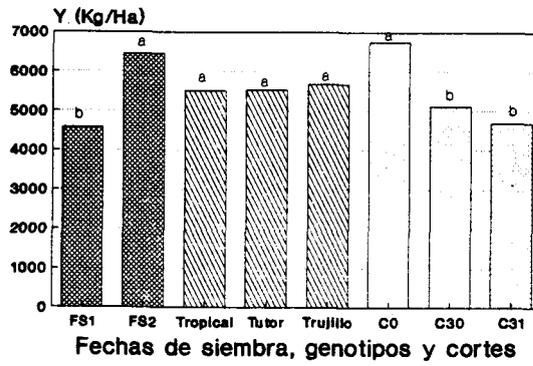


Figura 29.- Cosecha forraje en funcion de las FS, genotipos y cortes (1991).

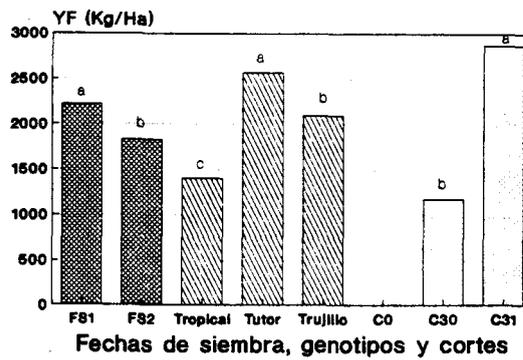
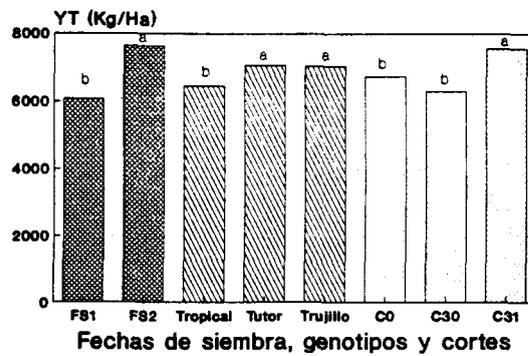


Figura 30.- Cosecha total en funcion de las FS, genotipos y cortes (1991).



La biomasa total de la segunda fecha de siembra (3-Dic) fué estadísticamente más elevada que de la primera siembra (19-Nov), con un incremento del 26%.

4.3.1.4.- Componentes de la cosecha.- (Tabla 15).

El genotipo Tutor alcanzó valores significativamente mayores en el número de granos por espiga (tanto en NeE como NGe) que Trujillo y Tropical; sin embargo, el PMG de estos dos últimos genotipos fué estadísticamente mayor que el Tutor; mientras que NES y NEP fueron muy similares en las tres variedades.

Las comparaciones por pares de variedades y los porcentajes relativos de aumento o disminución en cada comparación fueron:

<u>NGE</u>	Trop	Truj	<u>NeE</u>	Trop	Truj
Tut	+19 %	+8	Tut	+11%	-0.5%
Truj	+14%	-	Truj	+14%	-

<u>NGe</u>	Trop	Truj	<u>PMG</u>	Trop	Truj
Tut	+ 9%	-	Tut	-8%	-8%
Truj	+ 9%	-	Truj	-0.6%	-

En esta comparación porcentual, se observa que el incremento del NGE de la variedad Tutor sobre Tropical y Trujillo quedó en parte compensado por el aumento del PMG en estos últimos genotipos sobre Tutor. Por todo ello no hubo diferencias notables entre las producciones de grano de las tres variedades ensayadas.

Las parcelas no cortadas consiguieron valores estadísticamente mayores de NES, NEP y NGE (este último en función del NeE) que las parcelas cortadas en el estadio 30 ó 31 de Zadoks, sin que hubiera variaciones importantes en el PMG. A su vez, las parcelas sometidas a tratamientos de corte en el estadio 30 no difirieron significativamete de las cortadas en el estadio 31 en ninguno de los componentes de la cosecha.

Las comparaciones por pares de cortes y los porcentajes relativos de aumento de cada comparación fueron:

NES

	C31	C30
C0	+36%	+29%
C30	+5%	-

NEP

	C31	C30
C0	+17%	21%
C30	-3%	-

NGE

	C31	C30
C0	+10%	+7%
C30	+3%	-

NeE

	C31	C30
C0	+4%	5%
C30	-1%	-

Las producciones de grano de la segunda siembra (3-Dic) fueron más elevadas que las de la primera siembra (19-Nov), porque tuvieron valores estadísticamente mayores en el número de espigas (por unidad de superficie y por planta, NES y NEP) y en el número de granos por espiga (NGE), este último como resultado de aumentos en el número de granos por espiguilla (NGe). Sin embargo, el peso de mil granos (PMG) de la primera siembra (19-Nov) fué significativamente más elevado que el de la segunda (3-Dic). Los porcentajes de aumento en el número de espigas por m²,

número de espigas por planta y número de granos por espiga de la segunda fecha de siembra respecto a la primera fueron del 16%, 13% y 25 % respectivamente, mientras que el porcentaje de aumento del peso de mil granos de la primera fecha respecto a la segunda fué sólo del 5%.

4.3.1.5.- Parámetros relacionados con la cosecha.- (Tabla 15).

El genotipo Trujillo alcanzó los valores de LTP más elevados; Tutor los de mayor PE y Tropical tuvo la espiga más compacta. Las tres variedades no difirieron estadísticamente en el índice de cosecha.

Las plantas de las parcelas no cortadas tuvieron tallos principales de mayor longitud que las cortadas; mientras que las espigas de las parcelas cortadas en el estadio 31 fueron más compactas que las de los restantes tratamientos de corte. Peso específico e índice de cosecha no variaron con los cortes.

La segunda fecha de siembra (3-Dic), que como hemos comprobado obtuvo las mayores cosechas de grano, consiguió también valores estadísticamente más elevados de longitud del tallo principal (LTP) que la primera fecha (19-Nov). Sin embargo, el peso específico (PE), el índice de cosecha (IC) y la compacidad de la espiga (COMP) no difirieron entre siembras.

Las consecuencias más importantes que se pueden extraer en el análisis de la producción de grano y forraje, así como de los componentes de la cosecha grano en la campaña 1990-91 han sido:

a) Las variedades más productivas fueron Trujillo y Tropical con ligeras diferencias respecto a Tutor, a causa de una ligera diferencia en el número de granos por espiga.

b) Las parcelas no cortadas obtuvieron mayores producciones de grano que las sometidas a corte. A su vez, los cortes en el estadio 30 de Zadoks provocaron menores pérdidas de cosecha grano que los cortes en el estadio 31, pero sin que hubiera diferencias importantes entre ambos. Los componentes de la cosecha responsables de estas variaciones entre parcelas cortadas y no cortadas fueron el número de espigas y el número de granos por espiga.

c) Las parcelas cortadas en el estadio 31 de Zadoks tuvieron un mejor aprovechamiento mixto forraje-grano que las parcelas no cortadas o cortadas en el estadio 30, debido a que alcanzaron los mayores valores de biomasa total utilizable.

d) La época de siembra que dió lugar a las mayores cosechas de grano y biomasa total fue durante los primeros días de Diciembre, en base a la obtención de mayores número de espigas y número de granos por espiga.

4.3.1.6.- Relaciones entre la cosecha grano y sus componentes.-

En el caso de los genotipos Tropical y Tutor, las producciones de grano (Y) estuvieron estrechamente correlacionadas con el número de granos por espiga (NGE) y número de espigas por unidad de superficie (NES). A su vez, las variaciones en el número de granos por espiga dependieron casi totalmente del número de granos por espiguilla (NGe) (Tabla 16).

Al estudiar la variedad Trujillo y el total de genotipos, el componente más directamente relacionado con la producción fué

el número de espigas por unidad de superficie, seguido por el número de granos por espiga. Las correlaciones entre la cosecha de grano y el peso de mil granos (PMG), fueron muy pequeñas en todos los casos (Tabla 16).

Tabla 16.- Coeficientes de correlación entre la producción de grano y sus componentes. 1991

Correlación	Tropical	Tutor	Trujillo	Total
Y-NES	0.63 **	0.73 **	0.81 **	0.69 **
Y-NGE	0.69 **	0.73 **	0.58 **	0.55 **
Y-PMG	-0.15	0.11	-0.31	-0.11
YP-NRP	0.76 **	0.94 **	0.78 **	0.81 **
YP-NGE	0.72 **	0.70 **	0.72 **	0.64 **
YP-PMG	0.07	0.33	-0.09	0.05
NGE-NeE	0.53 **	0.22	0.39	0.56 **
NGE-NGe	0.96 **	0.94 **	0.94 **	0.90 **
Num. de datos	24	24	24	72

El análisis por coeficientes de sendero (Tabla 17) puso de manifiesto aún más, en las variedades Tropical y Tutor, la dependencia de la cosecha del número de granos por espiga (vía número de granos por espiguilla) y en menor medida, del número de espigas. Se comprobó también el diferente comportamiento de la variedad Trujillo, ya que el componente que explicó las variaciones en cosecha de manera mayoritaria fue el número de espigas. Se confirmó, mediante los análisis de sendero (Tabla 17), la muy débil relación entre la cosecha grano y el peso medio de mil granos.

Tabla 17.- Análisis por coeficientes de sendero. Valores de los efectos directos e indirectos de cosecha grano y componentes 1991.

		Tropical	Tutor	Trujillo	Total
Y-NES					
Efecto directo	P12	0.511	0.430	0.716	0.582
Indirecto:					
vía NGE	r23 P13	0.136	0.270	0.131	0.127
vía PMG	r24 P14	-0.017	0.030	-0.037	-0.019
Total	r12	0.630	0.730	0.810	0.690
Y-NGE					
Efecto directo	P13	0.569	0.520	0.321	0.397
Indirecto					
vía NES	r23 P12	0.122	0.223	0.293	0.186
vía PMG	r34 P14	-0.001	-0.013	-0.034	-0.033
Total	r13	0.690	0.730	0.580	0.550
Y-PMG					
Efecto directo	P14	0.051	0.112	0.098	0.114
Indirecto					
vía NES	r24 P12	-0.180	0.111	-0.280	-0.110
vía PMG	r34 P13	-0.021	-0.113	-0.128	-0.128
Total	r14	-0.150	0.110	-0.310	-0.110
Residual		0.540	0.547	0.514	0.627
NGE-NeE					
Efecto directo	P12	0.275	0.348	0.325	0.434
Indirecto					
vía NGe	r23 P13	0.255	-0.128	0.065	0.126
Total	r12	0.530	0.220	0.390	0.560
NGE-NGe					
Efecto directo	P13	0.880	0.985	0.917	0.834
indirecto					
vía NeE	r23 P12	0.080	-0.045	0.023	0.066
Total	r13	0.960	0.940	0.940	0.900
Residual		0.096	-0.003	0.103	0.072
Numero de datos		24	24	24	72

4.3.1.7.- Rentabilidad económica de genotipos, fechas de siembra y cortes.-

Para analizar la rentabilidad económica del aprovechamiento mixto forraje-grano del triticale en función de los cortes, fechas de siembra y genotipos, durante 1991 se ha realizado una valoración de los mismos en base a los precios de mercado de 1993 que han sido 25 pts el Kg de grano de triticale , 5 pts el Kg de forraje verde y 3000 pts el jornal. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18.- Rentabilidad económica 1991.

		Grano (Kg/Ha)	Forraje (Kg/Ha)	Grano (ptas)	Forraje (ptas)	Total (ptas)	media (ptas)	Jornales (ptas)	Total (ptas)	media (ptas)
Trop	C0	7173	-	179325	-	179325		-	179325	
	C30	4890	4889	122250	24445	146695		-6000	140695	
	C31	4492	19603	112300	98015	210315		-6000	204315	
							178778			174778
Tut	C0	6094	-	152350	-	152350		-	152350	
	C30	5122	13210	128050	66050	194100		-6000	188100	
	C31	4852	36852	121300	184260	305560		-6000	299560	
							217336			213336
Truj	C0	6958	-	173950	-	173950		-	173950	
	C30	5358	88628	133950	44310	178260		-6000	172260	
	C31	4729	29956	118225	149780	268005		-6000	262005	
							206738			202738
	C0	6741	-	168525	-	168525		-	168525	
	C30	5124	8983	128100	44915	173015		-18000	155015	
	C31	4691	28928	117275	144640	261915		-18000	243915	
FS1	C0	6080	-	152000	-	152000		-	152000	
	C30	3922	8479	98050	42395	140445		-9000	131445	
	C31	3754	31269	93850	156345	250195		-9000	241195	
							180880			174880
FS2	C0	7411	-	185275	-	185275		-	185275	
	C30	6325	9494	158125	47470	205595		-9000	196595	
	C31	5628	26588	140700	132940	273640		-9000	264640	
							221503			215503

Los genotipos más rentables fueron Tutor y Trujillo con escasas diferencias entre ellos, pero ambos con mejor aprovechamiento económico de forraje y grano que Tropical. Dentro de cada variedad, los cortes en el estadio 31 de Zadoks fueron los que más rendimiento provocaron. En la variedad Tropical C0 fué más rentable que C30, en Tutor C30 más que C0 y en Trujillo no hubo diferencias entre C0 y C30.

Al tener en cuenta la media total de los cortes, se constata que el aprovechamiento económico de las parcelas cortadas en el estadio 31 de Zadoks fué de 88.000 pts y de 75.000 superior a las cortadas en el estadio 30 y a las no cortadas, respectivamente.

Se puede comprobar que el rendimiento económico de la segunda fecha de siembra (3-Dic) fué 40.000 pts/Ha más favorable que el de la primera fecha de siembra (19-Nov).

Al tener en cuenta los cortes dentro de cada fecha de siembra, se demuestra que entre las parcelas no cortadas y las cortadas en el estadio 30 de Zadoks hubo relativamente pocas diferencias en la rentabilidad: en la FS1 fué algo favorable a C0 y en la FS2 lo fué para C31.

4.3.2.- Año 1992.-

4.3.2.1.- Cosecha grano por unidad de superficie y por planta.- (Tabla 19 y Figura 31).

Al igual que en la campaña anterior, Tropical, Tutor y Trujillo no difirieron estadísticamente en sus producciones de grano. Sin embargo, estas tres variedades fueron significativamente mayores productoras de grano/ha que Adrian y Lasko. No obstante, en cuanto a la cosecha por planta, la

variedad Lasko fué más productiva que las restantes, con porcentajes de aumento comprendidos entre el 17% y 38%.

Tabla 19 .- Valores medios de producción de forraje, cosecha grano y componentes de la cosecha. 1992.

VARIABLE	Y	YP	YF	YT	NEP	NCE	NeE	NGe
TROPICAL	9156a	3.89d	26741a	10526a	2.4b	40.6c	21.9b	1.86b
TUTOR	9396a	4.20cd	3004a	10898a	2.1b	50.9a	25.8a	1.97a
TRUJILLO	8755a	4.46bc	2973a	10242a	2.3b	45.2b	24.4a	1.86b
ADRIAN	7336b	4.60b	2713a	8693b	2.4b	52.9a	25.9a	1.91a
LASKO	6727b	5.37a	2619a	8037b	3.8a	45.3b	27.6a	1.75b
CO	8535a	4.81a	-	8535b	2.7a	47.8a	25.7a	1.86a
C31	8013b	4.20b	2810a	10823a	2.6a	45.8b	24.4b	1.88a
FSI 19/11	8867a	4.74a	3158a	10446a	2.6a	47.8a	25.7a	1.86a
FSII 13/12	7681b	4.65a	2463b	8913b	2.7a	46.2b	24.6b	1.88a

VARIABLE	PMG	NES	NPS	PE	IC	LTP	COMP
TROPICAL	40.5a	641a	268a	73.6b	0.41a	118.4c	2.67a
TUTOR	38.7b	510b	236b	77.1a	0.41a	116.3c	2.24c
TRUJILLO	42.3a	546b	230b	71.7c	0.41a	131.0a	2.32c
ADRIAN	35.9c	539b	218b	68.3d	0.41a	127.0b	2.32c
LASKO	31.0d	611a	150c	67.5d	0.36b	114.9c	2.51b
CO	38.2a	5671a	215a	71.8a	0.39a	129.5a	2.39a
C31	37.1b	567a	225a	71.5a	0.41a	113.6b	2.43a
FSI 19/11	38.1a	570a	224a	71.9a	0.40a	123.8a	2.41a
FSII 13/12	37.3b	568a	216a	71.4a	0.41a	119.3b	2.42a

a-d Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado, no difieren estadísticamente al nivel de $P=0.05$ según un test de mínimas diferencias significativas.

Las parcelas no cortadas obtuvieron mayores cosechas de grano por Ha y por planta que las cortadas en el estadio 31, con aumentos del 7% y 15% respectivamente.

La producción de grano por unidad de superficie obtenida en la primera fecha de siembra (19-Nov-91), fue estadísticamente más elevada que la de la segunda siembra (13-Dic-91), con aumentos del 15%; sin embargo, la cosecha por planta no difirió entre ambas

siembras. En la campaña anterior, la siembra realizada el 3-Dic-90 fué superior a la del 19-Nov-90. Por tanto, se demuestra que en la presente campaña al retrasar 10 días la siembra en relación al año anterior, la producción resultó más deprimida que la efectuada al final de Noviembre.

Por tanto, en las condiciones de los ensayos realizados en esta campaña 1991-92, las mejores producciones de grano fueron obtenidas con las siembras realizadas a finales de Noviembre; con las variedades Trujillo, Tropical y Tutor; y en las parcelas no cortadas.

4.3.2.2.- Producción de forraje.- (Tabla 19 y Figura 32).

Las producciones totales de forraje seco de los cinco genotipos estudiados fueron similares, sin diferencias estadísticas entre ellos. Destacar únicamente a los genotipos Tutor y Trujillo que obtuvieron ligeramente mayor forraje que los tres genotipos restantes, pero con aumentos que en ningún caso superaron el 15%.

En esta campaña 1991-92, la primera fecha de siembra (19-Nov), que obtuvo la mayor cosecha grano, también consiguió la mejor cosecha de forraje, con un aumento del 28% respecto a la segunda siembra (13-Dic).

4.3.2.3.- Biomasa total utilizable.- (Tabla 19 y Figura 33).

Las biomاسas totales de Tropical, Tutor y Trujillo no difirieron entre ellas, pero fueron significativamente mayores que las de Adrian y Lasko, con aumentos que variaron entre el 18% y el 36%.

Figura 31.- Cosecha grano en funcion de las FS, genotipos y cortes (1992).

