

EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE LA TRANSMISION  
DE LA ESCALDADURA DE LA CEBADA EN MEXICO

por Magda Carvajal, \*  
Enrique Riojas Guadiana \*\*y  
Manuel Mendoza \*\*\*

EFFECT OF SOWN DENSITY OVER THE TRANSMISSION OF BARLEY  
LEAF BLOTCH IN MEXICO

## SUMMARY

Fields trials were realized in the Agricultural Research Station of the Valley of Mexico (INIA), in order to examine the effect of plant density on the transmission and severity of the disease caused by *Rhynchosporium secalis*, using Mexican barley cultivars. The Mexican barley varieties were Porvenir, Centinela, Cerro Prieto and the experimental lines 9592-G and 9620-B. Four plant densities were used during 2 different years. The results revealed that plant density has no effective role concerning scald transmission.

## RESUMEN

Se realizaron experimentos en el Campo Experimental Agrícola del Valle de México (INIA), para examinar el efecto de la densidad de siembra sobre la transmisión y severidad de *Rhynchosporium secalis*. Se usaron las variedades de cebada mexicana Porvenir, Centinela y Cerro Prieto y las líneas 9592-G y 9620-B. Se siguieron 4 densidades de siembra durante dos años diferentes. Los resultados indican que no hay un efecto de la densidad de siembra sobre la transmisión de la escaldadura.

## INTRODUCCION

Como una de las formas de la transmisión de la escaldadura de la cebada es por salpicadura de agua con esporas, la distancia entre las plantas es determinante para que las esporas alcancen a una planta hospedante sana a partir de una planta enferma.

\* Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-233, México, D.F. 04510.

\*\* Campo Experimental Agrícola del Valle de México El Horno (INIA), Chapingo, Estado de México, 53230.

\*\*\* Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 04510.

La dispersión de esporas de *Rhynchosporium secalis* (Oud.) Davis sucede durante la estación de lluvia (Ozoe, 1956; Skoropad, 1960). El proceso de dispersión por salpicadura ha sido investigado por Gregory *et al.* (1959).

Hirst y Stedman (1963) describieron un proceso que ocurre cuando las gotas de lluvia golpean las superficies secas y dispersan esporas por sacudidas mecánicas o movimientos radiales del aire, anteriores a la gota impactada. Pero en sus investigaciones, Stedman (1980) concluye que ninguna espora de *R. secalis* fue dispersada como partícula seca. Por otro lado, Liddell y Wooten (1957) demostraron que las gotas de agua acarreaban esporas secas de *R. secalis* junto con esporas de *Claudosporium* spp. y *Alternaria* spp.

El fenómeno de transporte de esporas secas en la superficie de gotas de agua fue explicado por Davies (1961) y Jarvis (1962), al referirse a esporas dispersadas generalmente por viento. El acarreo de esporas de *R. secalis* en la superficie de gotas salpicadas, sugiere que la gota que escurre en la superficie de hojas infectadas, puede coleccionar y transportar esporas (Fig. 1).

Las gotas de agua que corren sobre hojas húmedas infectadas coleccionan muchas esporas que se distribuyen en toda la gota de agua y no sólo en la superficie. Por otro lado, las gotas de lluvia aisladas pueden acarrear esporas secas que se mantienen en el aire y contribuyen a una dispersión a grandes distancias (Stedman, 1980, a, b). En los estudios realizados tanto por Jeger *et al.* (1981) en la región de Gales de la Gran Bretaña, como los realizados por Jordan *et al.* (1981, comunicación personal) en Inglaterra, siempre se ha considerado la densidad de siembra como un factor muy importante para la diseminación del hongo; las cebadas sembradas menos densamente tuvieron más infección en la hoja bandera y en la inmediata inferior, al momento de la cosecha, respecto a parcelas sembradas más densamente.

Nuestra hipótesis de trabajo para la presente investigación, es que una alta densidad de siembra evitará que el agua que salpique, avance largas distancias, ya que las plantas están tan juntas que forman una barrera para que una espora viaje a gran distancia. Por otro lado, sembradas las plantas en una densidad de siembra menor, no presentarán un obstáculo para que las esporas viajen en gotas de agua de una planta enferma a otra sana. Como la cantidad de lluvia y la temperatura son factores determinantes para que la densidad de siembra tenga importancia, se hizo un registro al respecto, pues el efecto de ambos factores en Inglaterra es más marcado que en México.

## MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó en el Campo Agrícola Experimental del Valle de México, El Horno, en Chapingo, Estado de México, durante los años 1981 y 1982.



Figura 1: Gota de agua depositada en una lesión de escaldadura de la cebada.

El 17 de febrero de 1981 se sembraron 2 líneas de cebada 9592-G y 9620-B y la variedad Porvenir, en 48 parcelas, poniendo alrededor de ellas una barrera de avena Páramo V-80. La fuente de inóculo se puso el 24 de marzo de 1981 y consistió en una caña de rastrojo infectado con escaldadura en posición diagonal sobre las hileras de la parcela. No se usó aspersión de un cultivo puro del hongo debido a que se rociaría en forma uniforme y no se sabría el punto de partida del patógeno y el efecto de la densidad de siembra sobre su dispersión.

Cada parcela se formó de 4 hileras de cebada de 2m de largo y una separación entre hileras de 40 cm. Las 4 densidades de siembra o tratamientos fueron con 5g de semilla por hilera, o sea equivalente a 100 kg/ha, siembra llamada "a chorrillo" y a 5, 10 y 15 cm entre semilla y semilla. Lo que se consideró como unidades experimentales fueron las 48 parcelas con sus 4 surcos cada una. Hubo 4 repeticiones de cada tratamiento. El parámetro de enfermedad fue el porcentaje de la superficie foliar afectada, en el promedio dado por 50 hojas tomadas al azar de 10 plantas de cada parcela, o sea 5 hojas por cada planta.

El 20 de mayo se puso más inóculo y se deshirió, se quitó la barrera de avena y se cosechó el 7 de julio de 1981. El experimento se repitió en 1982, con la diferencia de que se recorrió la fecha de siembra al 16 de junio para hacerla coincidir con el período de lluvia. El planteamiento de los tratamientos fue igual, pero las variedades fueron Centinela y Cerro Prieto y se repitió la línea 9620-B, teniendo nuevamente 4 densidades de siembra: con 5 g de semilla por surco sembradas a chorrillo y a 5, 10 y 15 cm de distancia entre semillas. Ya sembradas las parcelas, se aplicó el inóculo el 20 de julio y el 20 de agosto, cosechándose el 20 de septiembre de 1982.

Para las siembras de los experimentos de 1981 y 1982, se determinó la distribución aleatoria de las parcelas, aplicando el modelo estadístico completamente al azar. Después, al igual que en 1981, se tomaron 10 plantas de cebada por parcela y a 50 hojas se les midió el porcentaje de área foliar dañada; se cortaron 10 espigas maduras para revisar el número de semillas, las cuales se pesaron y se determinó su grado de daño.

En relación a la cuantificación de síntomas, se midió el porcentaje de área foliar escaldada con base en las claves de registro para enfermedades de plantas de James (1971 a,b) (Fig. 2). Para utilizar esta clave se seleccionó al azar una muestra de macollos y se registró el porcentaje del área en el haz de la hoja bandera y de las 4 siguientes; de este modo al alcanzar la planta la madurez lechosa, se registró el porcentaje de área foliar escaldada en el estado de crecimiento (EC) de 11.1 de la escala de Feekes. El estado de crecimiento y la posición de la hoja se anotaron para que las comparaciones entre cultivos fueran válidas.

Para registrar la severidad del daño, se comparó la hoja de cebada con el diagrama de la figura 2, usando las áreas negras como una guía en el registro del porcentaje de lámina foliar cubierta con pequeñas regiones aisladas y las secciones

