

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**EFFECTOS DEL DEFICIT HIDRICO SOBRE EL NUMERO Y TAMAÑO DEL
GRANO EN DOS VARIEDADES DE CEBADA CERVECERA**

por

**Jorge Luis FODERE FERRARI
Juan Pedro OTERO MUÑOZ**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.
(Orientación Agrícola Ganadera)**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
1996**

Tesis aprobada por:

Director:

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha:

Autor:

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

- Al Ingeniero Agrónomo Luis Viega por la planificación y ejecución del ensayo, y por su disposición incondicional tanto para el trabajo experimental como para el análisis de los resultados y la posterior corrección de la tesis.
- Al Bachiller Armen Kemanian por la ayuda brindada en la planificación del experimento y por su cooperación en el establecimiento del ensayo.
- A Miriam Ponticorbo por su incansable cooperación en las distintas fases de desarrollo del ensayo.
- A Juan Burgueño por la ejecución del análisis estadístico y por su disposición para las distintas interrogantes que se plantearon.
- A Enrique Coronel por su colaboración en el diseño final del trabajo
- A los Ing. Agr. Esteban Hoffman y Oswaldo Ernst por la corrección de los originales.
- A la Cátedra de Agrometeorología por relevarnos los datos de temperatura durante el ensayo.
- A todos los que colaboraron e hicieron posible finalizar este trabajo, requisito imprescindible para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

TABLA DE CONTENIDOS

PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IV
I. <u>INTRODUCCION</u>	1
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	2
II.A. EFECTOS GENERALES DEL ESTRES HIDRICO	2
II.A.1. <u>Efectos del estrés en el crecimiento de la hoja</u>	2
II.A.2. <u>Efectos del estrés en la fotosíntesis y translocación</u>	3
II.B. EFECTOS DEL ESTRES HIDRICO EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	3
II.B.1. <u>Número de granos por espiga</u>	4
II.B.2. <u>Peso del grano</u>	5
II.B.2.a. Efecto del estrés hídrico en los procesos de crecimiento y desarrollo del grano	6
II.B.2.b. Efecto de la temperatura en los procesos de crecimiento y desarrollo del grano	9
II.C. EFECTO DEL ESTRES HIDRICO EN LOS PROCESOS DE TRANSLOCACION DE NUTRIENTES	10
II.D. EFECTO DEL ESTRES HIDRICO EN LA CALIDAD DEL GRANO	12
III. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	14
III.A. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	15
III.B. DETERMINACIONES.....	15
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	16
IV.A. PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE MATERIA SECA	16
IV.B. NUMERO DE ESPIGAS Y ESPIGUILLAS	20
IV.C. NUMERO DE GRANOS	23
IV.D. PESO DE LOS GRANOS	28
V. <u>CONCLUSIONES</u>	36
VI. <u>RESUMEN</u>	37
VII. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	38

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

<u>Cuadro N°</u>	<u>Página</u>
1. Resumen de los análisis de varianza del peso seco total por planta y del peso seco del forraje y espiga para los diferentes tallos.....	16
2. Peso seco promedio del total de la planta, del forraje, espiga y del resto de la planta para todos los tratamientos en ambas variedades	17
3. Número de espigas por planta para todos los tratamientos	20
4. Resumen del análisis de varianza del número de espiguillas de la planta y de sus tallos	20
5. Número de espiguillas del total de la planta y de la espiga para todos los tratamientos	21
6. Resumen del análisis de varianza del número de granos y porcentaje de fertilidad de las espigas de la planta y de cada una de las espigas de los tallos	23
7. Número de granos promedio por planta y porcentaje de fertilidad de las espigas en todos los tratamientos	23
8. Porcentajes de fertilidad de las espigas de los tallos de ambas variedades para todos los tratamientos.....	24
9. Resumen del análisis de varianza del rendimiento y del peso individual de los granos por planta y para todos los tallos.....	28
10. Número y rendimiento en grano por planta y peso individual de los mismos en todos los tratamientos	29
11. Comparación y evolución de pesos secos de la planta. Tratamientos 2 y 3 vs. testigo.....	30
12. Peso individual de los granos de ambas variedades para todos los tallos del tratamiento 3	33

Figura N°Página

1.	Peso seco de forraje y espiga para los distintos tallos en los 4 tratamientos	19
2.	Número de espiguillas promedio por espiga para todos los tratamientos	21
3.	Número de espiguillas promedio por espiga para los distintos tallos en el tratamiento 3	22
4.	Número de espiguillas promedio por espiga para los distintos tallos en el tratamiento 4	22
5.	Porcentaje de fertilidad de las espigas de la planta para todos los tratamientos	24
6.	Número de granos promedio por espiga en cada tratamiento para todos los tallos	25
7.	Temperaturas del aire máximas y promedio en el período 25/8 - 30/9	26
8.	Porcentaje de fertilidad promedio de los tratamientos para las espigas de cada tallo	27
9.	Rendimiento en grano por planta en ambas variedades para los distintos tratamientos	29
10.	Peso seco de raíz para los distintos tratamientos en ambas variedades	31
11.	Peso seco de granos del tallo principal para todos los tratamientos en ambas variedades	32

I. INTRODUCCION

En los últimos años varias herramientas de manejo se han ido perfeccionando en el cultivo de cebada.

Epoca de siembra, densidad y fertilización, son algunas de las variables que han posibilitado incrementar el rendimiento.

A su vez son muchas las incógnitas que surgen, determinando diferentes orientaciones en la investigación a las realizadas tradicionalmente.

En los últimos años ha ocurrido un cambio climático a nivel mundial, atribuido fundamentalmente al efecto invernadero.

En nuestro país ha repercutido con variaciones en los niveles y en la distribución de las precipitaciones a lo largo del año. Los últimos inviernos han sido particularmente secos y muy fríos, con veranos de muy altas temperaturas con altos niveles de precipitaciones.

En 1994, luego de la cosecha de cebada surge una gran inquietud como consecuencia del gran porcentaje de infertilidad registrada en algunas variedades. Algunas de las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- 1) Altas temperaturas en pre-floración y en floración afectan la fertilidad de la espiga.
- 2) Estrés hídrico pre-floración, floración y post-floración afectan la fertilidad y el llenado de grano.
- 3) La interacción entre estrés hídrico y temperatura afectan la fertilidad y el llenado de grano.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del estrés hídrico al fin de encañazón, floración-comienzos de llenado de grano, y mitad de llenado de grano en dos variedades de cebada, sobre el número de granos por espiga y el tamaño final del grano.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

II.A. EFECTOS GENERALES DEL ESTRES HIDRICO

Antes de discutir los efectos del estrés hídrico en la planta es importante describir los efectos generales que se desarrollan a partir del estrés.

El déficit hídrico disminuye la turgencia de la célula, causando el cierre estomático y una reducción en la división y en el alargamiento celular, disminuyendo como consecuencia el área foliar y la fotosíntesis por unidad de área. Si el estrés hídrico es más severo, el mecanismo fotosintético es dañado, determinando una reducción de la fotosíntesis por unidad de área foliar.

Como consecuencia se afecta el crecimiento de la planta y su rendimiento en grano (19).

II.A.1. Efectos del estrés en el crecimiento de la hoja

El crecimiento de la hoja es sensible al déficit hídrico. En un trabajo donde se analizó el déficit hídrico en plantas de maíz, se obtuvo la mayor tasa de crecimiento foliar cuando los potenciales hídricos de la hoja fueron de $-0,15$ a $-0,25$ MPa; pero a $-0,4$ MPa descendió hasta un 25 % de los valores controlados. Los períodos cortos de estrés pueden disminuir el crecimiento, y las tasas de crecimiento normal pueden retornar cuando los potenciales hídricos son de aproximadamente $-0,2$ MPa. Sin embargo, con déficits prolongados las hojas no crecen a la tasa de crecimiento original al rehidratarlas (27).

En un trabajo realizado en plantas que fueron afectadas por períodos cortos de estrés, la tasa de elongación luego de finalizado el mismo fue mayor al de las plantas no estresadas. El agrandamiento celular fue más sensible al déficit hídrico que la división celular, y se supuso que la mayor tasa de desarrollo luego de la rehidratación se debió al agrandamiento celular (27).

Según Begg (4), una reducción en el crecimiento celular es uno de los efectos primarios del estrés hídrico.

De todas formas, hay diferentes opiniones entre los investigadores sobre cuál proceso se ve más afectado, si la división o el alargamiento celular.

Experimentos en tabaco y otras especies indican que el alargamiento celular es el proceso más sensible al estrés hídrico. Sin embargo, en ciertas condiciones la división y el alargamiento pueden ser afectados de la misma forma.

El nivel de estrés en el cual la planta cesa su crecimiento varía según las condiciones en la cual se desarrolla la planta. Para maíz en macetas, el crecimiento de la hoja disminuyó rápidamente cuando los potenciales fueron de $-0,2$ MPa, y dejó de crecer cuando los potenciales fueron de $-0,7$ y $-0,9$ MPa. De todas formas, datos de campo mostraron que una disminución en el potencial hídrico de $-0,8$ y $-0,9$ MPa afecta muy poco el crecimiento de la hoja y que potenciales de $-0,13$ MPa no afectaron el crecimiento en sorgo (4).

La tasa de alargamiento es más sensible que la fotosíntesis al estrés hídrico.

El ajuste osmótico es un mecanismo que podría ayudar a mantener la turgencia, el alargamiento celular, la apertura de los estomas y la fotosíntesis bajo potenciales hídricos

hojas. Además de reducirse el crecimiento de la hoja, el estrés hídrico puede activar **también** la senescencia de la misma (27).

Según Begg (4), el estrés reduce el área foliar, acelerando la senescencia de las hojas más **jóvenes**.

IIA.2. Efectos del estrés en la fotosíntesis y translocación

La reducción inicial en la fotosíntesis se debe al cierre de estomas y a una menor cantidad **de** CO₂ absorbido (4).

Sin embargo otros estudios sostienen que hay factores sin relación con los estomas que **estarían** afectando la fotosíntesis. Investigaciones hechas en cloroplastos aislados han **demostrado** que se reduce la transformación del oxígeno, la fotofosforilación y el **transporte** de electrones (27).

El autor concluyó que en principio la fotosíntesis disminuye como resultado del cierre de **los** estomas, pero el estrés hídrico prolongado e intenso puede conducir a la disminución **de** la actividad de cloroplastos y enzimas.

Para un estudio de cuatro especies a nivel de campo, la menor actividad fotosintética se debió principalmente a la reducción del área foliar. El estrés hídrico puede disminuir el **área** foliar o el índice de área foliar (IAF), y si el efecto ocurre cuando el IAF es bajo se reduciría la producción de materia seca ya que declinaría el desarrollo del área foliar total (27).

La translocación es menos sensible que la fotosíntesis al estrés hídrico. La merma en la actividad fotosintética no se debe al efecto directo sobre la conducción de los productos fotosintetizados, sino a los efectos sobre la asimilación de carbohidratos (27).

II.B. EFECTOS DEL ESTRES HIDRICO EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

El rendimiento en la cebada se determina por los siguientes componentes: número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga y peso de los granos.

Estrés hídrico en las primeras etapas del ciclo del cultivo reduce el macollamiento, el número de espigas y el número de granos por espiga. En etapas tardías afecta el tamaño del grano, como consecuencia de una disminución en el área fotosintética (1).

Según Aspinall y col. (2), el órgano que se ve más afectado por un estrés hídrico es el que se encuentra en la etapa de máximo crecimiento.

Al comienzo del ciclo del cultivo, se reduce el macollamiento debido a una menor absorción y distribución de nutrientes dentro de la planta.

Posteriormente, durante la espigazón o en momentos previos a la misma se afecta la elongación de los entrenudos.

Previo a la antesis, se restringe el número de granos por espiga, en donde se distorsionan los procesos de iniciación de la espiguilla y formación de gametos (2).

Según Lawlor y col. (20), los estambres y ovarios se diferencian desde la etapa en que el cultivo presenta de uno a dos nudos visibles, posteriormente, desde las 2 semanas pre-floración se produce la formación del grano de polen.