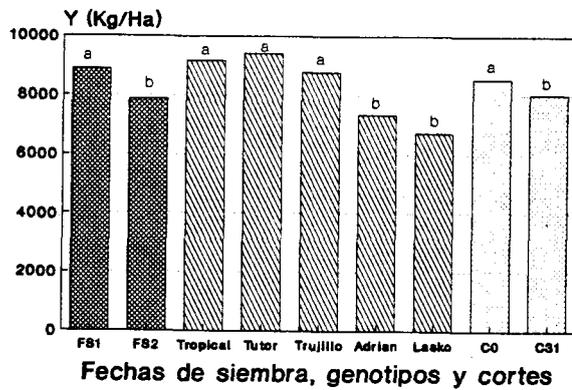


Figura 32.- Cosecha forraje en funcion d las FS, genotipos y cortes (1992).

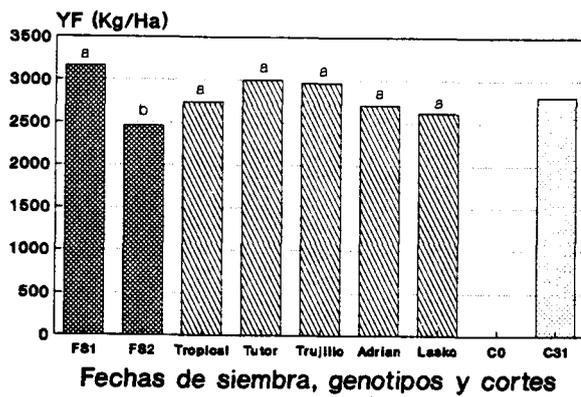
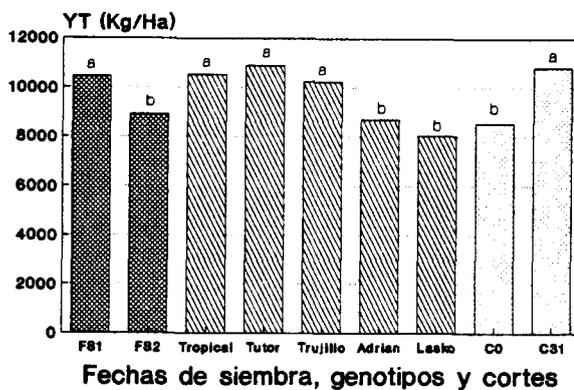


Figura 33.- Cosecha total en funcion de las FS, genotipos y cortes (1992).



Al igual que en la campaña anterior, la biomasa total utilizable de las parcelas cortadas en el estadio 31 de Zadoks superó significativamente a la de los testigos, con un aumento del 27%.

La producción total de forraje y grano de la primera fecha (19-Nov) de siembra obtuvo valores medios estadísticamente mayores que los de la segunda siembra (13-Dic), con un aumento del 17%.

4.3.2.4.- Componentes de la cosecha.- (Tabla 19).

Al considerar los genotipos, se puso de manifiesto la existencia de mecanismos de compensación entre los componentes del rendimiento. Así, Lasko obtuvo un elevado NEP, pero NGE intermedio y muy bajo PMG. Las variedades Tropical, Tutor y Trujillo (las más productivas), fueron las que consiguieron un mejor equilibrio entre componentes de la cosecha

Las parcelas no cortadas rindieron mayor cantidad de grano que las cortadas, ya que obtuvieron los valores estadísticamente más elevados en dos componentes de la cosecha: NGE (como función del NeE) y PMG, con porcentajes de aumento del 5 y 3%, respectivamente. El número de espigas (tanto NEP como NES) no varió con la retirada de forraje.

En esta campaña de 1991-92, durante la primera fecha de siembra (19-Nov) se consiguieron valores significativamente mayores de NGE (éste como función del NeE) y de PMG que en la segunda siembra (13-Dic), pero tanto NEP como NES no difirieron entre siembras. Los porcentajes de aumento en NGE (NeE) y PMG de la primera siembra respecto a la segunda fueron bastante escasos, del orden del 5 y 3%, respectivamente.

4.3.2.5.- Parámetros relacionados con la cosecha.- (Tabla 19).

El índice de cosecha (IC) y el peso específico (PE) mostraron sólo pequeñas variaciones entre fechas de siembra, genotipos y tratamiento de corte. Algo similar ocurrió con la compacidad de la espiga (COMP) entre fechas de siembra y cortes. Sin embargo, sí existieron diferencias estadísticas muy acusadas entre la compacidad de la espiga de los distintos genotipos y entre la longitud del tallo principal de fechas de siembra, variedades y cortes. Tropical fue el genotipo con espiga más compacta, mientras que Tutor, Trujillo y Adrian mostraron la espiga más laxa, sin diferencias estadísticas entre ellos. En cuanto a la LTP se comprobó que, con sólo escasas excepciones, las fechas de siembra, genotipos o tratamientos de corte que obtuvieron mayor producción de grano, consiguieron también plantas con los tallos más altos.

Del estudio de la producción de grano y forraje en la campaña 1991-92, caben destacar los siguientes puntos:

a) Los genotipos más productivos fueron Tropical, Tutor y Trujillo, con diferencias notables respecto a Adrian y Lasko. Ello fue debido a un mejor equilibrio entre los componentes del rendimiento de los tres primeros genotipos mencionados.

b) Las parcelas no cortadas obtuvieron mayores cosechas de grano que las cortadas, en base a valores más elevados de número de granos por espiga y peso medio de los granos. Sin embargo, el mejor aprovechamiento mixto forraje-grano lo obtuvieron (al igual que en la campaña anterior) las parcelas cortadas en el estadio 31 de Zadoks, ya que su biomasa total superó a la de los testigos.

c) Cuando la fecha de siembra se retrasó hasta la mitad de diciembre, la cosecha de grano resultó disminuida respecto a la de finales de Noviembre. Ello ocurrió a causa de reducciones en el número de granos por espiga y en el peso de mil granos.

4.3.2.6.- Relaciones entre la cosecha grano y sus componentes.-

En la presente campaña de 1992, a diferencia de 1991, las producciones de grano de los genotipos Tropical y Tutor se correlacionaron principalmente con el peso de mil granos y en bastante menor medida con el número de espigas y número de granos por espiga (Tabla 20). Algo similar ocurrió con la variedad Adrian y con el total de genotipos. Sin embargo, la cosecha grano de Trujillo y, sobre todo, de Lasko dependió fundamentalmente del número de espigas por unidad de superficie (Tabla 20).

Tabla 20.- Coeficientes de correlación entre la producción de grano y sus componentes. 1992

Correlación	Tropical	Tutor	Trujillo	Adrian	Lasko	Total
Y-NES	0.42	0.20	0.32	0.02	0.70**	0.11
Y-NGE	0.17	0.13	0.03	0.32	0.28	-0.04
Y-PNG	0.68**	0.66**	0.17	0.47	0.14	0.66**
YP-NRP	0.62**	0.64**	0.89**	0.62**	0.83**	0.76**
YP-NGE	0.41	0.64**	0.30	0.35	0.48	0.29**
YP-PNG	0.56*	0.82**	0.10	0.81**	-0.07	-0.34**
NGE-NeE	0.73**	0.65**	0.02	0.59*	0.72**	0.82**
NGE-NGe	0.72**	0.37	0.66**	0.42	0.81**	0.56**
Num datos	16	16	16	16	16	80

El análisis por coeficientes de sendero (Tabla 21), confirmó la dependencia de la cosecha del peso de mil granos en las variedades Tropical, Tutor, Adrian y total de genotipos. Mientras que las producciones de Lasko y Trujillo variaron principalmente en función del número de espigas.

Tabla 21.- Análisis por coeficientes de sendero. Valores de los efectos directos e indirectos de cosecha grano y componentes 1992.

		Tropical	Tutor	Trujillo	Adrian	Lasko	Total
Y-NES							
Efecto directo	P12	0.246	0.229	0.364	0.114	0.780	0.231
Indirecto							
vía NGE	r23 P13	0.005	-0.032	-0.051	-0.083	0.023	-0.037
vía PMG	r24 P14	0.169	0.003	0.007	-0.011	-0.103	-0.084
Total	r12	0.420	0.200	0.320	0.020	0.700	0.110
Y-NGE							
Efecto directo	P13	0.135	-0.218	0.178	0.226	0.216	0.118
Indirecto							
vía NES	r23 P12	0.011	0.034	-0.106	-0.044	0.085	-0.072
vía PMG	r34 P14	0.024	0.314	-0.042	0.098	-0.021	-0.096
Total	r13	0.170	0.130	0.030	0.320	0.280	-0.040
Y-PMG							
Efecto directo	P14	0.605	0.748	0.195	0.409	0.371	0.704
Indirecto							
vía NES	r24 P12	0.070	0.001	0.012	-0.004	-0.219	0.028
vía PMG	r34 P13	0.005	0.089	0.037	0.065	0.012	0.016
Total	r14	0.680	0.660	0.170	0.470	0.140	0.660
Residual		0.679	0.699	0.919	0.847	0.584	0.718
NGE-NeE							
Efecto directo	P12	0.695	1.057	0.777	1.028	0.593	0.823
Indirecto							
vía NGE	r23 P13	0.035	-0.407	-0.757	-0.438	0.127	-0.003
Total	r12	0.730	0.650	0.020	0.590	0.720	0.820
NGE-NGe							
Efecto directo	P13	0.685	0.867	1.165	0.913	0.703	0.565
Indirecto							
vía NeE	r23 P12	0.035	-0.498	-0.505	-0.493	0.107	-0.005
Total	r13	0.720	0.370	0.660	0.420	0.810	0.560
Residual		-0.002	-0.008	0.464	0.096	0.056	0.086
Número de datos		16	16	16	16	16	72

4.3.2.7.- Rentabilidad económica de cortes, genotipos y fechas de siembra.-

Los precios de mercado considerados en este estudio han sido, al igual que en la campaña anterior, de 25 pts el kg de grano, 5 pts el Kg de forraje verde y 3000 pts el jornal (Tabla 22).

Tabla 22.- Rentabilidad económica 1992.

		Grano (Kg/Ha)	Forraje (Kg/Ha)	Grano (ptas)	Forraje (ptas)	Total (ptas)	media (ptas)	Jornales (ptas)	Total (ptas)	media (ptas)
Trop	C0	9750	-	243800	-	243800		-	243800	
	C31	8560	16469	214000	82345	296345		-9000	287345	
							270072			265572
Tut	C0	10012	-	250300	-	250300		-	250300	
	C31	8780	20066	219500	100330	319830		-9000	310830	
							285065			280565
Truj	C0	9104	-	227600	-	227600		-	227600	
	C31	8632	19248	215800	96240	312040		-9000	303040	
							269820			265320
Adr	C0	7350	-	183750	-	183750		-	183750	
	C31	7322	15999	183050	79995	263045		-9000	254045	
							223398			218898
Las	C0	6683	-	167075	-	167075		-	167075	
	C31	6771	17056	169275	85280	254555		-9000	245555	
							210815			206315
	C0	8535	-	213375	-	213375		-	213375	
	C31	8013	17768	200325	88840	289165		-9000	280165	
FS1	C0	9132	-	228300	-	228300		-	228300	
	C31	8588	19190	214700	95950	310650		-9000	301650	
							269475			264975
FS2	C0	7938	-	198450	-	198450		-	198450	
	C31	7425	16345	185625	81725	267350		-9000	258350	
							232900			228400

-Los genotipos más rentables económicamente fueron Tutor, Trujillo (ambos también lo fueron en la campaña anterior) y Tropical, con diferencias entre ellos que no superaron nunca

las 15.000 pts. Sin embargo presentaron rentabilidades más altas que Adrian y Lasko, oscilando según un rango situado entre 74.000 y 46.000 pts. En las cinco variedades las parcelas cortadas fueron más rentables que las no cortadas, con cantidades situadas entre 75.000 y 43.000 pts.

- Cuando se consideró la media total de cortes, se pudo comprobar que la rentabilidad económica de las parcelas cortadas en el estadio 31 de Zadoks fué superior a la de las no cortadas, con una diferencia que superó las 66.000 pts.

- El rendimiento económico de la primera fecha de siembra (19-Nov) fué de más de 36.000 pts mayor que el de la segunda siembra (13-Dic). En ambas siembras, las parcelas cortadas en el estadio 31 de Zadoks resultaron económicamente más rentables que las no cortadas (73.000 y 60.000 pts en la primera y segunda siembra, respectivamente).

4.4.- Contenido de proteínas del grano.-

En la Tablas 23 y 24 se presentan los resultados de cantidad de proteínas del grano obtenidos por genotipo, tratamiento y fecha de siembra, durante los años 1991 y 1992. Los resultados correspondientes a 1993 no se presentan debido a que se encuentran todavía en fase de determinación analítica. De nuevo, para evitar la influencia del corte, las comparaciones del contenido de proteínas entre genotipos y fechas de siembra se han realizado sólo con las parcelas testigo.

Durante 1991 (Tabla 23), no aparecieron diferencias significativas en la cantidad de proteínas del grano entre los genotipos. Los cortes disminuyeron esta cantidad, apareciendo el corte en el estadio 30 a un nivel intermedio, sin diferencias significativas con el testigo ni con el corte en el 31. Este último tratammiento, por el contrario, sí fué significativamente inferior al testigo. El retraso en la fecha de siembra no modificó significativamente el contenido de proteínas del grano.

Tabla 23.- Contenido de proteínas y de fibra del triticale durante 1991.

	Forraje			Grano
	Proteína bruta %	Proteína digestible %	Fibra ácido detergente %	Proteína bruta %
Genotipo				
Tropical	41.9a	36.6a	16.5b	21.5a
Tutor	40.3b	35.0a	17.3a	21.2a
Trujillo	41.7a	36.6a	16.4b	21.0a
Tratamiento				
Testigo	-	-	-	21.2a
Corte30	39.9b	34.3b	14.4b	20.7ab
Corte31	42.7a	37.8a	19.1a	19.9b
Fecha de siembra				
19/11/1990	40.6b	35.7a	16.6a	20.8a
3/12/1990	42.0a	36.4a	16.8a	21.7a

a-b: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 segun el test de mínimas diferencias significativas.

En el siguiente año (Tabla 24), sí aparecieron diferencias estadísticas entre los genotipos, correspondiendo a Tropical el mayor contenido de proteínas del grano, seguido sin diferencias significativas por Adrian y Trujillo. Estos últimos genotipos superaron a Tutor y Lasko, aunque las diferencias no llegaron a ser significativas. En este año, al igual que en el anterior, la fecha de siembra no modificó significativamente la cantidad de proteínas en el grano.

Tabla 24.- Contenido de proteínas y de fibra del triticale durante 1992.

	Porraje			Grano
	Proteína bruta %	Proteína digestible %	Fibra ácido detergente %	Proteína bruta %
Genotipo				
Tropical	27.3a	21.7b	19.8a	19.1a
Tutor	28.7b	23.0b	20.0a	17.8b
Trujillo	31.6a	25.9a	19.6a	18.1ab
Adrian	32.8a	26.9a	18.6ab	18.3ab
Lasko	31.6a	26.0a	17.2b	17.7b
Tratamiento				
Testigo	-	-	-	18.2a
Corte31	30.4	24.7	19.0	17.0b
Fecha de siembra				
19/11/1990	30.5a	24.8a	19.0a	18.1a
13/12/1990	30.3a	24.6a	19.1a	18.2a

a-b: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 según el test de mínimas diferencias significativas.

4.5.- Calidad del forraje.-

En el ensayo de 1991 (Tabla 23), Tutor presentó los menores valores de proteína bruta, con diferencias significativas respecto a Tropical y Trujillo, entre los que no hubo diferencias significativas. En el contenido de proteína digestible, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tres genotipos. La cantidad de fibra ácido detergente fué mayor significativamente en Tutor, el genotipo de mayor proteína bruta. Entre Tropical y Trujillo no existieron diferencias en el contenido de fibra.

Al retrasar la fecha de corte se observó un aumento tanto del contenido de proteína bruta como digestible, así como de la cantidad de fibra.

La fecha de siembra no provocó modificaciones significativas en estos parámetros, aunque se observó un ligero aumento en la fecha más tardía.

En 1992 (Tabla 24), el contenido de proteína bruta y digestible fué significativamente mayor en Trujillo, Adrian y Lasko, sin diferencias entre ellos, que en Tropical y Tutor. La mayor cantidad de fibra la presentó, al igual que en el año anterior, el forraje de Tutor, aunque sin diferencias significativas con Tropical, Trujillo y Adrian. El genotipo de invierno Lasko, fué el de menor contenido en fibra, aunque sin diferencias significativas con Adrian.

Al igual que en el año anterior, la fecha de siembra no modificó significativamente estos parámetros del forraje.

Con objeto de comparar las características anteriores durante los dos años estudiados, se ha realizado un análisis de la varianza agrupando aquellas fuentes de variación comunes a los dos años; es decir, el tratamiento 31 sobre los genotipos Tropical, Tutor y Trujillo en la primera fecha de siembra. Los

resultados (Tabla 25) indican que la proteína bruta y digestible del forraje, así como la proteína bruta del grano fueron significativamente superiores en 1991 respecto a 1992. Sin embargo, el contenido de fibra ácido detergente no se vió estadísticamente modificado en los dos años.

Tabla 25.- Contenido de proteínas y de fibra del triticale durante 1991 y 1992.

Año	Forraje			Grano
	Proteína bruta %	Proteína digestible %	Fibra ácido detergente %	Proteína bruta %
1991	42.6a	37.7a	19.4a	19.1a
1992	29.0b	23.2b	19.6a	16.9b

a-b: Medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren significativamente a nivel P=0.05 segun el test de mínimas diferencias significativas.

4.6.- Correlaciones de los índices de crecimiento entre sí y con la cosecha grano.-

4.6.1.- Año 1991.- (Tabla 26).

Las variaciones en el rendimiento de grano estuvieron muy influenciadas tanto por la biomasa (CDWa; $r=0.76$; $P<0.01$) y tamaño de la antena fotosintética (LAIa; $r=0.75$; $P<0.01$) en la antesis como por la duración del área verde (LAD; $r=0.86$; $P<0.01$) entre la antesis y la madurez fisiológica.

Respecto a las correlaciones entre los distintos índices de crecimiento, cabe destacar que CDWa fue influenciado en mayor medida por LAIa ($r=0.71$; $P<0.01$) que por $1/LARa$ ($r=0.02$), los cuales estuvieron, a su vez, alta y negativamente correlacionados entre sí ($r=-0.65$; $P<0.01$). Resulta interesante también observar la notable relación existente entre los índices estimativos de la eficiencia fotosintética en antesis y madurez $1/LARa$ y G ($r=0.58$; $P<0.01$).

Tabla 26.- Correlaciones lineales entre la cosecha grano y los índices de crecimiento durante 1991.

	CDWa	LAIa	1/LARa	LAD	G
Y	0.76**	0.75**	-0.26	0.86**	-0.07
G	-0.22	-0.55**	0.58**	-0.53**	
LAD	0.75**	0.92**	-0.51**		
1/LARa	0.02	-0.65**			
LAIa	0.71**				
N=72					

4.6.2.- Año 1992.- (Tabla 27).