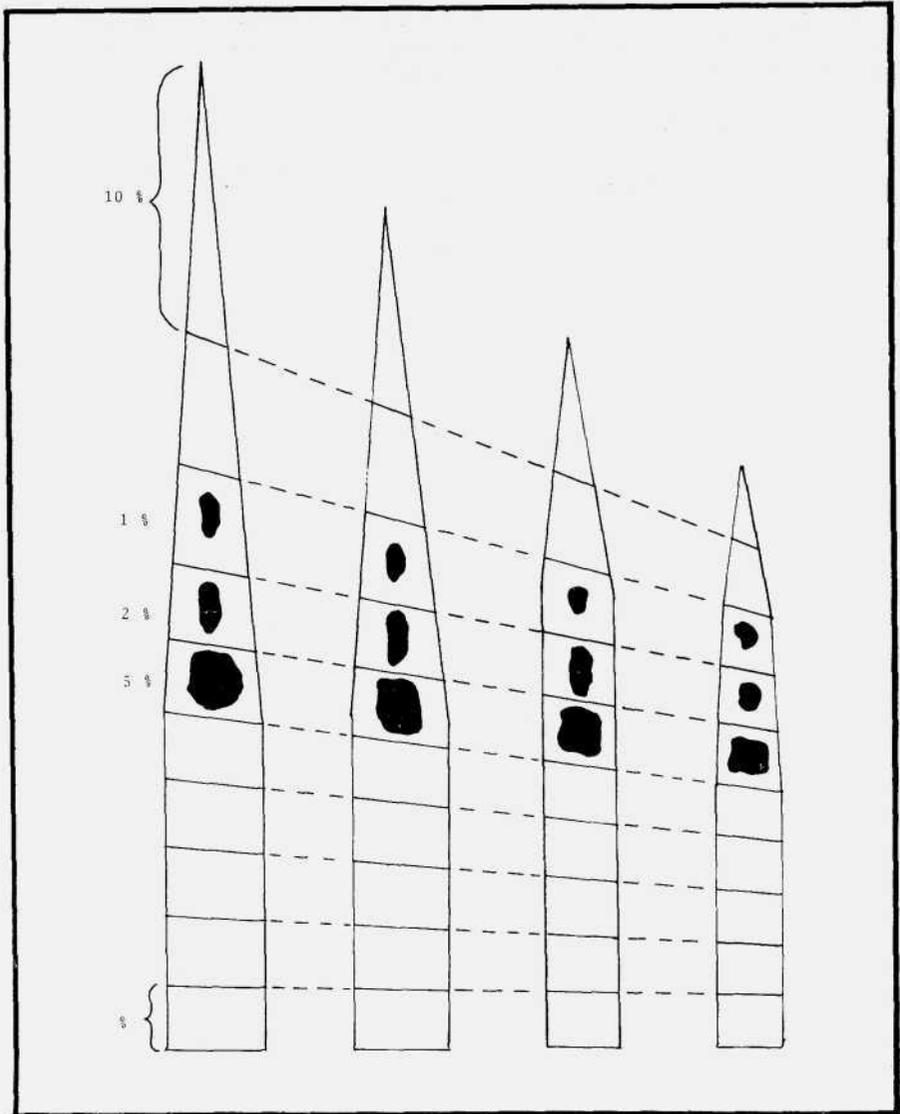


Figura 2: Cuantificación del área foliar escaldada de la cebada, basada en la Clave de Registro N° 1.1 de James (1971 a,b). Cada división representa el 10% de área y las áreas negras el 1,2 y 5% del área de cada hoja.

correspondientes al 10%, para las lesiones más grandes que coalescen. El área afectada incluyó las lesiones y cada amarillamiento asociado con una lesión. Las diferencias en enfermedad pueden reflejarse en comparaciones ya sea de los valores de la hoja bandera o de los de la segunda hoja.

#### *Modelo estadístico*

Para realizar el estudio de cada variedad de cebada por separado, se utilizó el modelo de diseño completamente al azar, definido por la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

donde  $Y_{ij}$  = representa el porcentaje de superficie foliar afectada, promedio de la  $j$ -ésima parcela con  $i$ -ésima densidad de siembra.

$\mu$  = representa una media global de la variable de respuesta.

$T_i$  = representa el efecto debido al empleo de la  $i$ -ésima densidad de siembra.

$E_{ij}$  = representa un término de error aleatorio sobre el cual se hacen las suposiciones de normalidad, media cero, varianza constante e independencia.

En este trabajo se tiene que para cada variedad:

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

Debido a que muchas semillas no germinaron, se decidió analizar los datos recolectados con un modelo desbalanceado. Así pues, la modificación es que ahora  $J = 1, \dots, j$  y  $n_i$  es el número de unidades experimentales donde fue posible observar la variable de respuesta para el tratamiento  $i$ -ésimo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El porcentaje de área foliar escaldada en las líneas y variedades de cebada en 1981 y en 1982 fue mínimo (Tabla 1), lo que indica que la infección fue de poca consideración en los 2 años.

