

## FRECUENCIA Y TAMAÑO DE ESTOMAS EN AMBIENTES DE RIEGO Y TEMPORAL EN FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.)

Kuruvadi Sathyanarayanaiah<sup>1</sup>

Antonio Castillo Gutiérrez<sup>2</sup>

M. Guadalupe Almaguer Sierra<sup>3</sup>

Jaime Molina Ochoa<sup>4</sup>

### RESUMEN

En esta investigación se evaluaron 13 genotipos de frijol con una gran variabilidad para diferentes características agronómicas y componentes del rendimiento, bajo un diseño factorial completamente al azar con dos repeticiones en dos ambientes, riego y temporal, con el objetivo de estudiar la variabilidad de la frecuencia, longitud y ancho estomatal en ambos lados de la hoja, y estudiar los parámetros genéticos.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para la densidad, longitud y ancho de estomas bajo riego y temporal en ambos lados de la hoja, revelando una variabilidad considerable para estos rasgos en los recursos genéticos incluidos. La variación para la densidad de estomas en el haz fue de 366.7 a 897.1 por  $\text{cm}^2$ , con un promedio de 565.6, mientras que este rango fue de 1 263.0 a 4 237.4, con un promedio de 2 670.3 por  $\text{cm}^2$  en el envés de la hoja del mismo ambiente de riego. Bajo temporal este mismo carácter varió de 325.9 a 1 711.2 y de 1 589.0 a 5 296.7 por  $\text{cm}^2$  en el haz y envés de la hoja respectivamente. Se identificaron cuatro variedades 3-M-3-1M, Pinto Nacional Criollo, Ojo de Cabra y Chiapas, con menor densidad de estomas, considerando ambos ambientes y lados de la hoja. El ambiente bajo temporal superó en un 49.1 y 18.8% la frecuencia de estomas del haz y envés respectivamente al de riego. Para longitud, las variedades Chiapas, Bayomex x FM90, Ojo de Cabra y Bayo Zacatecas, y para anchura Pinto Nacional, Bayo Madero y Flor de Mayo, fueron identificadas con valores menores. Estos genotipos de poca densidad,

1 Ph.D. Maestro-Investigador, Depto. de Fitomejoramiento, División de Agronomía, UAAAN.  
2, 3 y 4. Alumnos del Colegio de Graduados del Depto. de Fitomejoramiento, División de Agronomía, UAAAN.

menor longitud y ancho de estomas, podrían reducir la tasa de transpiración, por lo que pueden ser utilizados como progenitores en el programa de hibridación para desarrollar variedades resistentes a sequía en frijol. La heredabilidad en sentido amplio para la densidad del haz y envés, fue de 59.33 y 63.38% respectivamente.

## INTRODUCCION

México es el centro de origen del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), y se cultiva desde tiempos inmemoriales, siendo el segundo cultivo más importante como alimento básico y fuente de proteínas en la dieta del pueblo mexicano. El 87.4% de la producción nacional de frijol se obtiene bajo temporal, produciendo aproximadamente 500 kg/ha. Estas áreas están sujetas frecuentemente a sequía provocada por una cantidad inadecuada de humedad en el suelo en períodos cortos o largos, a causa de escasa o mala distribución de la precipitación durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Las temperaturas del suelo y aire en las áreas de temporal son altas, e influyen a elevadas tasas de evapotranspiración y desarrollan un déficit de agua, tanto en el suelo como en la planta. El déficit de agua en las plantas puede disminuir los procesos fisiológicos, componentes del rendimiento y rendimiento. La sequía es un factor limitante en la producción agrícola y calidad del cultivo a nivel mundial (Lawlor, 1979). Dependiendo del grado y la etapa del cultivo, la sequía puede provocar pérdidas parciales o totales. Por lo tanto, Kuruvadi (1987), indicó que bajo temporal se deben enfatizar y dedicar hacia una mejor calidad y cantidad de la investigación, para obtener altos rendimientos basados en la conservación del agua, suelo, y la planeación de siembras de acuerdo al conocimiento de la precipitación y evapotranspiración de la región.

La densidad, tamaño y comportamiento de estomas juegan un papel muy importante en la regulación del contenido de agua en la planta bajo temporal, por lo que los estomas son una de las características determinantes de resistencia a la sequía. El cierre de los estomas, parcial o completamente, durante el tiempo de sequía, influye en la conservación del agua para su utilización en el metabolismo, dando una mejor adaptación y evasión a la sequía (Kuruvadi, 1989a).