La producción de grano, de nuevo, estuvo influenciada de manera importante por CDWa ($r=0.65$; $P<0.01$), LAIa ($r=0.68$; $P<0.01$) y LAD ($r=0.60$; $P<0.01$). A su vez, CDWa dependió en mayor medida de LAIa ($r=0.68$; $P<0.01$) que de 1/LARa ($r=0.17$), correlacionándose estos dos componentes negativamente ($r=-0.54$; $P<0.01$). Destacar también que en este año no hubo apenas relación entre 1/LARa y G ($r=0.18$).

Tabla 2.- Correlaciones lineales entre la cosecha grano y los índices de crecimiento durante 1992.

	CDWa	LAIa	1/LARa	LAD	G
Y	0.65**	0.61**	-0.06	0.60**	-0.12
G	-0.43*	-0.80**	0.18	-0.85**	
LAD	0.66**	0.97**	-0.54**		
1/LARa	0.17	-0.54**			
LAIa	0.68**				
N=80					

4.7.- Pérdidas de cosecha grano, biomasa y área foliar después de los cortes.-

A continuación analizamos estadísticamente las diferencias entre los porcentajes de pérdidas de producción de grano (PY), biomasa (PCDWa) y área verde (PLAIA y PLAD) después de la defoliación en función de las fechas de siembra, genotipos y estadíos en que se realizaron los cortes en 1991; y en función de las fechas de siembra y genotipos en 1992. Asimismo, realizamos correlaciones y regresiones simples entre las pérdidas de cosecha grano y las reducciones en biomasa y área foliar con la retirada de forraje.

4.7.1.- Diferencias entre las pérdidas de cosecha, biomasa y área verde.-

4.7.1.1.- Año 1991.- Tabla 28.

Entre genotipos y estadíos en que se realizaron los cortes, no se detectó variabilidad estadística entre las pérdidas de ninguno de los parámetros considerados.

Las producciones de grano de la segunda siembra (3-Dic) sufrieron con la defoliación pérdidas estadísticamente menores que las de la primera (19-Nov). Esto permite explicar, en parte, que las cosechas de primeros de Diciembre fueran más elevadas que las de mitad de Noviembre.

Las pérdidas de CDWa y LAIa con los cortes no variaron significativamente entre siembras. Sin embargo, la duración del área verde se redujo de forma importante en la primera siembra, por lo que la senescencia de las hojas fue más rápida que en la segunda siembra.

Tabla 28.- Valores de perdidas de cosecha e indices de crecimiento durante 1991.

	PY	PCDwa	PLAIa	PLAD
Tropical	35.4a	19.6a	25.7a	37.0a
Tutor	29.0a	19.5a	23.1a	30.4a
Trujillo	28.7a	21.5a	26.7a	37.6a
C30	24.8a	20.4a	26.4a	35.5a
C31	30.6a	19.9a	23.9a	34.5a
FSI	36.2a	21.2a	26.1a	44.1a
FSII	19.2a	19.2a	24.2a	25.9b

a-b medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren al nivel de P=0.05 según un test de mínimas diferencias significativas.

4.7.1.2.- Año 1992.- Tabla 29.

En esta campaña, no se observaron diferencias estadísticas en las reducciones de cosecha grano, biomasa o área foliar con los cortes entre fechas de siembra. Sí cabe destacar que las pérdidas de cosecha y biomasa fueron notablemente menores que las de 1991.

En cuanto a los genotipos, se detectó cierta variabilidad, pero siempre dentro de los escasos valores de pérdidas de cosecha grano y biomasa características de este año.

Tabla 29.- Valores de perdidas de cosecha e indices de crecimiento durante 1992.

	PY	PCDwa	PLAIIa	PLAD
Tropical	12.9a	5.0c	32.8a	31.5a
Tutor	12.4a	18.0ab	31.6a	38.7a
Trujillo	6.3ab	26.2a	37.9a	42.9a
Adrian	5.2ab	8.9bc	10.6b	16.8c
Lasko	3.5b	10.4bc	30.3a	29.8bc
FSI	7.7a	13.2a	27.7a	32.0a
FSII	8.4a	14.2a	29.5a	31.9a

a-b medias seguidas por la misma letra dentro de cada columna y apartado no difieren al nivel de $P=0.05$ según un test de mínimas diferencias significativas.

4.7.2.- Correlaciones entre las pérdidas de biomasa y área verde con la cosecha grano.-

Los resultados muestran (Figuras 34 a 39) la existencia de cierta dependencia estadística entre las pérdidas de cosecha grano y la reducción en biomasa, área verde y su duración producida por los cortes durante 1991 y 1992. Estos hechos sugieren que la reducción en el área verde es uno de los factores condicionantes de las pérdidas en la producción de grano tras la defoliación, ya que constituye una notable limitación para la asimilación fotosintética durante el llenado del grano. Por tanto, nos permitimos aconsejar que los genotipos de triticale destinados al aprovechamiento mixto forraje-grano, deberían tener una gran capacidad de regeneración del área foliar tras los cortes, dado que este es uno de los factores más importantes de los que depende la producción de grano.

Figura 34 .- Pérdidas de Y en función de las de CDWa durante 1991.

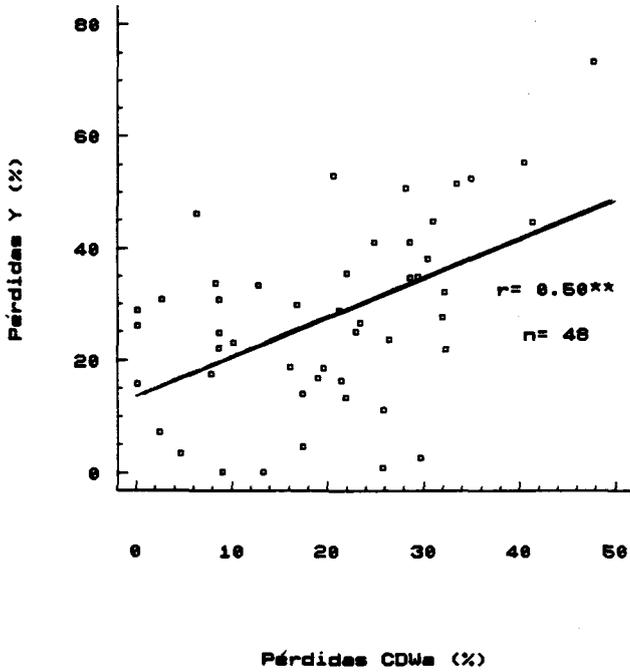


Figura 35 .- Pérdidas de Y en función de las de LAIa durante 1991.

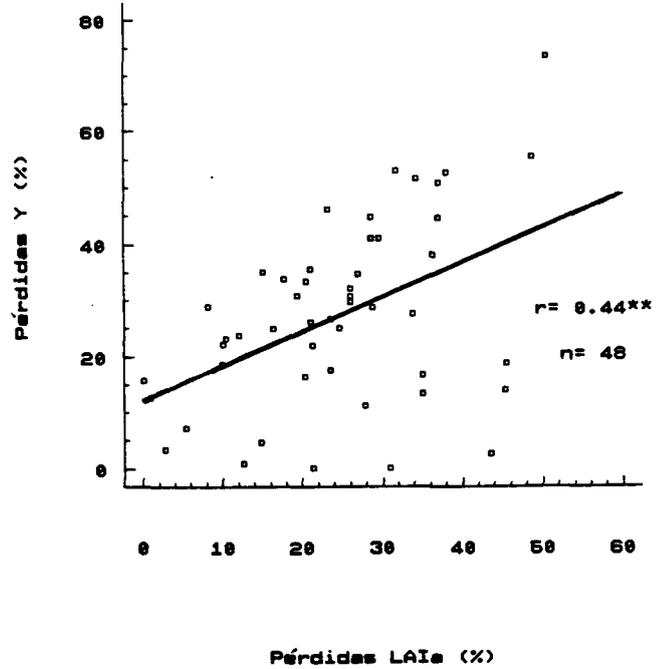


Figura 36 .- Pérdidas de Y en función de las de LAD durante 1991.

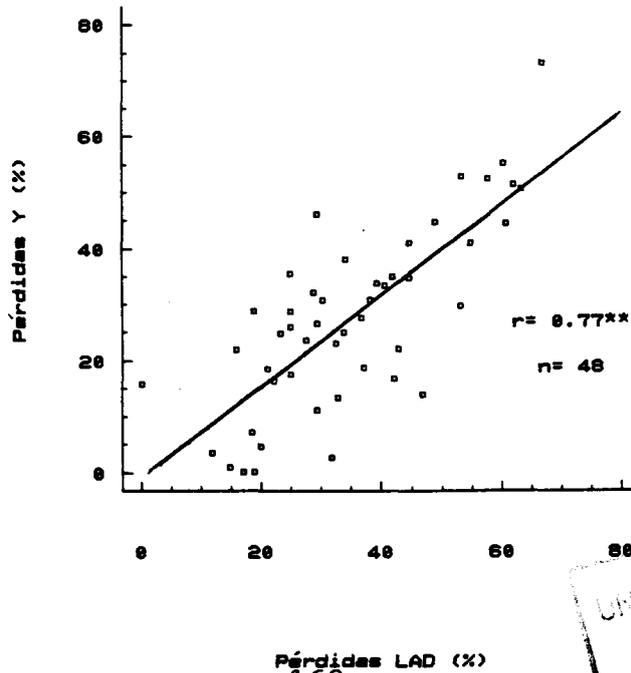
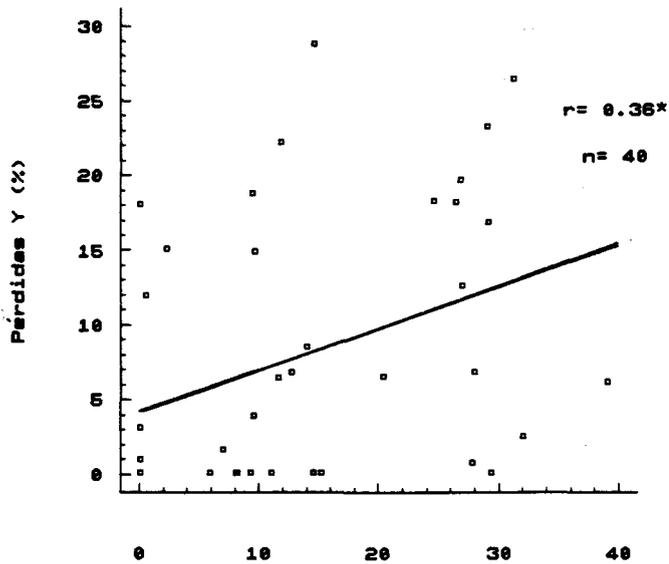
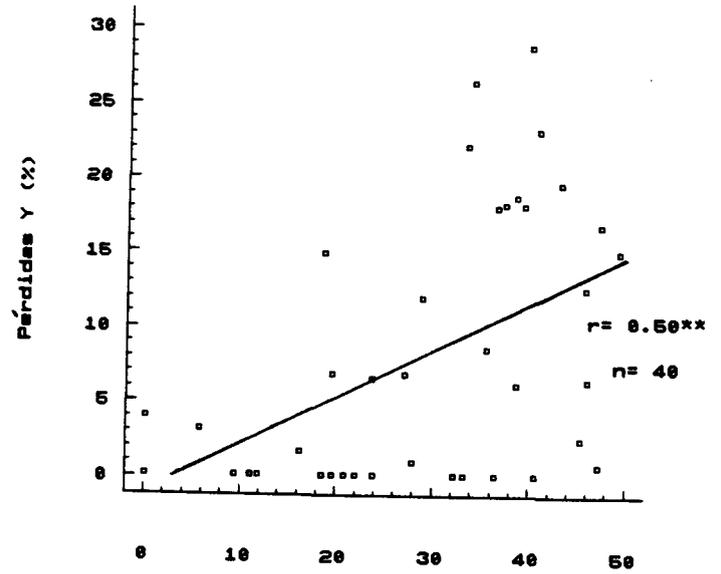


Figura 37 .- Pérdidas de Y en función de las de CDWa durante 1992.



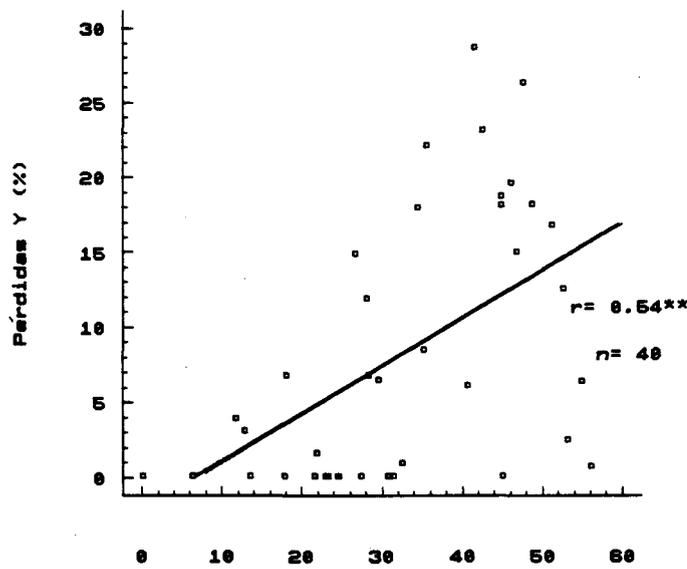
Pérdidas CDWa (%)

Figura 38 .- Pérdidas de Y en función de las de LAIs durante 1992.



Pérdidas LAI (%)

Figura 39 .- Pérdidas de Y en función de las de LAD durante 1992.



Pérdidas LAD (%)

5.- DISCUSION

Como ya ha sido señalado a lo largo de esta Memoria, no abundan en la bibliografía los estudios sobre crecimiento y desarrollo tras la obtención de forraje en cereales, y aún menos en triticale. No obstante, a continuación se discuten nuestros resultados en relación con los estudios que ha sido posible localizar en la literatura consultada.

1.- Descripción del desarrollo apical.-

Mientras que el crecimiento puede ser definido como el incremento en peso seco de las plantas, el desarrollo corresponde a la aparición de nuevas estructuras, con aumento de complejidad morfológica sobre el vegetal (Kirby y Appleyard, 1981; Thorne, 1981).

La identificación de los estadios de desarrollo del ápice en los cereales es importante no sólo para comprender los procesos relacionados con la formación del rendimiento, sino para una correcta planificación de las operaciones agrícolas y la aplicación de herbicidas y fertilizantes. En efecto, los herbicidas o reguladores del crecimiento añadidos en una época inadecuada puede producir anomalías en la espiga y disminución en el rendimiento (Kirby, 1971; Kirby y Appleyard, 1981). Igualmente, el seguimiento sistemático del desarrollo apical permite interpretar sobre bases fisiológicas los efectos de los estrés ambientales sobre el crecimiento y la producción de grano (Gallagher 1979b; Kirby y Appleyard 1991).

La diferenciación de la espiga del triticale sigue el mismo modelo que sus dos progenitores, trigo y centeno, con algunas diferencias. El primer indicio de diferenciación de la espiga es la elongación del ápice, al que sigue la aparición de las dobles arrugas, correspondiendo la cresta superior al primordio de espiguilla. La iniciación de las espiguillas se produce primero en el centro de la espiga y continúa hacia el extremo y la base.

El comienzo del desarrollo de las espiguillas viene marcado por la aparición de las glumas, seguidas por las lemas y flores. Dentro de cada espiguilla, la diferenciación floral comienza en la base y se extiende hacia arriba. Dentro de la flor, la secuencia de diferenciación de sus órganos se produce de afuera hacia adentro. El pistilo y sus partes son las últimas estructuras en diferenciarse (Bonnet, 1983).

En los primeros estadios de desarrollo, el ápice del triticale posee una longitud similar a la del trigo, pero a partir del estadio de inicio de lemas, el ápice del triticale es más largo, de tal manera que al final del crecimiento su espiga es más larga que la del trigo o centeno (Royo, 1992).

Tanto en el triticale como en sus parentales, el máximo número de primordios viene marcado por la aparición de la espiguilla terminal. El triticale produce más primordios que el trigo (Ewert y Honermeier, 1992), pero menos que el centeno (Bonnet, 1983). La longitud de la espiga y el máximo número de primordios dependen en primer lugar del genotipo, pero también de los factores ambientales.

Espiguillas rudimentarias estériles en la base y el extremo de la espiga son típicas en el trigo y en el centeno (Bonnett, 1983), así como en el triticale. Su número varía con el genotipo y con las condiciones de crecimiento durante la diferenciación y desarrollo de la inflorescencia.

El triticale, como el trigo y el centeno, inicia espiguillas multiflorales. En los estadios más tempranos del desarrollo de las espiguillas, no hay ningún indicio de aborto de flores, pero en estadios más avanzados, un número variable de las flores situadas por encima de las basales comienzan a degenerar y abortan. A medida que se intensifican las condiciones adversas para el crecimiento y la competencia por los asimilados disponibles, algunas flores comienzan a abortar. El orden de aborto floral es inverso al de iniciación y, así, mueren en

último lugar las flores que se iniciaron primero. El porcentaje de aborto de flores en el triticale es mayor que el del trigo y menor al del centeno. Así, mientras en el trigo muchas de las flores pueden dar granos, en el centeno sólo las dos flores basales producen granos (Bonnett, 1983) y en el triticale raramente se observan más de tres granos por espiguilla (Martínez-Ochoa *et al.*, 1989; Varughese *et al.*, 1987; Insa, 1992; García del Moral *et al.*, 1994b). En los cereales, los principales factores que influyen sobre la velocidad de desarrollo son la temperatura, el fotoperíodo y el genotipo (Kirby y Appleyard, 1981; Baker y Gallagher, 1983b; Roberts *et al.*, 1988). Otros factores tales como densidad de población, nutrientes, humedad o enfermedades; que afectan grandemente a la acumulación de materia seca y al rendimiento, ejercen, sin embargo, poco efecto sobre el desarrollo (Kirby y Appleyard, 1981).

2.- Desarrollo del ápice.-

Entre los genotipos, la mayor duración del período vegetativo correspondió siempre a la variedad de invierno Lasko, que tardó entre 10 y 12 días más en iniciar la doble arruga que Tropical, el genotipo más precoz en la mayoría de los ensayos.