En 15 de las 48 parcelas, las semillas no presentaron una germinación adecuada y como no coinciden con una misma línea o variedad, se considera que la falta de germinación se debió a la sequía, más que a la calidad de la semilla y además se perdió semilla debido a la predación de los pájaros.

En relación al experimento de 1981, en la figura 3 se observa la cantidad de lluvia y la temperatura en el período de siembra del 17 de febrero al 7 de julio. En

TABLA 1. Porcentaje de área foliar dañada por escaldadura en los experimentos de densidad de siembra de 1981 y 1982.

| Año  | Línea o Variedad | No. de parcela (4 repeticiones) | Tipo de siembra | Densidad de siembra (No. convencional) | Porcentaje del área foliar escaldada (x de 200 hojas) |
|------|------------------|---------------------------------|-----------------|--|---|
| 1981 | Porvenir         | 1 a 4                           | Chorrillo       | 1                                      | 1.6   |
|      |                  | 5 a 8                           | A 5 cm          | 2                                      | 4.35  |
|      |                  | 9 a 12                          | A 10 cm         | 3                                      | 0.9   |
|      |                  | 13 a 16                         | A 15 cm         | 4                                      | 0.98  |
|      | 9592-G           | 17 a 20                         | Chorrillo       | 1                                      | 0.15  |
|      |                  | 21 a 24                         | A 5 cm          | 2                                      | 1.03  |
|      |                  | 25 a 28                         | A 10 cm         | 3                                      | 3.2   |
|      |                  | 29 a 32                         | A 15 cm         | 4                                      | 1.4   |
|      | 9620-B           | 33 a 36                         | Chorrillo       | 1                                      | 0.05  |
|      |                  | 37 a 40                         | A 5 cm          | 2                                      | 0.63  |
|      |                  | 41 a 44                         | A 10 cm         | 3                                      | 0.78  |
|      |                  | 45 a 48                         | A 15 cm         | 4                                      | 0.98  |
| 1982 | 9620-B           | 1 a 4                           | Chorrillo       | 1                                      | 0.86  |
|      |                  | 5 a 8                           | A 5 cm          | 2                                      | 0.66  |
|      |                  | 9 a 12                          | A 10 cm         | 3                                      | 0.23  |
|      |                  | 13 a 16                         | A 15 cm         | 4                                      | 0.30  |
|      | Centinela        | 17 a 20                         | Chorrillo       | 1                                      | 0.21  |
|      |                  | 21 a 24                         | A 5 cm          | 2                                      | 1.79  |
|      |                  | 25 a 28                         | A 10 cm         | 3                                      | 0.76  |
|      |                  | 29 a 32                         | A 15 cm         | 4                                      | 0.41  |
|      | Cerro Prieto     | 33 a 36                         | Chorrillo       | 1                                      | 0.65  |
|      |                  | 37 a 40                         | A 5 cm          | 2                                      | 1.02  |
|      |                  | 41 a 44                         | A 10 cm         | 3                                      | 0.32  |
|      |                  | 45 a 48                         | A 15 cm         | 4                                      | 0.53  |

febrero, marzo, abril y mayo, nunca hubo 2 mm de lluvia durante 3 días seguidos, y la temperatura fue alta (entre 23 y 26°C de promedio), condiciones que son desfavorables para la escaldadura de la cebada y aunque hubo rastrojo infectado en cada parcela, la infección no prosperó. En junio el promedio de lluvia fue de 3.25 mm con temperatura de 23.3°C y aunque la humedad relativa es alta, llovió poco; se cosechó en la primera semana de julio. Las plantas adultas y con espiga son menos susceptibles a la sequía que las plántulas, que en este caso las sufrieron.

La humedad relativa necesaria para la infección por el hongo es a partir de 60% (Carvajal, 1986); en febrero fue favorable, con 64%, en junio con 78% y en julio con 83.7%. Esta humedad relativa en febrero hizo que hubiera algo de infección en las plántulas que mostraron daño en las hojas 4 y 5 (correspondientes al primer mes de la plántula con EC 6 y 7, según la escala de Feekes), pero la alta temperatura posiblemente inhibió una mayor infección. En general, se puede decir que 1981 fue un año seco de febrero a mayo, lo que no favoreció la transmisión de la escaldadura.