Estrés hídrico durante la antesis o posterior a la misma incide en el tamaño y peso del grano.

En la tesis se analizará el efecto del estrés hídrico durante el ciclo reproductivo, dado que en etapas anteriores es menos frecuente que se den estas condiciones climáticas en el Uruguay.

II.B.1. Número de granos por espiga

El número de granos por espiga surge del número de primordios florales formados por el meristemo apical, de la cantidad de ellos que puedan producir una espiguilla fértil y del porcentaje de ellas que puedan ser fecundadas en la antesis para originar granos viables.

El estrés durante el período vegetativo retrasa el período a la floración, pero si se produce durante la diferenciación de la inflorescencia disminuye el número de espiguillas por espiga. Las deficiencias ligeras de agua, que ejercen poco efecto en el estado 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 (20).

La formación de los granos de polen es especialmente sensible a la escasez de agua en el suelo, por lo que deficiencias hídricas severas impiden la formación de polen fértil conduciendo a la esterilidad masculina, sobre todo en las espiguillas del ápice y la base de la espiga.

La etapa que transcurre desde la diferenciación de la espiguilla hasta la floración es muy sensible al estrés hídrico en el cultivo de cebada. Estrés hídrico en esta etapa produce esterilidad del polen, afecta la división meiótica, la fertilización de los óvulos, y también provoca anomalías en la diferenciación de la espiguilla (31).

Previo a la floración se ve afectado la elongación de los entrenudos y el número de granos. Luego de la misma puede suceder lo mismo, aunque el número de granos por espiga disminuye en una menor proporción al comienzo del llenado de grano, pasando a tener mayor relevancia el descenso en el peso del mismo (2).

El comportamiento en el componente número de granos por espiga varía según la severidad y el momento de la aplicación del estrés.

Con tratamientos de estrés hídrico a lo largo del ciclo del cultivo de trigo, Simane y col. (33), encontraron la mayor susceptibilidad en el tratamiento aplicado en floración, presentando una reducción del 58 % en el rendimiento. Analizando las interrelaciones de los distintos componentes, encontraron que el número de granos por espiga tuvo la mayor correlación con el rendimiento en grano, por lo que la merma del rendimiento en el tratamiento mencionado era explicado por este componente. En todos los casos existió un efecto compensatorio, en donde las espigas con un menor número de granos presentaban granos más pesados a la cosecha.

En un experimento en distintas variedades de cebada donde se aplicó un nivel de estrés hídrico hasta agotar el 90% del agua disponible, Salam y col. (30) obtuvieron el mayor impacto en primera instancia en el número de espigas y luego en el número de granos por espiga. El peso de los granos fue el menos afectado, aunque se debió según los autores a la

compensación por las restricciones en los demás componentes del rendimiento.

Según Mogensen (21) y Aspinall y col. (2), el gran responsable de la merma en el número de granos por metro cuadrado son los tallos tardíos, los cuales producen la mitad de los granos por espiga, y a su vez de menor tamaño que en los tallos normales. Esto es el reflejo de déficits hídricos en etapas anteriores del cultivo, lo que determina en el momento de floración una mayor proporción de tallos tardíos y un acortamiento del ciclo.

Udovenko y Volkova (37), obtuvieron resultados similares, bajo un nivel de estrés hídrico a un 30 % de capacidad de campo. Las diferencias en el número de granos por espiga se reflejaron en los tallos secundarios, en donde el tallo principal no reflejó grandes variaciones frente al tratamiento normal.

Además, dichos autores afirman que los efectos del estrés hídrico se acentúan en mayor medida con períodos cortos de estrés (a un 20% de capacidad de campo; CC), comparado con el estrés prolongado (a un 30 % de CC). Resultados similares fueron encontrados por Aspinall y col. (2). Este comportamiento se dio en todos los componentes del rendimiento.

Contrariamente, Mogensen y Jensen (23); con un estrés hídrico en la floración llegando al final de la misma al punto de marchitez permanente, no encontraron grandes diferencias en el número de granos por espiga frente al tratamiento irrigado normalmente. El menor número de granos por metro cuadrado fue como consecuencia de un menor número de espigas, pero hubo solo un leve descenso en el número de granos por espiga.

Algo similar es el caso analizado por Andersen y col. (1), en donde en un cultivo de cebada bajo tratamiento de estrés hídrico en floración a un 25 % de capacidad de campo, el determinante del menor número de granos por metro cuadrado fue el menor número de espigas, sin ser afectado el número de granos por espiga. La merma del rendimiento fue en un 35% y un 10% en dos años sucesivos.

Analizando los resultados de los diferentes autores, se deduce que existe un efecto del estrés hídrico en el número de granos por espiga. Si el estrés ocurre desde la encañazón, se afecta principalmente la diferenciación de la espiguilla, limitando la capacidad de formar granos dentro de la espiga. Cercano a la floración y dentro de la misma, se afectan los procesos de la formación de los gametos y de la polinización, por lo que aunque sea una espiga con un alto número potencial de granos, las flores no son fecundadas y quedan estériles.

Además, varios autores atribuyen las diferencias en el rendimiento al menor aporte de los tallos secundarios de la plantas estresadas.

Llama la atención los resultados mencionados por Mogensen y Jensen (23) y por Andersen y col.(1), aunque este último es más comprensible considerando el nivel de estrés.

II.B.2. Peso del grano

Dicho componente puede ser determinante del rendimiento, y déficits hídricos en esta etapa del ciclo del cultivo pueden deprimir tanto el rendimiento como la calidad de grano.

El peso final del grano en los cereales de invierno está sujeto en gran forma a una serie de procesos fisiológicos que ocurren en la planta. En las primeras etapas suceden procesos a nivel celular, determinando el potencial de producción del grano. Posteriormente, a medida

que el grano se va desarrollando, si la planta presentó algún tipo de estrés en fases anteriores, se desarrollan una serie de mecanismos compensatorios para mantener el peso del grano estable. Bajo esta situación, es importante los cambios en los patrones de distribución de fotoasimilados dentro de la planta.

II.B.2.a. Efectos del estrés hídrico en los procesos de crecimiento y desarrollo del grano.

El endosperma de los granos de los cereales de invierno pasa por una fase cenocítica, la cual se prolonga durante 3 a 4 días, y a su término se ha formado un tejido meristemático que constituye el origen del endosperma amiláceo. Posteriormente, por divisiones sucesivas, este tejido dará origen a más de 100.000 células en la fase denominada "de proliferación celular" la cual finaliza aproximadamente 15 días post-floración. Estrés hídrico en esta etapa pueden afectar considerablemente el peso en grano. Aquí se determina el tamaño potencial del grano, donde posteriormente en la "fase de expansión" las células acumularán más o menos carbohidratos y proteínas dependiendo de las condiciones de llenado, logrando total o parcialmente concretar el potencial de producción definido en etapas anteriores.

Finalmente prosigue un período de maduración, en donde el grano no acumula más materia seca perdiendo humedad hasta su cosecha (29).

El estrés hídrico afecta diferencialmente a la planta, dependiendo principalmente de la etapa de llenado en que se encuentre el grano cuando se dan las condiciones de estrés. A su vez influye la severidad y duración del mismo, afectando con distinta intensidad según el grado de resistencia que tenga la planta.

Restringiendo el suministro de agua durante las etapas iniciales del crecimiento del grano se reduce el número de células del endosperma, el cual se determina en función de la tasa de producción y del período del mismo.

Cualquier factor que limite la producción de células va a condicionar el futuro peso en grano.

En un trabajo de estrés hídrico en trigo en la etapa de llenado de grano, los resultados demostraron que el estrés hídrico durante la fase de producción celular afecta el número de células del endosperma, como consecuencia de una disminución en la tasa de producción, manteniéndose constante la duración del período. Luego, con el potencial limitado, el mismo se puede alcanzar dependiendo del nivel de translocación de fotoasimilados desde otras partes de la planta (7).

Conceptos similares fueron presentados por Cochrane y Duffus (8), en un experimento con dos variedades de trigo. El peso final del grano fue determinado principalmente por el número de células del endosperma, el cual es gobernado por la tasa de acumulación de materia seca. Según los autores, estas son reguladas por el suministro de fotoasimilados en las primeras dos semanas después de la floración. En el experimento, estrés hídrico en las primeras etapas de llenado determinó un menor número de células del endosperma, siendo éste el factor limitante de producción del grano.

Esto fue demostrado por el hecho que un incremento de fotoasimilados a partir del día 15 post-floración no se tradujo en un incremento en el peso en grano.

Aspinall y col.(2), obtuvieron limitaciones en el peso y tamaño de grano cuando se aplicó estrés hídrico desde la floración.

Obtuvieron el efecto más severo cuando comenzó el estrés hídrico en el momento de la antesis, originando granos muy finos y de poco peso. A medida que se aplicaba el estrés cuando avanzaba el ciclo de llenado, iba presentando mayor peso en grano.

Además, diferenciaron el efecto del estrés hídrico en función de la duración de los períodos de estrés. No obtuvieron limitaciones en el rendimiento bajo períodos cortos de déficits hídricos, contrariamente a lo ocurrido en el momento de la floración. Sin embargo, largos períodos de estrés hídricos en el período de "hinchazón" del grano, determinaron diferencias significativas en el rendimiento comparado con el tratamiento irrigado normalmente.

Diferentes resultados fueron presentados por Udovenko y Volkova (37) para trigo y cebada. En tratamientos con períodos cortos de estrés hídrico (5-6 días) durante el llenado de grano y con una severidad similar que el tratamiento con estrés permanente, el rendimiento en el tratamiento con períodos cortos de estrés fue el más afectado.

Aspinall y col. (2) afirmaron que el efecto del estrés hídrico es más severo al comienzo del proceso de crecimiento, ya que la división celular es el proceso fisiológico más influenciado por el estrés.

Mencionan además, que a pesar de ser imposible apartar la interacción del efecto del estrés hídrico con la temperatura, el primero parece ser el factor limitante, considerando que en el experimento el tratamiento irrigado normalmente sufrió temperaturas superiores a los 40°C y produjo granos de tamaño normal.

Ambientes de baja temperatura y con buena humedad disponible en el suelo enlentecen la división celular pero alargan el período, originando un mayor potencial de sitios de almacenamiento de almidón y por lo tanto fija un mayor potencial del tamaño de grano (7).

Estudiando el efecto del estrés hídrico combinado con la temperatura en trigo, Nicolas y col. determinaron una reducción de un tercio en el número de células del endosperma en el tratamiento estresado. La alta temperatura (28-20 °C día y noche respectivamente) con humedad suficiente prácticamente no afectó el número de células, ya que a pesar de tener un menor período de división celular (14 vs 18 días estrés - control respectivamente) compensó con una mayor tasa de producción (1,93 vs 1,48 mg/día estrés-control respectivamente). Efectos opuestos se obtuvo experimentando estrés hídrico a temperaturas normales de llenado (23-15 °C día y noche respectivamente), constatando una menor producción de células de endosperma limitado por una menor tasa de producción (1,37 mg/día), no variando el período de producción de las mismas.

A su vez, hubo una clara interacción de estrés hídrico con alta temperatura, acentuado además en el tratamiento que transcurría desde el día 7 hasta el 20 post-floración. El efecto se reflejó fundamentalmente en la reducción del período de crecimiento de la fase lineal (período de máximo crecimiento del grano) a solamente 8 días, comparado con el control que prosiguió hasta el día 27 post-floración. La tasa de producción varió según el momento que se aplicó el tratamiento, pero en promedio se mantuvo próximo al control.

Resultados similares encontraron Aspinall (3), Andersen y col.(1) y Mogensen y Jensen (23) en trigo y cebada con diferentes severidades de estrés hídrico aplicadas en distintos

momentos de llenado de grano, logrando el menor peso en grano en los tratamientos que aplicaban estrés hídrico en la fase de máximo crecimiento del grano.