En los cereales, la precocidad depende de tres factores: 1º) presencia de fase juvenil o crecimiento vegetativo mínimo, establecido por el número de hojas necesario para que se inicie la diferenciación de la espiga; 2º) requerimiento de vernalización, es decir, del hábito de invierno o de primavera; y 3º) respuesta al fotoperíodo o sensibilidad a los días cortos (Evans y Wardlaw, 1976; Takahashi y Yasuda, 1970). Otros autores (Baker y Gallagher, 1983; Manupeerapan y Peerson, 1993) indican que, en trigo, el inicio de la doble arruga sucede cuando el meristemo apical alcanza un volumen crítico, de forma independiente del genotipo o de la fecha de siembra. En este sentido, George (1982) señala que en trigo, el primer indicio claro de la formación de dobles arrugas fue un tamaño del ápice

superior a 0.6 mm.

En nuestros ensayos, con excepción de Lasko, la doble arruga se inició, para la primera fecha de siembra, bajo un fotoperíodo de entre 10.1 y 10.7 horas (sin incluir el crepúsculo civil, que en nuestra latitud oscila entre 26 y 31 minutos, dependiendo del mes que se considere- Roldán Fernández, 1988). En la segunda fecha de siembra, el fotoperíodo osciló entre 10.6 y 11.2 horas. Para el genotipo Lasko, los valores de fotoperíodo necesarios para iniciar la doble arruga oscilaron entre 10.6 y 10.8 horas para la primera siembra, y entre 11.0 y 11.7 horas para la segunda.

La aparición de la espiguilla terminal, sin embargo, ocurrió bajo un fotoperíodo más estable. En efecto, para la primera siembra sucedió bajo un fotoperíodo de entre 11.9 y 12.1 horas. Para la segunda siembra la amplitud fue algo mayor, entre 11.9 y 12.5 horas. En Lasko, la espiguilla terminal apareció bajo un fotoperíodo de 12.5 a 12.7 horas en la primera siembra y de 12.7 a 12.8 horas en la segunda.

Con respecto a la temperatura media, la doble arruga se inició para la primera siembra entre los 3.9 y 7.4 °C, dependiendo del año. En la segunda siembra osciló entre 4.5 y 9.6 °C. Para el genotipo Lasko, la doble arruga se inició entre 7.7 y 7.8 °C en la primera siembra y entre 5.7 y 9.5 °C para la segunda. La espiguilla terminal coincidió con temperaturas medias de 9.5 y 14.0 °C en la primera fecha de siembra. En la segunda, estas temperaturas oscilaron entre 9.0 y 16.8 °C. El genotipo Lasko presentó la espiguilla terminal entre 7.3 y 12.0 °C en la primera siembra y entre 12.0 y 15.2 °C en la segunda, dependiendo del año considerado.

Temperatura y fotoperíodo son los factores ambientales más importantes que controlan el desarrollo de los cereales (Evans y Wardlaw, 1976; Baker y Gallagher, 1983a y b; Perry *et al.*, 1987; Porter *et al.*, 1987; Roberts *et al.*, 1988). En nuestros

ensayos, la temperatura media considerada aisladamente explicó el 73% de la variación observada en la duración de la iniciación de primordios. Por su parte, el fotoperíodo explicó el 72% de dicha variación. Estos resultados coinciden con lo señalado por Porter et al. (1987) para el trigo de invierno Avalon sembrado en diez lugares de Inglaterra y Escocia. En efecto, estos investigadores encontraron que la temperatura media explicó el 76% de la variación en el período desde la doble arruga a la espiguilla terminal, mientras que el fotoperíodo explicó el 82% de dicha variación.

En nuestros ensayos, cuando en la ecuación de regresión se introdujeron simultáneamente la temperatura y el fotoperíodo, la cantidad de variación explicada por la correlación múltiple ascendió al 80% para los 4 genotipos, sin incluir a Lasko. En este último genotipo, la correlación múltiple explicó el 99.6% de la variación en la duración de la iniciación de los primordios, aunque el número de datos fue muy inferior con respecto a la agrupación del resto de genotipos.

Además, de las ecuaciones de regresión múltiple se puede deducir un comportamiento diferente de Lasko en su sensibilidad al fotoperíodo y a la temperatura. Así, el coeficiente de regresión para el fotoperíodo (o coeficiente genotípico de sensibilidad al fotoperíodo, Roberts et al. 1988), fué notablemente inferior en Lasko que en el resto de genotipos. Sin embargo, el coeficiente para la temperatura fué ligeramente superior en este genotipo con respecto a los demás. Ello indica que, una vez iniciada la doble arruga, la duración del período de iniciación de primordios en el genotipo Lasko parece acortarse más por el aumento de temperatura que por el de fotoperíodo, mientras que en las variedades de primavera ocurre lo contrario. Posiblemente esto se deba a una mayor sensibilidad a la temperatura en las variedades de invierno que en las de primavera, debido a que aquellas necesitan completar su desarrollo bajo condiciones de menor temperatura, lo que requiere un mayor nivel de respuesta a este factor. Resultados similares

han sido encontrados en un estudio realizado en la misma zona con variedades de cebada de invierno y de primavera (García del Moral, 1992b). Cuando ambos tipos de variedades se sembraron en una fecha muy tardía, el crecimiento del ápice bajo la misma temperatura fue superior en las de invierno que en las de primavera, indicando una mayor sensibilidad a la temperatura en las primeras.

La repercusión más importante de los tratamientos de corte fue alargar el período de diferenciación floral, entre 1 y 10 días para el corte en el estadio 30 y entre 6 y 14 días para el corte en el estadio 31, dependiendo del año y de la fecha de siembra. Este retraso se produjo porque, tras la defoliación, la planta necesita recuperar el área fotosintética perdida, por lo que los asimilados se dirigen fundamentalmente al crecimiento de los órganos vegetativos en competencia con los reproductivos (Milthorpe y Davidson, 1966; Youngner, 1972; Dunphy *et al.*, 1984). Esta situación puede agravarse si las condiciones ambientales son desfavorables tras la defoliación. Por el contrario, los tratamientos acortaron el período posterior hasta la antesis, en aproximadamente 4 días para el tratamiento 30 y en un rango de entre 2 y 9 días para el 31, en función del año y de la fecha de siembra.

De esta forma, la duración del crecimiento de las flores tendió a estar relacionada negativamente con la duración de la diferenciación floral, tanto en los genotipos como en los tratamientos de corte y fechas de siembra. Esto probablemente fue debido a que el retraso en la aparición de la espiguilla terminal condicionó que el crecimiento floral ocurriese bajo mayor temperatura y fotoperíodo. El aumento de estos factores tendió a acortar la duración del desarrollo, al acelerar la velocidad de crecimiento apical, efecto observado tanto en trigo (Baker y Gallagher, 1983b; Perry *et al.*, 1987; Porter *et al.*, 1987; McMaster *et al.*, 1992) como en cebada (Kirby, 1977; Ellis y Kirby, 1980; Russel *et al.*, 1982; Wright y Hughes, 1987). Ello se confirmó, en nuestros ensayos, por la elevada correlación

inversa encontrada entre la temperatura o fotoperíodo y la duración del período de iniciación de primordios; y directa entre estos factores y la tasa de iniciación de primordios.

El clima luminoso y térmico bajo el que las plantas se van a desarrollar viene condicionado por la fecha en la que se siembren. Así, en general, el retraso de la fecha de siembra provoca un aumento en la velocidad del desarrollo apical en los cereales, acortando su duración (Kirby y Appleyard, 1981; Kirby et al., 1985; Manuperapaan y Pearson, 1993).

En nuestros ensayos, el retraso en la fecha de siembra provocó el acortamiento de todos los estadios de desarrollo del ápice hasta la antesis, con excepción del año 1993, en que las diferencias entre fechas de siembra no fueron significativas para el período vegetativo ni de crecimiento floral. Este hecho posiblemente fue debido a que en este año las temperaturas durante el mes de enero fueron especialmente bajas, lo que condicionó una mayor duración de esos períodos.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Porter et al. (1987), quienes encontraron que la velocidad de cada estadio del desarrollo apical del trigo Avalon en Gran Bretaña se relacionó linealmente con la temperatura y el fotoperíodo condicionados por cada fecha de siembra. En la misma zona de nuestro estudio, García del Moral (1992b) encontró que el retraso de la fecha de siembra provocó un acortamiento significativo en la duración de todas las fases del desarrollo apical en variedades de cebada de invierno y de primavera.

3.- Producción de primordios.-

La evolución del número de primordios en los genotipos Tropical, Tutor y Trujillo fue muy semejante en todos los años y siembras. Así, hasta la espiguilla terminal, Tropical presentó los valores máximos de producción de primordios, seguido de Tutor

y Trujillo. Adrian y Lasko presentaron un comportamiento algo diferente, alcanzando la espiguilla terminal más tarde, y presentando los mayores valores de número de primordios hasta la madurez. Al relacionar el máximo número de primordios con la duración del período de su iniciación, pareció existir una relación curvilínea dentro de cada genotipo; indicando que posiblemente exista una duración óptima de este período para la producción de primordios, por encima o por debajo de la cual se reduce el número máximo de éstos producidos por el ápice.

En general, el retraso en la fecha de siembra tendió a reducir el número de primordios, aunque su efecto fue inferior al del genotipo y tratamiento de corte. Ello se debió probablemente a que el retraso en la fecha de siembra tendió a acortar el período de producción de primordios, pero incrementó su tasa de iniciación por el meristemo apical al crecer éste bajo mayor temperatura y fotoperíodo, compensándose así ambos efectos. El corte en el estadio 30 no modificó el máximo número de primordios en relación a los testigos en la primera siembra de 1991, debido a que tampoco afectó significativamente ni a la duración ni a la tasa de producción de primordios. Ello probablemente se debió a la aplicación de un riego inmediatamente tras el corte, lo que favoreció la recuperación de las plantas. En la segunda siembra este tratamiento redujo estadísticamente el número de primordios en la espiguilla terminal, porque el tratamiento alargó en aproximadamente 10 días el período de diferenciación floral, sobrepasándose así la duración óptima para la iniciación de primordios. El corte en el estadio 31 redujo el número máximo de primordios, aunque en algunos casos las diferencias no llegaron a ser significativas. Este efecto también pudo deberse a que el tratamiento prolongó la diferenciación floral, reduciendo así la tasa de iniciación de primordios, debido a la relación inversa encontrada entre estos dos parámetros.

La tasa de iniciación de primordios ha sido bastante estable entre genotipos, oscilando desde los valores de 0.491

primordios/día para Tropical a 0.639 primordios/día para Adrian. En la bibliografía se encuentran valores para el trigo muy variables, desde 0.108 a 0.319 primordios/día en Kirby et al. (1987) o desde 0.820 a 1.19 primordios/día en Peterman et al. (1985), dependiendo del genotipo y condiciones del desarrollo. Se ha señalado que la tasa y la duración de la iniciación de primordios de espiguilla en el trigo parecen ser características independientes, bajo un fuerte control genético (Rahman y Wilson, 1977). No obstante, se encuentran buenas correlaciones entre la velocidad de formación de primordios y la temperatura o el fotoperíodo en trigo (Frank y Bauer, 1982; Baker y Gallagher, 1983b; Kirby et al., 1987), cebada (Russell et al., 1982; Wright y Hughes, 1987; García del Moral, 1992) y triticale (este estudio).

El aumento de rendimiento en trigo parece haber sido acompañado por una disminución en la duración del período de iniciación de espiguillas y de un aumento en su tasa de iniciación (Kirby et al., 1989). Aunque duración y tasa de iniciación de primordios suelen encontrarse negativamente relacionados (Rahman y Wilson, 1977; Whingwhiri y Kemp, 1980; Kirby y Appleyard, 1986; y nuestros resultados), se ha sugerido por Peterman et al. (1985) la posibilidad de selección de genotipos para aumentar simultáneamente la duración y la tasa de iniciación de primordios de espiguilla, como método de incrementar el rendimiento potencial del trigo. En nuestro estudio, sin embargo, las correlaciones entre máximo número de primordios y duración o tasa de iniciación de primordios no fueron significativas, indicando que el número potencial de espiguillas parece depender fuertemente del genotipo, siempre que se superen unos requisitos mínimos de estos dos factores. Esta hipótesis parece confirmarse también, en nuestro estudio, por la ausencia de significación en las correlaciones entre el máximo número de primordios y la temperatura o fotoperíodo, durante la fase de iniciación de primordios.

Las pérdidas totales de primordios de espiguilla desde el estadio de espiguilla terminal hasta la recolección oscilaron desde el 6.3% en el genotipo Adrian hasta 16.2% en Tropical. Dentro de cada genotipo, estas pérdidas fueron muy similares para los dos períodos anterior y posterior a la antesis. La segunda fecha de siembra, en conjunto, presentó pérdidas de primordios significativamente menores que la primera, posiblemente debido a que también produjo un número máximo de primordios inferior a la primera. Entre años también aparecieron diferencias en la pérdida total de primordios, siendo superior en el año 1991 que en los otros dos. El corte en el estadio 30 produjo mayores pérdidas que cuando se aplicó en el estadio 31, posiblemente porque el tratamiento en el estadio más temprano redujo en menor medida la producción de primordios.

El triticale produce más primordios de espiguilla que el trigo (Ewert y Honermeier, 1992), pero notablemente menos que la cebada (García del Moral et al., 1991). Sin embargo, las pérdidas de primordios son mucho menores que en este último cereal (Cottrell et al., 1985; García del Moral et al., 1991). En trigo la principal causa de reducción en el número potencial de granos producidos es el aborto de las flores dentro de cada espiguilla, que puede representar alrededor del 70% de las flores de una espiga (Whingwiri y Stern, 1982; Yu et al., 1988). En la cebada existe sólo una flor por espiguilla, cifrándose los valores de aborto de espiguillas en alrededor del 35% (Cottrell et al. 1985; García del Moral et al. 1991c). En triticale no ha sido posible localizar en la bibliografía consultada valores de porcentaje de aborto floral, pero de nuestros datos se deduce que se situó alrededor del 70%, considerando los datos medios de máximo número de espiguillas, de granos por espiguilla y de pérdida total de primordios; y suponiendo un valor medio de 6 flores iniciadas por espiguilla. De esta forma, mientras que la cebada invierte más recursos en la producción de espiguillas de las que luego abortará un alto porcentaje, el trigo o triticale producen un número más reducido y muy estable de espiguillas, ajustando posteriormente el número de granos por modificación del

porcentaje de flores viables.

Como causa fundamental del aborto floral en los cereales se ha señalado el suministro de asimilados a las espiguillas en desarrollo, en un momento en el que existe una fuerte demanda por otras partes en crecimiento. En efecto, aquellos genotipos de trigo que, antes de la antesis, invierten proporcionalmente más asimilados en la espiga del tallo principal que en el resto de la planta, presentan menores porcentajes de aborto floral (Evans *et al.*, 1975; Bingham, 1978; Siddique *et al.*, 1989). Asimismo, aquellos tratamientos que favorecen una mayor asimilación durante el desarrollo de las flores, normalmente incrementan el número de granos por espiga, tanto en trigo (Fischer y Lambers, 1978; Stockman *et al.*, 1983), como cebada (Willey y Holliday, 1971) o arroz (Yoshida, 1973). Finalmente, la disminución experimental de la competición por los asimilados, por ejemplo retirando ahijamientos en la planta de cebada, conduce a una disminución del aborto floral (Kirby y Jones, 1977).

4.- Crecimiento en longitud del ápice.-

El crecimiento del meristemo apical fue bastante variable entre genotipos y presentó diferencias en cada una de las fases del desarrollo. Así, mientras Tropical obtuvo los valores más altos de longitud del ápice hasta la espiguilla terminal, a partir de este momento fue superado por el resto de genotipos, entre los que Lasko, Tutor y Adrian presentaron las espigas de mayor longitud. Al estudiar la velocidad de crecimiento relativo del ápice, se observó que la longitud final de la espiga depende de la velocidad de crecimiento apical a partir del estadio de espiguilla terminal.

La velocidad de crecimiento del ápice presentó una fuerte relación lineal (y de aproximadamente la misma magnitud) con la temperatura media y el fotoperíodo medio; tanto para el período de iniciación de primordios (desde la doble arruga hasta la

espiguilla terminal) como para el de crecimiento floral (desde la espiguilla terminal a la antesis). No obstante, al contrario de lo ocurrido con la duración de la iniciación de primordios, al realizar una regresión múltiple por etapas, el programa sólo seleccionó la temperatura media como variable relevante.

La velocidad de crecimiento apical varió entre siembras, aunque sin un efecto claro, ya que los valores tendieron a compensarse entre los distintos períodos estudiados. El efecto inmediato de los tratamientos fue una disminución de la velocidad de crecimiento apical, aunque posteriormente tendió a recuperarse, alcanzando valores similares a los testigos; con excepción del genotipo Lasko, en el que su desarrollo más tardío no permitió esta recuperación en la mayoría de los casos.

Los valores de crecimiento relativo del ápice obtenidos fueron semejantes a los indicados en la bibliografía para estadios similares del desarrollo en el trigo (Brooking y Kirby, 1981; George, 1982; Ledent y Stoy, 1983). En nuestro estudio aparecieron diferencias entre genotipos, en concordancia con lo señalado por Ledent y Stoy (1983), aunque otros autores han indicado que en un ambiente determinado el crecimiento apical del trigo tiende a ser muy estable entre genotipos (Brooking y Kirby, 1981). En un estudio realizado en la zona (García del Moral 1992b), encontró también diferencias significativas en el crecimiento apical de 9 genotipos de cebada de invierno y de primavera.

El tamaño del meristemo apical ha sido señalado (Tottman, 1977) como un método relativamente fácil de identificar el desarrollo en los cereales, bien para la aplicación de herbicidas o de otros tratamientos agrícolas. Igualmente se han encontrado correlaciones significativas entre la velocidad de crecimiento apical y algunos componentes del rendimiento en trigo (Lupton *et al.*, 1974; Ledent y Pochet, 1978; Ledent y Stoy, 1983).

5.- Producción de forraje y de grano.-

Es conocido que, en condiciones climatológicas secas y calurosas, la cosecha grano de los cereales varía fundamentalmente en función del número de espigas por unidad de superficie, cuando se estudian efectos de tratamientos con fertilizantes, cortes o fechas de siembra (García del Moral et al., 1982 y 1984; Hadjichristodoulou, 1985; Marinetto, 1992; Ramos et al., 1993). Sin embargo, los factores genéticos influyen de manera más importante sobre el número de granos por espiga y peso medio de los granos Cottrel et al., 1985; García del Moral et al., 1991c).

Durante 1991, la variedad Tutor fue la que más forraje seco obtuvo, con diferencias importantes respecto a Tropical (82%) y Trujillo (23%). En 1992, sin embargo, la producción de forraje fue muy similar entre los cinco genotipos, aunque de nuevo Tutor y Trujillo presentaron los valores más elevados. Las variedades más productivas en grano en el primer año fueron Trujillo y Tropical, aunque sin diferencias significativas respecto de Tutor. En general, el comportamiento de este último genotipo fue diferente de Tropical y Trujillo, ya que su producción de grano varió principalmente en función del número de granos por espiga, mientras que Tropical y Trujillo tuvieron cosechas que fueron función principal del peso medio por grano. En 1992 sí aparecieron diferencias estadísticas entre los genotipos, presentando Tropical, Tutor y Trujillo rendimientos notablemente superiores a Adrian y Lasko. En este año, las producciones de grano de Tropical, Tutor y Trujillo variaron principalmente en función del peso medio por grano, mientras que Lasko y Adrian lo hicieron en función del número de espigas.