En 1982 (Fig. 4) se sembró en época de lluvia, pero la situación no cambió, pues nunca se presentó una precipitación de 2mm por hora durante 3 días seguidos, que son las condiciones ideales para la infección por *Rhynchosporium secalis*, la temperatura promedio de 18.5°C de este período hizo que las gotas de agua se secan rápidamente y aunque la humedad relativa fue favorable, alrededor de 65%, esto no evitó que el exceso de calor inhibiera la infección. Aunque el 29 de junio llovió 23.2 mm, esto no bastó ya que las condiciones deben persistir por 3 ó 4 días para que favorezca la infección. Es posible que no hubiera suficiente inóculo en el medio, pero como en el experimento se puso una fracción de rastrojo infectado por parcela, debería haberse presentado más infección que la que hubo y si no fue así, se puede considerar que se debió a que las condiciones climáticas no la favorecieron.

Las líneas y variedades (Tabla 2) no presentaron diferencias significativas respecto al efecto de las densidades de siembra. Se observó que no hubo efecto de la densidad de siembra en la diseminación de *R. secalis* por salpicadura, pues no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) ni en la primera variedad. La primera variedad es casi significativa ( $P = 0.075$ ), sin embargo, no llega a serlo y las demás variedades están lejos de ser significativas.

La información analizada apoya la hipótesis de que las 4 densidades incluídas en el estudio, tienen el mismo efecto en el daño por escaldadura de la cebada, o sea que no son un factor determinante que influya sobre la transmisión de la escaldadura de unas hojas a otras. Esto sucede en México quizá por las condiciones más calientes y secas presentes (Figs. 3 y 4), pero en Inglaterra este factor sí afecta, debido a la gran humedad del medio que hace que la salpicadura y su alcance estén más determinados por la densidad de siembra. Probablemente el patógeno tiene un umbral de respuesta a la densidad de siembra mucho mayor y

TABLA 2. Datos del análisis de varianza de las líneas o variedades de cebada del experimento de densidad de siembra.

| Variedad o línea     | Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F    | P     |
|----------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|------|-------|
| Porvenir de 1981     | Tratamientos        | 27.25             | 3                  | 9.08             | 2.95 | 0.075 |
|                      | Error               | 30.75             | 10                 | 3.08             |      |       |
|                      | Total               | 58.00             | 13                 |                  |      |       |
| 9620-B de 1981       | Tratamientos        | 2.20              | 3                  | 0.73             | 1.52 | 0.675 |
|                      | Error               | 0.19              | 4                  | 0.48             |      |       |
|                      | Total               | 2.39              | 7                  |                  |      |       |
| 9592-G de 1981       | Tratamientos        | 14.49             | 3                  | 4.83             | 5.37 | 0.375 |
|                      | Error               | 5.41              | 6                  | 0.90             |      |       |
|                      | Total               | 19.90             | 9                  |                  |      |       |
| 9620-B de 1982       | Tratamientos        | 0.57              | 3                  | 0.19             | 0.78 | 0.5   |
|                      | Error               | 2.90              | 12                 | 0.24             |      |       |
|                      | Total               | 3.47              | 15                 |                  |      |       |
| Centinela de 1982    | Tratamientos        | 5.92              | 3                  | 1.97             | 1.95 | 0.10  |
|                      | Error               | 12.12             | 12                 | 1.01             |      |       |
|                      | Total               | 18.04             | 15                 |                  |      |       |
| Cerro Prieto de 1982 | Tratamientos        | 1.03              | 3                  | 0.34             | 0.81 | 0.5   |
|                      | Error               | 5.11              | 12                 | 0.43             |      |       |
|                      | Total               | 6.13              | 15                 |                  |      |       |