Confirmando los resultados de varios autores, Aspinall (3) determinó un acortamiento en el período de llenado en 4 a 8 días según el nivel de estrés. En fases posteriores, bajo estrés severo, el autor atribuyó las mermas en rendimiento debido a un aumento en la respiración de los tejidos del grano combinado con una inhibición de la síntesis de fotoasimilados, y a una disminución en la tasa de acumulación de materia seca (1,5 vs 2 mg/día, estresado y control respectivamente).

Beiquan y col.(5), sugirieron que la asociación negativa entre la duración y la tasa de llenado tiene una explicación fisiológica. Según los autores, lo determina el tamaño de las células del endosperma; donde un aumento de la temperatura implica un mayor número de células del endosperma, pero de menor tamaño, y más células de menor tamaño probablemente se llenen más rápido que menos células de mayor tamaño. En dicho experimento, encontraron que el peso del grano fue correlacionado positivamente con la tasa de llenado, pero no con el período del mismo.

Analizando el estrés hídrico en los estadios tempranos del desarrollo del grano, Wardlaw (38) observó en contradicción con otros trabajos, un aumento en la tasa de división celular en las primeras etapas del desarrollo.

Según el autor, se debe a que la esterilidad floral conduce a un aumento en la tasa de división celular de los restantes granos dentro de la espiga; pero en etapas posteriores este incremento en el peso en grano se revierte y se produce el cese repentino del crecimiento del grano y por ende un menor peso del grano en la madurez. Aunque en el experimento la senescencia fue acelerada y la fotosíntesis reducida por el estrés, siempre hubo carbohidratos en exceso por las partes superiores de la planta.

Brocklehurst y col. (7), sugirieron que la duración del período de llenado es más determinante del rendimiento que la tasa de llenado.

Simane y col. (33), encontraron que tasa y duración de llenado tienen una correlación positiva con el rendimiento final del grano.

En un experimento en cebada realizado en lisímetros, Aspinall (3) no encontró efecto del estrés hídrico en la tasa de crecimiento del grano.

El autor afirma que la reducción en el rendimiento por un estrés hídrico en el llenado de grano es como consecuencia de un menor período de llenado, sin afectar la tasa de acumulación de materia seca, salvo en condiciones extremas de estrés hídrico.

En un experimento de campo con cebada, Lawlor y col. (20), encontraron un crecimiento similar del grano en los tratamientos estresados y en los irrigados normalmente.

En experimentos en trigo, Mogensen (24) encontró diferencias significativas en rendimiento entre los tallos principales y los tardíos. El autor lo atribuye a un **enlentecimiento** en la tasa de crecimiento de los últimos, trayendo como consecuencia un **menor** incremento de materia seca por día. En los granos de los tallos principales no se obtuvo diferencias significativas en la tasa de acumulación de materia seca comparado con los tratamientos irrigados normalmente, hasta agotar el 91 % del agua disponible del suelo. El autor lo atribuyó a cambios en los patrones de translocación de materia seca, donde a **pesar** de ocurrir una menor producción de fotoasimilados, se cambia la redistribución

dentro de la planta y no se afecta la tasa de llenado.

Sin embargo, se acortó el período de llenado en 10 días, y por ende se obtuvo un menor rendimiento en grano.

Contrariamente a la mayoría de los autores mencionados anteriormente, Lawlor y col. (20) obtuvieron resultados diferentes en un experimento de estrés hídrico en cebada en llenado de grano. Lograron tamaños normales de grano cuando aplicaron estrés hídrico en las primeras etapas de llenado y luego irrigaron normalmente. Mencionan que el descenso de las actividades metabólicas en las primeras etapas del desarrollo del grano afecta el crecimiento y la concentración de P, K y Mg, pero no limita el tamaño potencial del grano. Aunque no se especifica la severidad del estrés, consideran que debe ser de gran intensidad para que se limite el número de células del endosperma.

Resultados similares fueron publicados por Mogensen (22) en trigo, donde tanto la tasa de llenado como el peso del grano fue mayor en los tratamientos estresados que el irrigado normalmente. El autor lo atribuyó al menor número de granos por espiga fijados previamente y por lo tanto una menor fosa a llenar, además compensó con una mayor translocación de fotoasimilados al grano.

II.B.2.b. Efecto de la temperatura en los procesos de crecimiento y desarrollo del grano.

Varias investigaciones reportan que tanto la tasa como la duración del período son influenciados por la temperatura. Wardlaw (38), encontró que las altas temperaturas resultaron de una mayor tasa de desarrollo de grano, con el correspondiente incremento de la tasa de división celular de las células del endosperma.

Resultados similares fueron presentados por Mogensen (24), remarcando la incidencia de la alta temperatura en el aumento de la tasa de llenado, pero con reducción en el período.

Gallagher y col. (15), obtuvieron en tres años consecutivos con temperaturas promedio de 14.9, 16.8, y 20.7 °C tasas de llenado de 1.41, 1.76, y 2.11 mg/día. Hubo una mayor tasa de crecimiento a baja humedad relativa y altas temperaturas. Asimismo se acortó el período de llenado a 45, 38 y 25 días respectivamente. Encontraron que cuando las condiciones de llenado no son las adecuadas, adquiere vital importancia la translocación; por esto que prácticamente no hubo diferencia en peso entre los primeros 2 tratamientos. Asimismo, afirman que el estrés hídrico no presenta gran efecto en la translocación, pero sí hay evidencia que una limitación en la fijación de células del endosperma causa un acortamiento del llenado de grano. Según los resultados, la temperatura tiene un mayor efecto en el acortamiento del período que el estrés hídrico.

En resumen, analizando los trabajos de los distintos autores, la mayoría presentan los mismos conceptos con respecto al efecto del estrés hídrico en las primeras etapas de desarrollo del grano. Hay un concepto generalizado en que bajo estas circunstancias se limita el número de células del endosperma como consecuencia de una menor tasa de llenado, sin ser afectado el período de división celular. Asimismo, coinciden que el estrés hídrico tiene su máximo efecto en el período de máximo crecimiento del grano, en donde, combinado con temperaturas elevadas reduce el período de llenado.

Los resultados contradictorios se pueden explicar por distintas severidades de estrés, o por tratarse de espigas con menos granos.

II.C. EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN LOS PROCESOS DE TRANSLOCACIÓN DE NUTRIENTES.

Bajo condiciones de estrés hídrico en la fase reproductiva del ciclo del cultivo se produce una reducción en el área foliar y en la duración de la misma, limitando la capacidad de aporte de carbohidratos para las instancias finales del ciclo. Por esto, adquiere mucha relevancia las reservas almacenadas en etapas anteriores, con el propósito de removilizarlas y paliar los efectos adversos que provoca el estrés hídrico en el peso del grano.

Tanto en trigo como en cebada, el estrés hídrico provoca una rápida senescencia foliar desde las partes inferiores hacia las posteriores, trayendo como consecuencia una disminución en el suministro de fotoasimilados. Se reduce la capacidad de almacenar los carbohidratos en exceso y surgen cambios en los patrones de distribución de los asimilados desde las partes inferiores hacia el grano, así como de una reducción en la asimilación neta (38).

Esos cambios compensatorios se dan frecuentemente para mantener constante el crecimiento del grano hasta los estadios tardíos de desarrollo. El cese abrupto del crecimiento del grano en plantas estresadas se asocia con el rápido amarillamiento de los tejidos de la espiga y de las hojas, y la disminución del crecimiento es el resultado de una reducción en el suministro de asimilados (38).

El estrés hídrico severo provoca un descenso en la fotosíntesis neta de la hoja bandera, en el nudo superior y la espiga (38).

En un experimento en trigo analizando la removilización de C bajo estrés hídrico desde los primeros días post-floración hasta el día 20, Turner y col. (35) obtuvieron una reducción en el tamaño de las espigas de los tallos 2 y 3, manteniéndose igual al testigo las espigas del tallo 1 y el principal.

Esto se presume como consecuencia de un mayor efecto del estrés hídrico en los tallos formados tardíamente por presentar hojas de menor tamaño y por la redistribución de C y N hacia los tallos principales.

Según Turner y col. (36), esta mayor proporción de tallos tardíos bajo condiciones de estrés hídrico puede deberse a las diferentes densidades de siembra, en donde se obtiene un menor rendimiento a bajas densidades como consecuencia de un mayor porcentaje de tallos tardíos, contrariamente a lo que sucede en condiciones normales de irrigación.

En el trabajo analizado por Turner y col. (35), se redujo un 57% en la asimilación de Carbono post-floración. Según los autores, el cierre estomático (a un potencial hídrico de hoja -1,5 MPa) reduce la tasa de asimilación neta y la acumulación de carbohidratos solubles en el tallo, la cual ocurre entre la anthesis y la fase lineal del desarrollo del grano.

En dicho trabajo, las pérdidas por respiración se incrementaron en 2 tercios comparado con el tratamiento normal. Este gasto energético adicional surge como consecuencia de la mayor tasa de translocación del tratamiento estresado.

Asimismo, hubo una removilización de un 42 y 12 % de C y N al tallo principal y al tallo 1

respectivamente desde los tallos 2 y 3 , frente a un 10 y 8 % en el tratamiento testigo, denotando los cambios en los patrones de distribución dentro de la planta en condiciones de estrés hídrico.

El N total del grano no se afectó, ya que hubo una retranslocación del N absorbido antes de la floración y una menor pérdida del mismo (de un 25 a un 6%). Las pérdidas del N foliar durante el período post-floración han sido documentadas previamente (34). Surgen por la volatilización y las relacionan con la duración del área foliar. Por esto, la rápida clausura estomática y el aceleramiento de la senescencia foliar resulta de una menor pérdida de N en el período de post-floración. Las menores pérdidas de N foliar, junto a la mayor removilización del N absorbido en etapas previas, y por otra parte, la menor absorción bajo condiciones de estrés llevan a mantener el nivel de N en el grano comparado con plantas con humedad suficiente.

Pyare y col. (28), remarcen la importancia en el cultivo de trigo, de la contribución de carbohidratos desde las hojas inferiores bajo condiciones de estrés hídrico, a pesar de ser la hoja bandera y las partes superiores de la planta las principales fuentes de asimilados para el grano en desarrollo.

En un trabajo sobre estrés hídrico en llenado de grano de trigo, el rendimiento se redujo en un 33% frente al testigo, explicado por un menor tamaño de grano. El bajo rendimiento se originó por la pobre contribución de los tallos formados tardíamente, aportando un 75, 60 y 40 % (tallo principal, 1 y 2 respectivamente), con respecto a los mismos tallos del testigo. Además, se produjo un cese temprano del crecimiento en el tratamiento estresado.

Se redujo un 35% el tamaño en los tallos 1 y 2, mientras que un 27 % en el tallo principal (18).

Según los autores, esto se debió al descenso en la actividad fotosintética y a la reducción de la cantidad de asimilados removilizables. Los estomas comenzaron a cerrarse a partir del día 6-10 post-antesis, bajo un potencial hídrico de hoja -1,5 MPa.

Finalmente, concluyeron que la asimilación de C y el descenso en la producción de materia seca se vio más afectado que el proceso de removilización durante el déficit hídrico post-antesis. También concluyeron que el llenado de grano en el tallo principal no es únicamente debido a los carbohidratos almacenados, sino también por la transferencia de reservas desde los demás tallos.

II.D. EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN LA CALIDAD DEL GRANO

El balance entre las tasas de acumulación de hidratos de Carbono y Nitrógeno determina el porcentaje de proteína final del grano.

En los primeros días de llenado, cuando el peso relativo del embrión es mayor, el porcentaje de N en el grano es alto. En las etapas posteriores, el aumento en la tasa de translocación de hidratos de carbono diluye el N translocado. Próximo a la madurez fisiológica, existe un leve incremento del porcentaje de N, independiente de las condiciones de llenado. El mismo responde a la translocación del N desde las hojas senescentes con la consecuente reducción del área fotosintética. Por esto se vería mas afectada la translocación de carbohidratos que la de Nitrógeno (12).

Las condiciones climáticas imperantes durante el período de llenado alteran las proporciones de carbohidratos y de Nitrógeno transportados al grano. Estas tienen mayor impacto en la translocación de carbohidratos, lo que provoca cambios en los efectos de dilución y concentración del nutriente afectando la calidad final del grano (12).