Las parcelas cortadas en el estadio 31 de Zadoks produjeron más forraje que las cortadas en el estadio 30 (14% de diferencia). Las parcelas no cortadas presentaron siempre mejores cosechas de grano que las cortadas una vez. Así, el corte en el estadio 30 redujo las cosechas grano y planta en el 24% y 23%,

respectivamente. El corte en el estadio 31 provocó reducciones en el rendimiento de grano por unidad de superficie y por planta del 30 y 22% en el primer año, y del 7 y 15% en el segundo. A su vez los cortes en el estadio 30 provocaron mayores disminuciones en el rendimiento de grano que los realizados en el estadio 31, aunque sin grandes diferencias entre los dos tratamientos.

En 1991 los cortes, tanto en el estadio 30 como 31 de Zadoks, redujeron la producción de grano porque disminuyeron estadísticamente dos componentes de la cosecha, el número de espigas por m² y el número de granos por espiga. Sin embargo, en 1992, la escasa diferencia (7%) en la cosecha grano a favor de las parcelas no cortadas, fué debida a pequeñas disminuciones en el número de granos por espiguilla y peso medio por grano.

La producción de biomasa total (forraje más grano) en el año 1991, fué similar en los tres genotipos estudiados, aunque Tutor y Trujillo superaron a Tropical en el 10%. La biomasa total de las parcelas cortadas en el estadio 31 fue mayor que las no cortadas o cortadas en el estadio 30, con aumentos del 12 y 20%, respectivamente. En 1992, la biomasa total de Tropical, Tutor y Trujillo fue muy parecida entre sí, pero superior entre el 18 y 36 % a las de Adrian y Lasko. La biomasa total de las parcelas cortadas en el estadio 31 fue entre el 27 y 35 % mayor que las no cortadas.

En la bibliografía se encuentran numerosos resultados, a veces contradictorios, sobre la repercusión de la retirada de forraje en la producción posterior de grano en los cereales. Así, Holliday (1956 a y b), recogiendo los resultados de diversos estudios, encuentra que de 35 ensayos estudiados, en 24 la cosecha grano se vió reducida por la retirada de forraje, en 5 aumentó y en 6 el aprovechamiento de forraje no modificó significativamente la producción de grano.

El aumento de rendimiento tras el aprovechamiento forrajero se obtiene en condiciones de elevada fertilidad, cuando los

cortes reducen la altura final de la caña y limitan significativamente el encamado de las plantas (Day et al., 1968; Droushiotis, 1984; Poysa, 1984). No obstante, Martínez-Ochoa et al. (1989), trabajando con triticale en las mismas condiciones de nuestro estudio, no encontraron aumentos de rendimiento tras uno o dos cortes, a pesar de existir disminuciones significativas en el encamado respecto a los testigos. Bishnoi y Sapra (1980), tampoco encontraron una relación consistente entre el rendimiento de grano y la reducción de la tasa natural de encamado en triticale.

Lo más frecuente, sin embargo, es encontrar disminuciones del rendimiento de grano tras la siega (Holliday 1956 a y b; Poysa, 1975; Bishnoi y Hughes 1979; Martínez-Ochoa et al., 1989; Ramos et al., 1993), especialmente si ésta se aplica en estadios avanzados del desarrollo (Dunphy et al., 1984) o se realiza más de un aprovechamiento forrajero (García del Moral 1992; Ramos et al., 1993).

La retirada de forraje puede limitar la producción posterior de grano por disminución de uno o varios de los componentes del rendimiento. Así, diversos autores (Dunphy et al., 1982; Delgado et al., 1984; Brignall et al., 1988; Sharrow, 1990, McLeod, 1990; García del Moral, 1992; Marinetto, 1992; Yañez, 1993) encontraron que el principal factor causante de la reducción en la producción de grano fue la disminución del número de espigas por m² en la madurez. Esta reducción en el número de espigas puede deberse tanto a una menor supervivencia de la plantas tras el corte (Dunphy et al., 1982) como a un menor número de ahijamientos fértiles por planta (Brignall et al., 1988; McLeod, 1990; García del Moral, 1992). No obstante, Martínez-Ochoa et al. (1989) e Insa (1992), señalan que un aprovechamiento forrajero a principios del encañado en triticale no afectó al número final de espigas, aunque éste se redujo si el corte se aplicó en el estadio 31 de Zadoks o si se dieron dos cortes sucesivos.

El número de espiguillas por espiga no suele alterarse si la defoliación se realiza tras el estadio de espiguilla terminal, ya que en este momento suele haberse alcanzado el número potencial de espiguillas por espiga (Kirby y Appleyard, 1986; Martínez-Ochoa et al., 1989), ello siempre que no se eliminen los puntos de crecimiento. No obstante, Royo et al. (1992), han encontrado que incluso la eliminación de meristemos terminales puede no afectar al rendimiento de grano, si las condiciones ambientales son favorables para la recuperación del cultivo tras la siega.

El peso de mil granos parece ser el componente que menos se altera por la defoliación, sobre todo si se realiza tempranamente (Martínez-Ochoa et al., 1989), pero disminuye si se lleva a cabo en fases avanzadas del desarrollo (Fischer y Hille-Ris-Lambers, 1978; Dunphy et al., 1982; Simmons et al., 1982; Miller et al., 1993). En los ahijamientos el tamaño de los granos se ve muy disminuído por la retirada de forraje, debido probablemente a que el retraso provocado en sus desarrollo tras el corte, les obliga a crecer bajo condiciones ambientales más desfavorables incrementando su asurado (García del Moral, 1992). En un reciente estudio con trigo y triticale, Miller et al., (1993) encontraron que la producción de grano se vió reducida por disminución en los tres componentes del rendimiento.

En el año 1991, las siembras de los primeros días de diciembre (3-Dic-1990) presentaron mayores producciones de grano (40%) que de las de la última decena de Noviembre (19-Nov-1990). La producción de forraje seco de mitad de Noviembre fue mayor (21%) que la de los primeros días de Diciembre (al contrario que la producción de grano). La producción de biomasa total (forraje y grano) fué el 26% mayor en la siembra del 3-Dic que en la del 19-Nov. Los componentes de la cosecha que más afectaron a la producción entre fechas de siembra fueron el número de espigas (tanto por m² como por planta) y el número de granos por espiga (este como función del número de granos por espiguilla).

En el año 1992, las siembras de mitad de Noviembre (19-Nov-1991) presentaron mayor rendimiento que las de mitad de Diciembre (13-Dic-1991). En relación al año anterior, se demuestra que cuando la fecha de siembra se retrasa unos 10 días en el mes de Diciembre, se producen pérdidas apreciables en la cosecha grano respecto a las siembras de Noviembre, principalmente a causa de reducciones en el número de espigas. La producción de forraje seco en la siembra de Noviembre fué el 20% superior a la de la mitad de Diciembre. La biomasa total utilizable de las siembras de Noviembre fué mayor en el 17% que la de la mitad de Diciembre. En este año, el número de espigas por m² fue prácticamente el mismo en las dos épocas de siembra, por lo que los componentes del rendimiento que influyeron de forma más importante en las variaciones de producción de grano fueron el número de granos por espiga y el peso medio por grano.

De estos resultados se puede deducir que, para ambientes de regadío en nuestra zona, la fecha más adecuada para la siembra del triticale para aprovechamiento de forraje y grano, se sitúa entre la tercera decena de Noviembre y la primera semana de Diciembre. Las siembras después de esta fecha se traducen en reducciones muy apreciables de biomasa cosechable. Estos resultados son coincidentes con otros estudios realizados en la zona (Marinetto, 1992; Ramos *et al.*, 1993), y en otros ambientes semiáridos del área mediterránea. Así, la mejor época de siembra para la obtención de forraje y grano en Sudán (Gorashi, 1988) y Pakistán (Khan y Saalem, 1985) se situó a finales de Noviembre. Las siembras fuera de esta época reducían el rendimiento por disminución del número de granos por espiga y el peso medio del grano. En condiciones de regadío, Delgado *et al.*, (1984) en Aragón, Farnworth y Williams (1977) en Arabia Saudita y Droushiotis y Willman (1987) en Chipre, también encontraron que las mejores épocas de siembra para la obtención de forraje y grano en diversos cereales, incluyendo triticale, trigo, centeno, avena y cebada, coincidían con las de finales de Noviembre e inicios de Diciembre. Epocas de siembra diferentes reducían la cosecha de grano al disminuir el número de espigas y el peso

medio por grano.

6.- Análisis del crecimiento.-

Está bien establecido que los genotipos de cereales cultivados para doble uso forraje-grano, han de tener una notable capacidad de producción de biomasa una vez realizada la defoliación (Davies, 1974; Carver *et al.*, 1991; García del Moral *et al.*, 1992a; Marinetto, 1992). En el presente estudio, durante las dos campañas, las variedades Tropical, Tutor y Trujillo alcanzaron los mayores valores de biomasa del cultivo en antesis, con aumentos comprendidos entre el 5 y 20% con relación a Adrian y entre el 53 y 93% respecto a Lasko. Respecto al tamaño y duración del área verde, Tutor y Trujillo fueron los genotipos que obtuvieron los mayores valores de índice de área foliar en antesis y duración del área verde desde antesis a madurez, con aumentos cercanos al 90% respecto a Lasko y comprendidos entre el 18 y 30% en relación al resto de genotipos.

Durante las dos campañas ensayadas, el principal componente del área foliar responsable de las diferencias entre genotipos fue la superficie foliar por hoja y, en bastante menor medida, el número de hojas por planta. El número de plantas por m² influyó de manera importante sobre Lasko, ya que este genotipo obtuvo valores muy elevados de superficie foliar por planta, pero al poseer una media de 100 plantas/m² menos que el resto de las variedades, tanto su índice de área foliar como su duración desde antesis a madurez presentaron valores muy por debajo de los demás. De este estudio se puede deducir que Lasko, variedad que tiene mucho interés para forraje y grano en centroeuropa, en ambiente mediterráneo constituyó una decepción en cuanto al aprovechamiento mixto.

Los tratamientos de corte provocaron reducciones muy importantes en la biomasa y área foliar. Sin embargo, no hubo diferencias entre las épocas de corte (estadios 30 y 31 de la

escala de Zadoks). En las dos campañas, los cortes causaron disminuciones situadas entre el 15 y 2% en la biomasa en antesis; entre el 23 y 28% en el índice de área foliar en antesis y entre el 32 y 35% en la duración del área verde desde antesis a madurez. Los índices estimativos de la eficiencia fotosintética (inversa de la proporción del área foliar en antesis y eficiencia asimiladora durante la maduración), variaron en forma muy escasa con los tratamientos de corte. Estos resultados son muy similares a los obtenidos en trigo por Dunphy *et al.*, (1984) y en triticale por García del Moral (1992a), Insa (1992) y Marinetto (1992). El efecto de los cortes sobre los componentes del área foliar fue diferente al de los genotipos, de manera que la defoliación hizo disminuir el número de plantas por m² sólo entre el 4 y 8%, pero entre el 20 y el 24% a la superficie foliar por planta, reducciones que dependieron en mayor medida del número de hojas que del tamaño de las mismas.

Las siembras de los primeros días de Diciembre (3-Dic-1990) dieron lugar a un 18% de aumento en la biomasa del cultivo en antesis respecto a las siembras de mitad de Noviembre (19-Nov-1990). Estos incrementos fueron debidos fundamentalmente al mayor índice del área foliar en antesis de la siembra de Diciembre. Sin embargo, cuando la siembra se retrasó hasta mitad de Diciembre (13-Dic-1991), el tamaño y duración del área foliar fueron entre el 18 y 24% menores que la de mitad de Noviembre (19-No-1991). Las diferencias en la superficie verde entre siembras fueron debidas más a variaciones en el área foliar por planta que en el número de plantas por m². A su vez, las diferencias en la superficie foliar dependieron en mayor medida del número de hojas por planta en antesis (20-25%) que del tamaño de esas hojas (10-11%).

Durante los dos años de ensayo, se han podido establecer correlaciones estadísticamente significativas entre las pérdidas de cosecha grano y la reducción de biomasa en antesis, así como con el tamaño y duración del área foliar en antesis y madurez tras los cortes. Estas dependencias sugieren que la reducción en

el área verde es uno de los factores condicionantes de las pérdidas de grano tras la defoliación, ya que constituye una notable limitación para la asimilación fotosintética durante el llenado del grano (Winter y Thompson, 1987; Winter y Musick, 1991; García del Moral, 1992a; Marinetto, 1992; Insa, 1992). Por tanto, nos permitimos aconsejar que los genotipos de triticale destinados al aprovechamiento mixto forraje-grano en ambiente mediterráneo deberían tener una gran capacidad de regeneración del área foliar (tanto en tamaño como en duración) tras los cortes, dado que este es uno de los factores más importantes de los que depende la producción de grano.

7.- Calidad del grano y del forraje.-

En 1991, los valores de contenido de proteínas del grano fueron casi idénticos entre los tres genotipos ensayados. En 1992, sin embargo, la proteína del grano fue significativamente superior en los genotipos Tropical respecto a Tutor y Lasko. Entre estos dos genotipos y el resto no se encontraron diferencias significativas.

El contenido protéico del grano de los cereales depende de a) la cantidad de sustancias nitrogenadas almacenadas antes de la antesis y susceptibles de ser transportadas al grano; b) de la actividad del sistema radicular durante el llenado del grano; c) de la eficiencia de los sistemas enzimáticos para la reducción de los nitratos a formas orgánicas; d) de la capacidad del sistema de transporte de sustancias nitrogenadas hacia los granos en crecimiento; y e) del índice de cosecha (Evans y Wardlaw, 1976; Kramer, 1979). Estos factores son muy variables en función del genotipo, fertilidad del suelo y condiciones ambientales, en especial disponibilidades hídricas durante el ciclo (Engelstad y Terman, 1966).

Los tratamientos de corte siempre tendieron a disminuir la proteína del grano, aunque estas diferencias no llegaron a ser

significativas para el tratamiento realizado en el estadio 30. Sí lo fueron, por el contrario, para el realizado en el 31 en los dos años. Ello probablemente se ha debido a que en la mayoría de los cereales, aproximadamente del 80 al 90% de la cantidad de nitrógeno en el grano se transloca desde las reservas acumuladas en el período anterior a la antesis (Austin et al., 1977; Kramer, 1979; Reilly, 1990). Así, los tratamientos de corte, que redujeron la biomasa y el área foliar, limitaron el crecimiento radical y la absorción de nitrógeno hasta la antesis, reduciendo de esta forma la cantidad de proteínas susceptibles de ser translocadas a los granos en crecimiento.

El retraso en la fecha de siembra no modificó en ningún caso el contenido de proteínas del grano, posiblemente porque bajo condiciones que permitan la asimilación de nitrógeno durante el llenado del grano, el contenido de proteínas suele permanecer constante a medida que se completa la acumulación de carbohidratos (Evans et al., 1975; Rojo y García del Moral, 1986). Resultados similares para triticale en el mismo ambiente han sido encontrados por García del Moral et al. (1994).

En 1991 y 1992, el contenido de proteína bruta y de fibra ácido detergente del forraje varió entre genotipos. La proteína digestible, sin embargo, sólo varió significativamente entre genotipos en el segundo año. Tutor presentó siempre los menores valores de proteína bruta y digestible, pero los mayores de fibra ácido detergente. El retraso en la fecha de corte incrementó el contenido de proteína bruta y digestible, así como el de fibra. La fecha de siembra no ejerció ninguna influencia significativa sobre los parámetros de calidad del forraje.

Estos resultados son concordantes con lo encontrado en la bibliografía (Brown y Almodares, 1976; Brignall et al., 1988, 1989; Khan et al., 1986). En efecto, la calidad del forraje durante la fase vegetativa de los cereales, depende de la cantidad de tejido foliar en relación a la de tallos, proporción que varía en función del genotipo y de las condiciones

que varía en función del genotipo y de las condiciones ambientales (Kilcher y Troelsen, 1973; Brown y Almodares, 1976; Brignall et al., 1989). En los cortes realizados antes del comienzo de la elongación de los tallos, cuando el área foliar está aumentando en mayor medida que la masa de tallos, es frecuente encontrar aumentos de la cantidad de proteína y de fibra (Brignall et al., 1988). A partir del comienzo del encañado, la cantidad de fibra incrementa con el tiempo, debido principalmente a que los tallos aumentan exponencialmente su peso seco, mientras que el crecimiento foliar disminuye y las hojas basales se secan (Brignall et al., 1988).



6.- CONCLUSIONES.

1) La duración de la fase de producción de primordios dependió de forma negativa de la temperatura del aire y del fotoperíodo. Los dos factores considerados conjuntamente explicaron el 80% de la variación observada en dicha fase.

2) El comportamiento del genotipo de invierno Lasko fué diferente al resto, ya que la duración de la iniciación de primordios estuvo más influenciada por la temperatura que por el fotoperíodo, mientras que en las variedades de primavera ocurrió lo contrario.

3) Los tratamientos de corte alargaron el período de iniciación de primordios, especialmente cuando se aplicaron en el estadio 31 de Zadoks, pero acortaron el período posterior hasta la antesis. De esta forma, la duración de la iniciación de primordios tendió a correlacionarse negativamente con la duración de la fase de crecimiento floral.

4) El retraso en la fecha de siembra tendió a acortar todos los estadios de desarrollo del ápice y la producción de espiguillas, debido a que las plantas crecieron bajo condiciones de mayor fotoperíodo y temperatura, lo que aumentó la velocidad de desarrollo del ápice, pero acortó su duración.

5) En triticale la formación de espiguillas parece estar bajo un fuerte control genético, existiendo una duración óptima para la producción de primordios en cada genotipo, por encima o por debajo de la cual el número máximo de espiguillas se reduce.

6) En general, los cortes redujeron el número máximo de primordios de espiguilla, probablemente porque prolongaron el período de diferenciación floral por encima de la duración óptima.

7) Las pérdidas totales de primordios de espiguilla oscilaron desde el 6% en el genotipo Adrian hasta el 16% en Tropical. Los cortes en el estadio 30 de Zadoks produjeron mayores pérdidas que en el estadio 31, debido a que el primer tratamiento afectó menos a la producción de primordios.