Turner (1979) mencionó que aparte de los estomas, existen otros mecanismos tales como: mayor capa de cera sobre las hojas, tallos y ramas, pubescencia, reducción de área foliar, enrollamiento de las hojas, secamiento de hojas viejas y tallos no productivos, los cuales son características que contribuyen a conservar el agua del suelo y planta para su utilización durante el período de llenado de granos.

Para aumentar los rendimientos en áreas de temporal, los mejoradores deben desarrollar variedades con poca densidad y tamaño de estomas, así como un sistema radicular con mayor profundidad de crecimiento. En la literatu-

ra publicada existe escasa información sobre la variabilidad de la densidad y tamaño estomatal en los genotipos manejados en los programas de mejoramiento genético de frijol; en esta investigación se utilizaron 13 genotipos sembrados bajo riego y temporal con los siguientes objetivos:

1. Estudiar la variabilidad de la frecuencia y tamaño de estomas en el haz y envés de las hojas, tanto en el ambiente de riego como de temporal.
2. Identificar variedades con poca densidad y tamaño de estomas, y
3. Estimar los parámetros genéticos para las densidades estomatales de los genotipos incluidos.

### REVISION DE LITERATURA

Ray (1985) mencionó que la hoja está cubierta en ambos lados por una capa de células llamada epidermis, la cual contiene numerosos poros conocidos como estomas y a pesar de su pequeño tamaño, éstos constituyen una ruta muy eficiente para el intercambio gaseoso que permite una pérdida de agua en forma de vapor de las células foliares y se difunde con rapidez al aire más seco.

Ketellarpar (1963) indicó que por lo menos el 90% de la humedad absorbida por las plantas se pierde a través de los estomas de la superficie de la hoja.

Hsiao (1973) menciona que la apertura y cierre de los estomas resulta de diferencias de turgencia entre células guardas y las células circundantes o epidermales. El máximo de los solutos acumulados en el día por las células guardas, conducen hacia un incremento de turgencia y apertura, la cual fue demostrada en años pasados por un aumento de potasio. Por el contrario, el cierre de los estomas en la obscuridad es causada por una pérdida de potasio en las células guardas. Una idea es que los déficit de agua, por la reducción de turgencia foliar, deberá reducir directamente la apertura estomatal puesto que la apertura depende de la turgencia.

Miskin *et al.* (1972) evaluaron diferentes variedades de cebada estudiando la relación entre frecuencia de estomas y la tasa de transpiración e indican que una reducción del 25% en la frecuencia estomatal, en algunas variedades, redujo 24% la tasa de transpiración y estas variedades tuvieron un mecanismo para conservar el agua.

Chia y Brun (1975) determinaron la densidad de estomas en 47 genotipos de soya y encontraron diferencias significativas para densidad de estomas. El rango de la frecuencia de estomas fue de 81 a 174 con un promedio de 133 en el haz y 242 a 345, con un promedio de 316 en el envés de la hoja por  $\text{mm}^2$ .

Kuruvadi (1989a) mencionó que las densidades, longitud y ancho de estomas pueden variar dependiendo de la constitución genética del genotipo, ambiente (riego o temporal), interacción del genotipo con medio ambiente, posición y lado de la hoja, intensidad de luz, altura de planta, etc., reporta, además, que estos rasgos son altamente heredables y pueden manipularse con los métodos de mejoramiento genético de los cultivos.

Blum *et al.* (1982) indicaron que en muchos programas de mejora genética de los cultivos, los objetivos fueron desarrollar variedades resistentes a sequía y temperaturas altas, pero el éxito ha sido limitado. Genéticamente, la mejora de los cultivos bajo temporal requiere de la identificación de mecanismos de resistencia a sequía y caracteres fisiológicos como criterios de selección.

Kramer (1959) enfatizó la importancia de la reducción de la tasa de transpiración en el incremento de la resistencia a sequía y la sobrevivencia de las plantas.

Kuruvadi *et al.* (1987) evaluaron 20 genotipos de frijol para estudiar la capacidad de retención de agua en hojas cortadas, identificándose 6 variedades: Navidad 1165, Agramejo, Ciateño, LEF-3-RB, Pinto Americano y Azabache que retuvieron mayor cantidad de agua en las hojas cortadas, demostrando resistencia a la transpiración. Estas variedades tuvieron un mecanismo de evasión a sequía.

Kirkham *et al.* (1980) estudiaron la retención de agua en las hojas cortadas en trigo y se encontró una relación directa entre el área foliar y la pérdida de agua en hojas cortadas. Se encontró que los genotipos con hojas más grandes perdieron más humedad que los genotipos con hojas pequeñas.

## MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se llevó a cabo en los invernaderos y Laboratorio de Citogenética, ubicados dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, durante el período de septiembre a octubre de 1986.

Trece genotipos de frijol común fueron seleccionados como recursos genéticos en este estudio, y proporcionados por cortesía del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de Durango y Zacatecas.

Los 5 genotipos: Pinto Nacional Criollo, Río Grande, Flor de Mayo, Bayo Madero y Bayo Zacatecas, fueron seleccionados en base a la alta resistencia a sequía en combinación con altos rendimientos bajo temporal. Los genotipos Ojo de Cabra, Pinto Nacional 1, y Bayo Madero son precoces, mientras que los

tres genotipos Bayomex FM-90, Chiapas y Flor de Mayo son intermedios, en tanto que el genotipo Río Grande es tardío en su ciclo de cultivo. Los cuatro genotipos II3-M-3-M-1, 1213-2, y II933-M-52-2 y II-11-M-18-M-M también poseen resistencia a sequía. Entre los genotipos existe una amplia variabilidad genética para las características tales como: rendimiento, vainas por planta, semillas por vaina, peso de 100 semillas, altura, días a floración y madurez fisiológica. La siembra se realizó en botes de cartón de 1 200 cm<sup>3</sup>, bajo un diseño factorial completamente al azar con dos repeticiones tanto para riego como para temporal.

Se cribó y fumigó la tierra, para después llenar los botes, depositándose posteriormente 5 semillas por bote y aclarear a dos plantas vigorosas y sanas por tratamiento en cada repetición. Los genotipos fueron sembrados escalonadamente, para, llegado el momento, determinar la densidad y tamaño de estomas en un período de tiempo igual para todos los genotipos. Se establecieron 3 genotipos diariamente en riego y temporal hasta completar la totalidad de los materiales en evaluación. Se dio sólo un riego de siembra hasta punto de saturación en los botes de temporal, y aplicaciones de agua con una frecuencia de 7 días para el ambiente de riego. Las siguientes mediciones fueron tomadas aproximadamente a los 30 días después de la siembra: densidad de estomas en el haz y envés de la hoja por cm<sup>2</sup>; longitud y ancho de estomas en el haz y envés de la hoja; altura de plántula y área foliar

Las mediciones de la frecuencia y tamaño de los estomas bajo riego y temporal se realizaron en la tercer hoja de todos los tratamientos. Del folíolo central se desprendió una fracción de la epidermis del haz y envés que se colocó en un portaobjetos para aplicársele una gota de la solución de glicerina y agua y colocársele posteriormente al cubre-objetos. La preparación fue observada con el objetivo de 40X y el ocular de 12.5X del microscopio compuesto, contándose el número de estomas por campo, con tres conteos por planta individual. Se calculó el área del campo de 40X y se extrapoló el número de estomas por campo a un centímetro cuadrado.

Para medir el tamaño de estomas se tomaron fotografías de las preparaciones utilizadas para el conteo estomatal, con el objetivo de 40X y ocular de 8X, del haz y envés de la hoja de los dos ambientes, tomándose además una fotografía de la escala del micrómetro. Mediante el negativo y el amplificador de imagen utilizado para la impresión de fotografías, se dibujaron en papel y se midieron en centímetros, para después realizar la conversión a micras ( $\mu$ ).

Se midió la altura de plántula en centímetros desde el cuello de la plántula hasta el nudo donde se insertaba la última hoja trifoliada. La estimación del área foliar se realizó mediante el método de la cuadrícula, desprendiéndose todas las hojas al momento de la estimación, logrando así una estimación confiable en centímetros cuadrados.

Los promedios de las diferentes características estudiadas se utilizaron para calcular el análisis de varianza y estudiar los parámetros genéticos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza para la densidad, longitud y ancho de estomas, así como altura de plántula, indicó que existen diferencias altamente significativas entre los genotipos incluidos, revelando esto una amplia variabilidad en todas las características estudiadas (Cuadro 1), por lo que es factible identificar variedades con baja densidad y reducido tamaño de estomas en estos materiales por simple selección al nivel de la plántula.

