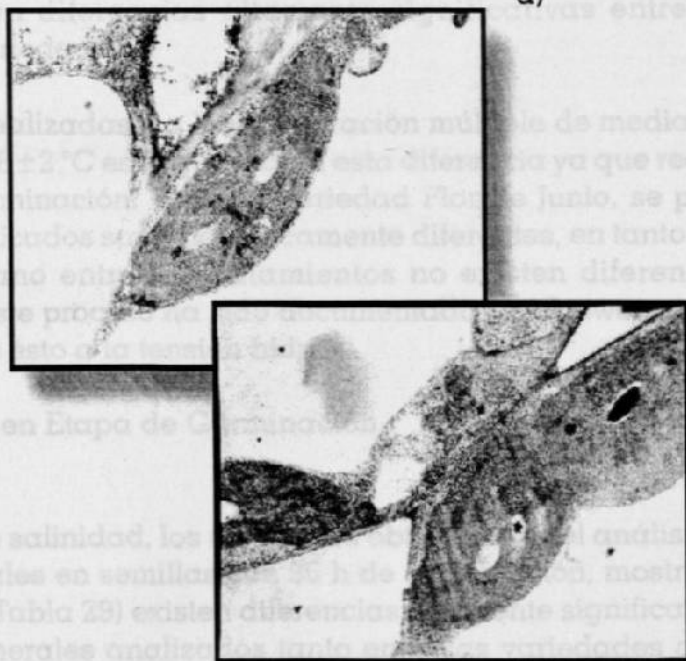


Figura 11. Ultraestructura de cloroplasto en plántulas de 16 dds, de la variedad Pinto Americano, mediante microscopía electrónica de transmisión, a) Control, b y c) 200 mM de NaCl.

Figura 12. Ultraestructura de cloroplasto en plántulas de 16 dds, de la variedad Pinto Americano, mediante microscopía electrónica de transmisión, a) Control, b) 150 mM de NaCl.





Estrés de Altas Temperaturas

Fase 1. Variabilidad Genotípica en Etapa de Germinación

Germinación

El análisis de varianza Tabla (28) mostró que para este factor no se presentaron diferencias significativas entre las variedades ni entre los tratamientos, para las variedades mejoradas (Marín).

Tabla 28. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el porcentaje de germinación (%), de seis cultivares mejorados y dos variedades comerciales, sometidos a diferentes niveles de temperatura.

Fuente de Variación	Marín	Comerciales
Efectos Medidos	1.33 NS	27.91 **
Variedades	1.53 NS	1.89 NS
Tratamientos	0.33 NS	40.93 **
Interacción	1.13 NS	1.92 NS
Explicado	1.24 NS	17.52 **
Total		

** Valores altamente significativos ($P < 0.01$).

NS Valores no significativos ($P > 0.05$).

Para el proceso de germinación en las variedades comerciales, el análisis de varianza (Tabla 28) demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, pero no entre las variedades.

Con base en las observaciones realizadas y a la comparación múltiple de medias se determinó que el tratamiento de 38 ± 2 °C es el que marca esta diferencia ya que redujo en un 100% el porcentaje de germinación. Para la variedad Flor de Junio, se pudo observar que los tratamientos aplicados son estadísticamente diferentes, en tanto que para la variedad Pinto Americano entre los tratamientos no existen diferencias significativas. La afectación en este proceso ha sido documentada por Brower, citado por Kramer, (1974) quien atribuye ésto a la tensión hídrica.

Fase 2. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Germinación

Perfil de Minerales

Al igual que en el estrés de salinidad, los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el perfil de minerales en semillas con 96 h de germinación, mostraron que en los cultivares mejorados (Tabla 29) existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en cada uno de los minerales analizados tanto entre las variedades como entre los tratamientos, así como en la interacción de ambas fuentes de variación.



Tabla 29. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza, para el perfil de minerales (ppm), en semilla de seis cultivares mejorados de frijol, sometidas a 35 ± 2 °C de temperatura, durante 96 h.

Fuente de Variación	Gl	Na	Mg	K	Ca	Mo	Mn	Fe	Zn
Efectos Medidos	6	62123.33**	112.40**	1662.63**	551052.55**	93166.75**	13829.95**	9039.64**	26698.95**
Varietades	5	22537.50**	129.00**	1695.41**	579094.41**	106651.92**	15074.19**	6847.52**	30302.01**
Tratamientos	1	260052.50**	29.91**	1498.74**	410843.23**	15740.91**	7608.77**	10000.25**	8683.63**
Interacción	5	1276.66**	68.72**	2779.94**	498191.02**	1476.04**	2450.22**	922.40**	12439.94**
Explicado	11	34465.75**	92.54**	2170.50**	527024.56**	51489.15**	8657.35**	5349.98**	20217.58**
Total	35								

** Valores altamente significativos (P<0.01).

La comparación múltiple de medias (Tabla 30) nos muestra los resultados para cada una de las variedades, observándose que existen diferencias estadísticas importantes.

Tabla 30. Comparación múltiple de medias y desviación estándar para el perfil de minerales (ppm), de seis cultivares mejorados sometidos a temperaturas de 35 ± 2 °C durante 96 h.

Tratamientos	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Control	1) 586.14 ± 0.29 b	1) 542.26 ± 0.17 d	1) 8947.96 ± 36.34 a	1) 431.30 ± 0.00 a	1) 12.90 ± 0.02 a	1) 26.97 ± 1.76 ab	1) 43.23 ± 0.06 b
	2) 643.99 ± 1.58 d	2) 589.13 ± 1.55 e	2) 13986.80 ± 24.50 b	2) 475.07 ± 0.12 b	2) 15.46 ± 0.03 b	2) 28.33 ± 0.49 bc	2) 53.46 ± 0.06 c
	3) 589.20 ± 0.63 c	3) 530.06 ± 2.12 c	3) 13544.67 ± 6.87 a	3) 457.60 ± 0.17 b	3) 16.44 ± 0.03 d	3) 28.23 ± 0.10 a	3) 63.02 ± 0.04 d
	4) 486.96 ± 2.89 a	4) 540.90 ± 4.47 d	4) 13256.83 ± 13.91 a	4) 466.17 ± 0.06 b	4) 15.65 ± 0.11 c	4) 29.49 ± 0.20 cd	4) 41.18 ± 0.12 f
	5) 765.71 ± 1.63 e	5) 496.81 ± 2.49 a	5) 12097.67 ± 22.05 a	5) 433.73 ± 0.91 a	5) 15.39 ± 0.04 b	5) 31.36 ± 0.07 d	5) 42.46 ± 0.34 d
	6) 960.21 ± 0.87 f	6) 507.59 ± 2.73 b	6) 12534.67 ± 18.48 a	6) 466.53 ± 0.12 b	6) 17.10 ± 0.05 e	6) 31.53 ± 0.08 d	6) 96.95 ± 0.12 e
32 ± 2 °C	1) 910.97 ± 3.70 d	1) 938.73 ± 1.88 b	1) 15576.88 ± 37.50 c	1) 829.81 ± 0.23 a	1) 15.87 ± 0.04 a	1) 40.30 ± 0.10 d	1) 35.76 ± 0.08 e
	2) 502.74 ± 1.91 a	2) 1029.70 ± 3.38 d	2) 17824.99 ± 41.45 f	2) 927.15 ± 0.38 f	2) 17.78 ± 0.03 c	2) 32.98 ± 0.06 a	2) 29.50 ± 0.07 a
	3) 551.77 ± 1.75 b	3) 907.49 ± 3.40 a	3) 14742.20 ± 35.97 b	3) 915.34 ± 0.16 e	3) 17.18 ± 0.03 b	3) 37.36 ± 0.06 b	3) 34.87 ± 0.05 d
	4) 880.88 ± 1.94 c	4) 966.59 ± 1.95 c	4) 16578.92 ± 34.25 e	4) 897.88 ± 0.41 b	4) 22.56 ± 0.04 d	4) 39.61 ± 0.21 c	4) 31.28 ± 0.04 b
	5) 909.14 ± 1.01 d	5) 1040.32 ± 1.11 e	5) 16336.01 ± 8.49 d	5) 906.78 ± 0.17 d	5) 22.62 ± 0.02 d	5) 52.55 ± 0.14 f	5) 47.11 ± 0.06 f
	6) 246.09 ± 1.19 e	6) 962.49 ± 2.61 c	6) 13902.47 ± 19.58 a	6) 904.70 ± 0.71 c	6) 25.66 ± 0.10 e	6) 44.20 ± 0.30 e	6) 34.01 ± 0.04 c

1) Anzaldúa; 2) Sel. no. 4; 3) Pinto 114; 4) Pinamerpa; 5) Marco Vinicio y 6) Laguna.

NOTA: Letras iguales indican diferencias no significativas (P>0.05).



En forma general en la Figura (13) podemos observar el comportamiento de cada uno de los minerales, para los diferentes tratamientos por variedad.

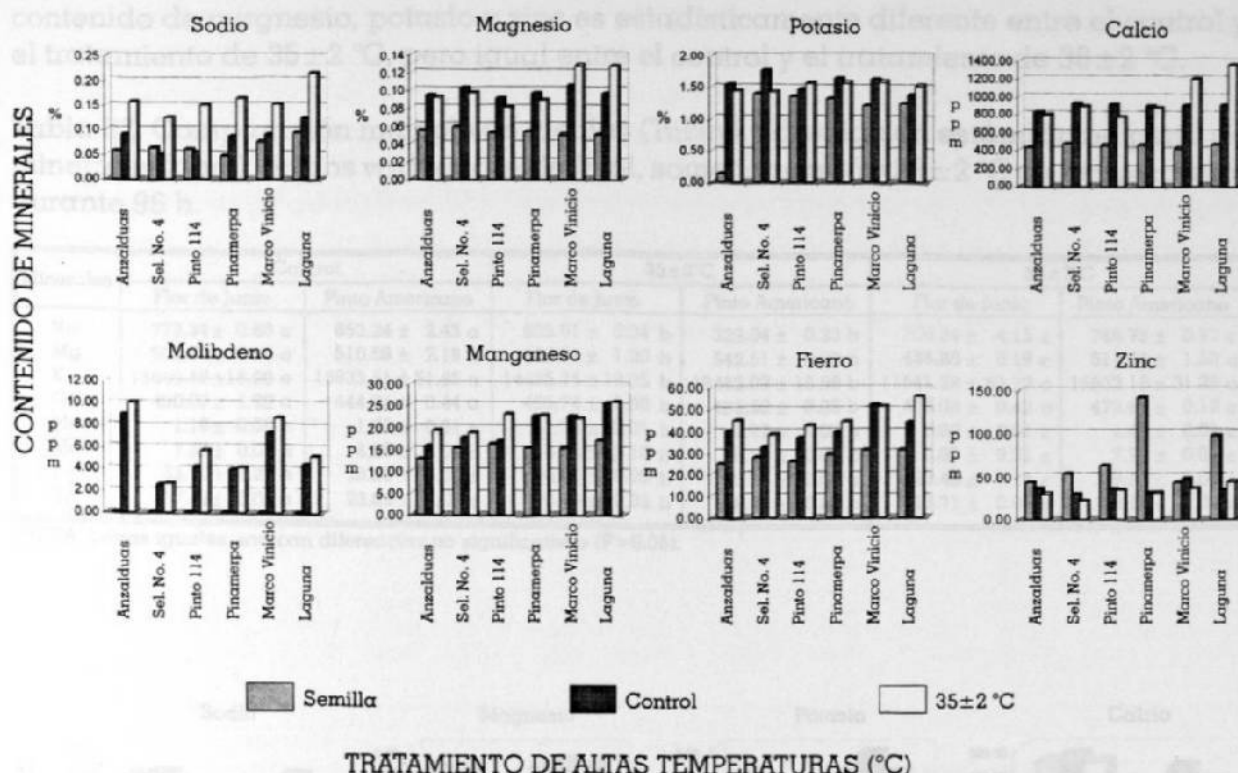


Figura 13. Contenido de minerales en seis cultivares mejorados de frijol, sometidos a temperaturas de 35±2 °C, durante 96 h.

En las variedades Flor de Junio y Pinto Americano a excepción del hierro, el contenido del resto de los minerales analizados, de acuerdo a los resultados del análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (P<0.01) tanto entre las variedades como entre los tratamientos así como en la interacción de ambas fuentes de variación.

Tabla 31. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza, para el perfil de minerales (ppm), en semilla de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 35 y 38±2 °C de temperatura, durante 96 h.

Fuente de Variación	GI	Na	Mg	K	Ca	Mo	Mn	Fe	Zn
Efectos Medidos	3	19078.86**	3122.22**	17632.23**	2744.70**	4851.96**	9416.03**	2.08 NS	95555.64**
Variedades	1	31623.78**	5362.20**	30603.15**	4962.37**	10093.26**	11134.77**	2.95 NS	246249.25**
Tratamientos	2	12806.40**	2002.23**	11146.78**	1635.86**	2231.31**	8556.66**	1.65 NS	20208.84**
Interacción	2	27577.26**	1061.82**	7300.59**	1085.97**	895.67**	9361.73**	2.06 NS	11153.03**
Explicado	5	22478.22**	2298.06**	13499.58**	2081.21**	3269.44**	9394.31**	2.07 NS	61794.60**
Total	17								

** Valores altamente significativos (P<0.01).

NS Valores no significativos (P>0.05).



En la Tabla (32) podemos observar que mediante la comparación múltiple de medias en la variedad Flor de Junio, el contenido de cada uno de los minerales es estadísticamente diferente para cada tratamiento. En la variedad Pinto Americano el contenido de magnesio, potasio y zinc es estadísticamente diferente entre el control y el tratamiento de 35 ± 2 °C, pero igual entre el control y el tratamiento de 38 ± 2 °C.