8) La velocidad de crecimiento relativo del ápice estuvo positivamente correlacionada con la temperatura del aire y el fotoperíodo, durante las fases de diferenciación y de crecimiento floral. La longitud final de la espiga en cada genotipo dependió principalmente del crecimiento del ápice desde la fase de espiguilla terminal.

9) Las variedades más productivas de forraje y de grano fueron Tropical, Tutor y Trujillo. Las parcelas cortadas en el estadio 31 produjeron más biomasa total que las cortadas en el estadio 30 o que las no cortadas, con diferencias hasta del 35%. Las fechas de siembra que consiguieron mayores producciones de forraje y grano se situaron entre la última decena de Noviembre y la primera semana de Diciembre. El retraso en la fecha de siembra se tradujo en pérdidas muy importantes en la biomasa cosechable.

10) Los componentes del rendimiento que más afectaron a la producción de grano entre tratamientos de corte y fechas de siembra fueron el número de espigas y el número de granos por espiga, este último en función del número de granos por espiguilla. Entre genotipos, la cosecha grano de Adrian y Lasko varió en función del número de espigas, sin embargo, en el caso de Tropical, Tutor y Trujillo, el componente del rendimiento más variable fue el peso medio de los granos.

11) Los cortes provocaron reducciones muy importantes en la biomasa, y en el índice y duración del área foliar respecto a los testigos, aunque no hubo diferencias entre las dos épocas de corte. Las siembras de los primeros días de Diciembre presentaron valores superiores de estos parámetros que las de Noviembre o mitad de Diciembre. La pérdida de área foliar en antesis fué uno de los factores más importantes en la reducción de grano en el triticale para doble uso, ya que constituyó una notable limitación en la asimilación fotosintética durante el llenado de los granos.

12) El contenido de proteínas del grano tendió a disminuir con el tratamiento de corte, debido posiblemente a la reducción de la biomasa, del área foliar y del crecimiento radical, que limitaron la absorción de nitrógeno hasta la antesis. El retraso en la fecha de corte incrementó el contenido de proteína bruta y digestible, así como el de fibra ácido detergente, en el forraje. La fecha de siembra no ejerció ninguna influencia significativa sobre los parámetros de calidad del forraje.

7.- BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, E.; CRAUFURD, P.Q.; AUSTIN, R.B. y PEREZ-MARCO, P. (1991): Traits associated with high yield in barley in low-rainfall environments. *J. Agric. Sci., Camb.*, 116, 23-36.
- AGYARE, L.A.; WRIGHT, R.S. y JESSOP, R.S. (1994). The effects of sowing date on the growth and yield of dual-purpose and grazing triticales under cool australian conditions. III International Triticale Symposium. *Eucarpia*. Lisboa, Portugal
- AMAYA, A. (1982). CIMMYT Annual Report on Wheat Improvement. International Maize and Wheat Improvement Center, El Batan México.
- ANDERSEN, A.J. (1977). Effect of fertilizers on barley protein quantity and quality. *Cereal Res. Comm.*, 5, 159-167.
- ARAUS, J.L.; ALEGRE, L.; TAPIA, L. y CALAFELL, R. (1986). Relationship between leaf structure and gas exchange in wheat leaves at different insertion levels. *J. Exp. Bot.*, 37, 1323-1333.
- AUSTIN, R.B.; FORD, M.A., EDRICH, J.A y BLACKWELL, R.D. (1977). The nitrogen economy of winter wheat. *J. agric. Sci., Camb.*, 88, 159-167.
- AUSTIN, R.B.; MORGAN, C.L.; FORD, M.A. y BLACKWELL, R.D. (1980). Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. *Ann. Bot.*, 45, 309-319.
- BAKER, C.K. y GALLAGHER, H.N. (1983a). The development of winter wheat in the field. 1. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. *J. Agric. Sci., Camb.*, 101, 327-335.
- BAKER, C.K. y GALLAGHER, J.N. (1983b). The development of winter wheat in the field. 2. The control of primordium initiation rate by temperature and photoperiod. *J. Agric. Sci., Camb.*, 101, 337-344.
- BARLOW, E.W.R.; MUNNS, R.E.; SCOTT, N.S. y REISNER, A.H. (1977). Water potential, growth and polyribosoma content of the stressed wheat apex. *J. exp. Bot.*, 28, 909-914.
- BENZIAN, B. y LANE, P. (1986). Protein concentration of grain in relation to some weather and soil factors during 17 years of English winter-wheat experiments. *J. Sci. Food Agric.*, 37, 435-444.
- BERGAL, P. y CLEMENCET, M. (1962). The botany of the barley plant. In *Barley and Malt*, A.H. Cook (ed), pp. 2-23. Academic Press, London.

- BERNARD, M.; BERNARD, S.; BONHOMME, H.; FAURIE, C.; GAY, G. y JESTIN, L. (1994). Recent developments in triticale research and breeding programmes in France. III International Triticale Symposium. Eucarpia. Lisboa, Portugal.
- BERTHOLDSSON, N.O.; KARLSON, R. y STOY, V. (1987). Kernell shrivelling and carbohydrate supply in triticale. Sveriges utsadesforenings, 97, 23-29.
- BINGHAN, J. (1978). Basic cereal physiology and its application to wheat. In The yield of cereals. National Agriculture Centre, Warwick, pp. 7-10.
- BISCOE, P.V. y GALLAGHER, J.N. (1977). Weather, dry matter production and yield. In: Environmental effects on Crop Physiology. J.J. Landsberg y C.V. Cutting (eds), pp. 75-100. Academic Press, London.
- BISHNOI, P.V. y HUGHES, J.L. (1979). Agronomic performance and protein content of fall-planted triticale, wheat and rye. Agron. J., 71, 359-360.
- BISHNOI, U.R.; CHITAPONG, P.; HUGHES, J.L. y NISHIMUTA, J. (1978). Quantity and quality of triticale and other small grain silages. Agron J., 70, 439-441.
- BLUM, A.; RAMAIAH, S.; KANEMASU, E.T. y PAULSEN, G.M. (1990). Wheat recovery from drought stress at the tillering stage of development. Field Crops Res., 24, 67-85.
- BONNET, O.T. (1983). Las inflorescencias de maíz, trigo, centeno, cebada y avena. Su iniciación y desarrollo. Hemisferio Sur, Buenos Aires, 112 p.
- BOUJENNA, A.; RAMOS, J.M.; YAÑEZ, J.A. y GARCIA DEL MORAL, L.F. (1994). Apical development in triticale grown for dual purpose in a mediterranean environment. III International Triticale Symposium. Eucarpia. Lisboa, Portugal.
- BRANLARD, G.; BERNARD, M.; ANTRAYGUE, C. y BARLOY, D. (1984). Shrivelling and alpha-amylase activity in triticale and its parental species: preliminary studies. Genetics and breedings of triticale. Eucarpia. Francia, pp. 617-631.
- BRIGGLE, L.W. (1969). Triticale. A review. Crop Sci., 9, 197-202.
- BRIGGS, D.E. (1978). Barley. Chapman and Hall, London, pp. 75-100.
- BRIGNALL, D.M., WARD, M.R. y WHITTINGTON, W.J. (1988). Yield and quality of triticale cultivars at progressive stages of maturity. J. agric. Sci., Camb., 111, 75-84.
- BRIGNALL, D.M., WARD, M.R. y WHITTINGTON, W.J. (1989). Relationships between growth stage and digestible organic matter in triticale. J. agric. Sci., Camb., 113, 1-11.

- BROCKLEURST, P.A. (1977). Factors controlling grain weight in wheat. *Nature*, 266, 348-349.
- BROOKING, I.R. y KIRBY, E.J.M. (1981). Interrelationships between stem and ear development in winter wheat: the effects of a Norin 10 dwarfing gene *Gai/Rht₂*. *J. Agric. Sci., Camb.*, 97, 373-381.
- BROWN, A.R. y ALMODARES, A. (1976). Quantity and quality of triticale forage compared to other small grains. *Agron. J.*, 68, 264-266.
- BRUKNER, P.L. y FROHBERG, R.C. (1987). Rate and duration of grain filling in spring wheat. *Crop Sci.*, 27, 451-455.
- BULMAN, P. y HUNT, L.A. (1988). Relationships among tillering, spike number and grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in Ontario. *Can J. Plant Sci.*, 68, 583-596.
- BUNTING, A.H. y DRENNAN, D.S.H. (1966). Some aspects of the morphology and physiology of cereals in the vegetative phase. In *The Growth of Cereals and Grasses*, F.L. Milthorpe y J.D. Ivins (eds.), pp. 20-38. Butterworths, London.
- CANNEL, R.Q. (1969a). The tillering pattern in barley varieties. I. Production, survival and contribution to yield by component tillers. *J. Agric. Sci., Camb.*, 72, 405-422.
- CANNEL, R.Q. (1969b). The tillering pattern in barley varieties. II. The effect of temperature, light intensity and daylength on the frequency of occurrence of the coleoptile node and second tillers in barley. *J. Agric. Sci., Camb.*, 72, 423-435.
- CARNIDE, V.; GUEDES-PINTO, H. y MASCARENHAS-FERREIRA, A. (1994). Effect of sowing density on triticale forage yield and quality. III International Triticale Symposium. Eucarpia. Lisboa, Portugal.
- CARNIDE, V.; MASCARENHAS-FERREIRA, A. y GUEDES-PINTO, H. (1988). A comparative study of triticale lines as a forage crop. *Tag. Ber. Akad. Landwirtsch. Wiss. Berlin*, 266, 591-604.
- CARSON, G.P. y HORNE, F.R. (1962). The identification of barley varieties. In *Barley and Malt*, A.H. Cook (ed.), pp. 101-159. Academic Press, London.
- CARVER, B.F.; KRENZER, E.G. y WHITMORE, W.E. (1991). Seasonal forage production and regrowth of hard and soft red winter wheat. *Agron. J.*, 83, 533-537.
- CASTILLO, A. (1984). Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

- CHERNEY, J.H. y MARTEN, G.C. (1982). Small grain crop forage potential. I. Biological and chemical determinants of quality, and yield. *Crop Sci.*, 22, 227-231.
- CHING, T.M.; POKLEMB, C.J. y METZGER, R.J. (1983). Starch synthesis in shrivelled and plump triticale seeds. *Plant Physiol.*, 73, 652-657.
- CHING, T.M.; THOMPSON, D.M. y METZGER, R.J. (1984). Acid phosphatases and seed shrivelling in triticale. *Plant Physiol.*, 76, 478-482.
- CHRISTIANSEN, S.; SVEJEAR, T. y PHILLIPS, W.A. (1989). Spring and fall cattle grazing effects on components and total grain yield of winter wheat. *Agron. J.*, 81, 145-150.
- CLARKE, J.M. y MCCAIG, T.N. (1982). Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. *Can. J. Plant Sci.*, 62, 571-578.
- CLARKE, J.M. y ROMAGOSA, I. (1991). Evaluation of excised-leaf water loss rate for selection of durum wheat for dry environments. In *Proceedings of ICARDA-INRA-ENSA. International Symposium of Physiology/Breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments*. E. Acevedo, A.P. Conesa, P. Monneveux y J.P. Srivastava (eds.), pp. 401-414. Le Colloque n° 55, INRA, París.
- COTTRELL, J.E.; EASTON, R.H.; DALE, J.E.; WADSWORTH, A.C.; ADAM, J.S.; CHILD, R.D. y HOAD, G.V. (1985). A comparison of spike and spikelet survival in mainstem and tillers of barley. *Ann. appl. Biol.*, 106, 365-377.
- CRAUFURD, P.Q. y CARTWRIGHT, P.M. (1989). Effect of photoperiod and chlormequat on apical development and growth in a spring wheat (Triticum aestivum L.) cultivar. *Ann. Bot.*, 63, 515-525.
- CRAWFORD, W.R. y MCLEOD, C.C. (1967). Effects of grazing on the yields of autumn-sown wheat in Marlborough and South Canterbury. *New Zealand Wheat Review*, 10, 102-104.
- DALE, J.E. y WILSON, R.G. (1979). The effects of photoperiod and mineral nutrient supply on growth and primordia production at the stem apex of barley seedlings. *Ann. Bot.*, 44, 537-546.
- DALLING, M.J.; BOLAND, G. y WILSON, J.H. (1976). Relation between acid proteinase activity and redistribution of nitrogen during grain development in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.*, 3, 721-30.
- DALLOUL, A. (1980). Influence of the period of vernalization on 8 characteristics in winter x spring crosses. *Cereal Res. Comm.*, 8, 551-557.

- DAVIDSON, D.J. y CHEVALIER, P.M. (1990): Preanthesis tiller mortality in spring wheat. *Crop Sci.*, 30, 832-836.
- DAVIDSON, D.J.; CHRISTIAN, K.R.; JONES, D.B. y BREMMER, P.M. (1985). Responses of wheat to vernalization and photoperiod. *Aust. J. Agric. Res.*, 36, 347-359.
- DAY, A.D.; THOMPSON, R.K. y McCAUGHEY, W.F. (1968). Effects of clipping on the performance of spring barley. *Agron. J.*, 60, 11-12.
- DE LA MORENA, I. (1986): Utilización de los reguladores del crecimiento en los cultivos de cebada. *Ann. Edaf. Agrobiol.*, 45, 249-260.
- DE LA MORENA, I.; RAMOS, J.M. y GARCIA DEL MORAL, L.F. (1986). Análisis del crecimiento y de la producción de grano en cultivos de cebada (*Hordeum distichon* L. var. Pallas) bajo las condiciones ambientales de la provincia de Granada. II. Evolución y supervivencia de los tallos hijos. *Anal. Edaf. y Agrobiol.*, 45, 779-796.
- DEDIO, W.; SIMMONDS, D.H.; HILL, R.D. y SHEALY, H. (1975). Distribution of amylase in triticale kernel during development. *Can. J. Plant Sci.*, 55, 29-36.
- DELGADO, I. (1989). Incidencia del despunte invernal sobre la producción de grano en los cereales de invierno en regadío. *Invest. Agrar. Prod. Veg.* vol. 4 (2).
- DELGADO, I.; VALDERRABANO, J. y GOMEZ, G. (1984). Interés forrajero de los cereales de invierno. Efecto de un despunte sobre la producción de grano. *An. INIA ser. Agrícola*, 25, 115-128.
- DIB, T.A. y MONNEVEUX, P. (1992). Adaptation a la sécheresse et notion d'idiotype chez le blé. I. Caractères morphologiques d'enracinement. *Agronomie*, 12, 371-379.
- DIB, T.A.; MONNEVEUX, P. y ARAUS, J.L. (1992). Adaptation a la sécheresse et notion d'idiotype chez le blé .II. Caractères physiologique d'adaptation. *Agronomie*, 12, 381-393.
- DINEV, N. y STANCHEVA, I. (1993). Effect of Aluminium on the growth of wheat, rye and triticale. *J. Plant Nutr.* 16, 461-469.
- DROUSHIOTIS, D.N. (1984). Effects of grazing simulation on forage hay and grain yield of spring barleys in a low rainfall environment. *J. Agric. Sci., Camb.*, 103, 587-594.
- DUNPHY, D.J.; McDANIEL, M.E. y HOLT, E.C. (1982). Effect of forage utilization on wheat grain yield. *Crop Sci.*, 22, 106-109.

- DUNPHY, D.J.; HOLT, E.C. y MCDANIEL, M.E. (1984). Leaf area and dry matter accumulation of wheat following forage removal. *Agron J.*, 76, 871-874.
- ELLIS, R.H. y KIRBY, E.J.M. (1980). A comparison of spring barley grown in England and in Scotland. 2. Yield and its components. *J. Agric. Sci. Camb.*, 95, 111-115.
- ENGELSTAD, O.P y TERMAN, O.P. (1966). Fertilizer nitrogen: its role in determining crop yields levels. *Agron. J.* 58, 536-539.
- EVANS, L.T. (1972). The quantitative analysis of plant growth. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 734 p.
- EVANS, L. T. y WARDLAW, I.F. (1976). Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.*, 28, 301-359.
- EVANS, L.T., WARDLAW, I.F. y FISCHER, R.A. (1975). Wheat. In *Crop Physiology*, L.T. Evans (ed.). Cambridge University Press, Cambridge.
- EWERT, F. y HONERMEIER, B. (1992). The development of the shoot apex of two cereals in response to environment and crop management. 2nd ESA Congress. Warwick.
- FARIS, D.G.; KRAHN, L. y GUITARD, A.A. (1969). Effect of photoperiod and temperature on seedling development on Olli and Vantage barley. *Can. J. Plant Sci.*, 49, 139-147.
- FARREL, E.P.; TSEN, C.C. y HOOVER, W.J. (1974). Triticale: First Man-Made Cereal. C.C. Tsen (ed.), pp. 224. *Am. Cereal Chem.* St Paul, Minnesota.
- FEBRERO, A. (1994). Criterios fisiológicos y producción en cereales bajo condiciones mediterráneas. Tesis Doctoral. Universidad de Brcelona
- FEJER, S.O. y FEDAK, G. (1985). Performence of barley introductions and cultivars under three contrasting daylength and temperature combinations. *Cereal Res. Comm.*, 13, 161-169.
- FINLAY, R.C.; REINBERGS, E. y DAYNARD, T.B. (1971). Yield response of spring barley to row spacing and seeding rate. *Can. J. Plant Sci.*, 51, 527-533.
- FISCHER, R.A. y LAMBERS, D. (1978). Effect of environment and cultivar on source limitation to grain weight in wheat. *Aust. J. Agric. Res.*, 29, 443-458.
- FISCHER, R.A. y WOOD, J.T. (1979). Drougth resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morpho-physiological traits. *Aust. J. Agric. Res.*, 30, 1000-1020.

- FLOOD, R.G. y HALLORAN, G.M. (1984a). Temperature as a component of the expression of developmental responses in wheat. *Euphytica*, 33, 91-98.
- FLOOD, R.G. y HALLORAN, G.M. (1984b). The association of vernalization and photoperiod responses in wheat. *Cereal Res. Comm.*, 12, 5-11.
- FORD, M.A.; AUSTIN, R.B.; ANGUS, W.J. y SAGE, G.C.M. (1981). Relationships between the responses of spring wheat genotypes to temperature and photoperiodic treatments and their performance in the field. *J. Agric. Sci., Camb.*, 96, 623-634.
- FRANK, R. y APEL, P. (1985). Early vegetative growth, shoot apex development and yield of spring barley under controlled environment and field conditions. *Z. Pflanzenzüchtg*, 94, 50-63.
- FRASER, J. y DOUGHERTHY, C.T. (1977). An analysis of yield components of major tiller order of Kopara wheat. *Proc. Agron. Soc. New Zealand*, 7, 59-62.
- FREDERICK, J.R. y MARSHALL, H.G. (1985). Grain yield and yield components of soft red winter wheat as affected by management practices. *Agron. J.*, 77, 495-99.
- FUKAY, S.; SEARLE, C.; BAIQNI, H.; CHOENTHONG, S. y KYWE, M. 1990. Growth and grain-yield of contrasting barley cultivars under different plant densities. *Field Crop Res.*, 23, 239-254.
- GALLAGHER, J.N. (1979a). Field studies of cereal leaf growth. I. Initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. *J. exp. Bot.*, 30, 625-636.
- GALLAGHER, J.N. (1979b). Ear development: processes and prospect. In *Crop physiology and Cereal Breeding*. J.H.J. Spiertz and Th. Kramer (eds.), pp. 3-9. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- GALLAGHER, J.N.; BISCOE, P.V. y SCOTT, R.K. (1975). Barley and its environment. V. Stability of grain weight. *J. Appl. Ecol.*, 12, 563-568.
- GALLAGHER, J.N.; BISCOE, P.V. y SCOTT, R.K. (1976): Barley and its environment. VI. Growth and development in relation to yield. *J. appl. Ecol.*, 13, 567-583.
- GARCIA DEL MORAL, L.F. (1982): Estudio de algunos aspectos ecofisiológicos en el análisis de la producción de grano en los cultivos de cebada (gen. Hordeum L.). Tesis Doctorales. Universidad de Granada.