El coeficiente de variación osciló entre 5.3 y 23.9% para todas las características estudiadas, considerándolos como aceptables, lo que indica también que la conducción del experimento y resultados son confiables. Sin embargo, para el área foliar no se encontraron diferencias significativas, siendo su coeficiente de variación un poco alto por causa de la gran vigorosidad y alta velocidad de crecimiento en el ambiente de riego y el crecimiento reducido bajo temporal, alta interacción genotipo- ambiente y la diversidad de origen de los materiales. Kuruvadi (1989b) evaluó 14 genotipos de trigo harinero bajo temporal y riego con el fin de determinar la densidad de estomas en el haz y envés de la hoja, encontrando diferencias significativas en la densidad de estomas en ambos ambientes y lados de las hojas, así como para la longitud de estomas, pero no encontrando diferencias significativas para el ancho de estomas para el ambiente de temporal. Dobrenz *et al.* (1969), Lugg y Sinclair (1979) y Misikin y Rasmusson (1970), también estudiaron la frecuencia de estomas en pasto panícula azul, soya y cebada respectivamente, encontrando diferencias significativas.

Los promedios de estomas por centímetro cuadrado en el haz y envés de la hoja en los ambientes de riego y temporal, se presentan en el Cuadro 2. En el haz de la hoja, bajo riego, la frecuencia de estomas varió entre 366.7 a 896.1 con un promedio de 565.6 por  $\text{cm}^2$ , mientras que en el envés varió de 1 263.0 a 4,237.4 con un promedio de 2 670.3 por  $\text{cm}^2$ , siendo que el envés de la hoja manifestó 372.1% más la frecuencia de estomas en comparación con el haz de la hoja. Los genotipos 3-M-3-1M y Pinto Nacional Criollo expresaron la mínima densidad de estomas, siendo estadísticamente iguales formando el mismo grupo, mientras que las cuatro variedades Ojo de Cabra (407.5), Río Grande (448.2), Bayomex x FM-90 (448.2) y Chiapas (488.9), también produjeron menor densidad estomatal en el haz bajo riego, resultando el segundo grupo estadísticamente igual.

En el envés de la hoja del ambiente de riego, la variedad 3-M-3- 1M produjo el mínimo número de estomas (1 266.0) por  $\text{cm}^2$ , siguiendo la variedad Pinto Nacional Criollo (1 629.8), pero estos dos genotipos fueron estadísticamente diferentes y produjeron poca densidad en comparación con las restantes variedades.

**Cuadro 1. Análisis de varianza para características de estomas, altura de plántula y área de follaje en frijol común.**

Fuente de variación	Grado de libertad	Cuadrados Medios						Altura de plántula	Área de follaje
		Densidad de estomas		Longitud de estomas		Anchura de estomas			
		haz	envés	haz	envés	haz	envés		
Ambientes	1	657787.6	4513684.0	93.1	162.3	0.9	41.6	726.8	320437.0
Tratamientos	12	254422.8**	3755388.3**	5.1**	3.5**	4.9**	3.2**	19.6**	5637.0NS
Tratamiento por ambiente	12	102240.3**	734209.0**	8.4**	4.8**	2.1NS	0.9NS	27.9**	8710.0NS
Error	26	28216.6	89137.5	8.2	1.7	1.1	0.6	4.0	7358.2
Total	51								
CV (%)	-	23.9	10.4	9.2	6.1	6.1	5.3	10.8	40.9

\*\* : Significativo al 1%  
 NS: No significativo  
 CV: Coeficiente de variación

**Cuadro 2. Promedio de estomas por cm<sup>2</sup> en el haz y en el envés de la hoja bajo riego y temporal en frijol común**

Variedades	Riego			Temporal		
	Haz	Envés	Promedio	Haz	Envés	Promedio
Bayomex x FM-90	448.2	1752.0	1100.1	325.9	2118.7	1222.3
Río Grande	448.2	1996.5	1222.3	570.4	2078.0	1324.2
Ojo de Cabra	407.5	1752.0	1079.7	937.2	3463.2	2200.9
Chiapas-7	488.9	2200.1	1344.5	529.7	1711.3	1120.5
II3-M-3-M-1	366.7	1263.0	799.9	407.4	1589.0	998.2
Pinto Nal. Criollo	366.7	1629.8	998.3	448.2	1874.3	1611.2
I213-2	651.9	4237.4	2444.7	651.9	3015.0	1833.4
Pinto Nacional	630.4	2770.5	1700.5	1018.6	3952.2	2485.4
Flor de Mayo	651.9	2566.9	1609.4	896.4	3341.0	2118.7
Bayo Zacate	629.7	3341.0	2016.3	1059.4	4115.2	2587.3
II933-M-52-2	896.1	3137.3	2016.7	1018.6	3585.4	2302.0
II-11-M-18-M-M	529.7	3422.5	1976.1	1711.2	5296.7	3508.0
Bayo Madero	774.1	3381.8	2077.9	1018.7	4848.6	2933.6
Promedio	565.6	2670.3	1571.7	814.9	3153.0	1984.2
DMS 5%	67.7	120.4	-	67.7	120.4	-