Tabla 32. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del perfil de minerales (ppm), en dos variedades de frijol, sometidas a 35 y 38 ± 2 °C de temperatura, durante 96 h.

Minerales	Control		35 ± 2 °C		38 ± 2 °C	
	Flor de Junio	Pinto Americano	Flor de Junio	Pinto Americano	Flor de Junio	Pinto Americano
Na	779.34 ± 0.88 a	653.24 ± 2.43 a	805.61 ± 0.94 b	329.04 ± 0.33 b	706.34 ± 4.15 c	786.75 ± 0.97 c
Mg	502.64 ± 0.68 a	510.59 ± 2.19 a	494.54 ± 1.20 b	542.51 ± 0.73 b	436.80 ± 0.19 c	511.34 ± 1.50 a
K	15840.46 ± 18.99 a	15933.51 ± 51.85 a	14485.34 ± 19.05 b	19482.03 ± 18.99 b	11541.28 ± 63.73 c	15932.16 ± 31.26 a
Ca	490.09 ± 1.22 a	444.34 ± 0.44 a	495.74 ± 0.50 b	485.52 ± 0.96 b	489.09 ± 0.43 a	473.87 ± 0.12 c
Mo	1.16 ± 0.00 a	1.70 ± 0.01 a	1.33 ± 0.01 b	1.62 ± 0.02 b	0.60 ± 0.01 e	1.49 ± 0.01 c
Mn	7.54 ± 0.02 a	6.50 ± 0.02 a	6.50 ± 0.10 b	8.24 ± 0.02 b	0.99 ± 0.01 c	7.29 ± 0.04 c
Fe	33.20 ± 0.20 a	29.08 ± 0.06 a	34.60 ± 0.06 b	43.95 ± 0.09 a	23.49 ± 0.14 c	39.51 ± 0.08 a
Zn	17.49 ± 0.02 a	23.02 ± 0.06 a	16.79 ± 0.03 b	28.95 ± 0.02 b	13.71 ± 0.06 c	23.12 ± 0.00 a

NOTA: Letras iguales indican diferencias no significativas ($P > 0.05$).

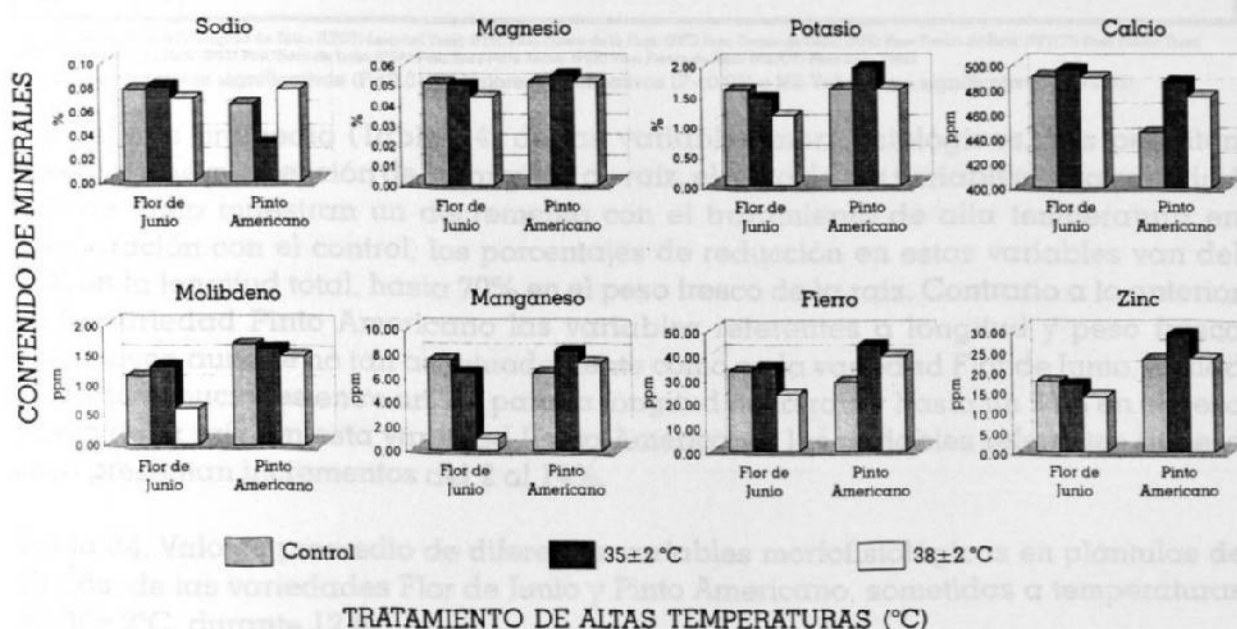


Figura 14. Contenido de minerales en dos variedades comerciales de frijol, sometidas a 35 y 38 ± 2 °C, durante 96 h.



Fase 3. Variabilidad Genotípica en Etapa de Plántula

Crecimiento y Desarrollo

Los resultados obtenidos sobre las diferentes variables morfofisiológicas, obtenidos en el análisis de varianza (Tabla 33) mostraron que para las variables longitud de raíz, longitud total y peso seco total no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos, variedades e interacción, de igual manera la longitud de tallo presentó diferencias no significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos e interacción pero sí entre variedades ($P < 0.05$). Las variables peso fresco de la raíz, peso seco de la hoja y peso seco de la parte aérea mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en todos los niveles, mientras que el peso fresco de la hoja, peso fresco de tallo, peso fresco total y peso seco de tallo las presentan únicamente a nivel de variedades y tratamientos.

Tabla 33. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para las diferentes variables morfofisiológicas en plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a $35 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 12 h.

Fuente de Variación	Gl	LR	LT	LTOT	PFH	PFT	PFH	PFTOT	PSH	PST	PSA	PSR	PSTOT
Variedades	1	0.23 NS	4.88 *	2.72 NS	108.45 **	144.59 **	849.63 **	661.81 **	5280.96 **	500.14 **	450.94 **	32.14 **	7.29 NS
Tratamientos	1	0.62 NS	0.60 NS	0.13 NS	86.71 **	329.88 **	760.32 **	710.07 **	410.62 **	78.28 **	39.09 **	2.67 NS	0.36 NS
Interacción	1	3.33 NS	0.30 NS	1.31 NS	2.22 *	23.69 *	374.82 **	0.42 NS	581.85 **	0.85 NS	28.92 **	13.22 *	0.20 NS
Total	19												

(LR) Longitud de Raíz; (LT) Longitud de Tallo; (LTOT) Longitud Total; (PFH) Peso Fresco de la Hoja; (PFT) Peso Fresco de Tallo; (PFH) Peso Fresco de Raíz; (PFTOT) Peso Fresco Total; (PSH) Peso Seco de la Hoja; (PST) Peso Seco de Tallo; (PSA) Peso Seco Parte Aérea; (PSR) Peso Seco de Raíz; (PSTOT) Peso Seco Total.

** Valores altamente significativos ($P < 0.01$); * Valores significativos ($P < 0.05$) y NS Valores no significativos ($P > 0.05$).

Los valores promedio (Tabla 34) de las variables morfofisiológicas, nos permiten observar que a excepción de la longitud de raíz, el resto de las variables en la variedad Flor de Junio muestran un decremento con el tratamiento de alta temperatura en comparación con el control, los porcentajes de reducción en estas variables van del 20% en la longitud total, hasta 70% en el peso fresco de la raíz. Contrario a lo anterior en la variedad Pinto Americano las variables referentes a longitud y peso fresco disminuyen aunque no tan acentuadamente como en la variedad Flor de Junio, siendo estas disminuciones entre un 7% para la longitud de la raíz y hasta un 20% en el peso fresco de la raíz, en esta variedad (Pinto Americano) las variables referentes al peso seco presentan incrementos del 2 al 14%.

Tabla 34. Valores promedio de diferentes variables morfofisiológicas en plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a temperaturas de $38 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 12 h.

Variedades	Tratamientos	LR	LT	LTOT	PFH	PFT	PFH	PFTOT	PSH	PST	PSA	PSR	PSTOT
Flor de Junio	Control	18.20 ± 1.88	61.60 ± 7.51	79.84 ± 6.10	1.56 ± 0.07	3.19 ± 0.00	1.10 ± 0.00	4.85 ± 0.06	1.15 ± 0.01	1.49 ± 0.00	2.64 ± 0.04	0.64 ± 0.00	3.29 ± 0.03
	38 ± 2 °C	16.32 ± 3.76	45.90 ± 19.76	64.22 ± 21.04	0.58 ± 0.00	1.14 ± 0.01	0.33 ± 0.00	2.04 ± 0.00	0.41 ± 0.00	1.00 ± 0.01	1.48 ± 0.00	0.37 ± 0.00	1.84 ± 0.01
Pinto Americano	Control	21.54 ± 6.82	36.20 ± 7.10	77.91 ± 9.26	1.79 ± 0.01	2.33 ± 0.04	1.38 ± 0.01	5.58 ± 0.04	1.37 ± 0.01	1.34 ± 0.00	2.90 ± 0.03	0.66 ± 0.01	3.42 ± 0.68
	38 ± 2 °C	20.04 ± 7.48	51.44 ± 6.48	71.48 ± 10.77	1.63 ± 0.04	2.07 ± 0.00	1.11 ± 0.01	4.87 ± 0.03	1.56 ± 0.00	1.57 ± 0.00	3.14 ± 0.01	0.69 ± 0.00	3.87 ± 0.00

(LR) Longitud de Raíz; (LT) Longitud de Tallo; (LTOT) Longitud Total; (PFH) Peso Fresco de la Hoja; (PFT) Peso Fresco de Tallo; (PFH) Peso Fresco de Raíz; (PFTOT) Peso Fresco Total; (PSH) Peso Seco de la Hoja; (PST) Peso Seco de Tallo; (PSA) Peso Seco Parte Aérea; (PSR) Peso Seco de Raíz; (PSTOT) Peso Seco Total.



Fase 4. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Plántula

Perfil de Minerales

El contenido de minerales en la hoja de plántulas de 16 dds, presenta alta variabilidad, al respecto el análisis de varianza mostró que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las variedades y entre los tratamientos, así como en la interacción de ambas fuentes de variación.

Los factores ambientales afectan la tasa de crecimiento y la asimilación de nutrientes en plantas de sorgo (Jacque *et al.*, 1975).

Tabla 35. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el perfil de minerales (ppm), en hoja de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 38 ± 2 °C, durante 12 h.

Fuente de Variación	Gl	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Efectos Medidos	2	3469.72 **	274445.47 **	215053.66 **	114124.06 **	146928.49 **	44758.17 **	52203.83 **
Variedades	1	4393.40 **	338570.86 **	256846.55 **	86684.35 **	180625.17 **	69569.40 **	75975.43 **
Tratamientos	1	2546.03 **	210320.07 **	173260.77 **	141563.76 **	113231.80 **	19946.94 **	28432.23 **
Interacción	1	1428.64 **	239780.88 **	80854.52 **	143736.75 **	58488.45 **	18.03 **	14705.63 **
Explicado	3	2789.38 **	262890.60 **	170320.61 **	123994.95 **	117448.48 **	29844.79 **	39704.43 **
Total	11							

** Valores altamente significativos ($P < 0.01$).

Tabla 36. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del contenido de minerales (ppm), en hoja de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 38 ± 2 °C, durante 12 h.

Variedades	Tratamientos	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Flor de Junio	Control	1078.22 ± 8.42 a	995.39 ± 0.23 a	20636.85 ± 82.42 a	1760.61 ± 4.35 a	118.03 ± 0.49 a	951.63 ± 4.44 a	59.12 ± 2.14 a
	Alta Temp.	999.74 ± 16.24 a	1172.42 ± 0.45 b	10177.67 ± 92.09 b	1774.16 ± 8.34 a	90.36 ± 0.60 b	665.45 ± 5.01 b	27.10 ± 0.47 b
Pinto Americano	Control	1723.05 ± 5.64 a	71.01.27 ± 19.06 a	83373.60 ± 236.69 a	4934.09 ± 12.47 a	312.93 ± 0.46 a	424.42 ± 1.21 a	327.51 ± 0.77 a
	Alta Temp.	1176.26 ± 9.39 b	1697.76 ± 5.12 b	27817.64 ± 64.50 b	1375.07 ± 4.70 b	143.89 ± 0.43 b	154.95 ± 0.34 b	131.49 ± 0.32 b

NOTA: Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).



En la Figura (15) podemos observar que con el tratamiento de 38 ± 2 °C el contenido de minerales en hoja se ve afectado. En la variedad Flor de Junio el contenido de magnesio y calcio se incrementan, aunque en forma poco significativa, mientras que el sodio, potasio, manganeso, fierro y zinc se reducen. En el caso de la variedad Pinto Americano el contenido de todos los minerales se reducen.