En un experimento de estrés hídrico con distintas variedades de trigo, Beiquan y col. (5) determinaron una correlación negativa entre la concentración de proteína y la tasa de llenado del grano, y positiva con el período del mismo; mientras que el porcentaje de proteína por grano fue correlacionado significativamente solo con la duración del período de llenado (correlación negativa), sugiriendo que la eficiencia de la deposición del N es independiente con la tasa de llenado del grano.

En un experimento en cebada con estrés hídrico en distintas etapas de llenado de grano, Coles y col. (9) encontraron grandes variaciones de N entre los distintos tratamientos, indicando que la concentración final del mismo en el grano no se debe solamente a la dilución de carbohidratos. La mejor utilización de las aplicaciones de N fueron cuando las plantas no fueron estresadas. Eso determinó un menor porcentaje de proteína y una mejor calidad maltera. Asimismo, las modificaciones del grano durante el proceso de malteado relativamente pobre cuando el estrés ocurrió en etapas tardías de llenado, contrariamente a lo ocurrido en las primeras etapas.

Por otro lado, hubo en los distintos tratamientos variaciones en la concentración de beta-canos a la madurez, con valores de 2.39 a 5.34 % (estrés - control respectivamente), y asoció negativamente con el máximo déficit hídrico del suelo.

niveles de beta-glucanos fueron más independientes cuando el estrés hídrico ocurrió del comienzo de la acumulación, pero igualmente decrece si el estrés hídrico se acentuando.

ando el efecto conjunto del estrés hídrico con la temperatura en la cebada, Kalinin 7) obtuvo el máximo porcentaje de proteína (29,3 %) cuando hubo una combinación de temperatura (20-25 °C) con baja humedad del suelo (20-30% de CC), desde el período espigazón hasta el estado de grano lechoso.

uando el efecto del estrés hídrico en la calidad de grano de trigo y cebada, Correl y (10), determinaron una correlación negativa con el nivel de precipitaciones y el nido de proteínas del grano. Asimismo, encontraron una alta asociación positiva entre contenido de proteína en el grano y el número de días por encima de 30 grados en las etapas de llenado.

En trabajos nacionales de cebada, Hoffman y col. (16) observaron diferencias en los momentos de máxima acumulación de materia seca, así como en los niveles de N del grano.

MN599 obtuvo un crecimiento inicial más lento que Clipper, aunque lo superó luego de los 25-28 días, logrando en la cosecha un mayor peso en grano, donde Clipper presentó una reducción lineal en la tasa de llenado luego de éste período.

Con respecto al N, el porcentaje en grano fue inverso al nivel de acumulación de materia seca en ambas variedades.

En los últimos 6 días de llenado, MN599 translocó más MS, logrando un mayor peso cuando se le compara con la otra variedad.

El comportamiento descrito anteriormente determina que cualquier limitante en el período de llenado en MN599, implique un riesgo de no concreción del llenado de grano, considerando que el 16 y 27,9 % de la MS acumulada en el grano se translocó después de los 25 días de llenado en Clipper y MN599 respectivamente.

Existen diferentes variables asociadas al estrés hídrico que determinan variaciones en la calidad del grano.

En un trabajo publicado por Ernst y col. (13) en cebada, se manejaron 2 épocas de siembra, en Julio y Agosto.

La clasificación del grano y su composición fue afectada en la época de siembra tardía.

Esto se asocia a mayor temperatura y déficits hídricos en siembras tardías (13). Asimismo,

Clipper logró un porcentaje de proteína significativamente menor que Bonita, independientemente del manejo y el ambiente.

la publicación de Ernst y col. (14), estos remarcan el efecto negativo de altas temperaturas sobre la duración del período de llenado. El llenado de grano, a partir de determinado nivel no es compensado por aumentos de la tasa de translocación (14). A su vez, altas temperaturas pueden reducir más la cantidad total de almidón almacenado en el grano que la de N, por lo que tenderá a aumentar el rendimiento de proteína en estos casos (14).

Si ocurren altas temperaturas en las primeras etapas de llenado y/o últimas, el efecto será más importante que si ocurren en la mitad del período. El aumento de proteína será más importante si se combina con déficit hídrico (14).

III. MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en el año 1995, en invernáculo de la Facultad de Agronomía, en Sayago.

Se utilizaron dos variedades, Clipper y FNC 6-1, a las cuales se les aplicaron cuatro regímenes hídricos.

Los tratamientos fueron los siguientes:

1 - Testigo - con 18-19 % de humedad en todo el ciclo (70-80 % de CC).

2 - Fin de Encañazón - con 12-13 % de humedad (20-30 % de CC) desde la aparición de la hoja bandera.

3 - Floración-comienzo de llenado de grano - con 12-13 % de humedad desde la aparición de las aristas.

4 - Llenado de grano - con 12-13 % de humedad desde 10 días post-floración.

Todos los tratamientos de estrés (tratamientos 2,3 y 4) tuvieron una duración de 8 días. En dichos tratamientos, el déficit hídrico se generaba en forma gradual, suspendiendo el riego aproximadamente una semana antes del comienzo de los mismos. El inicio de dichos tratamientos se determinó en función del estado fisiológico de los tallos principales.

Los niveles hídricos se controlaban pesando los recipientes día por medio, donde se estimaba el agua perdida por diferencia en peso y posteriormente se reponía hasta obtener el nivel de humedad original.

Cada unidad experimental constaba de tres recipientes (tubos de PVC de 35 cm. de altura * 12 cm. de diámetro) que contenían 436,69 gramos de una mezcla de suelo y arena (2:1).

III.A. MANEJO DEL EXPERIMENTO

La siembra de ambas variedades se realizó el 19 de junio. En cada maceta se sembraron 6 semillas. Luego de la emergencia se ralearon a 3 plantas por maceta.

Semanalmente, se regaba con una solución Hoagland al 50 % junto al agua de riego.

En momentos previos a la floración, se efectuó una aplicación de Lorsban 48-E en una dosis equivalente a 0,3 lt/Ha. Simultáneamente se realizó una aplicación del fungicida Tilt para el control de enfermedades, en una concentración de 1 cm³/lt.

La cosecha se realizó el 10 de Noviembre.

III.B. DETERMINACIONES

Finalizados los tratamientos 2 y 3 se muestrearon las tres plantas de una maceta tomada al azar de dichos tratamientos y una del control en cada uno de los bloques.

Cada planta fue pesada individualmente determinándose el peso seco total por planta luego de poner las muestras a peso constante en estufa a 60 °C.

A cosecha se efectuaron las mismas determinaciones que en las muestras previas para la totalidad de las macetas restantes.

En este caso, cada una de las plantas se separó en sus respectivos tallos y en cada uno de ellos se pesó separadamente la fracción espiga del resto de la planta (forraje).

En cada una de las espigas se contó el número de espiguillas, y luego de trillarlas manualmente se determinó el número de granos y el peso de los mismos. A partir de dicha información se calcularon las variables peso seco por planta, número de granos total por planta y promedio por espiga, fertilidad de la espiga (número de granos / número de espiguillas), rendimiento en grano por planta y peso individual de los granos.

Las mismas variables se obtuvieron para el tallo principal y los macollos 1, 2 y 3.

Una vez retirada la parte aérea se cosecharon las raíces de cada uno de los recipientes, y posterior del lavado y secado de las muestras se calculó el peso de raíz por planta.

Para cada una de las variables que surgen de las determinaciones a cosecha, se efectuó análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM en SAS.

Para la comparación de medias se utilizó la diferencia mínima significativa (DMS) al 95 %.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En las primeras etapas del ciclo, el cultivo se encuentra en la fase vegetativa en un proceso activo de producción de forraje.

Cuando el cultivo llega al "estado de doble arruga", comienza la fase reproductiva, en donde se dan los procesos de diferenciación de la espiga, fijando el potencial de espiguillas hasta la floración.

Luego de haber fijado el potencial de producción resta solamente concretar el mismo a través del número y peso de granos.

A los efectos de realizar un seguimiento de la fisiología del cultivo a lo largo del ciclo se analizaron variables productivas y reproductivas.

IV.A. PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE MATERIA SECA

En el cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados de los análisis de varianza de los pesos secos de forraje y espiga por planta y por tallo a cosecha.

Cuadro 1: Resumen de los análisis de varianza del peso seco total por planta (PST) y del peso seco del forraje (PSF) y espiga (PSE) para los diferentes tallos (*)

	PST	PSFP	PSEP	PSFM1	PSEM1	PSFM2	PSEM2	PSFM3	PSEM3
V	NS	NS	**	**	**	**	**	**	NS
T	**	**	*	**	**	**	**	**	NS
V*T	NS	**	NS	NS	**	*	**	NS	NS
CV	23.16	17	27.84	21.45	29.14	24.62	26.46	32.55	228.35
PROM	6.84	1.13	0.88	0.82	0.7	0.72	0.66	0.61	0.68
DMS									
(P<0,05)	0.425		0.113	0.068				0.081	

(*) T= planta P= Tallo principal M1= Macollo 1 M2= Macollo 2 M3= Macollo 3

El crecimiento acumulado promedio por planta no mostró diferencias entre variedades. Sin embargo, los tratamientos de éstas implicaron diferencias en la producción de materia seca total por planta (cuadro 1). Dichos efectos se debieron al menor crecimiento de las plantas a las que se impuso la restricción hídrica post-floración (cuadro 2).

Cuadro 2: Peso seco promedio del total de la planta, del forraje, espiga y del resto de la planta para todos los tratamientos en ambas variedades.

		Tratamiento			
		1	2	3	4
Peso seco de forraje (g)	Clipper	3,11	2,91	2,38	2,59
	FNC 6-1	3,87	3,95	2,51	3,15
Peso seco de espiga (g)	Clipper	3,86	3,87	2,67	2,54
	FNC 6-1	2,97	3,21	1,29	1,05
Peso seco de forraje + espiga (g) *	Clipper	6,97	6,78	5,05	5,13
	FNC 6-1	6,84	7,16	3,8	4,2
Peso seco del resto de planta (g) **	Clipper	0,6	0,49	1,8	0,65
	FNC 6-1	0,49	0,42	2,19	1,71
PST promedio de ambas variedades (g)		7,49	7,45	6,41	6

* incluye al Tp, M1, M2 y M3

** no incluye Tp, M1, M2 ni M3

Al analizar la distribución de materia seca; es decir relación peso seco forraje/peso seco de espiga y producción individual de los macollos surgen diferencias entre las variedades.

Hubo diferencia en peso seco de forraje y peso seco de espiga en la mayoría de los tallos, tanto entre variedades como entre tratamientos (cuadro 1).

La variedad FNC 6-1 produjo más forraje, mientras Clipper tuvo un mayor peso seco de la espiga en todos los tratamientos. Esto demuestra las diferencias en la partición de materia seca que presentaron ambas variedades.

El menor peso seco de la espiga de FNC 6-1 fue consecuencia de la alta esterilidad que presentó esta variedad, aspecto que se analizará más adelante (cuadro 2).

Analizando los efectos de los tratamientos en la producción de la planta, se puede observar que Clipper en el tratamiento testigo muestra una dominancia marcada en la producción de materia seca del tallo principal frente a los macollos secundarios. Diferente tendencia muestra FNC 6-1 quien presentó una mayor producción de materia seca en los macollos 1 y 2 (figura 1a).

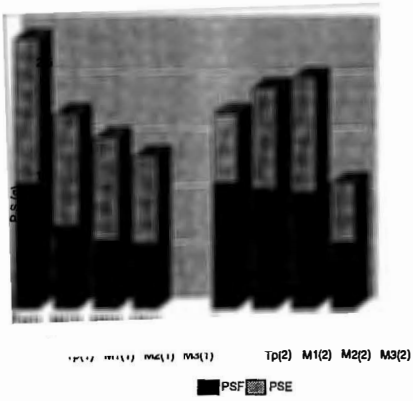
Por otra parte, analizando la partición de materia seca para el mismo tratamiento, surge que en todos los tallos de Clipper la producción de la espiga superó a la del forraje. Resultados opuestos presentó FNC 6-1, acentuado en el tallo principal, en donde la espiga representó solamente el 35 % del total del peso seco del tallo principal (figura 1a).