El rango de la frecuencia de estomas en el haz bajo el ambiente de temporal varió de 325.9 a 1 711.2 con un promedio de 814.9 por cm<sup>2</sup>, pero el envés mostró una variación de 1 589.0 a 5 296.7 con un promedio de 3 153.0 por cm<sup>2</sup> y expresando un porcentaje de 286.9% más en comparación al haz del mismo ambiente. El haz y envés de las hojas del ambiente de temporal manifestaron 49.1 y 18.8% más estomas, en comparación al haz y envés de hojas bajo riego respectivamente, y considerando ambos lados de la hoja simultáneamente el ambiente de temporal expresó 26.3% más que el de riego. Al examinar ambos lados de la hoja en riego y temporal, las variedades 3-M-3-1M y Pinto Nacional Criollo fueron identificadas como variedades con un menor número de estomas por unidad de superficie de la hoja (Figura 1-4). Estos genotipos tienen la ventaja adicional de reducir la tasa de transpiración y conservar así el agua para su uso en el metabolismo en comparación con las variedades restantes cuando existe un déficit de humedad en el suelo y en la planta bajo temporal (Cuadro 2). Estos dos genotipos pueden utilizarse como progenitores en el programa de hibridación del frijol, para obtener recombinantes superiores con menor densidad de estomas y alto rendimiento. Kuruvadi (1989b) mencionó que el haz y envés de la hoja de trigo bajo riego, superó en 14.69 y 10.87% más la densidad de estomas en el haz y envés bajo temporal respectivamente, identificando además tres variedades (Timgalin, Sonalika y EC-57191) con menor número de estomas por campo del microscopio.

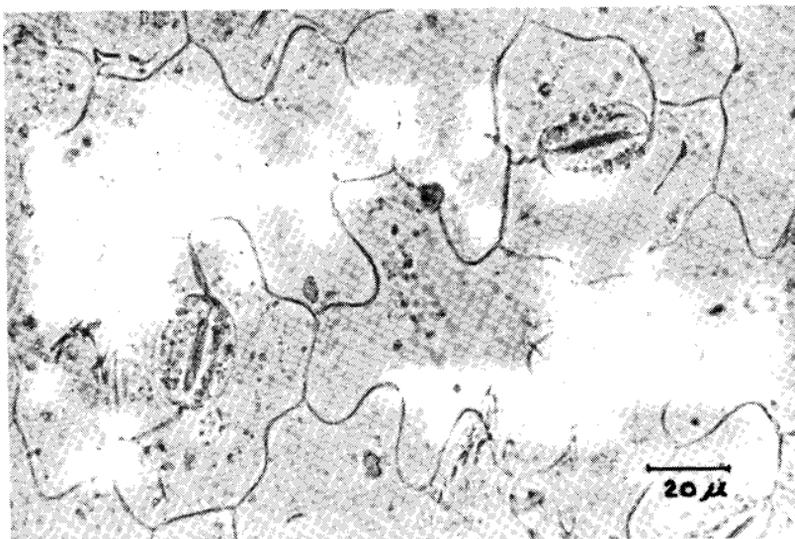


Figura. 1. Estomas bajo riego, haz de la hoja, en el campo del microscopio.

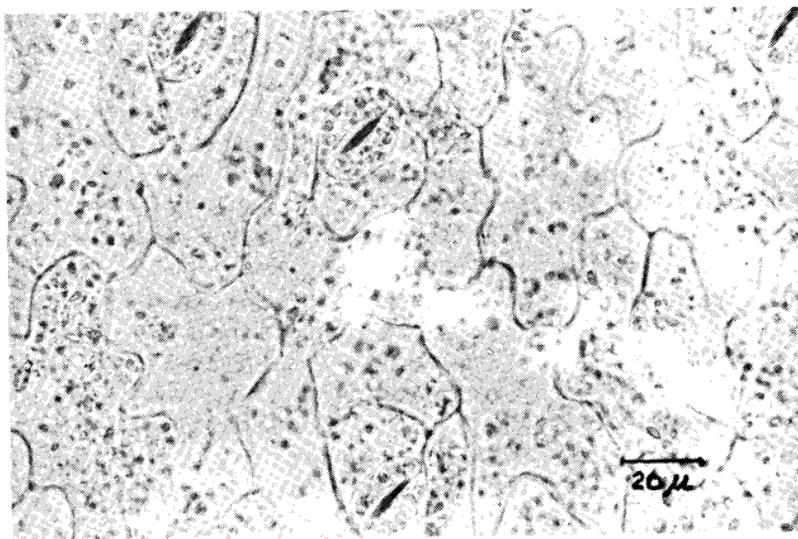


Figura 2. Estomas bajo temporal, haz de la hoja



Figura 3. Estomas bajo riego, envés de la hoja.