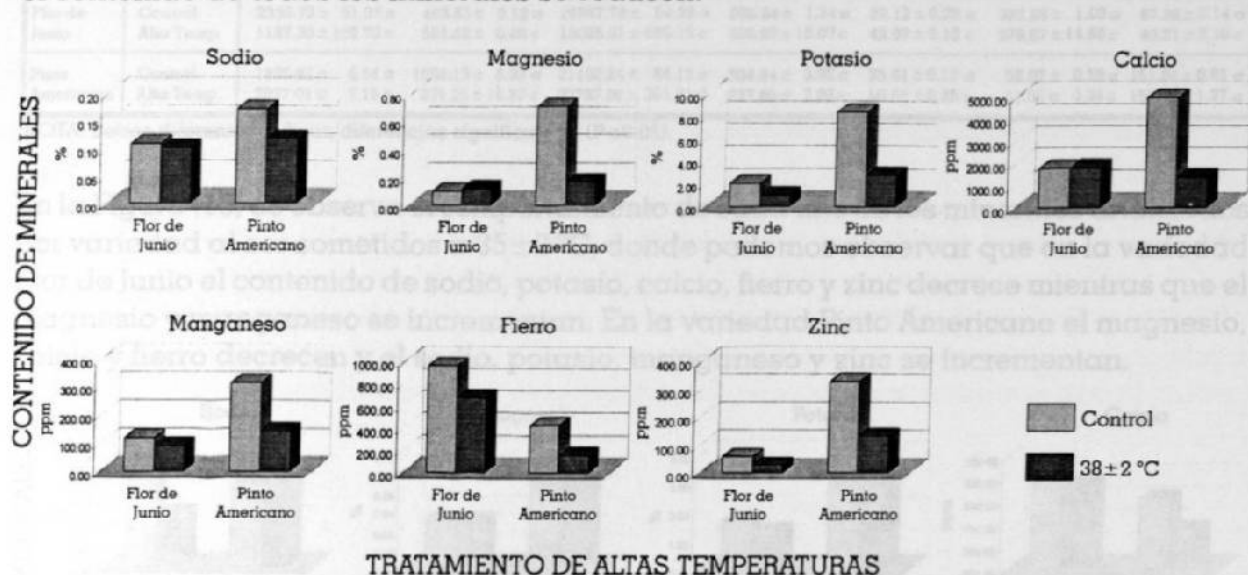


Figura 15. Contenido de minerales en hoja de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a temperatura de 38 ± 2 °C, durante 12 h.

Al igual que en la hoja el contenido de minerales mostró, con base en el análisis de varianza que a excepción del potasio y manganeso que resultaron no significativos ($P > 0.05$) en los tratamientos y en la interacción respectivamente, el resto de los minerales resultaron con diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) tanto entre las variedades como entre los tratamientos, e incluso en la interacción de ambas fuentes de variación.

Tabla 37. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el perfil de minerales (ppm), en tallo de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 38 ± 2 °C, durante 12 h.

Fuente de Variación	Gl	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Efectos Medidos	2	80.54 **	4879.89 **	3255.75 **	289.95 **	334.02 **	2090.66 **	8656.29 **
Variedades	1	14.57 **	9659.59 **	6506.51 **	425.35 **	132.03 **	3988.96 **	16996.79 **
Tratamientos	1	146.51 **	100.19 **	4.99 NS	154.54 **	536.02 **	192.37 **	315.80 **
Interacción	1	316.44 **	133.60 **	211.52 **	22.99 **	1.45 NS	151.54 **	369.27 **
Explicado	3	159.17 **	3297.80 **	2241.01 **	200.96 **	223.17 **	1444.29 **	5893.95 **
Total	11							

** Valores altamente significativos ($P < 0.01$).

NS Valores no significativos ($P > 0.05$).



Tabla 38. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del contenido de minerales (ppm), en tallo de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 38 ± 2 °C, durante 12 h.

	Tratamientos	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Flor de Junio	Control	2356.73 ± 91.37 a	493.85 ± 0.12 a	18667.78 ± 54.99 a	866.64 ± 1.34 a	29.12 ± 0.29 a	382.68 ± 1.03 a	67.96 ± 0.14 a
	Alta Temp.	1187.33 ± 102.73 c	501.52 ± 0.65 c	13005.31 ± 686.19 c	836.87 ± 10.07 c	42.97 ± 2.13 c	270.07 ± 14.86 c	40.31 ± 2.16 c
Pinto Americano	Control	1800.82 ± 6.54 a	1038.19 ± 5.33 a	31100.24 ± 84.12 a	804.94 ± 3.92 a	35.61 ± 0.17 a	58.07 ± 0.29 a	151.04 ± 0.61 a
	Alta Temp.	2027.01 ± 7.19 c	931.25 ± 16.30 c	33787.08 ± 301.31 d	737.80 ± 7.98 c	50.98 ± 0.35 c	51.36 ± 0.33 c	152.12 ± 1.27 a

NOTA: Letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05).

En la Figura (16) se observa el comportamiento de cada uno de los minerales analizados por variedad al ser sometidos a 35 ± 2 °C, donde podemos observar que en la variedad Flor de Junio el contenido de sodio, potasio, calcio, fierro y zinc decrece mientras que el magnesio y manganeso se incrementan. En la variedad Pinto Americano el magnesio, calcio y fierro decrecen y el sodio, potasio, manganeso y zinc se incrementan.

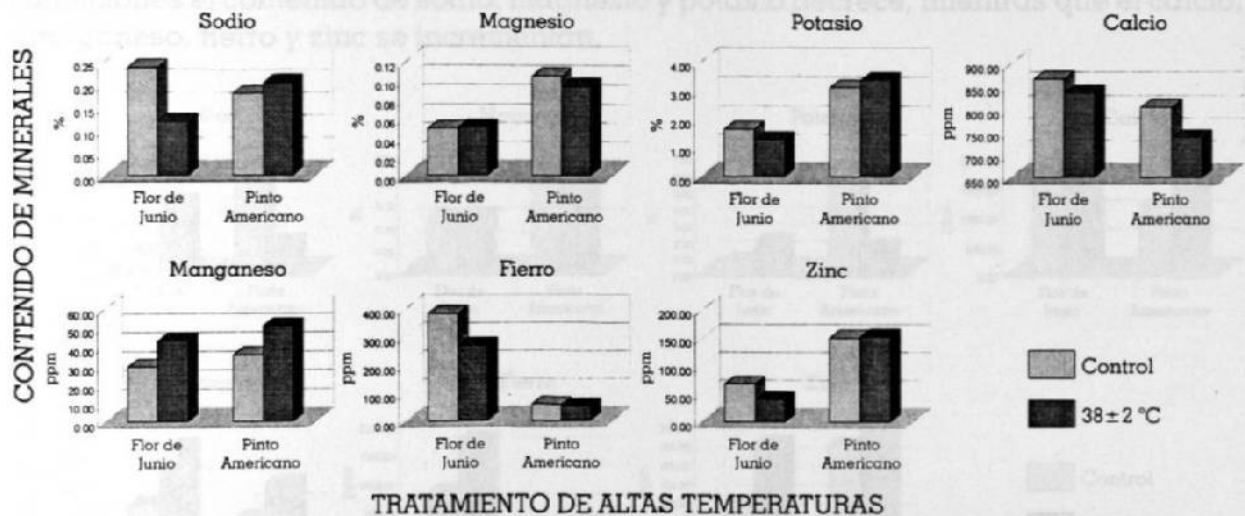


Figura 16. Contenido de minerales en tallo de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a temperatura de 38 ± 2 °C, durante 12 h.

Tabla 39. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el perfil de minerales (ppm), en raíz de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 38 ± 2 °C, durante 12 h.

Fuente de Variación	G1	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Efectos Medidos	2	9062.87 **	11614.87 **	45851.07 **	11492.04 **	151473.89 **	120339.36 **	18069.44 **
Variedades	1	13398.33 **	22892.70 **	83220.75 **	20150.10 **	70091.55 **	198709.47 **	17186.45 **
Tratamientos	1	4727.40 **	337.03 **	28481.39 **	2833.98 **	232856.22 **	41969.24 **	18952.44 **
Interacción	1	112509.94 **	350.59 **	82862.79 **	5217.91 **	13939.34 **	30089.90 **	4555.37 **
Explicado	3	43545.22 **	7860.11 **	58188.31 **	9400.66 **	105629.04 **	90256.20 **	13564.75 **
Total	11							

** Valores altamente significativos (P < 0.01).



Tabla 40. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del contenido de minerales (ppm), en raíz de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 38 ± 2 °C, durante 12 h.

Variedades	Tratamientos	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Flor de Junio	Control	6733.22 ± 207.46 a	1142.76 ± 2.18 a	6557.65 ± 340.58 a	1678.19 ± 5.05 a	56.96 ± 0.47 a	787.15 ± 8.09 a	90.20 ± 2.28 a
	Sequia	9705.93 ± 33.44 b	1209.81 ± 1.00 c	7983.45 ± 100.62 d	1894.15 ± 4.28 d	92.05 ± 0.13 d	1687.68 ± 3.08 c	124.09 ± 0.10 d
Pinto Americano	Control	35505.95 ± 64.78 a	2079.93 ± 7.07 a	61273.41 ± 56.63 a	1133.02 ± 3.23 a	31.42 ± 0.02 a	131.39 ± 0.37 a	243.32 ± 0.13 a
	Sequia	2544.70 ± 14.66 d	1677.16 ± 23.13 d	3131.69 ± 117.67 d	2167.49 ± 13.03 d	105.56 ± 0.53 d	214.99 ± 0.95 d	103.84 ± 0.78 c

NOTA: Letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05).

El comportamiento de cada uno de los minerales se muestra en la Figura (17), donde podemos apreciar que en la variedad Flor de Junio al ser sometida a 38 ± 2 °C se incrementa el contenido de sodio, magnesio, potasio, manganeso, fierro y zinc, en tanto que el calcio disminuye ligeramente. En la variedad Pinto Americano bajo estas mismas condiciones el contenido de sodio, magnesio y potasio decrece, mientras que el calcio, manganeso, fierro y zinc se incrementan.

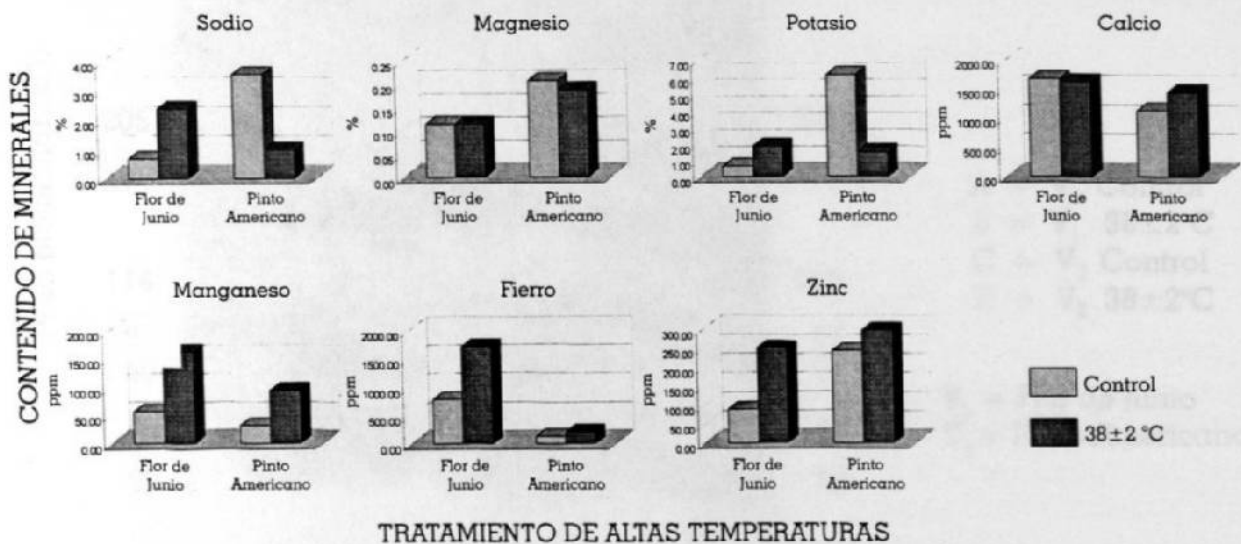


Figura 17. Contenido de minerales en raíz de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a temperatura de 38 ± 2 °C, durante 12 h.

La característica más importante de la afectación de las altas temperaturas sobre la síntesis de diferentes minerales, puede ser considerada el incremento del manganeso, ya que este interviene en el sistema de producción de O₂, mismo que se vé afectado por este factor externo. Al respecto Nash *et al.*, (1985) mencionan que las altas temperaturas afectan el funcionamiento del sistema de O₂ lo cual resulta en la liberación de manganeso funcional.



Perfil de Proteínas (Proteínas Específicas)

Al igual que en la salinidad, los resultados obtenidos en la electroforesis, para la determinación de proteínas específicas nos permiten observar que aparentemente éstas no se manifiestan, ya que no existen diferencias en el corrimiento entre el control y el tratamiento, manifestándose únicamente proteínas estructurales. Este hecho nos permite deducir que éstas proteínas son sintetizadas como una respuesta inmediata de la planta a diferentes condiciones de estrés.

Nuestros resultados pueden ser reforzados si consideramos las observaciones de diferentes investigadores que mencionan que las proteínas de choque térmico aparecen con rapidez, donde su síntesis continúa realizándose durante 3 ó 4 h, pero después de 8 h, el patrón de síntesis es esencialmente el mismo que tenía al inicio (Arrigo y Welch, 1987; Neuman *et al.*, 1989; Nover *et al.*, 1984).