Resultados similares al testigo en producción y distribución de materia seca se observan en el tratamiento 2 (figura 1b). El estrés hídrico en la etapa de encañazón no produjo ningún efecto adverso en la planta, considerando que no hubo diferencias en ninguno de los parámetros de crecimiento entre estos dos tratamientos.

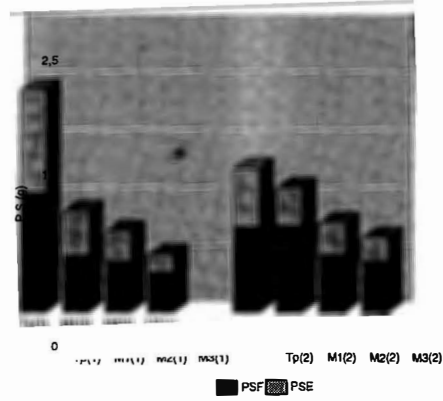
Se constató en ambas variedades una menor producción de materia seca de los tallos analizados (Tp, M1, M2 y M3) en el tratamiento de estrés a comienzos de llenado de grano. Sin embargo, dicho tratamiento presentó en ambas variedades un mayor peso seco del resto de la planta, determinando que en definitiva el tratamiento de estrés en mitad de llenado haya sido el de menor peso seco total de la planta (cuadro 2).

Los pesos de la espiga de FNC 6-1 en los tratamientos de estrés en llenado de grano fueron muy bajos. En el tratamiento de estrés a comienzos de llenado se debió a un bajo número de granos y a bajos pesos de los mismos, siendo este último factor el determinante de las diferencias en peso seco de espiga entre ambas variedades (cuadro 2). En el caso del tratamiento de estrés a mitad de llenado los bajos pesos de la espiga surgen de la alta esterilidad de la espiga en dicho tratamiento.

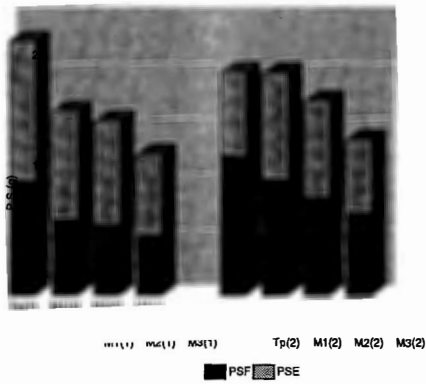
En Clipper, los mismos tratamientos presentaron menor peso de la espiga que el testigo, debido a un menor número y peso de los granos comparados con el mismo.



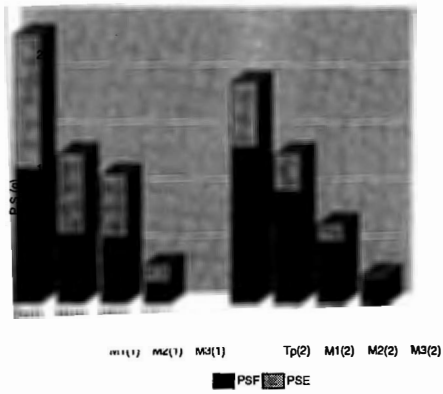
a) Tratamiento 1



c) Tratamiento 3



b) Tratamiento 2



d) Tratamiento 4

Figura 1 : Peso Seco de Forraje y Espiga
para los distintos tallos en los 4
tratamientos.
Clipper (1) y FNC 6-1 (2)

IV.B. NUMERO de ESPIGAS y ESPIGUILLAS

El número de espigas por planta descendió en el tratamiento de estrés a mitad de llenado de grano. En dicho tratamiento las plantas priorizaron la producción de los macollos principales.

En el invernáculo se constató que muchas espigas no lograron desenvainar y otros tallos permanecieron más atrasados en el ciclo, determinando un menor número de espigas (cuadro 3).

Cuadro 3: Número de espigas por planta para todos los tratamientos.

	Tratamiento			
		2	3	4
Clipper	4	3,9	4	3,1
FNC 6-I	3,7	4	3,95	2,7

A pesar de ser el tratamiento aplicado en la etapa reproductiva avanzada, el estrés hídrico durante este período pudo haber interactuado con las altas temperaturas. Esto determinó que el tratamiento de estrés en llenado de grano fuera el más severo.

En el cuadro 4 se muestra el análisis de varianza para el número de espiguillas por planta y por tallo.

Cuadro 4: Resumen del análisis de varianza del número de espiguillas de la planta y de sus tallos (*).

	NET	NEP	NEM1	NEM2	NEM3
V	NS	NS	NS	**	NS
T	**	**	**	**	**
V*T	**	**	**	NS	NS
CV	16,44	17,88	27,41	22,74	19,91
PROM	74,65	24,70	19,88	19,23	17,66
DMS (P<0,05)				1,320	1,505

(*) T = planta P tallo principal M1 = Macollo 1 M2 = Macollo 2 M3 = Macollo 3

Se visualiza una interacción V*T en el número de espiguillas para el total de planta. Este componente se vio afectado en los tratamientos 3 y 4 (cuadro 5).

Cuadro 5: Número de espiguillas del total de la planta y de la espiga para todos los tratamientos.

		Tratamiento			
		1	2	3	4
N° de espiguillas por planta	Clipper	86,3	81,8	67,3	66,4
	FNC 6-1	87,9	90,9	64,3	52,1
N° de espiguillas/Espiga (% frente testigo)	Clipper	100	97,0	78,0	99,0
	FNC 6-1	100	95,0	68,0	81,0

En el tratamiento 4 fue como consecuencia del menor número de espigas, aunque se observa en FNC 6-1 una disminución en el número de espiguillas por espiga.
En el caso del tratamiento 3, el bajo número de espiguillas del total de la planta surge de la baja producción de espiguillas por espiga en ambas variedades.

En la figura 2 se visualiza el número de espiguillas promedio por espigas en ambas variedades.

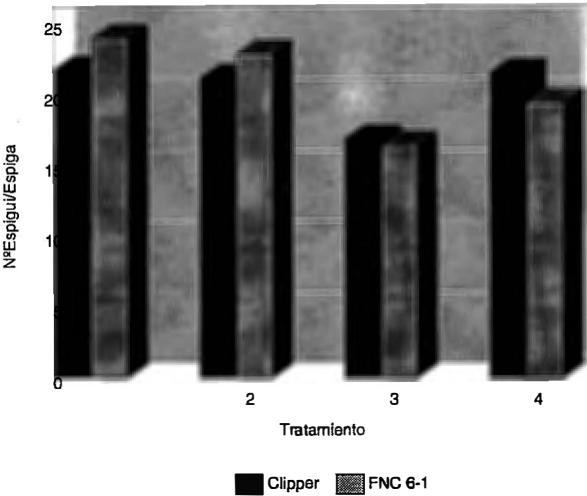


Figura 2: Número de espiguillas promedio por espiga para todos los tratamientos.

En la figura 3 se observan los efectos del tratamiento 3 en el número de espiguillas sobre los distintos tallos.

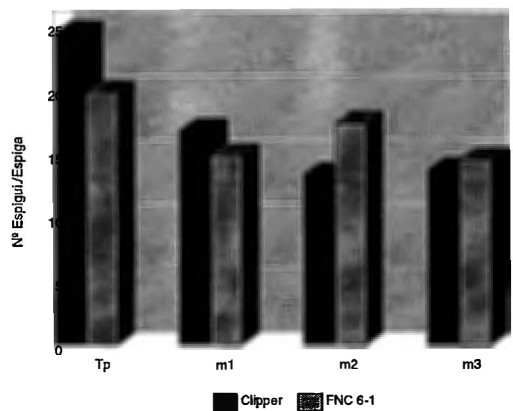


Figura 3: Número de espiguillas promedio por espiga para los distintos tallos en el tratamiento 3.

Cuando se aplicó el tratamiento 3, los tallos tardíos de Clipper se encontraban en pre-floración, etapa donde se concreta el número de espiguillas. Al encontrarse dicha variedad más adelantada en el ciclo que FNC 6-1, los tallos afectados fueron M1, M2 y M3; siendo éstos 2 últimos los más perjudicados (figura 3). En el caso de FNC 6-1, el tratamiento 3 afectó el número de espiguillas de todos los tallos, incluyendo al principal.

A su vez, cuando se aplica el tratamiento 4, el número de espiguillas de los macollos tardíos de FNC 6-1 desciende de forma importante cuando se compara con el tallo principal (figura 4).

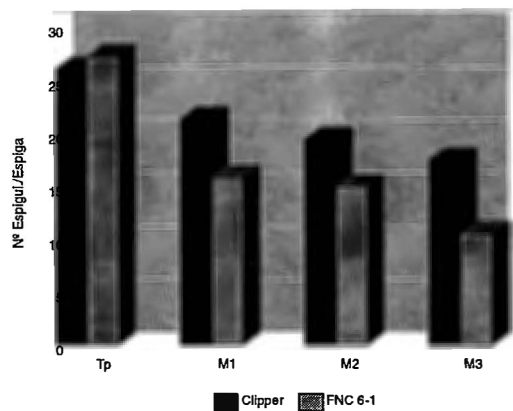


Figura 4: Número de espiguillas promedio por espiga para los distintos tallos en el tratamiento 4.

IV.C. NUMERO DE GRANOS

En el cuadro 6 se presenta el resumen del análisis de varianza del número de granos y fertilidad de las espigas de la planta y de cada uno de los tallos.

Cuadro 6: Resumen del análisis de varianza del número de granos (NG) y porcentaje de fertilidad (F) de las espigas de la planta y de cada una de las espigas de los tallos (*).

	NGT	FT	NGP	FP	NGM1	FM1	NGM2	FM2	NGM3	FM3
V	**	**	**	**	**	**	**	**	NS	**
T	**	**	NS	NS	**	**	**	**	*	*
V*T	**	**	**	**	**	*	**	**	NS	NS
CV	19,52	19,10	29,84	29,06	28,20	26,14	25,16	23,08	16,09	28,51
PROM	49,56	59,03	15,35	61,60	14,15	17,42	14,10	71,41	03,57	12,64
DMS (P<0,005)									1,729	7,255

(*) T = planta P = tallo principal M1 = Macollo 1 M2 = Macollo 2 M3 = Macollo 3

En el cuadro 6 se visualiza una interacción V*T para la mayoría de los tallos. Estos resultados son producto de una serie de factores que se explican a continuación.

En el cuadro 7 se presenta el resumen del número de granos por planta, por espiga y los porcentajes de fertilidad de la misma.

Cuadro 7: Número de granos promedio por planta y porcentaje de fertilidad de las espigas en todos los tratamientos.

	Variedad	Tratamiento			
		1	2	3	4
N° de granos/planta	Clipper	72,3	72,2	46,7	52,4
	FNC 6-1	44,3	54,9	39,7	13,9
N° de granos /espiga	Clipper	18,1	18,6	11,7	17,3
	FNC 6-1	12,1	13,7	10,1	5,2
Fertilidad de la planta (%)	Clipper	83	88	69	79
	FNC 6-1	51	60	61	25

El número final de granos a formarse se determina aproximadamente desde 2 semanas antes de la floración y durante la misma.

Molina Cano (25), menciona que debido a la naturaleza delicada de los granos de polen, sobre todo su poca resistencia a la desecación, el descenso brusco de temperatura o humedad relativa, así como golpes de calor traen como consecuencia el aborto de flores y finalmente la disminución del número de granos por espiga.

En la figura 5 se observa el porcentaje de fertilidad de las espigas de la planta para todos los tratamientos en ambas variedades.

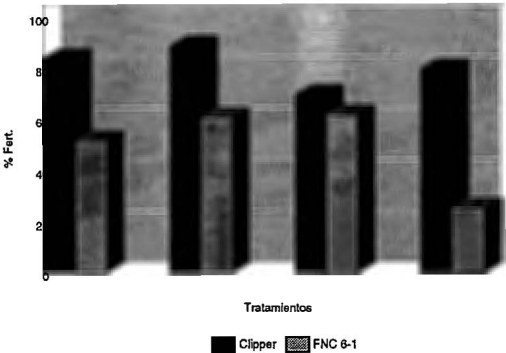


Figura 5: Porcentaje de fertilidad de las espigas de la planta para todos los tratamientos.