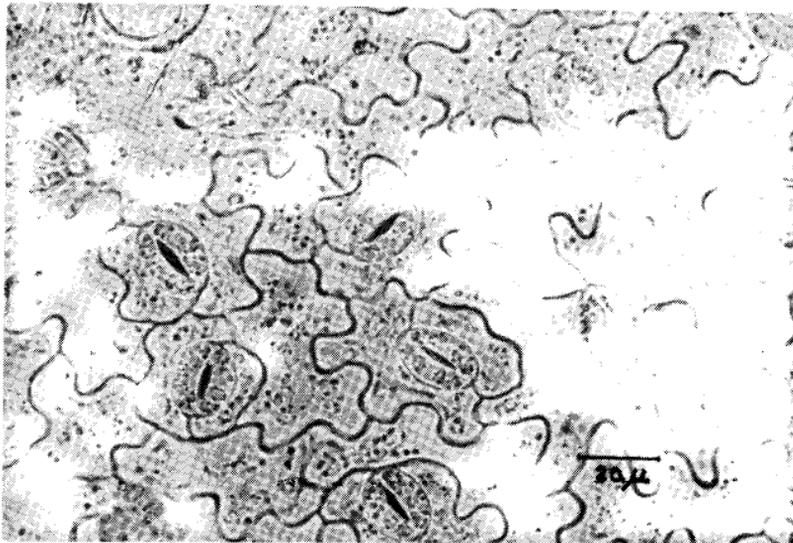


Figura 4. Estomas bajo temporal, envés de la hoja.

La tasa de transpiración puede variar dependiendo de la densidad de estomas por unidad de superficie de la hoja, el tamaño (longitud y ancho) del ostíolo y el comportamiento del estoma. El promedio de longitud y ancho del estoma en los recursos genéticos incluidos bajo riego y temporal se presentan en los Cuadros 3 y 4 respectivamente. La longitud de estomas en el haz varió entre 22.7 (Chiapas 7 y 933M-52-2) a 29.4 (3-M-3-1M) con un promedio de 25.2  $\mu$ , mientras que el envés mostró un rango de 19.6 (Bayomex x FM-90) a 24.7 (Bayo Madero) con un promedio de 22.6  $\mu$  bajo riego. El haz de la hoja expresó un promedio de 11.5% más de longitud de estomas del envés bajo el mismo ambiente de riego. El mismo tipo de tendencia mostró bajo temporal en donde el haz de la hoja produjo una mayor longitud (22.6%) en comparación a la longitud de estomas del envés. El haz de la hoja bajo riego produjo un 8.2% más de longitud que el haz de la hoja bajo temporal, en tanto que el envés de riego manifestó 18.3% más de longitud de estomas en comparación a los estomas del envés de temporal. Los genotipos bajo riego superaron un 14.6% a la longitud de estomas en comparación de temporal. Las variedades Chiapas, Bayomex x FM-90, Ojo de Cabra y Bayo Zacatecas produjeron menor longitud bajo riego y temporal si se consideran simultáneamente.

**Cuadro 3. Longitud de estomas en el haz y envés de la hoja bajo riego y temporal en frijol común.**

Variedades	Longitud de estomas ( $\mu$ )					
	Riego			Temporal		
	Haz	Envés	Promedio	Haz	Envés	Promedio
Bayomex x FM-90	24.0	19.6	21.8	25.1	18.7	21.9
Río Grande	26.5	23.1	24.8	24.9	18.3	21.6
Ojo de Cabra	26.4	22.8	24.6	20.3	16.7	18.5
Chiapas	22.7	21.4	22.1	23.5	19.9	21.7
II3-M-3-M-1	29.4	23.6	26.5	22.2	18.7	20.5
Pinto Nacional Criollo	27.5	21.8	24.6	25.6	21.1	23.4
1213-2	25.2	21.6	23.4	24.7	20.7	22.7
Pinto Nacional	27.9	23.7	25.8	22.4	19.0	20.7
Flor de Mayo	26.2	22.0	24.1	25.0	20.6	22.8
Bayo Zacatecas	25.3	23.1	24.3	21.5	17.3	19.4
11-933-M-52-2	22.7	22.7	22.7	23.3	19.6	21.5
II-11-M-18-M-M	28.0	23.2	25.6	21.6	16.6	19.1
Bayo Madero	26.0	24.7	25.4	22.8	21.0	21.9
Promedio	25.2	22.6	24.3	23.3	19.0	21.2
DMS 5%	0.9	0.6	-	0.9	0.6	-