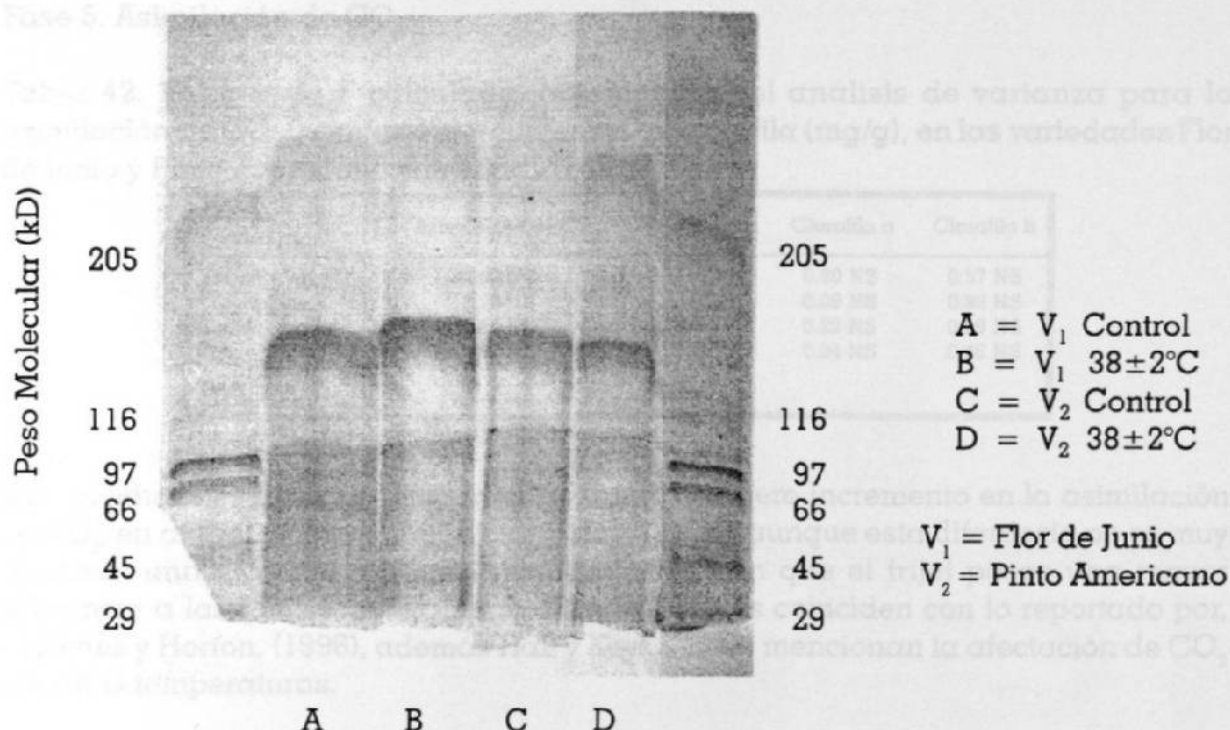


Figura 18. Perfil de proteínas específicas en hoja de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 38±2 °C, durante 12 h.

Contenido de Clorofila

La Tabla (41) presenta los valores obtenidos para el contenido de clorofila. Como se puede observar, existe una ligera variación en el contenido de este compuesto entre las variedades y los tratamientos.

Bajo condiciones de alta temperatura el contenido de clorofila total no se incrementa



en los cultivares susceptibles pero en el cultivar tolerante se presenta un mayor incremento de este compuesto, lo cual muestra un mecanismo de tolerancia y mayor estabilidad de la clorofila, este fenómeno esta asociado con una mayor acumulación de sodio y algunos otros minerales.

Tabla 41. Valores promedio del contenido de clorofila (mg/g) y desviación estándar, en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de altas temperaturas.

Variedades	Tratamientos	Contenido de Clorofila		
		Total	a	b
Flor de Junio	Control	21.16 ± 0.46	12.33 ± 0.16	7.14 ± 0.57
	38 ± 2 °C	21.32 ± 0.81	12.82 ± 0.51	7.40 ± 0.26
Pinto Americano	Control	21.61 ± 1.86	13.27 ± 1.10	7.23 ± 0.66
	38 ± 2 °C	23.42 ± 2.64	13.82 ± 1.51	8.38 ± 0.99

Fase 5. Asimilación de CO₂

Tabla 42. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para la asimilación de CO₂ (ppm/cm²/h) y contenido de clorofila (mg/g), en las variedades Flor de Junio y Pinto Americano sometidas a 38 ± 2 °C.

Fuente de Variación	Gl	Asimilación de CO ₂	Clorofila Total	Clorofila a	Clorofila b
Variedades	1	58.02 NS	3.27 NS	0.90 NS	0.57 NS
Tratamientos	1	3.22 NS	1.96 NS	0.09 NS	0.99 NS
Interacción	1	3.94 NS	1.36 NS	0.22 NS	0.39 NS
Error	4	13.66 NS	2.83 NS	0.94 NS	0.46 NS
Total	7				

NS Valores no significativos (P>0.05).

Bajo condiciones de altas temperaturas existe un ligero incremento en la asimilación de CO₂, en ambas líneas (tolerantes y susceptibles), aunque esta diferencia no es muy marcada entre las líneas. Estos resultados indican que el frijol posee una mayor tolerancia a las altas temperaturas, estos resultados coinciden con lo reportado por, Pastenes y Horton, (1996), además Hall y Keys, (1983) mencionan la afectación de CO₂ por altas temperaturas.

Tabla 43. Valores promedio y desviación estándar para la tasa de asimilación de CO₂, (ppm/cm²/h), en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de altas temperaturas.

Variedades	Asimilación de CO ₂	
	Control	38 ± 2°C
Flor de Junio	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01
Pinto Americano	0.05 ± 0.02	0.06 ± 0.01

Las altas temperaturas afectan la fotosíntesis cambiando la estructura de los tilacoides (Berry y Bjorkman, 1980; Weis y Berry, 1988), así como variaciones en la actividad enzimática (Pollock y Rees, 1975).



Fase 6. Respuestas de Ultraestructura

En las Figuras (19 y 20) podemos observar los resultados obtenidos a nivel de ultraestructura de la hoja en el cloroplasto, de las plántulas de 16 dds, sometidas a estrés de alta temperatura (38 ± 2 °C) durante 12 h. En forma general tanto de la variedad Flor de Junio como en la Pinto Americano se presentan alteraciones en la morfología del cloroplasto, acompañada con un incremento en tamaño y número de gránulos de almidón. Estas observaciones pueden ser apoyadas con los resultados de diferentes investigaciones realizadas en este sentido (Pastenes y Horton, 1996; Ristic, *et al.*, 1984; Berry y Bjarkman, 1980).

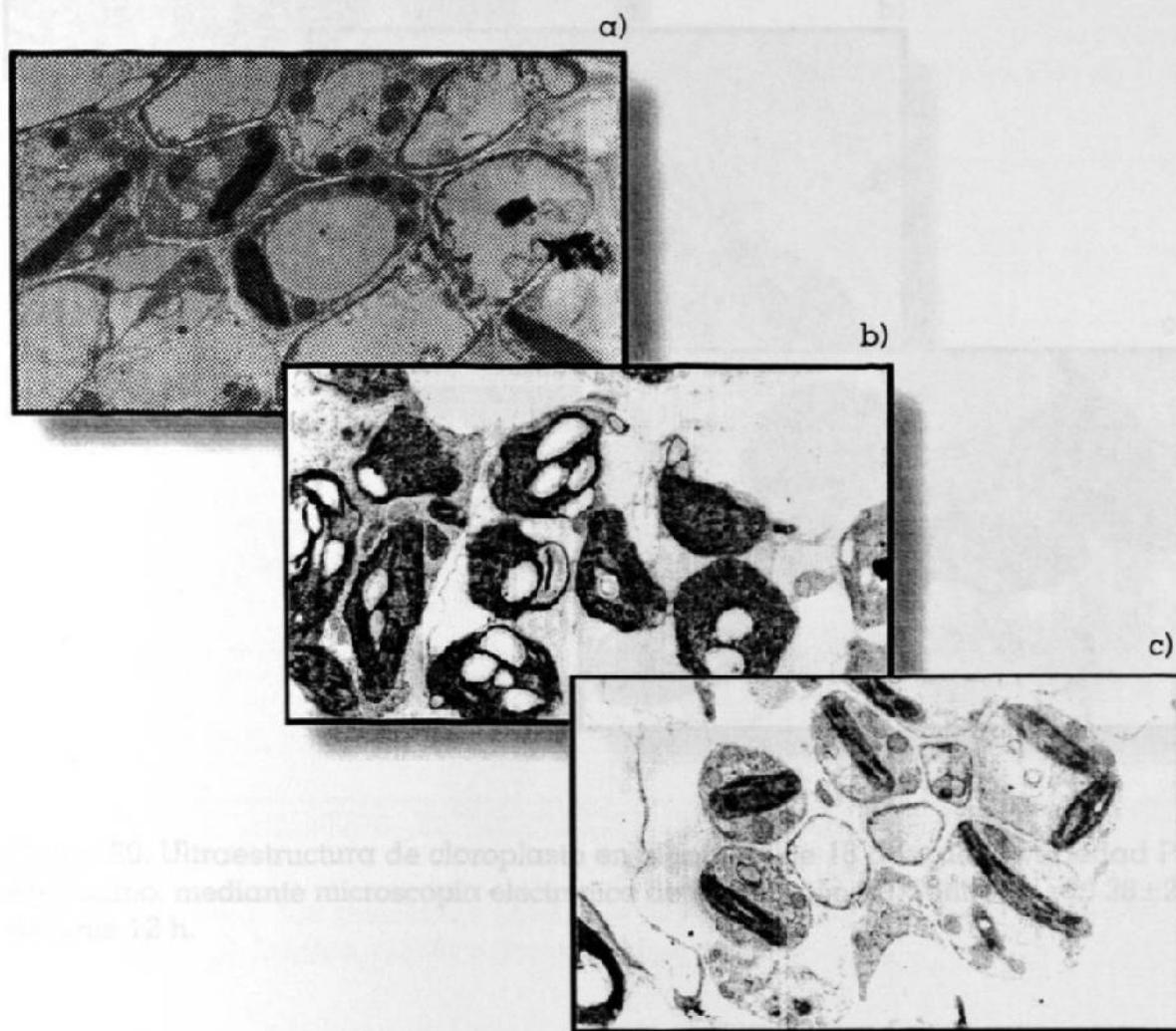


Figura 19. Ultraestructura de cloroplasto en plántulas de 16 dds, de la variedad Flor de Junio, mediante microscopía electrónica de transmisión, a) Control, b y c) 38 ± 2 °C, durante 12 h.



Estrés de Sequía

Fase I. Variabilidad Genotípica en Etapa de Plántula

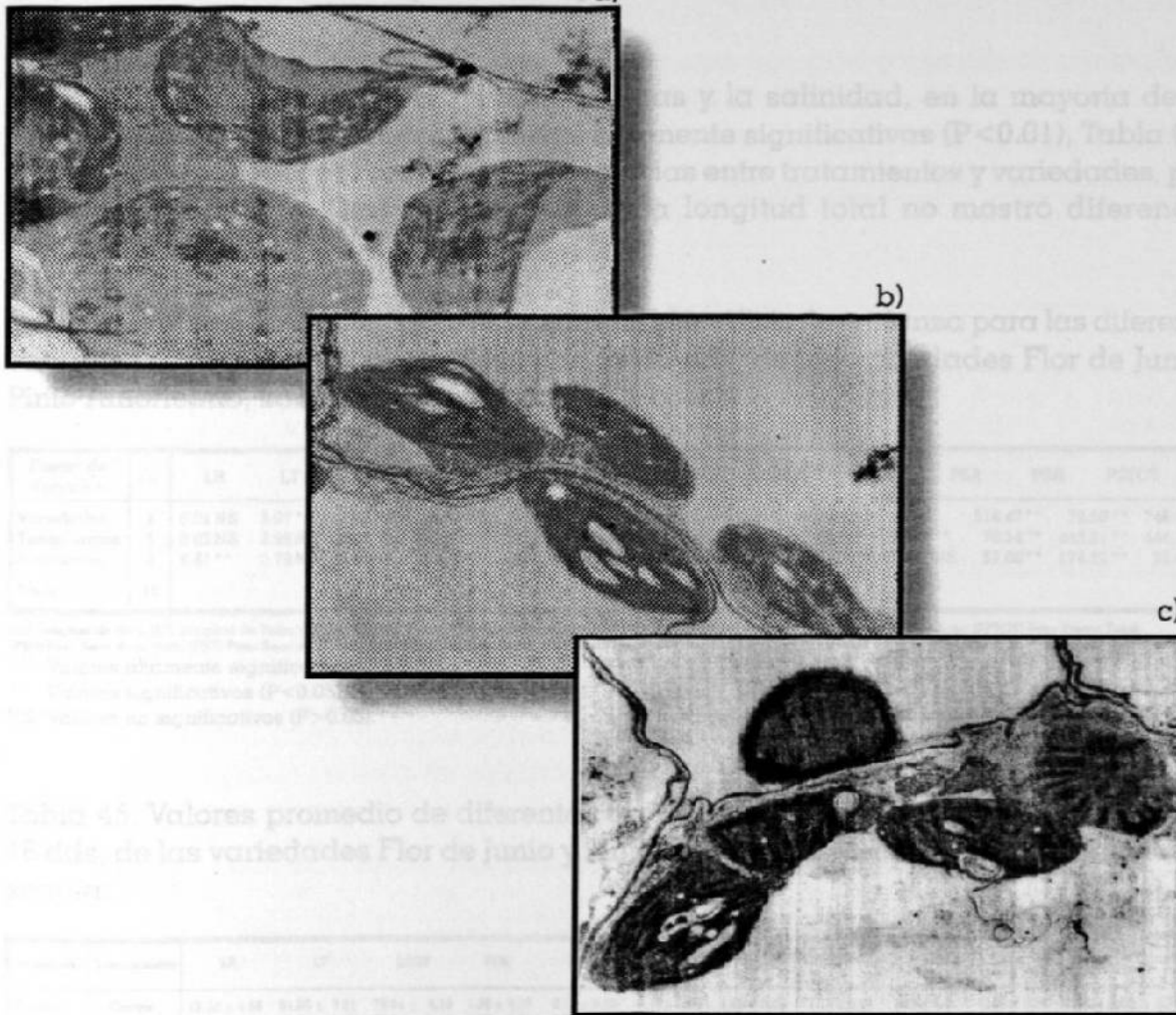


Figura 20. Ultraestructura de cloroplasto en plántulas de 16 dds, de la variedad Pinto Americano, mediante microscopía electrónica de transmisión, a) Control, b y c) 38±2 °C, durante 12 h.



Estrés de Sequía

Fase 1. Variabilidad Genotípica en Etapa de Plántula

Crecimiento y Desarrollo

Al igual que con las altas temperaturas y la salinidad, en la mayoría de las variables analizadas existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), Tabla (44). La longitud de la raíz no mostró estas diferencias entre tratamientos y variedades, pero sí en la interacción. De la misma forma, la longitud total no mostró diferencias significativas.