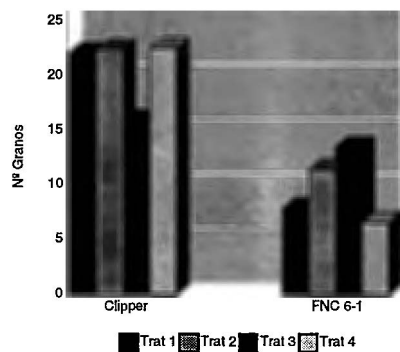
En Clipper, la aplicación del tratamiento en floración y principio de llenado de grano provocó una disminución en la fertilidad total de las espigas de la planta, siendo el tallo principal y el macollo 1 los más perjudicados. Por la misma razón, cuando se aplicó el tratamiento 4 los tallos tardíos fueron los más afectados (cuadro 8). En el cuadro 8 se visualiza el porcentaje de fertilidad de las espigas por tallo en ambas variedades.

Cuadro 8: Porcentaje de fertilidad de las espigas de los tallos de ambas variedades para todos los tratamientos.

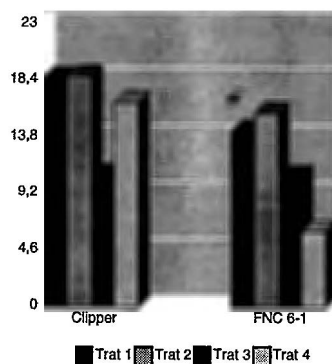
Tipo de tallo	Variedad	Tratamiento			
		1	2	3	4
Tp	Clipper	85,7	89,5	65,4	86,7
	FNC 6-1	31,3	43,3	61,8	25,0
M1	Clipper	85,7	90,5	64,8	77,8
	FNC 6-1	53,7	65,8	55,5	28,1
M2	Clipper	83,7	89,5	70,3	69,0
	FNC 6-1	65,3	67,1	67,8	31,7
M3	Clipper	76,9	82,0	75,7	31,4
	FNC 6-1	56,2	65,6	64,5	1,10

En la figura 6 se visualiza el número de granos promedio por espiga en cada tratamiento para todos los tallos de Clipper y FNC 6-1.

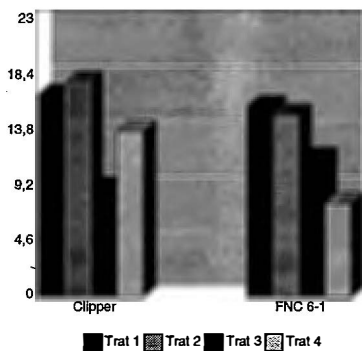
a) Número de granos por Espiga
Tallos principal



b) Número de granos por Espiga
Macollo 1



c) Número de granos por Espiga
Macollo 2



d) Número de granos por Espiga
Macollo 3

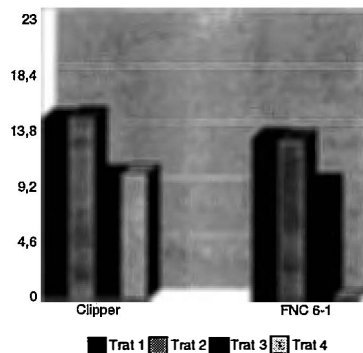


Figura 6: Número de granos promedio por espiga en cada tratamiento para todos los tallos.

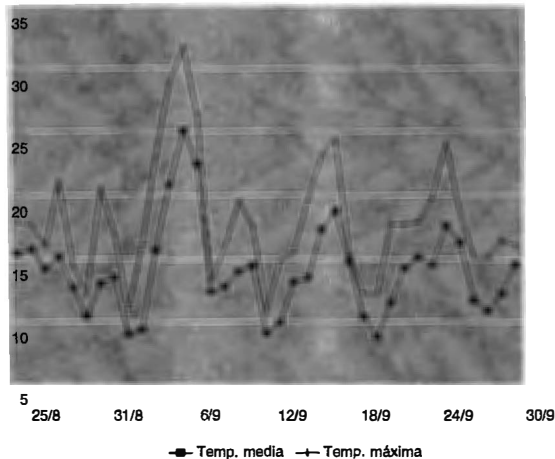
Cuando se analiza el efecto de los tratamientos en la fertilidad de las espigas de FNC 6-1, surgen en todos los tratamientos altos porcentajes de esterilidad (figura 5). Como conclusión, podemos afirmar que el estrés hídrico no es el único factor en determinar estos bajos índices de fertilidad en dicha variedad. Dicho estrés estaría afectando el número de granos en el tratamiento 4; sin embargo para los restantes tratamientos se podría explicar por lo siguiente:

- 1- Las diferencias del ciclo entre ambas variedades determinó distinta fecha de floración, por lo que altas temperaturas en momentos previos y durante la floración de FNC 6-1 podrían haber afectado dicho componente, mientras Clipper se encontraba en etapas más avanzadas.
- 2- Una segunda hipótesis sería que existe una interacción entre temperatura - variedad, por lo que la variedad FNC 6-1 es muy sensible a la alta temperatura en los períodos pre-floración y durante la misma.

Se considera más probable la segunda hipótesis, ya que dentro de la planta había diferencias en los estados fisiológicos de cada tallo, por lo que algunos tallos de FNC 6-1 tendrían que haber presentado un número de granos por espiga normal.

Asimismo, se constató que las mayores temperaturas ocurrieron en los días previos a la floración, por lo cual se tendría que haber afectado algún tallo de Clipper (figura 7).

Las temperaturas del invernáculo eran al menos 5°C mayor que las graficadas en la figura 7.



Fuente: Cátedra de Agrometeorología

Figura 7: Temperaturas del aire máximas y promedio en el período 25/8 - 30/9
Fecha de floración: Clipper 17/9, FNC 6-1 19/9

En la figura 8 se observa la baja fertilidad de las espigas de todos los tallos de FNC 6-1. Cabe destacar el bajo porcentaje del tallo principal, que a pesar de no diferir sustancialmente de los demás tallos, su incidencia sobre el rendimiento final del grano es mayor.

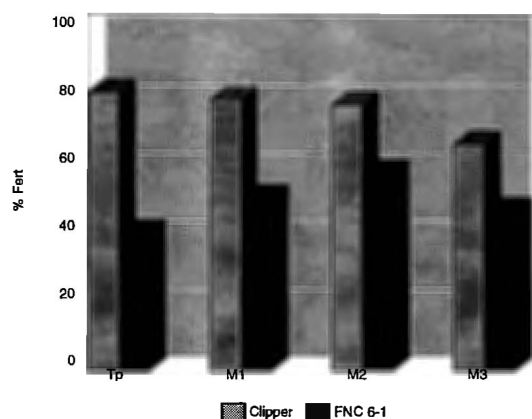


Figura 8: Porcentaje de fertilidad promedio de los tratamientos para las espigas de cada tallo.

Cuando se aplica el tratamiento de estrés a mitad de llenado de grano en FNC 6-1, todavía están en floración algunos macollos secundarios.

Como consecuencia, este tratamiento fue el más severo en el número de granos por espiga para todos los macollos, reflejado especialmente en el macollo 3 quien no produjo ningún grano (figura 6).

Como conclusión, considerando los problemas de fertilidad por las altas temperaturas en FNC 6-1, no se pudo analizar específicamente el efecto del estrés hídrico en el número de granos por espiga.

Contrariamente, en Clipper los resultados avalaron las hipótesis planteadas, en donde el estrés hídrico aplicado en días previos y durante la floración afecta la fertilidad de la espiga.

IV.D. PESO DE LOS GRANOS

En el cuadro 9 se presentan los resultados del análisis de varianza del peso individual de los granos y del rendimiento final por planta.

Cuadro 9: Resumen del análisis de varianza del rendimiento (PSG) y del peso individual de los granos (G) por planta y para todos los tallos (*).

	PSGT	GT	PSGP	GTP	PSGM1	GM1	PSGM2	GM2	PSGM3	GM3
V	**	NS	**	*	**	NS	**	NS	*	NS
T	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**
V*T	*	NS	NS	**	**	NS	**	NS	NS	NS
CV	23,85	17,47	28,76	15,26	27,04	18,19	27,29	18,07	32,02	26,84
PROM	1,95	0,037	0,71	0,042	0,59	0,038	0,53	0,035	0,45	0,034
DMS (P<0,05)		0,0034	0,1031			0,0035		0,0026	0,0723	0,0047

(*) T = planta P = tallo principal M1 = Macollo 1 M2 = Macollo 2 M3 = Macollo 3

Del análisis estadístico surge interacción V*T en la variable peso seco de granos total por planta (cuadro 9).

Analizando el peso individual de los granos de la planta solo se detectan diferencias entre los tratamientos.

Por lo antedicho se concluye que las diferencias en rendimiento en grano entre ambas variedades se debe a las diferencias en el número de granos totales.

Las variaciones en rendimiento entre los tratamientos son atribuibles a diferencias tanto en el número como en el peso de cada grano.

En la figura 9 se visualizan los rendimientos por planta de ambas variedades en los distintos tratamientos.

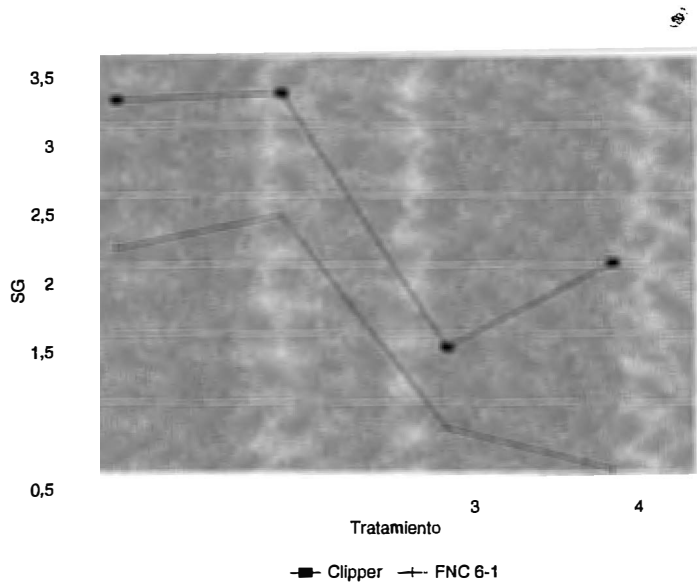


Figura 9: Rendimiento en grano por planta en ambas variedades para los distintos tratamientos.

En el cuadro 10 se presenta el número de granos y el rendimiento total e individual por grano.

Cuadro 10: Número y rendimiento en grano por planta y peso individual de los mismos en todos los tratamientos.

		Tratamiento			
		1	2	3	4
N° de granos por planta	Clipper	72,3	72,2	46,7	52,4
	FNC 6-1	44,3	54,9	39,7	13,9
Rendimiento en grano (g)	Clipper	3,20	3,20	1,40	2,00
	FNC 6-1	2,10	2,40	0,81	0,53
Peso individual del grano (g)	Clipper	0,044	0,045	0,030	0,039
	FNC 6-1	0,048	0,043	0,018	0,033

El tratamiento de estrés a comienzos de llenado de grano fue el que más afectó el peso de cada grano. Asimismo, los tratamientos 1 y 2 son los únicos que no presentan significativas al compararse entre sí (0,046 gr. ; 0,044 gr. ; 0,024 gr. y 0,036 tratamientos 1,2,3 y 4 respectivamente).