**Cuadro 4. Anchura de estomas en el haz y envés de la hoja bajo riego y temporal.**

Variedades	Anchura de estomas ( $\mu$ )					
	Haz	Riego Envés	Promedio	Haz	Temporal Envés	Promedio
Bayomex x FM-90	24.0	16.0	20.0	16.5	14.1	15.3
Río Grande	26.5	15.8	21.2	16.8	14.2	15.5
Ojo de Cabra	26.4	16.1	21.3	20.2	13.3	16.8
Chiapas-7	22.7	13.9	18.3	16.8	13.2	15.0
II3-M-3-M-1	29.4	15.0	22.2	15.2	13.3	14.3
Pinto Nacional Criollo	27.5	16.6	20.1	18.6	14.0	16.3
1213-2	25.2	15.1	20.2	17.0	14.3	15.7
Pinto Nacional	27.9	15.4	21.7	16.6	13.0	14.8
Flor de Mayo	26.2	14.6	20.4	17.3	13.9	15.6
Bayo Zacatecas	25.3	15.3	20.3	18.1	13.7	15.9
II933-M-52-2	22.7	30.2	26.4	16.6	14.6	15.6
II-11-M-18-M-M	28.0	15.4	21.7	16.3	12.5	14.4
Bayo Madero	26.0	18.4	22.2	17.3	15.6	16.5
Promedio	26.0	16.8	21.2	17.2	13.8	15.5
DMS 5%	0.4	0.3	-	0.4	0.3	-

Las variedades Chiapas 7, Bayomex x FM-90, 1213-2 y Flor de Mayo fueron identificadas con un menor ancho de estomas en el haz y envés de riego y temporal. Kuruvadi (1989b) también identificó las variedades HY-65, HD-1739, Sonalika y HP-916 con menor longitud y ancho de estomas en su estudio en trigo. Altura de planta y área de follaje bajo riego y temporal en frijol, se presenta en el Cuadro 5.

En esta investigación no se encontró una variedad con una menor densidad de estomas en combinación con menor longitud y ancho del estoma. Estas tres características estuvieron distribuidas en los diferentes genotipos estudiados, por lo tanto, el mejorador de frijol bajo temporal debe de identificar variedades con una menor densidad, longitud y ancho de estomas e incorporar estas tres características en un genotipo para reducir la tasa de transpiración y superar el stress de agua bajo temporal.

La heredabilidad en sentido amplio para densidad de estomas presentó un 59.33% y 63.38%, siendo estos valores un poco altos para el haz y envés de la hoja respectivamente, e indican que la selección es efectiva para estas características en generaciones tempranas y tardías en el mejoramiento genético del frijol.

**Cuadro 5. Altura de planta y área de follaje bajo riego y temporal en frijol común.**

Variedad	Altura (cm)			Área de follaje (cm <sup>2</sup> )		
	Riego	Temporal	Promedio	Riego	Temporal	Promedio
Bayomex x FM-90	21.4	12.5	16.9	288.0	143.0	215.5
Río Grande	17.0	10.5	13.8	342.0	84.0	213.0
Ojo de Cabra	32.4	12.2	22.3	420.0	116.0	268.0
Chiapas-7	21.0	19.0	20.0	233.0	127.0	180.0
II3-M-3-M-1	21.9	12.0	16.9	277.0	100.0	188.5
Pinto Nacional Criollo	24.5	12.8	18.6	298.5	134.5	216.5
1213-2	19.6	16.3	17.9	224.5	148.0	186.3
Pinto Nacional	27.0	14.8	20.9	242.0	133.5	187.8
Flor de mayo	19.6	17.3	18.4	296.5	146.5	221.5
Bayo Zacatecas	22.6	17.0	19.8	214.0	148.0	181.0
II-933-M-52-2	20.5	11.5	16.0	473.0	129.0	301.0
II-11-M-18-M-M	21.0	17.5	19.2	247.0	140.0	193.5
Bayo Madero	20.0	17.8	18.9	188.5	153.5	171.0
Promedio	22.0	14.7	18.4	288.0	131.0	209.5
DMS 5%	0.7	0.7	-	34.5	34.5	-