Tabla 44. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para las diferentes variables morfofisiológicas en plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a sequía.

Fuente de Variación	Gl	LR	LT	LTOT	PFH	PFT	PFR	PFTOT	PSH	PST	PSA	PSR	PSTOT
Variedades	1	0.01 NS	5.07 *	3.67 NS	4.86 NS	30.35 **	42.00 **	3.47 NS	6079.42 **	15.94 *	516.47 **	72.50 **	746.32 **
Tratamientos	1	0.02 NS	2.98 NS	2.33 NS	760.66 **	2163.38 **	14580.24 **	3911.96 **	63.02 **	77.68 **	76.54 **	442.21 **	444.19 **
Interacción	1	8.81 **	0.79 NS	2.14 NS	62.77 **	226.30 **	2263.82 **	503.88 **	947.31 **	0.01 NS	57.06 **	174.52 **	28.48 **
Total	19												

(LR) Longitud de Raíz; (LT) Longitud de Tallo; (LTOT) Longitud Total; (PFH) Peso Fresco de la Hoja; (PFT) Peso Fresco de Tallo; (PFR) Peso Fresco de Raíz; (PFTOT) Peso Fresco Total; (PSH) Peso Seco de la Hoja; (PST) Peso Seco de Tallo; (PSA) Peso Seco Parte Aérea; (PSR) Peso Seco de Raíz; (PSTOT) Peso Seco Total.

** Valores altamente significativos ($P < 0.01$).

* Valores significativos ($P < 0.05$).

NS Valores no significativos ($P > 0.05$).

Tabla 45. Valores promedio de diferentes variables morfofisiológicas en plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a condiciones de sequía.

Variedades	Tratamientos	LR	LT	LTOT	PFH	PFT	PFR	PFTOT	PSH	PST	PSA	PSR	PSTOT
Flor de Junio	Control	18.20 ± 1.88	61.60 ± 7.51	79.84 ± 8.10	1.58 ± 0.07	2.19 ± 0.00	1.12 ± 0.00	4.85 ± 0.06	1.15 ± 0.01	1.49 ± 0.00	3.84 ± 0.04	6.64 ± 0.00	3.39 ± 0.03
	Sequía	21.24 ± 7.35	58.30 ± 7.68	79.54 ± 7.39	1.08 ± 0.01	1.72 ± 0.00	0.83 ± 0.00	3.45 ± 0.02	0.97 ± 0.00	1.37 ± 0.02	2.78 ± 0.01	6.80 ± 0.01	2.39 ± 0.02
Pinto Americano	Control	21.54 ± 6.52	56.29 ± 7.10	77.94 ± 8.28	1.79 ± 0.01	2.39 ± 0.04	1.39 ± 0.01	5.58 ± 0.04	1.37 ± 0.01	1.54 ± 0.00	2.93 ± 0.03	6.06 ± 0.01	3.49 ± 0.68
	Sequía	18.16 ± 4.33	45.76 ± 12.4	63.92 ± 14.68	0.95 ± 0.01	1.41 ± 0.01	0.27 ± 0.01	2.60 ± 0.07	1.48 ± 0.01	1.49 ± 0.03	2.91 ± 0.01	0.47 ± 0.01	3.38 ± 0.00

(LR) Longitud de Raíz; (LT) Longitud de Tallo; (LTOT) Longitud Total; (PFH) Peso Fresco de la Hoja; (PFT) Peso Fresco de Tallo; (PFR) Peso Fresco de Raíz; (PFTOT) Peso Fresco Total; (PSH) Peso Seco de la Hoja; (PST) Peso Seco de Tallo; (PSA) Peso Seco Parte Aérea; (PSR) Peso Seco de Raíz; (PSTOT) Peso Seco Total.

En forma general los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Peña Ramos y Muñoz-Orozco, (1988) y Acosta Gallegos *et al* (1988).



Fase 2. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Plántula

Perfil de Minerales

Al igual que en los factores de salinidad y altas temperaturas, el contenido de minerales en sequía presenta diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) Tabla (46).

Tabla 46. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el perfil de minerales (ppm), en hoja de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a sequía.

Fuente de Variación	Gl	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Efectos Medidos	2	262.09 **	15101.19 **	601.71 **	632.49 **	4116.97 **	15307.89 **	6824.25 **
Variedades	1	5.11 NS	21323.38 **	1025.38 **	559.52 **	5061.31 **	30487.53 **	6938.84 **
Tratamientos	1	519.07 **	8878.99 **	178.03 **	705.46 **	3172.64 **	128.24 **	6709.66 **
Interacción	1	99.07 **	13499.74 **	1299.84 **	1146.35 **	11539.93 **	4885.13 **	8615.08 **
Explicado	3	207.75 **	14567.37 **	834.42 **	803.78 **	6591.29 **	11833.63 **	7421.19 **
Total	11							

** Valores altamente significativos ($P < 0.01$).

NS Valores no significativos ($P > 0.05$).

Tabla 47. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del contenido de minerales (ppm), en hoja de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a sequía.

Variedades	Tratamientos	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Flor de Junio	Control	1078.22 ± 8.42 a	995.39 ± 0.23 a	20636.85 ± 82.42 a	1760.61 ± 4.35 a	118.03 ± 0.49 a	951.63 ± 4.44 a	59.12 ± 2.14 a
	Sequia	3622.34 ± 290.07 b	1506.75 ± 77.06 b	41566.30 ± 3182.59 b	2163.27 ± 190.61 b	173.80 ± 3.70 b	1360.55 ± 16.81 b	75.74 ± 4.76 b
Pinto Americano	Control	1723.05 ± 5.54 a	71.01.27 ± 19.06 a	83373.60 ± 236.69 a	4954.09 ± 12.47 a	312.93 ± 0.48 a	424.42 ± 1.21 a	327.51 ± 0.77 a
	Sequia	2798.47 ± 8.36 b	2201.52 ± 14.32 b	37850.64 ± 8.04 b	1600.25 ± 5.44 b	134.20 ± 0.27 b	129.54 ± 0.50 b	61.24 ± 0.26 b

NOTA: Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).



Como podemos observar en la Figura (21) y en la Tabla (47) el contenido de cada uno de los minerales analizados en hoja de plántulas de 16 dds, de la variedad Flor de Junio se incrementan con el tratamiento de sequía, mientras que en Pinto Americano a excepción del sodio que se incrementa, el resto de los minerales se reduce.

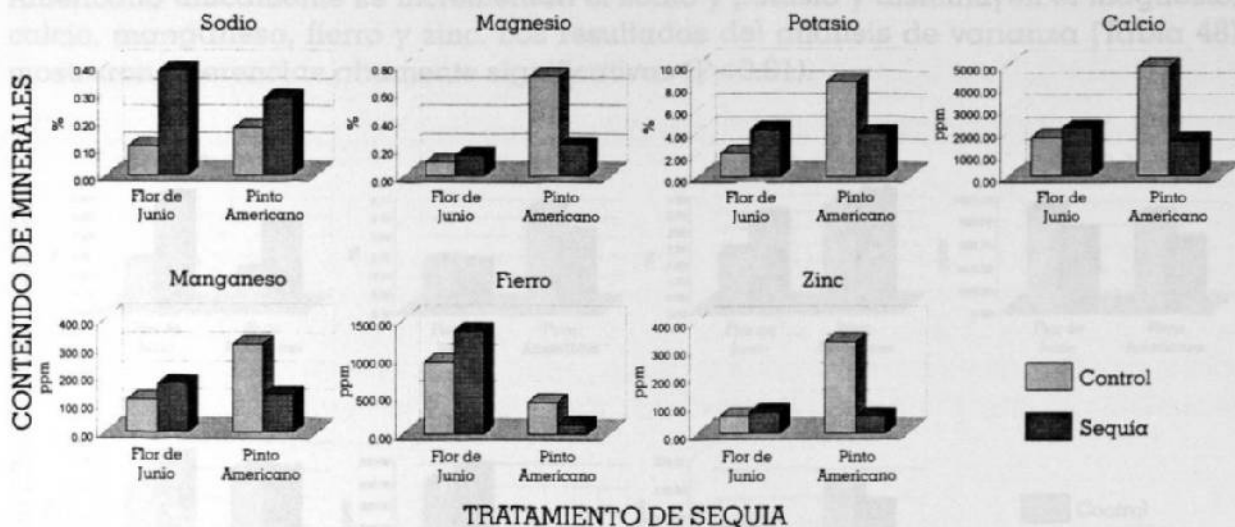


Figura 21. Contenido de minerales en hoja de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a sequía.

Tabla 48. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el perfil de minerales (ppm), en tallo de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a sequía.

Fuente de Variación	Gl	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Efectos Medidos	2	6430.81 **	6515.63 **	22125.59 **	11909.76 **	541.21 **	71226.15 **	47683.24 **
Variedades	1	1354.97 **	11535.75 **	29880.00 **	1829.11 **	16.33 **	141748.76 **	78345.97 **
Tratamientos	1	11506.65 **	1495.52 **	14371.19 **	21990.42 **	1066.10 **	703.53 **	17020.51 **
Interacción	1	268.78 **	807.56 **	4436.47 **	20.74 **	1992.42 **	1137.89 **	1912.41 **
Explicado	3	4376.80 **	4612.94 **	16238.22 **	7946.76 **	1024.95 **	47863.40 **	32426.30 **
Total	11							

** Valores altamente significativos (P<0.01).

Tabla 49. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del contenido de minerales (ppm), en tallo de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a sequía.

Variedades	Tratamientos	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Flor de Junio	Control	2356.73 ± 91.37 a	493.85 ± 0.12 a	16667.78 ± 54.99 a	866.64 ± 1.34 a	29.12 ± 0.29 a	382.68 ± 1.03 a	67.96 ± 0.14 a
	Sequía	5724.10 ± 21.04 d	452.76 ± 2.75 d	27909.95 ± 149.49 d	634.57 ± 2.10 b	39.42 ± 0.27 d	439.75 ± 3.10 d	45.69 ± 0.15 d
Pinto Americano	Control	1800.82 ± 6.54 a	1038.13 ± 5.33 a	31100.24 ± 84.12 a	804.94 ± 3.92 a	35.61 ± 0.17 a	58.07 ± 0.29 a	151.04 ± 0.61 a
	Sequía	4275.33 ± 7.92 d	769.28 ± 12.52 d	34296.09 ± 105.20 d	558.16 ± 3.10 d	34.01 ± 0.15 d	51.24 ± 0.21 c	106.33 ± 0.62 c

NOTA: Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).



En la Figura (22) y Tabla (49) podemos observar que el contenido de minerales en el tallo de las plántulas sometidas a condiciones de sequía muestra amplia variabilidad. En la variedad Flor de Junio el sodio, potasio, manganeso y fierro se incrementan, mientras que el magnesio, calcio y zinc se disminuyen. En la variabilidad Pinto Americano unicamente se incrementan el sodio y potasio y disminuyen el magnesio, calcio, manganeso, fierro y zinc. Los resultados del análisis de varianza (Tabla 48) mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$).

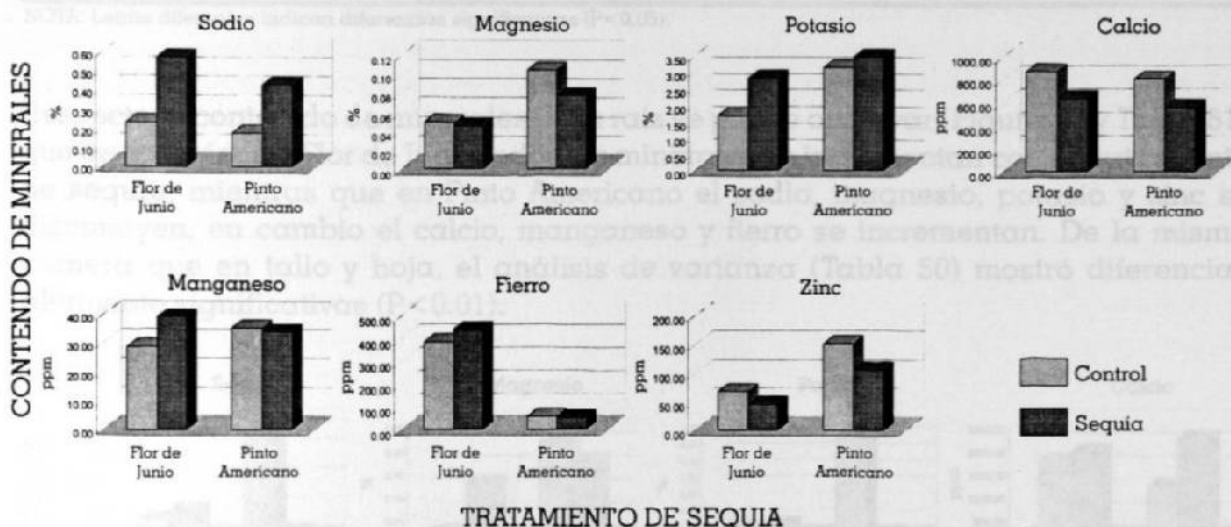


Figura 22. Contenido de minerales en tallo de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a sequía.

Tabla 50. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el perfil de minerales (ppm), en raíz de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a sequía.

Fuente de Variación	Gl	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Efectos Medidos	2	42195.91 **	5294.95 **	59749.14 **	10954.07 **	34399.79 **	108444.95 **	7374.75 **
Variedades	1	28847.09 **	10017.54 **	52098.34 **	988.60 **	823.92 **	178689.24 **	9039.28 **
Tratamientos	1	55544.73 **	572.36 **	67399.94 **	20919.54 **	67975.66 **	38200.65 **	5710.21 **
Interacción	1	79752.09 **	1120.88 **	74347.89 **	8963.55 **	8686.23 **	26323.15 **	15392.58 **
Explicado	3	54714.63 **	390359 **	64615.39 **	10290.56 **	25828.60 **	81071.01 **	10047.36 **
Total	11							

** Valores altamente significativos ($P < 0.01$).



Tabla 51. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del contenido de minerales (ppm), en raíz de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a sequía.