- GARCIA DEL MORAL, L.F. (1992a). Leaf area, grain yield and yield components following forage removal in triticale. *J. Agron. Crop Sci.*, 168, 100-107
- GARCIA DEL MORAL, L.F. y RAMOS, J.M. (1989). Fisiología de la producción de grano. In *La cebada*. J.L. Molina-Cano (ed), pp. 137-178. Mundi-Prensa-MAPA., Madrid.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M. y GARCIA DEL MORAL, M.B. (1991a). El análisis por coeficientes de sendero y su aplicación al estudio de las relaciones entre el rendimiento y sus componentes en cebada. *Invest. Agrar., Prod y Prot. Veg.*, 6, 305-317.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M. y RECALDE, L. (1984). Tillering dynamics of winter barley as influenced by cultivar and nitrogen fertilizer: A field study. *Crop. Sci.*, 24, 179-181.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; BOUJENNA, A.; YAÑEZ, J.A. y RAMOS, J.M. (1994a). Grain protein content in triticale grown for dual purpose in three contrasting environment. *Agron. J.* (Aceptado).
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M.; RECALDE MANRIQUE, L. y RECALDE MARTINEZ, L. (1982). Estudio de algunos aspectos ecofisiológicos en el análisis de la producción de grano en los cultivos de cebada. II. Efecto del nitrógeno y del azufre por via foliar. *Anal. Edaf. Agrobiol.*, 41, 1373-1387.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M.; GARCIA DEL MORAL, M.B. y JIMENEZ-TEJADA, P. (1991b). Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. *Crop Sci.*, 31, 1179-1185.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; MARINETTO, J., BOUJENNA, A., YAÑEZ, J.A. y RAMOS, J.M. (1994b). Aprovechamiento mixto de forraje y grano del triticale en el sur de España. II. Componentes de la cosecha. *Invest. Agrar., Prod. Prot. Veg.* (En prensa).
- GARCIA DEL MORAL, M.B. (1992b). Fisiología del crecimiento, desarrollo y productividad de cebadas de invierno y de primavera en ambiente mediterráneo. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- GARCIA DEL MORAL, M.B.; JIMENEZ TEJADA, M.P.; GARCIA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M.; ROCA DE TOGORES, F. y MOLINA CANO, J.L. (1991c). Apex and ear development in relation to the number of grains on the main-stem ears in spring barley (*Hordeum distichon*). *J. Agric. Sci., Camb.*, 117, 39-45.
- GARDNER, F.P. y WIGGANS, S.C. (1960). Effect of clipping and nitrogen fertilization on forage and grain yield of spring oats. *Agron J.*, 52, 566-568.

- GARDNER, F.P.; BARNETT, R.D.; SOFFES, A.R. y JOHNSON, J.W. (1993). Reproductive development of eight wheat cultivars and a triticale as influenced by sowing date. *Crop Sci.*, 33, 118-123.
- GEORGE, D.W. (1982). The growing point of fall sown wheat: a useful measure of physiological development. *Crop Sci.*, 22, 235-239.
- GREEN, C. (1994). Triticale marketing: dream or dilemma. III International Triticale Symposium. Eucarpia. Lisboa, Portugal.
- GREGORY, P.J.; MARSHALL, B. y BISCOE, P.V. (1981). Nutrient relations in winter wheat. 3. Nitrogen uptake, photosynthesis of flag leaves and translocation of nitrogen to grain. *J. Agric. Sci., Cambr.*, 96, 539-47.
- GROOT, J.J.R y SPIERTZ, J.H.J. (1988). The role of nitrogen in yield formation and achievement of quality standards in cereals. *Plant Growth: interaction with nutrition and environment*. Cambridge University Press, pp. 226-247.
- HADJICHRISTODOULOU, A. (1984). Performance of triticale in comparison with barley and wheat in a semi-arid mediterranean region. *Expl. Agric.*, 20, 41-51.
- HAY, R.K.M. (1978). Seasonal changes in the position of the shoot apex of winter wheat and spring barley in relation to soil surface. *J. Agric. Sci., Camb.*, 91, 245-248.
- HEGER, G y EGGUM, B.O. (1991). The nutritional values of some high-yielding cultivars of triticale. *J. Cereal Sci.*, 14, 63-71.
- HENEEN, W.K.; BRISMAR, K. y KARLSSON, G. (1987). Cytological and anatomical aspects of kernel shrivelling in triticale. *Sveriges Utsadesforenings*, 97, 13-21.
- HOLLIDAY, R. (1956a). Fodder production from winter-sown cereals and its effects upon grain yield. *Field Crop Abstr.*, 9, 129-135.
- HOLLIDAY, R. (1956b). Fodder production from winter-sown cereals and its effects upon grain yield (concluded). *Field Crop Abstr.*, 9, 207-213.
- HOOGENDRON, J. (1985). A reciprocal F1 monosomic analysis of the genetics control of time of ear emergence, number of leaves and number of spikelets in wheat (*Triticum aestivum*, L.). *Euphytica*, 34, 545-558.
- HUBBARD, V.C. y HARPER, H.J. (1949). Effect of clipping small grains on composition and yield of forage and grain. *Agron J.*, 41, 85-92.

- HUCL, P. y BAKER, R.J. (1989). Tillering patterns of spring wheat genotypes grown in a semiarid environment. *Can. J. Plant Sci.*, 69, 71-79.
- HUSAIN, I.C. y ASPINALL, D. (1970). Waters stress and apical morphogenesis in barley. *Ann. Bot.*, 34, 393-407.
- HYDER, D.N. (1972). Defoliation in relation to vegetative growth. In *The Biology and Utilisation of Grasses*, V.B. Younger y C.M. McKell (eds.), pp. 305-316. Academic Press, London.
- INSA, I. (1992). Utilización del triticale como cultivo de aprovechamiento mixto forraje-grano: Comparación con la cebada. Proyecto Fin de Carrera, UPC-ETSEA de Lleida.
- JEDEL, P.E y SALMON, D.F. (1993). Seeding rate response of triticale in short-season growing areas. *Can.J. Plant Sci.* 73, 65-71.
- JENNER, C.F.; UGALDE, T.D y ASPINALL, D. (1991). The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 18, 211-226.
- JONES, H.G. y KIRBY, E.J.M (1977). Effects of manipulation of number of tillers and water supply on grain yield in barley. *J. Agric. Sci., Camb.*, 88, 391-397.
- JOSEPHIDES, C.M (1993). Analysis of adaptation of barley, triticale, durum and bred wheat under Mediterranean conditions. *Euphtica*, 65, 1-8.
- KALTSIKES, P.J.; ROUPAKIAS D.G. y THOMAS J.B. (1975). Endosperm abnormalities in *Triticum-secale* combination: XTriticosecale and its parental species. *Can. J. Bot.* 53, 2050-2067.
- KALTSIKES, P.J.; GUEDES-PINTO, A.; CARNIDE, V. y LIMA-BRITO, J. (1994). AMMI analysis of hexaploid triticale yield trials. III International Triticale Symposium. *Eucarpia*. Lisboa, Portugal.
- KARLSSON, R.; BERTHOLDSSON, N.O y STOY, V. (1987). Starch synthesis in triticale. *Sveriges Utsadesforenings*, 97, 31-38.
- KHAN, A., NASR, H., SALIM, M. y ROIDAR, B. (1986). Quantity and quality of triticale forage compared with other small grains. *Pakistan J. Agric. Res.*, 7, 76-81.
- KILCHER, M.R. (1982). Effect of cattle grazing on subsequent grain yield of fall rye (Secale cereale L.) in southwestern Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.*, 62, 795-796.
- KILCHER, M.R. y TROELSEN, J.E. (1973). Contribution and nutritive value of the major plant components of oats, through progressive stages of maturity. *Can. J. Plant Sci.*, 53, 251-256.

- KIRBY, E.J.M (1968). The response of some barley varieties to irrigation and nitrogen fertilizer. *J. Agric. Sci., Camb.*, 71, 47-52.
- KIRBY, E.J.M. (1971). Abnormalities induced in barley ears by gibberellic acid. *J. Exp. Bot.*, 22, 411-419.
- KIRBY, E.J.M. (1973). The control of leaf and ear size in barley. *J. Exp. Bot.*, 24, 567-578.
- KIRBY, E.J.M. (1974). Ear development in spring wheat. *J. Agric. Sci., Camb.*, 82, 437-447.
- KIRBY, E.J.M. (1977). The growth of the shoot apex and apical dome of barley during ear initiation. *Ann. Bot.*, 41, 1297-1308.
- KIRBY, E.J.M. y APPLEYARD, M. (1980). Effects of photoperiod on the relation between development and yield per plant of a range of spring barley varieties. *Z. Pflanzenzüchtg.*, 85, 226-239.
- KIRBY, E.J.M. y APPLEYARD, M. (1981). Development of the cereal plant. National Agricultural Centre, pp. 1-10.
- KIRBY, E.J.M. y APPLEYARD, M. (1984). Cereal plant development and its relation to crop management. In *Cereal Production*. E.J. Gallagher (ed.), pp. 161-173. Butterworths, London.
- KIRBY, E.J.M. y APPLEYARD, M. (1986). *Cereal Development Guide*. N.A.C., Stoneleigh, 95 p.
- KIRBY, E.J.M. y ELLIS, R..P (1980). A comparison of spring barley grown in England and in Scotland. 1. Shoot apex development. *J. Agric. Sci., Camb.*, 95, 101-110.
- KIRBY, E.J.M. y FARIS, D.G. (1970). Plant population induced growth correlations in the barley plant main shoot and possible hormonal mechanism. *J. Exp. Bot.*, 21, 787-798.
- KIRBY, E.J.M. y JONES, H.G. (1977). The relation between the main shoot and tillers in barley plants. *J. Agric. Sci., Camb.*, 88, 381-389.
- KIRBY, E.J.M. y PERRY, M.W. (1987). Leaf emergence rates of wheat in a Mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.*, 38, 455-464.
- KIRBY, E.J.M. y RIGGS, T.J. (1978). Developmental consequences of two-row and six-row ear type in spring barley. 2. Shoot apex, leaf and tiller development. *J. Agric. Sci., Camb.*, 91, 207-216.
- KIRBY, E.J.M.; APPLEYARD, M. y FELLOWES, G. (1985). Variation in development of wheat and barley in response to sowing date and variety. *J. Agric. Sci., Camb.*, 104, 383-396.

- KIRBY, E.J.M.; PORTER, J.R.; DAY, W.; ADAM, J.S.; APPELYARD, M.; AYLING, S.; BAKER, C.K.; BELFORD, R.K.; BISCOE, P.V.; CHAPMAN, A.; FULLER, M.P.; HAMPSON, J.; HAY, R.K.M.; MATTHEWS, S.; THOMPSON, N.J.; WEIR, A.H.; WILLINGTON, V.B.A. y WOOD, D.W. (1987). An analysis of primordium initiation in Avalon winter wheat crops with different sowing dates in England and Scotland. *J. Agric. Sci., Camb.*, 109, 123-134.
- KLASSEN, A.J.; HILL, R.D. y LARTER, E.N. (1971). Alpha-amylase activity and carbohydrate content as related to kernel development in triticale. *Crop. Sci.*, 11, 265-267.
- KOLDERUP, F. (1979). Application of different temperatures in three growth phases of wheat. III. Effects on protein content and composition. *Acta Agric. Scand.*, 29, 379-384.
- KRAMER, Th. (1979). Environmental and genetic variation for protein content in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*, 28, 209-218.
- KRENZER, E.G. y NIPP, T.L. (1991). Mainstem leaf development and tiller formation in wheat cultivars. *Agron. J.*, 83, 667-670.
- KURBANOVA, M.B.; BOBODZ HANOV, V.A. y NASYROV, Yu.S. (1988). Comparative analysis of yield in triticale and wheat. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, 5, 3-7.
- KVET, J.; ONDOK, J.P.; NECAS, J. y JARVIS, P.G. (1971). Methods of growth analysis. In *Plant Photosynthetic Production. Manual of Methods*. Z. Sestak, J. Catsky y P.G. Jarvis (eds.), pp. 343-391. Dr. Junk N.V., The Hague.
- LANDES, A. y PORTER, J.R. (1989). Comparison of scales used for categorising the development of wheat, barley, rye and oats. *Ann. Appl. Biol.*, 115, 343-360.
- LANGER, R.H.M. (1972). How grasses grow. *Studies in Biology* n° 34, Arnold, London.
- LAPINSKI, B.; APOLINARSKA, B.; BUDZIANOWSKI, G.; CYRAN, M. y RAKOWSKA, M. (1994). An attempt of tetraploid triticale improvement. III International Triticale Symposium. *Eucarpia*. Lisboa, Portugal.
- LARSSON, R. (1987). Triticale investigation concerning cultivation technique. *Sveriges Utsadesforenings* 97, 9-12.
- LASZTITY, B. (1987). The variation of element contents in triticale during vegetative growth. *Fertil. Res.*, 13, 155-159.
- LAWLOR, D.W.; DAY, W.; JOHNSTON, A.E.; LEGG, B.J. y PARKINSON, K.J. (1981): Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. *J. Agric. Sci., Camb.*, 96, 167-186.

- LEDENT, J.F. y STOY, V. (1983). Ear growth, developmental stages and yield in winter wheat. *Agronomie*, 3, 537-544.
- LEDENT, J.F. y POCHE, P. (1983). Ear growth and yield per shoot. In *Crop Physiology and Cereal Breeding*. J.H.J. Spiertz y Th. Kramer (eds.), pp. 16-19. Pudoc, Wageningen.
- LI, C.C. (1955). The theory of path coefficients. *Population genetics*, pp. 144-171. The University of Chicago Press, Chicago.
- LI, C.C. (1956). The concept of path coefficients and its impact on population genetics. *Biometrics*, 12, 190-210.
- LI, C.C. (1969). *Introducción a la Estadística experimental*. Ed. Omega, Barcelona.
- LI, C.C. (1975). *Path analysis - a primer*. Boxwood Press, Pacific Grove, California. 5th edition 1986.
- LI, X.; FENG, Y. y BOERSMA, L. (1991). Activation energy as a measure of plant response to temperature and water stresses. *Ann. Bot.*, 68, 151-157.
- LINDBLOM, H. (1987). Amylase behaviour during kernel development in triticale. *Sveriges Utsadesforenings*, 97, 53-59.
- LOPEZ BELLIDO, L. (1991). *Cultivos herbáceos. Vol. I. Cereales*. Mundi-Prensa, 539 p.
- LUPTON, F.G.H.; OLIVER, R.H. y RUCKENBAUER, P. (1974). An analysis of the factors determining yields in crosses between semi-dwarf and taller wheat varieties. *J. Agric. Sci., Camb.*, 82, 483-496.
- MAKINO, A.; MAE, T y OHIRA, K. (1984). Relation between nitrogen and ribulose 1,5-biphosphate carboxylase in rice leaves from emergence through senescence. *Plant Cell Physiol.*, 25, 721-730.
- MALIK, K.P.S.; MOGHE, B.M.; GADEWADIKAR, P.N.; PANDYA, S.C. y VERMA, S. (1988). A comparative study of biomass production and harvest index in triticale and wheat and their relationships with grain yield. *Cereal Res. Comm.*, 16, 219-222.
- MANUPEERAPAN, T. y PEARSON, C.J. (1993). Apex size, flowering and grain yield of wheat as affected by sowing date. *Field Crop Res.*, 32, 41-57.
- MARINETTO, J. (1992). *Influencia del corte de la parte area (pastoreo simulado) en la producción posterior de triticale*. Tesis Doctorales. Universidad de Córdoba.

- MARTINEZ OCHOA, B.; GARCIA DEL MORAL, L.F.; MARINETTO QUILES, J. y FERNANDEZ CONEJO, A. (1989). Producción de grano en triticale pastoreado. *Agr. Med.*, 119, 109-118.
- MATTHEWS, S. y THOMSON, W.J. (1984). Growth regulation: control of growth and development. In *Cereal Production*. E.J. Gallagher (ed.), pp. 259-266. Butterworths, London.
- MCCAIG, T.N. y ROMAGOSA, I. (1989). Measurement and use of excised leaf water status in wheat. *Crop Sci.*, 29, 1140-1145.
- MCCAIG, T.N. y ROMAGOSA, I. (1991). Water status measurements of excised leaves: position and age effects. *Crop Sci.*, 31, 1583-1588.
- MCLEOD, C.C. (1975). The effect of grazing wheat yields. *Dep. Scient. Ind. Res. Cereal News*, 2, 5-7.
- MCLEOD, J.G. (1990). Effects of defoliation of winter rye at various times on on grain production in southwestern Saskatchewan. *Can J. Plant Sci.*, 70, 285-288.
- MCMASTER, G.S.; WILHELM, W.W. Y MORGAN, J.A. (1992). Simulating winter wheat shoot apex phenology. *J. Agric. Sci., Camb.*, 119, 1-12.
- MILTHORPE, F.L. y DAVIDSON, J.L. (1966). Physiological aspects of regrowth in grasses. In *The growth of cereals and grasses*. F.L. Milthorpe y J.D. Ivins (eds.), pp. 241-255. Butterworths, London.
- MILLER, G.L.; JOOST, R.E y HARRISON, S.A. (1993). Forage and grain yields of wheat and triticale as affected by forage management practices. *Crop Sci.*, 33, 1070-1075.
- MITCHELL, R.A.C.; LAWLOR, D.W. y YOUNG, A.T. (1991). Dark respiration of winter wheat crops in relation to temperature and simulated photosynthesis. *Ann. Bot.*, 67, 7-16.
- MORGAN, J.A. (1988). Growth and canopy carbone dioxide exchange rate of spring wheat as affected by nitrogen states. *Crop Sci.*, 28, 95-100.
- MORRIS, H.D. y GARDNER, F.P. (1958). The effect of nitrogen fertilization and duration of clipping period on forage and grain yield of oats, wheat and rye. *Agron. J.*, 50, 454-457.
- MUNTZING, A. (1979). *Triticale, results and problems*. Verlag Paul Parey, Berlin and Hamburg, pp. 103.
- NACHIT, M.M. (1983). The effect of clipping, during tillering stage, on triticale. *Rachis*, 2, 11-12.