Los resultados son acordes con lo presentado por Aspinall y col. (2), y Andersen y col. (1), en donde el mayor efecto del estrés hídrico ocurre cuando se aplica en las primeras etapas del llenado de grano. Déficits hídricos durante este período limita el potencial de producción del grano, a través de una reducción del número de células del endosperma (tamaño de la bolsa). Su efecto se debe a una reducción en la tasa, permaneciendo invariable el período de división celular. Sin embargo, altas temperaturas producen lo contrario, un aumento en la tasa y una reducción en el período. Considerando las altas temperaturas que ocurrieron en estas etapas del experimento, se puede deducir que hubo una interacción de estrés hídrico con temperatura en los tratamientos de estrés en el llenado de grano; por lo tanto se presume que hubo una disminución tanto en la tasa como en el período de división celular. En el trabajo publicado por Nicolas (26), en donde se analizó la interacción estrés hídrico con alta temperatura, se constató una reducción del período de crecimiento del grano a solamente 8 días frente a 27 días del control. El mayor efecto se obtuvo cuando se realizó el estrés hídrico desde el día 7 al 20 post floración.

Por otra parte, se constató un descenso en la producción de materia seca durante el tratamiento a comienzos de llenado, donde se estaría limitando la capacidad de suministro de asimilados para esta etapa de llenado de grano (cuadro 11b).

Cuadro 11: Comparación y evolución de pesos secos de la planta. Tratamientos 2 (a) y 3 (b) vs. testigo.

a)

Variedad	Tratamiento 2	Peso Seco Planta (g) (fin trat 2)	Peso Seco Planta (g) Cosecha	Incremento total (g)	Tasa Diaria (g/día)
Clipper	Testigo	3,33	7,57	4,24	0,064
	Estrés	3,03	7,32	4,29	0,065
FNC 6-1	Testigo	3,16	7,41	3,27	0,050
	Estrés	2,93	7,59	4,52	0,068

b)

Variedad	Tratamiento 3	Peso Seco Planta (g) (fin trat 3)	Peso Seco Planta (g) Cosecha	Incremento total (g)	Tasa Diaria (g/día)
Clipper	Testigo	4,14	7,57	3,43	0,086
	Estrés	3,07	6,83	3,76	0,094
FNC 6-1	Testigo	5,35	7,41	2,06	0,054
	Estrés	3,53	5,99	2,46	0,065

Dado que en Clipper el número de granos por planta en el tratamiento a comienzos de llenado difiere en forma notoria del testigo (cuadro 10), la demanda por asimilados en el tratamiento testigo fue mayor.

Las plantas estresadas del tratamiento 3 demostraron una recuperación luego de finalizado el estrés, produciendo a una mayor tasa que el testigo (cuadro 11b). Considerando el menor número de granos por planta y la mayor tasa de producción, se presume que la producción de carbohidratos no fue una limitante para el llenado luego de finalizado el estrés de dicho tratamiento. Esto demuestra que luego de limitar el tamaño potencial del grano, el peso del mismo no se compensa con una mayor producción de fotoasimilados en las etapas posteriores.

La planta transloca dichos fotoasimilados a los distintos órganos según la demanda de las fosas.

Cuando se analiza el peso seco de las raíces en los distintos tratamientos para ambas variedades surgen cambios en los patrones de translocación (figura 10). Los pesos de raíces que aquí se grafican, carecen de valor estadístico.

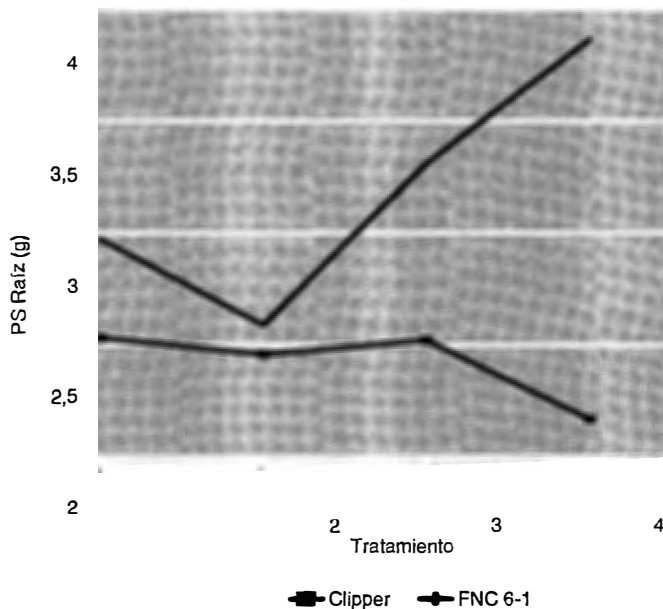


Figura 10: Peso seco de raíz para los distintos tratamientos en ambas variedades.

Comparando las figuras 9 y 10, se observa una relación inversamente proporcional entre peso seco de raíz y rendimiento.

Cuando los rendimientos son menores la planta transloca una menor proporción de asimilados hacia los granos incrementando el peso seco de la raíz.

Si se analiza la distribución de los pesos de grano dentro de la planta, surge en el tallo principal una interacción significativa V*T para la variable peso seco de grano individual.

Para el resto de los macollos, solo se dan diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 9).

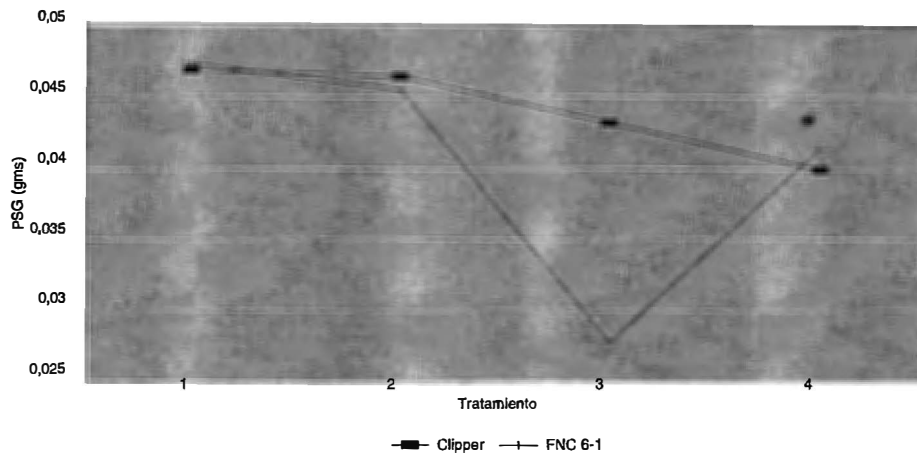


Figura 11: Peso seco de granos de tallo principal para todos los tratamientos en ambas variedades.

Se puede apreciar que en el tratamiento testigo y en el de estrés en encañazón no hubo diferencias en peso ni entre tratamientos ni variedades. Dado el bajo número de granos de FNC 6-1, se podría haber esperado un mayor peso de estos con respecto a Clipper. Sin embargo, los valores de los pesos de grano están próximos a sus potenciales, sin dar lugar a grandes compensaciones en peso.

Por otra parte, en FNC 6-1, el peso en grano descende de forma apreciable en el tallo principal del tratamiento a comienzos de llenado.

En Clipper se constata un descenso de producción frente al testigo, aunque de menor magnitud, efecto que podría deberse a una compensación por el menor número de granos (figura 11).

También se puede haber dado una redistribución de los fotoasimilados dentro de la planta desde los macollos al tallo principal.

Mogensen (24), en un experimento de estrés hídrico en trigo, no obtuvo efecto del estrés hídrico en el rendimiento en los granos de los tallos principales. Los autores lo atribuyeron a los cambios en los patrones de translocación de materia seca, donde se da una redistribución dentro de la planta, priorizando al tallo principal en perjuicio de los macollos secundarios. De todas formas, según el autor, las mermas en el rendimiento son en gran medida como consecuencia de una disminución del período de llenado de grano.

Esto se visualiza en Clipper analizando las diferencias en el peso de los granos entre los macollos 1,2 y 3 y el tallo principal en el tratamiento 3 (cuadro 12).

Cuadro 12: Peso individual de los granos de ambas variedades para todos los tallos del tratamiento 3.

	Tp	M1	M2	M3
Clipper	0,043	0,028	0,019	0,02
FNC 6-1	0,028	0,025	0,014	0,014

Considerando la duración de la fase cenocítica y el ciclo de cada macollo, el tratamiento de estrés a comienzos de llenado afectó al tallo principal prácticamente durante todo el período de división celular; mientras los macollos secundarios, al encontrarse un poco más atrasados, al finalizar el mismo se encontraban aún en plena etapa de división. Lo mencionado determinaría un mayor efecto del estrés en el tallo principal, mientras los macollos secundarios tendrían tiempo de recuperar el número de células del endosperma al finalizar dicho tratamiento.

Sin embargo esto no sucedió, y pudo haber sido como consecuencia a los cambios en la distribución de fotoasimilados.

Asimismo, si se analiza la producción de forraje de los diferentes tallos (figura 1) se observa claramente que en el tratamiento 3 la producción de forraje de Clipper en el tallo principal prácticamente no varía comparada con el testigo, sin embargo, al analizar los restantes macollos se puede apreciar una diferencia importante de producción de forraje, acentuada en el macollo 3. Esto estaría confirmando la hipótesis planteada anteriormente.

Resumiendo el efecto del estrés hídrico en Clipper en el tratamiento 3 se puede deber a:

- El estrés hídrico en dicho tratamiento abarca los procesos de división celular, determinando el potencial de producción del grano. El estrés hídrico en esta etapa limita el tamaño de la bolsa, y aún irrigaciones posteriores no se reflejan en un mayor rendimiento.
- La distribución de los pesos de grano dentro de la planta (predominio marcado del peso en grano del tallo principal frente a los restantes macollos) puede deberse a cambios en los patrones de distribución de asimilados, consecuente de los cambios de la distribución de forraje.

Con respecto a FNC 6-1, el tratamiento de estrés de comienzos de llenado fue el que más afectó el peso individual de los granos en el total de la planta. Considerando el atraso del ciclo de esta variedad, la mayoría de los tallos en el momento de aplicación del tratamiento se encontraban en la etapa de pre-floración; por lo que debería haber presentado pesos de grano similar al testigo. Por otra parte, el número de granos de esta variedad en dicho tratamiento fue inferior al testigo (cuadro 8).

En los diferentes trabajos analizados no se menciona ningún efecto del estrés hídrico en pre-floración en el peso de grano.

Asimismo, la tasa de crecimiento luego de finalizado el tratamiento fue mayor al testigo. Pero si se observa el peso seco de la planta estresada al finalizar el tratamiento 3, surge un valor similar a la medición del testigo luego de finalizar el tratamiento 2. Esto indica que la planta sufrió mucho en el estrés del tratamiento 3 ya que tuvo poco crecimiento en dicho período (cuadro 11).

Además, si se analiza el cuadro 2, se observa que el tratamiento de estrés a comienzos de llenado fue el que presentó menor peso de forraje, con valores muy bajos del tallo principal y del macollo 1 (figura 1). Esto puede haber determinado una limitante de carbohidratos para el llenado de grano. Sin embargo, en la figura 10 se observa en dicho tratamiento un mayor peso seco de la raíz frente al testigo. Probablemente la planta produjo carbohidratos en exceso para el grano y los translocó para la raíz.

El concepto anterior indicaría que el suministro de carbohidratos en FNC 6-1 no fue limitante para el llenado de grano en dicho tratamiento. Probablemente, el menor peso individual de los granos se debió a que la planta al permanecer prácticamente sin actividad fisiológica durante el período de estrés, se atrasó aún más en el ciclo, determinando el desarrollo del grano a temperaturas muy altas.

Esto provoca un acortamiento del período de llenado y por ende un menor peso de grano.

Como se mencionó reiteradamente, FNC 6-1 tuvo serios problemas de fertilidad de las espigas con la aplicación del tratamiento 4, determinando un bajo número de granos totales (cuadro 8). El atraso del ciclo de FNC 6-1 tendría que haber ocasionado menores pesos de granos en dicho tratamiento comparado con el 3, ya que en esta variedad, en el momento de aplicación del tratamiento 4 se estaba determinando el tamaño potencial del grano.

Considerando que el número de granos por espiga no sobrepasó los 8 (con 0 grano en M3), ocurrió con certeza un efecto compensatorio en el peso de grano, enmascarando los efectos de las altas temperaturas y del estrés propiamente dicho.