Variedades	Tratamientos	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Zn
Flor de Junio	Control	5733.22 ± 207.46 a	1142.76 ± 2.18 a	6557.65 ± 340.58 a	1678.19 ± 5.05 a	56.96 ± 0.47 a	787.15 ± 8.09 a	90.20 ± 2.28 a
	Sequia	9705.93 ± 33.44 b	1209.81 ± 1.00 c	7983.45 ± 100.62 d	1894.15 ± 4.28 d	92.05 ± 0.13 d	1687.68 ± 3.08 c	124.09 ± 0.10 d
Pinto Americano	Control	35505.95 ± 64.78 a	2079.93 ± 7.07 a	61273.41 ± 56.63 a	1133.02 ± 3.23 a	31.42 ± 0.02 a	131.39 ± 0.37 a	243.32 ± 0.13 a
	Sequia	2544.70 ± 14.66 d	1677.16 ± 23.13 d	3131.69 ± 117.67 d	2167.49 ± 13.03 d	105.56 ± 0.53 d	214.99 ± 0.95 d	103.84 ± 0.78 c

NOTA: Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

Respecto al contenido de minerales en la raíz se puede observar (Figura 23 y Tabla 51) que en la variedad Flor de Junio todos los minerales se incrementan con el tratamiento de sequía, mientras que en Pinto Americano el sodio, magnesio, potasio y zinc se disminuyen, en cambio el calcio, manganeso y hierro se incrementan. De la misma manera que en tallo y hoja, el análisis de varianza (Tabla 50) mostró diferencias altamente significativas (P<0.01).

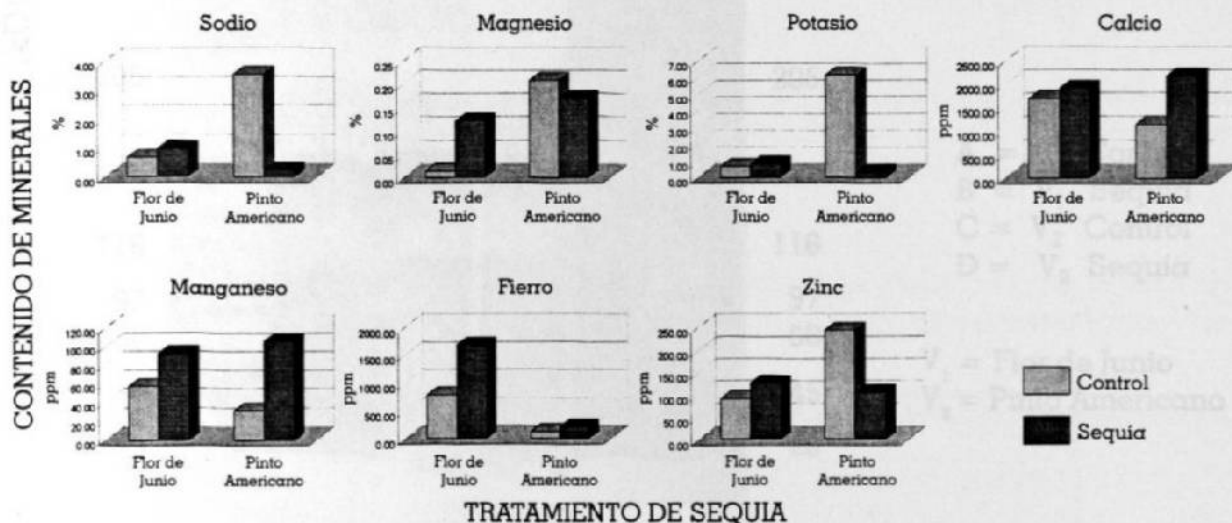


Figura 23. Contenido de minerales en raíz de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a sequía.

El efecto de este factor de estrés sobre el contenido y asimilación de minerales es muy variable, dependiendo del mineral analizado. A este respecto Raju (1980) citado por Saldivar (1991) y Jacques, *et al.*, (1975) concluyeron que los factores ambientales influyen negativamente sobre la tasa de crecimiento y la asimilación de nutrientes (calcio y magnesio) en plantas de sorgo. En nuestros resultados el calcio y el magnesio no muestran tal afectación bajo las condiciones en la variedad Flor de Junio, mientras que en Pinto Americano el calcio se incrementa y el magnesio disminuye.



Perfil de Proteínas (Proteínas Específicas)

Al igual que en el estrés de salinidad y altas temperaturas, los resultados obtenidos en la electroforesis, para la determinación de proteínas específicas nos permiten observar que aparentemente éstas no se manifiestan, ya que no existen diferencias en el corrimiento entre el control y el tratamiento, manifestándose únicamente proteínas estructurales. Este hecho nos permite deducir que éstas proteínas son sintetizadas como una respuesta inmediata de la planta a diferentes condiciones de estrés.

Nuestros resultados pueden ser reforzados si consideramos las observaciones de diferentes investigadores que mencionan que las proteínas de choque térmico aparecen con rapidez, donde su síntesis continúa realizándose durante 3 ó 4 h, pero después de 8 h, el patrón de síntesis es esencialmente el mismo que tenía al inicio (Arrigo y Welch, 1987; Neuman *et al.*, 1989; Nover *et al.*, 1984).

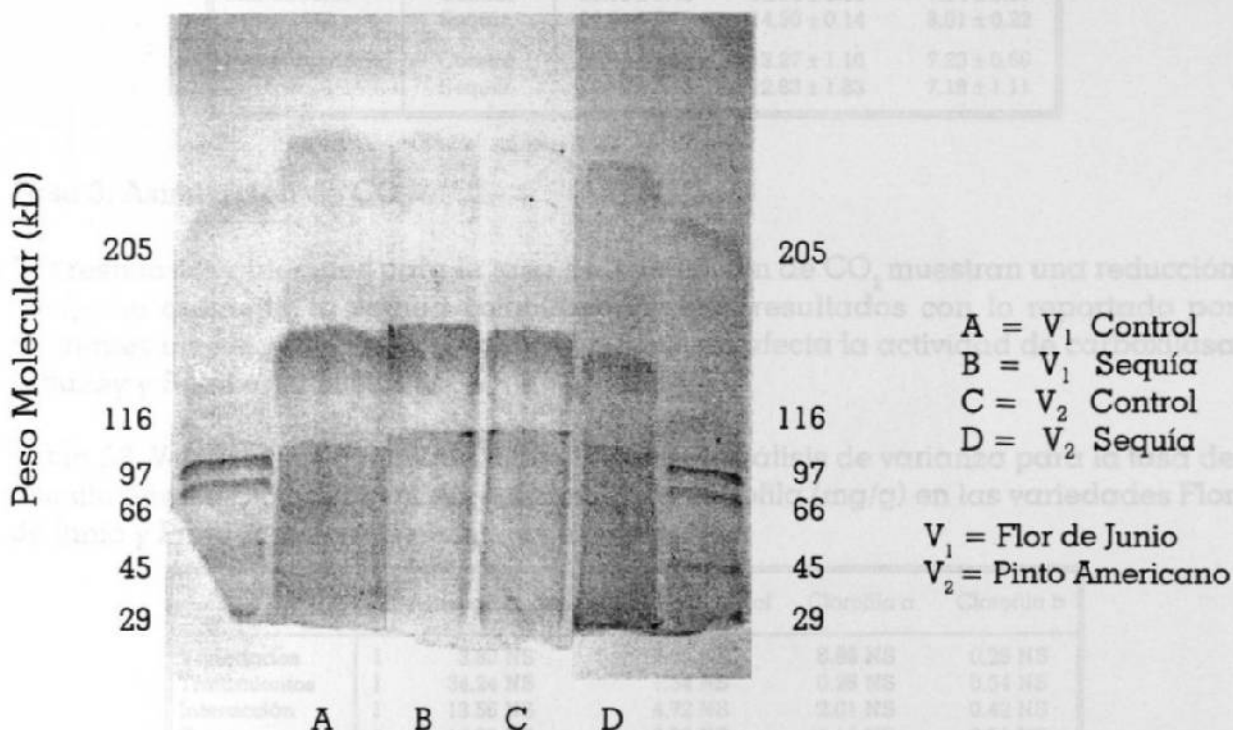


Figura 24. Perfil de proteínas específicas en hoja de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a condiciones de sequía.

Contenido de Clorofila

El análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativas entre las variedades y los tratamientos en el contenido de clorofila (Tabla 53).

La Tabla (52) presenta los valores promedio obtenidos para el contenido de clorofila. Como se puede observar, existe una ligera variación en el contenido de este compuesto entre las variedades y los tratamientos.



Bajo condiciones de sequía el contenido de clorofila total se incrementa en el cultivar susceptible, pero se reduce en el tolerante, el incremento en el cultivar susceptible es un mecanismo de sobrevivencia, interviniendo en los tolerantes otros mecanismos como compuestos químicos que intervienen en la osmorregulación.

La acumulación de mayor cantidad de sodio en el cultivar tolerante actúa como un mecanismo de osmorregulación manteniendo estable la actividad fotosintética.

Tabla 52. Valores promedio del contenido de clorofila (mg/g) y desviación estándar, en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de sequía.

Variedades	Tratamientos	Contenido de Clorofila		
		Total	a	b
Flor de Junio	Control	21.16 ± 0.46	12.93 ± 0.16	7.14 ± 0.57
	Sequía	23.51 ± 0.40	14.30 ± 0.14	8.01 ± 0.22
Pinto Americano	Control	21.61 ± 1.86	13.27 ± 1.10	7.23 ± 0.66
	Sequía	20.89 ± 3.10	12.63 ± 1.83	7.19 ± 1.11

Fase 3. Asimilación de CO₂

Los resultados obtenidos para la tasa de asimilación de CO₂ muestran una reducción conforme aumenta la sequía coincidiendo estos resultados con lo reportado por diferentes investigadores (Uprety, 1989), así mismo afecta la actividad de carboxilasa (Shakey y Seemann, 1989).

Tabla 53. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para la tasa de asimilación de CO₂ (ppm/cm²/h) y contenido de clorofila (mg/g) en las variedades Flor de Junio y Pinto Americano sometidas a sequía.

Fuente de Variación	Gl	Asimilación de CO ₂	Clorofila Total	Clorofila a	Clorofila b
Variedades	1	3.80 NS	2.34 NS	0.88 NS	0.26 NS
Tratamientos	1	34.24 NS	1.34 NS	0.26 NS	0.34 NS
Interacción	1	13.56 NS	4.72 NS	2.01 NS	0.42 NS
Error	4	14.06 NS	3.36 NS	1.15 NS	0.51 NS
Total	7				

NS Valores no significativos (P > 0.05).

Tabla 54. Valores promedio y desviación estándar para la tasa de asimilación de CO₂ (ppm/cm²/h) en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de sequía.

Variedades	Asimilación de CO ₂	
	Control	Sequía
Flor de Junio	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01
Pinto Americano	0.05 ± 0.02	0.02 ± 0.00



Fase 4. Respuestas de Ultraestructura

El efecto de la sequía a nivel de cloroplasto, es similar al que se observa en las condiciones de salinidad y altas temperaturas, existiendo un rompimiento de la membrana del cloroplasto y dilatación de tilacoides, no distinguiéndose fácilmente los grana. A este respecto estudios realizados en maíz (Roth, 1996) mencionan que además existe una distorsión en el cloroplasto, mientras que Ristic y Cass (1993) observaron alta acumulación de lípidos.

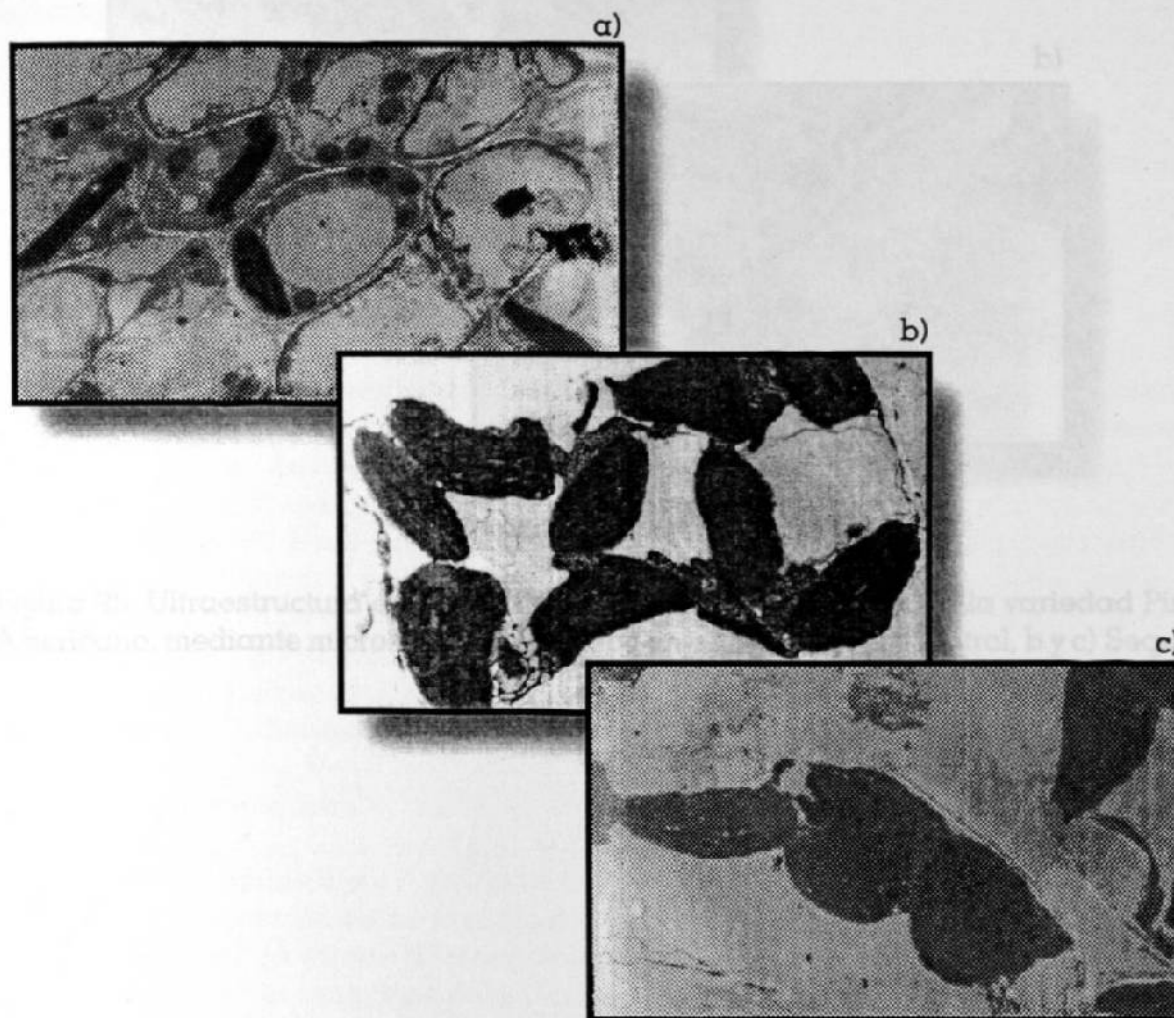


Figura 25. Ultraestructura de cloroplasto en plántulas de 16 dds, de la variedad Flor de Junio, mediante microscopía electrónica de transmisión, a) Control, b y c) Sequía.