- NAIR, T.V.R.; CHATTERJEE, S.R. (1990). Nitrogen metabolism in cereals. Case studies in wheat, rice, maize and barley. Y.P. Arbol (ed.), pp. 367-426. Research Studies Press Ltd., Somerset, England.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1989). Triticale: A promising addition to the world's cereal grains. National Academic Press, Washington DC.
- NICKEL, L.G. (1978). Plant growth regulators. Chemical and engineering news. Special Report, 13 pp.
- OETLER, G. (1994). Effect of low nitrogen input on agronomic traits in triticale. III International Triticale Symposium. Eucarpia. Lisboa, Portugal.
- PATEL, G.A y NISHIMUTA, J.F. (1977). Comparative in vitro digestibility of wheat, rye and triticale forages. Ann. Res. Rep. N°7. Alabama A & M University, School of Agric. and Home Eco, Normal, Alabama, pp. 157-188.
- PEÑA, R.J. (1982a). Grain shrivelling in secondary hexaploid triticale. I. Alpha-amylase activity and carbohydrate content of mature and developing grains. Cereal Chem., 59, 454-458.
- PEÑA, R.J. (1982b). Grain shrivelling in secondary hexaploid triticale. II. Morfology of mature and developing grains related to grain shrevilling. Cereal Chem., 59, 459-468.
- PEÑA, R.J. (1994). Factors affecting triticale as a food crop. III. International Triticale Symposium. Eucarpia. Lisboa, Portugal.
- PERRY, M.W.; SIDDIQUE, K.H.M. y WALLACE, J.F. (1987). Predicting phenological development for Australian wheats. Aust. J. Agric. Res., 38, 809-819.
- PETERMAN, C.J.; SEARS, R.G. y KANEMASU, E.T. (1985). Rate and duration of spikelet initiation in 10 winter wheat cultivars. Crop Sci., 25, 221-225.
- PETR, J.; CERNY, V. y HRUSKA, L. (1988). Yield formation in the main field crops. Development in crop science (13). Elsevier.
- PFEIFFER, W.H. (1994). Triticale ptential and research status of a main-made cereal crop. III International Triticale Symposium. Eucarpia. Lisboa, Portugal.
- PHELOUNG, P.C. y SIDDIQUE, K.H.M. (1991). Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars. Aust. J. Plant Physiol., 18, 53-64.
- PINTO, F. (1974). Triticale. Proc. Int. Symp. 1973, Int. Res. Centre Monogr. 024e, El Batan, México, pp. 107-115.

- POLLHAMER, E. (1981). Productivity and yield analysis of winter barley. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.*, 30, 33-40.
- PORTER, J.R.; KIRBY, E.J.M.; DAY, W.; ADAM, J.S.; APPEYARD, M.; AYLING, S.; BAKER, C.K.; BELFORD, R.K.; BISCOE, P.V.; CHAPMAN, A.; FULLER, M.P.; HAMPSON, J.; HAY, R.K.M.; HOUGH, M.N.; MATTHEWS, S.; THOMPSON, N.J.; WEIR, A.H.; WILLINGTON, V.B.A. y WOOD, D.W. (1987). An analysis of morphological development stages in Avalon winter wheat crops with different sowing dates in ten sites in England and Scotland. *J. Agric. Sci., Camb.*, 109, 107-121.
- POYSA, V.W. (1985). Effect of forage harvest on grain yield and agronomic performance on winter triticale, wheat and rye. *Can. J. Plant Sci.*, 65, 879-888.
- POZO, C. (1991). Estudio de algunos aspectos fisiológicos y nutricionales del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en la Vega de Granada. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- PUJOL, M. y GORCHS, G. (1989). Escalas fenológicas para el seguimiento del ciclo de los cereales de invierno. Escola Superior de Agricultura de Barcelona, Barcelona.
- QUALSET, C.O. (1985). Synthesis, breeding, adaptation, and utilization of triticale in California. In *Triticale*, R.A. Forsberg (ed.), pp. 71-82. CSSA Special Publication n° 9, USA.
- RAO, A.C.S.; SMITH, J.L.; JANDHYALA, V.K.; PAPENDICK, R.I. y PARR, J.K. (1993). Cultivar and climatic effect on the protein content of soft white winter wheat. *Agron. J.* 85, 1023-1028.
- RAMOS, J.M.; GARCIA DEL MORAL, L.F. y RECALDE, L. (1982). The influence of pre-and post-anthesis periods on yields of winter barley varieties in southern Spain. *J. Agric. Sci., Camb.*, 99, 521-523.
- RAMOS, J.M.; GARCIA DEL MORAL, L.F. y RECALDE, L. (1985). Vegetative growth of winter barley in relation to environmental conditions and grain yield. *J. Agric. Sci., Camb.*, 104, 413-419.
- RAMOS, J.M.; GARCIA DEL MORAL, L.F.; MOLINA CANO, J.L.; SALAMANCA, P. y ROCA DE TOGORES, F. (1989). Effects of an early application of sulphur or etephon as foliar spray on the growth and yield of spring barley in a Mediterranean environment. *J. Agron. Crop. Sci.*, 163, 129-137.
- RAMOS, J.M.; GARCIA DEL MORAL, M.B.; MARINETTO, J. y GARCIA DEL MORAL, L.F. (1993). Sowing date and cutting frequency effects on triticale forage and grain production. *Crop Sci.*, 33, 1312-1315.

- RAMOS J.M.; YAÑEZ J.A.; MARINETTO, J. y GARCIA DEL MORAL, L.F. (1994a). Aprovechamiento mixto de forraje y grano del triticale en la provincia de Granada. I. rentabilidad económica. Invest. Agr., Prod. Prot. Veg. (En prensa).
- RAMOS, J.M.; MARINETTO, J.; GARCIA DEL MORAL, M.B., y GARCIA DEL MORAL, L.F. (1994b). Response of triticale grain yield and yield components to number of cuttings in a mediterranean environment. J. Agron & Crop Sci. (En prensa).
- RAWSON, H.M. y EVANS, L.T. (1971). The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars of different height. Aust. J. Agric. Res., 22, 851-863.
- REILLY, M.L. (1990). Nitrate assimilation and grain yield. In Nitrogen in higher plants. Y.P. Abrol (ed.), pp. 335-366. Wiley & Sons, Gran Bretaña.
- ROBERTS, E.H.; SUMMERFIELD, R.J.; COOPER, J.P. y ELLIS, R.H. (1988). Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). I. Photoperiod limits to long-day responses, photoperiod-insensitive phases and effects of low-temperature and short-day vernalization. Ann. Bot., 62, 127-144.
- ROLDAN FERNANDEZ, A. (1988). Notas para una climatología de Granada. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 45p.
- ROSSI, L. (1978). Technology for increasing food production. J.C. Holmes (ed.). FAO, Roma.
- ROYO, C. (1990). Empleo del grano de triticale en alimentación animal y posibilidades del aprovechamiento mixto forraje-grano. Riegos y drenajes, 41, 19-26.
- ROYO, C. (1992). El triticale. Bases para el cultivo y aprovechamiento. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 96.
- ROYO C.; RODRIGUEZ, A. y ROMAGOSA, I. (1993a). Diferencial adaptation of complete and substituted triticale. Plant Breeding, 111, 113-119.
- ROYO, C.; MONTESINOS, E.; MOLINA-CANO, J.L. y SERRA, J. (1993b). Triticale and other small grain cereals for forage and grain in Mediterranean conditions. Grass For. Sci., 48, 11-17.
- ROYO, C.; ROMAGOSA, I.; MARTIN, J.A. y MICHELENA, A. (1988). Estabilidad de los componentes del rendimiento en triticale. An. Est. Exp. Aula Dei, 19, 133-141.
- ROYO, C.; PENELLA, E.; TRIBO, F. y MOLINA-CANO, J.L. (1994a). Aptitude of spring and winter triticals for dual-purpose in mediterranean conditions. III International Triticale Symposium. Eucarpia. Lisboa, Portugal.

- ROYO C.; INSA, J.A.; BOUJENNA, A.; RAMOS, J.M.; MONTESINOS, E. y GARCIA DEL MORAL, L.F. (1994b). Yield and quality of dual-purpose spring triticale as influenced by sowing date and cutting stge. *Field Crop Res.* (Aceptado)
- RUSSELL, G.; ELLIS, R.P.; BROWN, J.; MILBOURN, G.M. y HAYTER, A.M. (1982). The development and yield of autumn- and spring-sown barley in south east Scotland. *Ann. Appl. Biol.*, 100, 167-178.
- SAPRA, V.T. y HASSANALIZADEH, A. (1988). Registration of "Thomas" triticale. *Crop. Sci.*, 28, 1030-1031.
- SCOTT, W.R. y HINES, S.E. (1991). Effects of grazing on grain yield of winter barley and triticale: the position of the apical dome relative to the soil surface. *New Zealand J. Agric. Res.*, 34, 177-184.
- SCOTT, W.R.; HINES, S.E. y LOVE, B.G. (1988). The effects of grazing on components of grain yield in winter barley. *New Zealand J. Exp. Agric.*, 16, 313-319.
- SCOTT, W.R.; APPLEYARD, M.; FELLOWES, G. y KIRBY, E.J.M. (1983). Effect of genotype and position in the ear on carpel and grain growth and mature grain weight of spring barley. *J. Agric. Sci., Camb.*, 100, 382-391.
- SHARROW, S.H. (1990). Defoliation effects on biomass yield components of winter wheat. *Can J. Plant Sci.*, 70, 1191-1194.
- SHEREDEKA, V.N. (1988). Breeding winter triticales for improved folder quality of green matter. *Selektsiya i semenovdstvo, Kiev*, 65, 34-38.
- SIBONY, M y PINTHUS, M.J. (1988). Floret initiation and development in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ann. Bot.* 61, 473-479.
- SIDDIQUE, K.H.M.; KIRBY, E.J.M. y PERRY, M.W. (1989). Ear:stem ratio in old and modern wheat varieties; relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crop Res.*, 21, 59-78.
- SIMMONS, S.R.; RASMUSSEN, D.C. y WIERSMA, J.V. (1982). Tillering in barley: Genotype, row spacing and seeding rate effects. *Crop Sci.*, 22, 801-805.
- SINGH, G.S.; DHINDSA, G.S.; NANDA, R.K. y BATTA, R.K. (1994). Prospects of triticale as a dual purpose crop. III International Triticale Symposium. *Eucarpia*. Lisboa, Portugal.
- SKOVMAND, B.; FOX, P.N. y VILLAREAL, R.L. (1984). Triticale in commercial agriculture: progress and promise. *Adv Agron.*, 37, 1-45.

- SPIERTZ, J.H.J. (1979). Weather and nitrogen effects on rate and duration of grain growth and grain yield of wheat cultivars. In *Crop Physiology and Cereal Breeding*. J.H.J. Spiertz and T.H. Kramer (eds.), pp. 60-64. Wageningen.
- SPRAGUE, M.A. (1954). The effect of grazing management on forage and grain production from rye, wheat and oats. *Agron. J.*, 46, 29-33.
- STEEL, R.G.D. y TORRIE, J.H. (1985). *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill Latinoamericana, Bogotá.
- STOCKMAN, Y.M.; FISCHER, R.A. y BRITTAIN, E.G. (1983). Assimilate supply and floret development within the spike of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Aust. J. Plant Physiol.*, 10, 585-594.
- SWEENEY, G.; JESSOP, R.S. y HARRIS, H. (1992). Yield and yield structure of triticales compared with wheat in northern new South Wales. *Aust. J. Agric.*, 32, 447-53.
- TAKAHASHI, R. y YASUDA, S. (1970). Genetics of earliness and growth habit in barley, pp. 388-408. *Proc. II Int. Barley Genetics Symp.* Pullman, USA.
- THORNE, G.N. (1962). Survival of tillers and distribution of dry matter between ear and shoot of barley varieties. *Ann. Bot.*, 26, 37-54.
- THORNE, G.N. (1966). Physiological aspects of grain yield in cereals. In *The Growth of Cereals and Grasses*. F.L. Milthorpe and J.D. Ivins (eds), pp. 88-105. Butterworths, London.
- THORNE, G.N. (1974): Physiology of grain yield of wheat and barley. Rothamsted Exp. Stn. Report for 1973, part 2, 5-25.
- THORNE, G.N. (1981). Growth and development of cereals and the environment. In *Opportunities for Manipulation of Cereal Productivity*. A.F. Hawkins and B. Jeffcoat (eds.), pp. 204-209. British Plant Growth Regulator Group, Monograph 7.
- TORP, J. (1979). Relations between production of starch and percentage, quality and yield of protein in barley. *Z. Acker-Pflanzenbau*, 148, 367-377.
- TOTTMAN, D.R. (1977). The identification of growth stages in winter wheat with reference to the application of growth regulator herbicides. *Ann. Appl. Biol.*, 87, 213-224.
- UD-DIN, N.; CARVER, B.F. y KRENSER, E.G. (1993). Visual selection for forage yeild in winter wheat. *Crop Sci.* 33, 41-45.
- VARUGHESE, G.; BARKER, T. y SAARI, E. (1987). *Triticale*. CIMMYT, México DF.

- VITKARE, D.G.; PHDNAWIS, B.N. y ATALE, S.B. (1990). Effect of post anthesis ambient temperature on grain filling of early wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Ann. Plant Physiol.* 4, 41-47.
- VOGEL, K.P.; REECE, P.E. y NICHOLS, J.T. (1993). Genotype and genotype x environment interaction effects on forage yield and quality of intermediate wheatgrass in swards. *Crop Sci.*, 33, 37-41.
- WARDLAW, I.F. (1979). The physiological effects of temperature on plant growth. *Proc. Agron. Soc. New Zealand*, 9, 39-48.
- WARREN WILSON, J. (1981). Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. *Ann. Bot.*, 48, 507-512.
- WATSON, D.J. (1947). Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann. Bot.*, 11, 41-76.
- WATSON, D.J.; THORNE, G.N. y FRENCH, S.A.W. (1958). Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Ann. Bot.*, 22, 321-352.
- WELLINGTON, P.S. (1966). Germination and seedling emergence. In *The Growth of Cereals and Grasses*, F.L. Milthorpe and J.D. Ivins (eds.), pp. 3-19. Butterworths, London.
- WEST, C.P.; WALKER, D.W.; BACON, R.K.; LONGER, D.E. y TURNER, K.E. (1991). Phenological analysis of forage yield and quality in winter wheat. *Agron J.*, 83, 217-224.
- WHINGWIRI, E.E. y STERN, W.R. (1982). Floret survival in wheat: significance of the time of floret initiation relative to terminal spikelet formation. *J. Agric. Sci., Camb.*, 98, 257-268.
- WIEGAND, C.L. y CUELLAR, J.A. (1981). Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Sci.*, 21, 95-101.
- WIEGAND, C.L.; GERBERMAN, A.H. y CUELLAR, J.A. (1981). Development and yield of hard red winter wheats under semitropical conditions. *Agron. J.*, 73, 29-37.
- WILLEY, R.W, HOLLIDAY, R. (1971). Plant population, shanding and thinning studies in wheat. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 77, 453-461.
- WINKLER, U. y SCHON, W.J. (1979). Analysis of aminoacid composition of plant proteins following enzymatic hydrolysis. An expressive view to prove their nutritive value. *Z. Acker-Pflanzenbau*, 148, 430-445.

- WINTER, S.R. y MUSICK, J.T. (1991). Grazed wheat grain yield relationships. *Agron J.*, 83, 130-135.
- WINTER, S.R. y THOMPSON, E.K. (1987). Grazing duration effects on wheat growth and grain yield. *Agron. J.*, 79, 110-114.
- WINTER, S.R.; THOMPSON, E.K. y MUSICK, J.T. (1990). Grazing winter wheat. II. Height effects on response to production system. *Agron J.*, 82, 37-41.
- WINGWIRI, E:E y KEMP, D.R. (1980). Spiklet development and grain yield of the wheat ear in response to applied nitrogen. *Aust. J. Agric. Res.*, 31, 637-647.
- WRIGHT, S. (1921). Correlation and causation. *J. Agric Res.*, 20, 557-585.
- WRIGHT, S. (1923). The theory of path coefficients. A reply to Nile's criticism. *Genetics*, 8, 239-255.
- WRIGHT, D. y HUGHES, LL. C. (1987). Relationships between time, temperature, daylength and development in spring barley. *J. Agric. Sci., Camb.*, 109, 365-373.
- WRIGHT, R.; JESSOP, R.S. y MATHESON, E. (1986). Selection of dual purpose/grazing triticales suitable for cool Australian climates. *Proc. Int. Triticale Symp.*, Sidney, pp. 378-383.
- WYCH, R.D.; SIMMONS, S.R.; WARNER, R. L. y KIRBY, E.J.M. (1985). Physiology and development. In *Barley*. D.C. Rasmusson (ed.), pp. 103-125. American Society of Agronomy, Madison.
- YAÑEZ, J.A (1992). Rendimiento de grano y contenido de proteínas en triticales para doble uso de forraje y grano. Tesina de Licenciatura. Universidad de Granada.
- YOUNGNER, V.B. (1972). Physiology of defoliation and regrowth. In *The Biology and Utilization of Grasses*, V.B. Youngner y C.M. McKnell (eds.), pp. 292-303. Academic Press, New York.
- YOSHIDA, S. (1973). Effects of CO₂ enrichment at different stages of panicle development on yield of rice (*Oryza sativa*). *Soil Sci., Plant Nutr.*, 19, 311-316.
- YU, Z-W.; VAN SANFORD, D.A. y EGLI, D.B. (1988). The effect of population density on floret initiation, development and abortion in winter wheat. *Ann. Bot.*, 62, 295-302.
- ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T. y KONZAK, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.*, 14, 415-421.
- ZHAO, K. y LI, X. (1994). Octoploid triticales 40 years in china. III International Triticale Symposium. *Eucarpia*. Lisboa, Portugal.

ZHEN-WEN, YU.; VAN SANFORD, D.A. y EGLI, D.B. (1988). The effect of population density of floret initiation, development and abortion in winter wheat. *Ann. Bot.*, 62, 295-302.

ZILLINSKY, F.J. y BORLAUG, N.E. (1971). Progress in developing triticale as an economic crop. *CIMMYT Res. Bull.*, 17, 1-27.