### CONCLUSIONES

1. Existe una variabilidad considerable para densidad, longitud y ancho del estoma en ambientes de riego y temporal en ambos lados de la hoja.
2. Esta investigación identificó cuatro variedades (3-M-3-1M), Pinto Nacional Criollo, Ojo de Cabra y Chiapas) con menor densidad de estomas, considerando simultáneamente tanto ambientes como lados de la hoja.
3. Las cuatro variedades (Chiapas, Bayomex x FM-90, Ojo de Cabra y Bayo Zacatecas,) mostraron menor longitud y otras tres variedades (Pinto Nacional, Bayo Madero y Flor de Mayo) manifestaron menor ancho en este estudio.
4. Las variedades con menor densidad, longitud y ancho, anteriormente citadas, podrían reducir la tasa de transpiración pudiendo así evitar la sequía.

5. Las variedades con baja densidad, poca longitud y ancho de estomas, pueden utilizarse como progenitores en el programa de hibridación en frijol para identificar nuevos recombinantes con resistencia a sequía.
6. La heredabilidad en sentido amplio registró valores un poco altos en el haz 59.33%, en el envés 65.38%, por lo tanto, es muy efectivo en el programa de selección.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la ayuda y apoyo del Ing. Mauro Hernández Segura en la toma de fotografías y la facilidad del material y laboratorio para desarrollar esta investigación.

### BIBLIOGRAFIA

- Blum, A., J. Mayer and G. Gozlan. 1982. Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat. *Field Crops. Res.* 5:137-145.
- Chia, A.J. and W.A. Brun. 1975. Stomatal size and frequency in soybean. *Crop Sci.* 15:309-312
- Dobrenz, A.K., L.N. Wright, A.K. Humphry, M.Y. Massengale and U.R. Kneebone. 1969. Stomate density and its relationship to water use efficiency of blue panic grass (*Panicum antidotale* R). *Crop Sci.* 9:354-357.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:519-570.
- Ketellarpar, H.J. 1963. Stomatal physiology. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 14:249-270
- Kirkham, M.B., E.L. Smith, C. Dhamasohon and T.I. Drake. 1980. Resistance to water loss of winter wheat flag leaves. *Cereal Res. Communication.* 8(2):393-399.
- Kramer, P.J. 1959. The role of water in the physiology of plants. *Adv. in Agron.* 11:51-70.
- Kuruvadi, S. 1987. Características agronómicas y fisiológicas que contribuyen a la mejor adaptación de los cultivos a regiones semidesérticas. Memorias de la Conferencia en la IV Semana de Zonas Aridas. Universidad de Chapingo. Unid. Regional. Zonas Aridas. Bermejillo, Durango.

- \_\_\_\_\_, F.F. Hernández y F. Galván C.. 1987. Variabilidad en la capacidad de retención de agua en hojas cortadas de frijol. Folleto de Divulgación. 1(12):1-10.
- \_\_\_\_\_. 1989a. Stomatal frequency in cultivars of *Triticum* and related species. *Rachis New Letter. Syria.* 8(1):15-17.
- \_\_\_\_\_. 1989b. Stomatal frequency inbreed wheat under irrigated and rainfed conditions. *Rachis.* 8(2):22-23.
- Lawlor, D.W. 1979. Effects of water and heat stress on carbon metabolism of plants with C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> photosynthesis. *Stress physiology in crop plants.* En: Harry Mussel (Ed.). Published by John Wiley and Sons., Inc. New York. p. 304-326.
- Lugg, D.G. and Sinclair. 1979. Variation in stomatal density with leaf position in field grown soybean. *Crop Sci.* 19:407-409.
- Miskin, K.E. and D.C. Rasmusson. 1970. Frequency and distribution of stomata in barley. *Crop Sci.* 10:575-578.
- \_\_\_\_\_ and D.M. Moss. 1972. Inheritance and physiological effects of stomatal frequency in barley. *Crop Sci.* 12:780-783.
- Ray, P.M. 1985. *La planta viviente.* Campaña Editorial Continental, S.A. México. p. 277.
- Turner, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. *Stress physiology in crop plants.* En: Harry Mussel (Ed.). Published by John Wiley and Sons. Inc. New York. p. 344-372.