Interacción Entre los Diferentes Factores de Estrés en las Variedades Comerciales, Frijol de Junio y Pinto Americano,

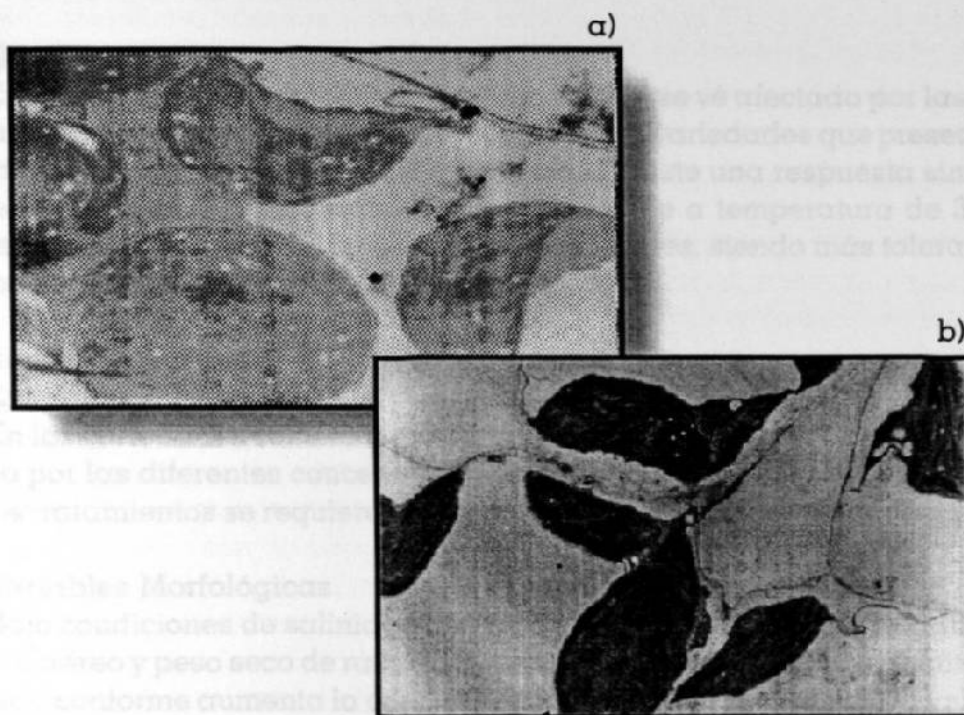


Figura 26. Ultraestructura de cloroplasto en plántulas de 16 dds, de la variedad Pinto Americano, mediante microscopía electrónica de transmisión, a) Control, b) y c) Sequía.



Interacción Entre los Diferentes Factores de Estrés en las Variedades Comerciales, Flor de Junio y Pinto Americano.

Germinación

En forma general el porcentaje de germinación se ve afectado por las diferentes concentraciones de salinidad, existiendo cultivares y/o variedades que presentan mayor tolerancia a este factor de estrés, del mismo modo existe una respuesta similar con el tratamiento de altas temperaturas, observándose que a temperatura de 38 ± 2 °C se reduce el porcentaje hasta el 100% en algunos cultivares, siendo más tolerantes a este factor las variedades comerciales.

Crecimiento y Desarrollo

Emergencia

En las variedades comerciales el número de plantas emergidas se ve altamente afectado por las diferentes concentraciones de salinidad, observándose además que con estos tratamientos se requiere mayor número de días para que inicie este proceso.

Variables Morfológicas

Bajo condiciones de salinidad las variables altura de plántula, longitud de raíz, peso seco aéreo y peso seco de raíz, disminuyen marcadamente, decremento que se ve acentuado conforme aumenta la concentración de la solución salina. De igual manera en la variedad Flor de Junio, éstas variables se ven influenciadas negativamente con el tratamiento de alta temperatura, excepto la longitud de la raíz, la cual incrementa, mientras que en el Pinto Americano todas las variables referentes a peso seco se incrementan. Respecto al estrés de sequía éste influye negativamente disminuyendo la tasa de crecimiento de todas las variables evaluadas en Flor de Junio y Pinto Americano con excepción de la longitud de la raíz. Con base en estos resultados podemos concluir que el comportamiento de las variables en un factor pueden ser, punto de referencia a otros factores.

Respuestas Bioquímicas

Perfil de Minerales

En la interacción de los factores de estrés podemos observar que de acuerdo al análisis de varianza existen diferencias altamente significativas entre las variedades, los tratamientos y la estructura de la planta, en el contenido de minerales analizados.

Sodio. Respecto al contenido de sodio se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Mostrando la comparación múltiple de medias que el contenido de este mineral en la hoja se incrementa en el tratamiento de sequía, mientras que en la alta temperatura se disminuye, tanto en la variedad Flor de Junio como en Pinto Americano, siendo estas diferencias estadísticamente diferentes, a excepción del contenido en el control y la alta temperatura de la variedad Flor de Junio. En el tallo



éste mineral también se ve influenciado positivamente por los tratamientos, siendo estadísticamente diferente en cada tratamiento, observándose que la salinidad lo incrementa significativamente sobre todo en la variedad Flor de Junio, observándose un decremento en esta misma variedad en el tratamiento de alta temperatura. Respecto a la raíz el contenido de este mineral aumenta en la variedad Flor de Junio, en tanto que en Pinto Americano disminuye, siendo este comportamiento similar en todos los tratamientos.

Magnesio. Respecto al contenido de magnesio se observan diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrando la comparación múltiple de medias que el contenido de éste macroelemento en la hoja es estadísticamente diferente en cada tratamiento, incrementándose en la variedad Flor de Junio y disminuyendo en Pinto Americano, siendo la sequía la que más incrementa en la primera variedad y la alta temperatura la que más disminuye en la segunda. En el tallo de la variedad Flor de Junio su contenido se ve incrementado por la salinidad y la alta temperatura y disminuido por la sequía, mientras que en Pinto Americano únicamente la salinidad lo incrementa, en tanto que la alta temperatura y la sequía lo disminuye. Respecto a la raíz en Flor de Junio la salinidad disminuye su contenido y la sequía lo incrementa, mientras que en la alta temperatura el contenido es estadísticamente igual al control, en Pinto Americano el contenido es diferente estadísticamente en los tratamientos disminuyéndose en los tres con respecto al control.

Potasio. El contenido de éste mineral presenta diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrando además la comparación múltiple de medias que el contenido de éste en la hoja es estadísticamente diferente en cada tratamiento, incrementándose en la variedad Flor de Junio con el tratamiento de sequía y disminuyendo con la alta temperatura, mientras que en Pinto Americano disminuye con ambos tratamientos. En el tallo su contenido también es estadísticamente diferente y en Flor de Junio disminuye en la alta temperatura y se incrementa con la salinidad y la sequía, mientras que en Pinto Americano disminuye con la salinidad y se incrementa en la alta temperatura y sequía. Del mismo modo, en la raíz éste mineral muestra diferencias entre los tratamientos, observándose que en Flor de Junio su contenido se ve disminuido con la salinidad e incrementado con la alta temperatura y sequía, mientras que en Pinto Americano se disminuye con los tres tratamientos.

Calcio. Se observan diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrándose además mediante la comparación múltiple de medias que su contenido en la hoja de la variedad Flor de Junio no se ve influenciado por la alta temperatura, pero sí por la sequía la cual lo incrementa, mientras que en Pinto Americano la alta temperatura lo incrementa y la sequía lo reduce. En el tallo de Flor de Junio este mineral se ve influenciado negativamente al reducirse en los tres tratamientos, siendo igual estadísticamente el contenido en salinidad y sequía, por otro lado en Pinto Americano la salinidad lo incrementa mientras que la alta temperatura y la sequía lo disminuyen.



Respecto a su contenido en la raíz en ambas variedades se presentan diferencias significativas entre los tratamientos, observándose que en Flor de Junio la alta temperatura lo disminuye ligeramente, mientras que la salinidad y la sequía lo incrementan, en Pinto Americano se incrementa en los tres tratamientos.

Manganeso. Su contenido muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrándose además mediante la comparación múltiple de medias que en la hoja de la variedad Flor de Junio su contenido se ve disminuido por la alta temperatura e incrementado por la sequía, en tanto que en Pinto Americano se disminuye con ambos tratamientos. En el tallo de Flor de Junio la salinidad lo disminuye mientras que la alta temperatura y sequía lo incrementan, en Pinto Americano la salinidad y la alta temperatura lo incrementan y la sequía lo disminuye. Respecto a la raíz su contenido se ve incrementado significativamente con los tratamientos en ambas variedades.

Fierro. De la misma manera su contenido muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos. La comparación múltiple de medias mostró que el contenido de éste en la hoja de Flor de Junio se ve influenciado positivamente en ambos tratamientos, mientras que en Pinto Americano su efecto es negativo. En tallo de Flor de Junio su contenido disminuye en los tratamientos de salinidad y alta temperatura e incrementa con la sequía, mientras que en Pinto Americano aumenta con la salinidad y disminuye con la temperatura y sequía, cuyos contenidos son estadísticamente iguales. En la raíz éste microelemento se ve incrementado en ambas variedades y en todos los tratamientos, observándose que en la variedad Flor de Junio el efecto de los tratamientos de alta temperatura y sequía es estadísticamente igual.

Zinc. Su contenido muestra diferencias significativas con respecto a los tratamientos. La comparación múltiple de medias muestra que en la hoja de la variedad Flor de Junio su contenido se ve disminuido por la alta temperatura e incrementado por la sequía, en tanto que en Pinto Americano ambos tratamientos lo disminuyen. En el tallo de Flor de Junio decrece en los tres tratamientos, mientras que en Pinto Americano se incrementa con la salinidad y la alta temperatura y disminuye con la salinidad, observándose además que el incremento en la alta temperatura no es estadísticamente diferente al contenido del control. Finalmente en la raíz de Flor de Junio se observa un incremento general con los tratamientos, mientras que en Pinto Americano únicamente disminuye con la sequía.

Los resultados obtenidos respecto al contenido de minerales concuerdan con lo reportado por Jacque *et al.*, (1975) quienes manifiestan que en sorgo la tasa de crecimiento y la asimilación de nutrientes en plantas de sorgo están afectados por los factores ambientales.

Contenido de Clorofila

Con respecto al contenido de clorofila en la interacción de los factores, el análisis



de varianza, mostró que no existen diferencias significativas entre las variedades ni entre los tratamientos.

Podemos observar los resultados promedio obtenidos para el contenido de clorofila en cada uno de los tratamientos, donde se aprecia que aunque estadísticamente no existen diferencias significativas, si se observa un efecto de los diferentes tratamientos sobre el contenido de clorofila.

En la variedad *Flor de Junio* el contenido total de clorofila y cada uno de sus componentes (a y b) se ve influenciado por cada uno de los tratamientos, siendo en el tratamiento de salinidad cuando se observa un mayor incremento, mientras que la alta temperatura muestra el menor efecto. Por otro lado en la variedad *Pinto Americano* se observan incrementos cuando son aplicados los tratamientos de salinidad y altas temperaturas, en tanto que en sequía el contenido total disminuye. Estos comportamientos se reflejan también en los diferentes componentes de la clorofila.

Asimilación de CO₂

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza muestran que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.01$), en tanto que entre las variedades es únicamente significativa a un nivel de significancia de ($P < 0.05$). La interacción entre las variedades y los tratamientos también mostró diferencias altamente significativas. Esto indica que las variedades exhiben un comportamiento diferente en cada uno de los tratamientos.

Los valores promedio obtenidos para la tasa de asimilación de CO₂ en cada uno de los factores, por variedad muestran que en el cultivar susceptible la tasa de asimilación de CO₂, disminuye cuando ésta es sometida a condiciones de salinidad y altas temperaturas, en tanto que en condiciones de sequía aumenta, por otro lado el cultivar tolerante (*Pinto Americano*), disminuye en todos los tratamientos.