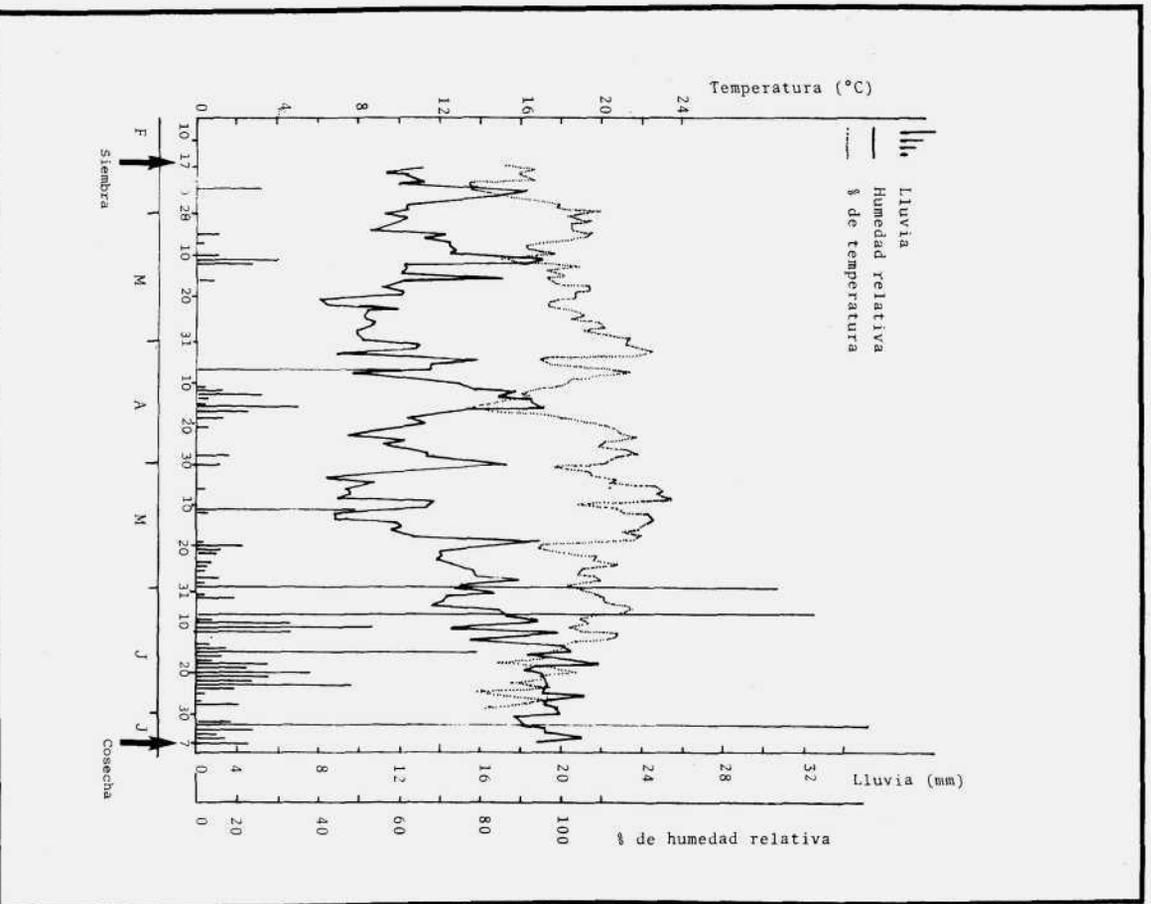


Figura 3: Condiciones climáticas durante el experimento de densidad de siembra en 1981.