En el caso de Clipper, el tratamiento a mitad de llenado afectó probablemente la concreción del llenado de grano. Estrés hídrico en estas etapas más avanzadas (aproximadamente 15 días post - floración) afecta la fase de expansión celular. Según Aspinall (3), sería como consecuencia de una mayor respiración de los tejidos, combinado con una disminución en la síntesis de fotoasimilados y en la tasa de acumulación de materia seca.

Dado que el número de granos en Clipper en el tratamiento de estrés a mitad de llenado de grano fue muy similar al testigo para la mayoría de los tallos, las diferencias en peso individual del grano se pueden atribuir al efecto directo del estrés. En el experimento, se obtuvo para todos los macollos una merma en el peso de los granos que osciló entre un 10 y un 20 % frente al testigo de dicha variedad.

Como conclusión; no fue significativa la diferencia en peso individual de los granos entre ambas variedades.

El tratamiento a comienzos de llenado de grano fue el que presentó los menores valores. En Clipper ocurrió como consecuencia de una limitante en el tamaño del grano. En FNC 6-1, probablemente por un acortamiento del período de llenado de grano.

En el tratamiento a mitad de llenado de grano, el menor peso de grano de Clipper se puede explicar por un efecto directo del estrés. En FNC 6-1, a pesar que dicho tratamiento ocurrió en las primeras etapas de llenado, el número de granos fue muy bajo, determinando un efecto compensatorio en el peso del grano.

V. CONCLUSIONES

- Las diferencias en ciclo originadas entre las variedades y en los tallos de la misma planta determinaron que el mismo tratamiento ocurra en distintas etapas fisiológicas del cultivo. Este defasaje en los ciclos distorsionó la comparación de cada tratamiento entre las variedades y dentro de la planta.
- El rendimiento en grano fue mayor en Clipper en todos los tratamientos. FNC 6-1 presentó altos porcentajes de esterilidad en los cuatro tratamientos aplicados. Esto lo atribuimos a la susceptibilidad de esta variedad a las altas temperaturas ocurridas próximas a la floración.
- De acuerdo a lo mencionado, las conclusiones se realizan en base a los resultados obtenidos en la variedad Clipper.
- El tratamiento de estrés hídrico en encañazón no presentó diferencias frente al testigo tanto en el número de granos por espiga como en el peso de los granos. Tampoco se dieron diferencias para las otras variables analizadas.
- El tratamiento aplicado en floración y comienzos de llenado de grano determinó el menor rendimiento en planta, denotando la alta susceptibilidad al estrés hídrico en estas etapas. Dicho estrés afectó tanto el número de granos por espiga como el peso de los granos.
- En el tratamiento a mitad de llenado de grano se afectó el peso en grano, aunque en menor medida que el tratamiento aplicado a comienzos de llenado.

VI. RESUMEN

En el año 1995 se realizó un experimento en un invernáculo de la Facultad de Agronomía. El objetivo del mismo fue evaluar el efecto del estrés hídrico a fin de encañazón, floración-comienzos de llenado de grano, y fin de llenado de grano, sobre el número de granos por espiga y el peso de los granos.

Se utilizaron las variedades Clipper y FNC 6-1.

Se realizaron cuatro tratamientos de estrés hídrico con 2 regímenes de humedad. El tratamiento testigo, con un 18-19 % de humedad en peso (70-80 % de CC) durante todo el ciclo, y los demás tratamientos con un 12-13 % (20-30 % de CC) durante los períodos de estrés.

Se aplicó un tratamiento testigo, un tratamiento de estrés a fin de encañazón, un tratamiento de estrés en floración y comienzos de llenado de grano y un tratamiento a mitad de llenado de grano.

Los efectos del estrés fueron analizados a partir del rendimiento y los componentes del rendimiento por planta y por tallo, así como el crecimiento determinado al momento de cosecha.

La fertilidad de la espiga se vio seriamente afectada en FNC 6-1. Esto se debió a las altas temperaturas sufridas en el invernáculo junto a la alta susceptibilidad de dicha variedad a este factor. Estos resultados enmascararon al efecto del estrés hídrico, por lo que no se pudo analizar dicho efecto en forma aislada.

El tratamiento de estrés a fin de encañazón no arrojó diferencias frente al testigo en el número de granos por espiga y en el peso de los granos.

El tratamiento de estrés en floración y comienzos de llenado, afectó principalmente el número de granos y el tamaño de los mismos.

En el tratamiento de estrés en mitad de llenado de grano, Clipper presentó un peso intermedio entre el tratamiento testigo y el de estrés hídrico a comienzos de llenado de grano.

VII. REVISION BIBLIOGRAFICA

- 1- ANDERSEN M.N, JENSEN C.R and LOSCH R. 1992. The interaccion effects of Potassium and drought in field-grown-barley. Soil and Plant Science 42: 34-44.
- 2- ASPINALL D., NICHOLLS P.B, and MAY L.H. 1964. The effects of soil moisture stress on the growth of barley. Australian Journal Agriculture Research 15: 729-745.
- 3- ASPINALL D. 1965. The effects of soil moisture stress on the growth of barley. Australian Journal Agriculture Research 16: 265-275.
- 4- BEGG J.E. 1980. Morphological Adaptations of Leaves to Water Stress. In TURNER N.C and KRAMER P.J. Adaptations of Plants to Water and High Temperatures Stress, United States, Wiley. pp. 33-42.
- 5- BEIQUAN M., KRONSTAD W. and SAULESCU N. 1994. Grain Filling Parameters and Protein Content in Selected Winter Wheat. Populations: II. Associations. Crop Science 34: 838-841.
- 6- BIDINGER F., MUSGRAVE R.B, FISCHER R.A. 1977. Contribution of stored pre-anthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. Nature 270: 431-433.
- 7 - BROCKLEHURST P.A., MOSS J.P. and WILLIAMS W. 1978. Effects of irradiance and water supply on grain development in wheat. Ann. Appl. Biol. 90: 265-276.
- 8- COCHRANE M.P. and DUFFUS M.C. 1977. Endosperm cell number in Barley. Nature 266: 399-401.
- 9 - COLES G.D., JAMIESON P.D. and HASLEMORE R.M. 1991. Effects of moisture stress on malting quality in Triumph barley. Journal of Cereal Science 14: 161-177.
- 10 - CORREL, R. et al. 1994. The relationship between grain -protein content of wheat and barley and temperatures during grain filling. Australian Journal of Plant Physiology 21 (6): 869-873.
- 11- CHAUDHURI U.N, KIRKHAM M.B and KANEMASU E.T. 1990. Carbon Dioxide and water level effects on yield and water use of winter wheat. Agronomie Journal 82: 637-641.
- 12- ERNST O, BRASSETTI D., HOFFMAN E. y SIRI G. 1993. Caracterización de la curva de acumulación de materia seca y nitrógeno en el grano de cebada cervecera. In Estación Experimental "Dr. Mario A. Casinoni". Cuarta Jornada Nacional de Investigación en Cebada Cervejera. Capítulo 8.

- 13 - ERNST O. BRASSETTI D., ESPASANDIN A., HOFFMAN E. y SIRI G. 1992. Efecto del manejo sobre el rendimiento y calidad de grano en cebada cervecera. In IIIª Reunión Nacional de Investigadores de Cebada. pp 108-116.
- 14 - ERNST O. BRASSETTI D., HOFFMAN E. y SIRI G. 1993. Efecto de las variables de manejo sobre el llenado de grano y deposición de proteína. Epoca de siembra, Variedad, Densidad y Laboreo. In Cuarta Jornada Nacional de Investigación en Cebada Cervecera. Capítulo 10.
- 15 - GALLAGHER J.N., BISCOE P.V., HUNTER B. 1976. Effects of drought on grain growth. *Nature* 264: 541-542.
- 16 - HOFFMAN E. BRASSETTI D. y ERNST O. 1992. Diferencias varietales en la curva de llenado de grano y acumulación de nitrógeno. In IIIª Reunión Nacional de Investigadores de Cebada. pp 77-89.
- 17 - KALININ N.I. 1988. Protein content of spring wheat grain as a function of hydrothermic conditions. *Soviet Agricultural Sciences* 2: 20-33.
- 18 - KOBATA T. PALTA J.A. and TURNER N.C. 1992. Rate of Development of Postanthesis Water Deficits and Grain Filling of Spring Wheat. *Crop Science* 32: 1238-1242.
- 19 - KRAMER P.J. 1980. Drought, Stress, and the Origin of Adaptations. In TURNER N.C and KRAMER P.J. *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. United States, Wiley. pp 7-20.
- 20 - LAWLOR D.W., DAY W., JOHNSTON A.E., LEGG B.J and PARKINSON K.J. 1964. Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. *Journal Agriculture Science* 96: 167-186.
- 21 - MOGENSEN V.O. 1980. Drought sensitivity at various growth stages of barley in relation to relative evapotranspiration and water stress. *Agronomie Journal* 72: 1033-1038.
- 22 - MOGENSEN V.O. 1985. Growth rate of grains and grain yield of wheat in relation to drought. *Acta Agriculture Scandinavie* 35: 353-360.
- 23 - MOGENSEN V.O., JENSEN H.E. 1989. The concept of stress days in modelling crop yield response to water stress. *Agriculture, EUR Report N° 11935*: 13-22.
- 24 - MOGENSEN V.O. 1991. Growth rate of grains of barley in relation to drought. *Acta Agriculture Scandinavie* 41: 345-353.
- 25 - MOLINA CANO J.M. 1989. Genética y mejora. In Molina Cano, J.M. *La Cebada*. Madrid, Ediciones Mundi - Prensa. pp. 65-115.

- 26 - NICOLAS M.E., DALLING M.J., GLEADOW R.M. 1984. Effects of drought and High Temperature on Grain Growth in Wheat. *Australian Journal Plant Physiology* 11: 553-566.
- 27 - PARSONS L.R. 1987. Respuestas de la planta a la deficiencia de agua. In CHRISTIENSEN M.N. and LEWIS C.F. Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables. México, Wiley. pp. 211-231.
- 28 - PYARE, L. et al. 1978. Accumulation and Redistribution Pattern of Dry Matter and N in Triticale and Wheat Varieties Under Water Stress Condition. *Agronomy Journal* 70: 623-626.
- 29 - RAMOS J.M. y GARCIA del MORAL L.F. 1989. Fisiología de la producción de grano. In Molina Cano, J.M. La Cebada. Madrid, Ediciones Mundi - Prensa. pp. 137-178.
- 30 - SALAM A. et al. 1991. Soil moisture regime effects on productivity of some barley genotypes. *Annals of Agriculture Science* 36 (1): 121-127.
- 31 - SALTER P.J. and GODE J.E. 1967. Crop Responses to water stress at different stages of growth, Cereals. United States, Common and Wealthy Agricultural Burdeaux. pp. 33-35.
- 32 - SAVIN R. and NICOLAS M.E. 1994. Effects of short period of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivar. *Australian Journal Plant Physiology* 23: 0-10.
- 33 - SIMANE B., STRUIK P.C, NACHIT M.M and PEACOCK J.M. 1993. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica* 71: 211-219.
- 34 - SPRATT E.D. and GASSER J.K. 1970. Effects of fertilizer - Nitrogen and Water Supply on Distribution of Dry Matter and Nitrogen between the different parts of Wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 50: 613-625.
- 35 - TURNER N.C, KOBATA T. , FILLERY I.R. and PALTA J.A. 1994. Remobilization of Carbon and Nitrogen in Wheat as Influenced by Postanthesis Water Deficits. *Crop Science* 34: 118-124.
- 36 - TURNER NC, PRASERTSAK P, SETTER TL. 1994. Plant spacing, density, and yield of wheat subjected to postanthesis water deficits. *Crop Science* 34 (3): 741-748.
- 37 - UDOVENKO G.V. VOLKOVA A.M. 1991. Morphological and physiological analysis of response of barley and wheat to different stresses. *Journal of Cereal Science* 14 (2): 161-177.
- 38 - WARDLAW I.F. 1971. The Early Stages of Grain Development in Wheat: Response to Water Stress in a Single Variety. *Australian Journal Biologie Science* 24: 1047-1055.