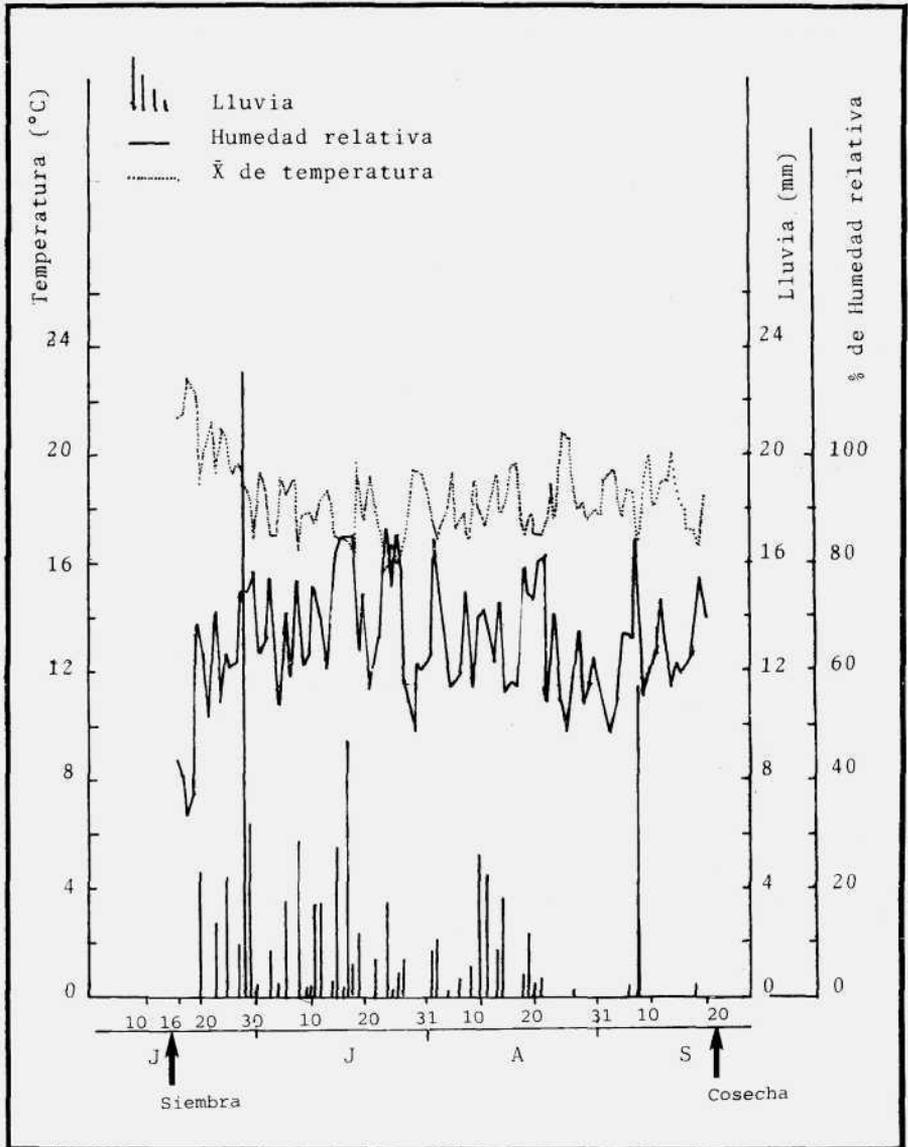


Figura 4: Condiciones climáticas durante el experimento de densidad de siembra en 1982.

será conveniente usar densidades más contrastantes entre los tratamientos.

#### LITERATURA CITADA

- Carvajal, M., 1986. Estudio sobre la biología, epifitología y control de *Rhynchosporium secalis* (Oud.) Davis, hongo causante de la escaldadura de la cebada. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Davies, R.R., 1961. Wettability and the capture, carriage and deposition of particles by raindrops. *Nature* 191:616-617.
- Gregory, P.H., E.J. Guthrie y M.E. Bunce, 1959. Experiments on splash dispersal of fungus spores. *J. Gen. Microbiol.* 20: 325-354.
- Hirst, J.M. y O.J. Stedman, 1963. Dry liberation of fungus spores by raindrops. *J. Gen. Microbiol.* 33: 335-344.
- James, W.C., 1971 a. A manual of assessment keys for plant diseases. Canada Dep. of Agric. 1458; Key N° 1.1.APS.
- James, W.C. 1971 b. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. *Can. Pl. Dis. Surv.* 51:39-65.
- Jarvis, W.R., 1962. Splash dispersal of spores of *Botrytis cinerea* Pers. *Nature* 193: 599.
- Jeger, M.J., E. Griffiths y D.G. Jones, 1981. Effect of cereal cultivar mixtures on disease epidemics caused by splash-dispersed pathogens. Jenkyn and Plumb Eds. Blackwell Scientific Publ., Oxford.
- Liddell, H.F. y N.W. Wootton, 1957. The detection and measurement of water droplets. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 83:263-266.
- Ozoe, S., 1956. Studies on the *Rhynchosporium* scald of barley and its control. *Bull. Shimane Agric. Coll.* 1:1-122.
- Skøropad, W.P., 1960. Barley scald in the prairie provinces of Canada. *Commonwealth Phytopath. News* 6:25-27.
- Stedman, O.J., 1980 a. Dispersal of spores of *Rhynchosporium secalis* from a dry surface by water drops. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 75:339-340.
- Stedman, O.J., 1980 b. Observations on the production and dispersal of spores, and infection by *Rhynchosporium secalis* (Leaf blotch of barley). *Ann. Appl. Biol.* 95:163-175.