VIII. CONCLUSIONES

Los diferentes cultivares de frijol presentan amplia variabilidad genética, lo que dá la oportunidad de seleccionar variedades tolerantes y susceptibles a los factores de estrés.

El crecimiento y desarrollo del frijol es afectado por una serie de factores de estrés que modifican los aspectos morfofisiológicos, bioquímicos y ultraestructurales.

La tasa de imbibición bajo estrés de salinidad es afectada ligeramente en las primeras horas de imbibición, observándose un mayor efecto en la variedad Flor de Junio, la cuál es considerada como susceptible.

El proceso de germinación se ve ampliamente influenciado por la salinidad y la temperatura, disminuyendo su porcentaje conforme se incrementa la concentración y se eleva la temperatura. Las variedades mejoradas (Marín) presentaron diferencias entre las variedades y los tratamientos en condiciones de salinidad, mientras que en temperaturas de 35 ± 2 °C, no se presentaron éstas. El mismo comportamiento se observó en las variedades comerciales, en las cuales en temperatura de 35 ± 2 °C existen diferencias unicamente entre los tratamientos.

En condiciones de 250 mM de solución salina se observó un ligero decremento en el contenido de Proteína total en la variedad Flor de Junio, en tanto que Pinto Americano se mantuvo igual que el testigo. La ceniza, el extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno se incrementan ligeramente en ambas variedades bajo esta condición de estrés.

El contenido de minerales tanto en las variedades mejoradas (Marín) como en las comerciales, en etapa de germinación mostró diferencias altamente significativas en todos los tratamientos de salinidad y alta temperatura.

El crecimiento de la plántula de frijol se reduce con el incremento de la concentración de salinidad lo cual puede estar correlacionado con algunas funciones fisiológicas y bioquímicas.

Con base en estos resultados podemos considerar que la tasa de imbibición, germinación, crecimiento, acumulación de azúcares solubles, minerales y proteínas pueden ser considerados como indicadores de tolerancia a diferentes condiciones de estrés, que podrían ser considerados para la selección y mejoramiento genético de diferentes cultivares.



Hay diversas preguntas importantes concernientes al efecto de las altas temperaturas sobre la fotosíntesis: Está controlada la respuesta de fotosíntesis a temperaturas?, si es así, por cual mecanismo?. Las alteraciones en la función de la membrana tilacoidal ocurre bajo tales condiciones? , si es así, están ellas relacionadas con alteraciones en la asimilación fotosintética de carbón.



XI. LITERATURA CONSULTADA

A.O.A.C. 1980. Official Methods of Analysis of the A.O.A.C. 12 th Ed. Association Official Agricultural Chemists Washington, D.C.

Abbas, M.A., M.E. Younis and W.M. 1991. Shukry. Plant growth, metabolism and adaptation in relation to stress conditions. XIV. Effect of salinity on the internal solute concentrations in *Phaseolus vulgaris*. J. Plant Physiol., 138(6):722-727.

Acevedo, E., T.C. Hsiao and D.W. Henderson. 1971. Immediate and subsequent growth response of maize leaves to changes in water status. Plant Physiol. 48:631-636.

Acosta Gallegos, J.A.; R. Ochoa-Márquez y I. Sánchez-Valdéz. 1988. Efecto del genotipo y del ambiente sobre algunas características del frijol *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de temporal. Agricultura Técnica en México. 14(1):83-96.

Adebona, A.C. and B.E. Ayisire. 1979. Effect of polyethylene glycol induced moisture stress on the germination of some tropical seeds. Turrialba, 29(4):318-320.

Alvarado, O.G. 1990. Caracterización in vitro de la tolerancia de *Chenopodium quinoa* Willd a la salinidad (NaCl). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.

Allen, D.J., H.F. Schwartz and M.A Pastor-Corrales. 1989. Bean production problems in the tropics. 2nd De. Cali (Colombia). Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali Colombia. P 9-11.

Amon, D.I. 1949. Spectrophotometric Analysis of Leaf Chlorophylls. Plant Physiol. 24:1.

Arrigo, A.P. and W.J. Welch. 1987. Characterization and purification of the small 28,000 dalton mammalian heat shock protein. J. Biol. Chem. 262:15359-69.

Azhar, F.M., and T. McNeilly. 1989. Variability for salt tolerance in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seedlings. Euphytica 43(1-2): 69-72.

Azmailag, G.N.A., H.R. Lerner and A. Poljakoff-Mayber. 1990. Exogenous ABA as a modulator of the response of Sorghum to high salinity. Journal of Experimental Botany. 41(233):1529-1534.

Begg, J.E. and N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. Adv. in Agron. 28:167-217.



- Begonia, G.B. and M.L. Salin. 1991. Elevation of superoxide dismutase in *Halobacterium halobium* by heat shock. *J. Bacteriol.* 173(17):5582.
- Ben-Hayyim, G., Y. Vaddia and B.G. Williams. 1989. Protein associated with salt adaptation in citrus and cell tomatoes: Involvement 26 kD polypeptids. *Physiology Plantarum*, 77:332.
- Berry, J.A. and O. Bjorkman. 1980. Photosynthesis responses and adaptation to temperature in higher plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 31:491-543.
- Bewley, J.D., K.M. Larsen and J.E.T. Papp. 1983. Water-stress-induced changes in the pattern of protein synthesis in maize seedling mesocotyls: a comparison whit the effects of heat svhock. *J. Exp. Bot.*, 34(146):1126-1133.
- Bhivare, V.N., J.D. Nimbalkar and P.D. Chavan 1988. Photosynthetic carbon metabolism in French bean leaves under saline conditions. *Environ. and Exp. Bot.*, (1988). 28(2):117-121.
- Blum, A. 1974. Genotypic response in sorghum the droughth stress. I. Response to soil moisture. *Crop. Sci.* 14:362-364.
- Blum, A. 1988. *Plant breeding for stress environments*. CRC, Press. Boca Ratón Florida.
- Bonham-Smith, P.C., M. Kapoor and J.D. Bewley. 1988. A comparison of the stress responses of *Zea mays* seedlings as shown by qualitative changes in protein synthesis. *Canadian: Bot.*, 66(9):1883-1890.
- Brooks, A. and G.D. Farquhar. 1985. Effect on the CO₂/O₂ Specificity pf Ribulose-1,5 Biphosphate Carboxilase/Oxygenase and the Rate of Respiration in the Light. *Planta* 165:397-402.
- Bunning, V.K., R.G. Crawford, J.T. Tierney and J.T. Peeler. 1990. Thermotolerance of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium* after subletal heat schock. *Appl. Environ. Microbiol.* 56(10)1184-1187.
- Castellanos, R.J.Z. 1992 *La fijación de Nitrógeno en frijol bajo condiciones de sequía*. Tesis doctoral. C.INVE.S.T.A.V., Irapuato, Guanajuato, México.
- CIAT. 1986. Centro Internacional De Agricultura Tropical (International Center For Tropical Agriculture). *Abstracts On Fields Beans* 11(3):226 Pp.
- CIAT. 1987. Centro Internacional De Agricultura Tropical. *Abstracts On Fields Beans*. 12(1):155 Pp.



CIAT. 1988. Centro Internacional De Agricultura Tropical. Cali Colombia.

Cooper, P and T.H.D. Ho. 1987. Intracellular localization of heat shock proteins in maize. *Plant Physiol.*, 84(4):1197-1203.

Cooper, P T.H.D. Ho. and R.M. Hauptmann. 1984. Tissue specificity of the heat-shock response in maize. *Plant Physiol.*, 75(2):431-441.

Cornic, G., I. Papageorgiu and G. Louason. 1987. Effect of a rapid and a slow drought cycle followed by rehydration on stomatal components of leaf photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 126:309-318.

Coughlan, S.J. and R.G. Winjones. 1980. Some response on *Spinaca oleracea* to salt stress. *Journal of Experimental Botany*, 31:883-893. +

Cramer, G.R., E. Epstein and A. Lauchli. 1988. Kinetics of root elongation of maize in response to short-term exposure to NaCl and elevated calcium concentration. *J. Exp. Bot.*, 39(208):1513-1522.

Cramer, G.R., G.J. Albertico and C. Schmidt. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Australian J. Plant Physiol.*, 21(5):675-692.

Cumpa Reyes, J.S., E. Palacios-Velez y A. Exebio-García. 1988. Efecto del déficit de humedad y características físicas del suelo en el desarrollo del frijol *Phaseolus vulgaris* L. *Agrociencia (México)* 73:195-215.

Chamovitz, D.A. and X.W. Deng. 1996. Light Signaling in Plants. *Critical Rev. Plant Sci.* 15:455-478.

Dasgupta, J. and D. Bewley. 1984. Variations in proteins synthesis in different regions of greening leaves of barley seedlings and effects of imposed water stress. *J. Exp. Bot.*, 35:1450.

De la Rosa I.M. 1993. Contribución a la determinación del mecanismo morfofisiológico y bioquímico de resistencia a la salinidad de sorgo "Glossy". Tesis de Maestría., F.C.B., División de Estudios de Postgrado. U.A.N.L., Monterrey, Nuevo León.

Dhingra, H.R. 1986. Effect of NaCl salinity on the activities of amylase and invertase in *Zea mays* L. pollen. *Annals of Botany*. 57(1):101-104.

Dubey, R.S. 1982. Biochemical changes in germinating rice seeds under saline stress. *Biochem. Physiol. Pflanz.* 127: 523.



Ericson, M.C. and S.H. Alfinito. 1987. Proteins produced during salt stress in tobacco cell culture. *Plant Physiology*, 74:506.

FAO. 1992. Anuarios de producción.

Farr, S.B. and T. Kogoma. 1991. Oxidative stress response in *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*. *Microbiol. Rev.* 55(4):561.

Flowers, T.J., P.F. Troke and A.R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 28:89-121.

Frederici, C.T., B. Ehdaie and J.G. Waines. 1990. Domesticated and wild terepy bean: field performance with and without drought-stress. *Jorn. Agron.* 82:896-900.

Gepts, P. 1994. Nutritional and evolutionary implications of phaseolin seed protein variability in common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Econ. Bot.* 23:55-69.

Goodwin, R.W. 1976. Chemistry and biochemistry of plants pigments. Vol. 1 & 2. Academic Press, Inc. New York. U.S.A.

Gounaris, K., A.R.R. Brain, P.J. Quinn and W.P. Williams. 1984. Structural reorganisation of chloroplast thylakoid membranes in response to heat stress. *Biochim Biophys Acta* 766:198-202.

Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of the salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 30:149-190.

Grzesiak, S. 1991. Ecological and physiological factors of drought resistance in different genotypes of maize (*Zea mays* L.). *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczejim. H. Kollatajaw Krakowie, Rozprawa Habilitacyjna*, 158:119 pp.

Hall, N.P and A.J. Keys 1983. Temperatura dependence of the enzymatic carboxylation and oxigenation of ribulose 1.5 biphosphate in relation to effects of temperature on photosynthesis. *Plant Physiol.* 72:945-948.

Hames, B.D. 1981. An introduction to polyacrylamida gel electrophoresis. pp. 1-91. In Hames, B.D. and D. Rickwood (EDI). *Gel electrophoresis of proteins*. IRL, Press. Oxford, Washington, D.C.

Hanson, A.D. and C.E. Nelsen. 1978. Betaine acumulation and [14C] formate metabolism in water-stressed Barley leaves. *Plant Physiol.*, 62:305-312.



Hasaneen, M.N.A., M.E. Younis and H.M. El-Shat. 1990. Plant growth metabolism and adaptation in relation to stress conditions. XII Carbohydrate and acid accumulation in *Phaseolus vulgaris* and *Zea mays* stressed with sodium sulphate. Qatar Univ. Sci. Bull., 10:185-197.

He, Z.L., J.S. Li and Z.C. Tang. 1993. Stimulative effect of smotic stress on K^+ accumulation in sorghum roots. Acta Phytophysiologica Sinica. 19(4):379-386.

Heikkila, J.J., J.E.T. Papp, G.A. Schultz and J.D. Bewley. 1984. Induction of heat shock protein messenger RNA in maize mesocotyls by water stress, abscisic acid, and wounding. Plant Physiol., 76(1):270-274.

Hemmingsen, S.M., C. Woolford, S.M. van der Vies, K. Tilly, D.T. Dennis, C.P. Georgopoulos, R.W. Hendrix and R.J. Ellis. 1988. Homologous plant and bacterial proteins chaperone oligomeric protein assembly. Nature 33:330-334.

Heyde, M. and R. Portalier. 1990. Acid shock proteins of *Escherichia coli*. FEMS Microbiol. Lett. 69:19-22.

Huber, W. and N. Sankhla. 1980. Effect os Abscisic Acid on Betaine Acumulation in *Pennisetum thyphoides* seedlings. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, 97(2):179-182.

Hurkman, W.J. and C.K. Tanaka. 1987. The effects of salt on the pattern of protein synthesis in barley roots. Plant Physiology 83:517.

Igartua, A., M.P. Garcia and J.M. Lasa. 1994. Characterization and genetic control of germination-emergence responses of grain sorghum to salinity. Euphytica, 76(3):185-193.

Ijtin, W.S. 1957. Drought resistance in plants and physiological processes. Ann. Rev. Plant Physiol. 8:257-254.

INEGI. 1991. VII Censo Agropecuario.

Itulya, F.M., C.L. Coulson and H.A. Dsourza. 1986. Bean-cowpea CRSP (Collaborative Research Support Programme) Progress Report 1985. Nairobi Univ. (Kenya). Dept. Of Crop Science.

Jacques, G.L., R.L. Vanderlip and D.A. Whitney. 1975. Agronomy Journal. 67:607-611.

Jones, M.M. and N.C. Turner. 1978. Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficits. Plant Physiol. 61:122-126.



Jordan, D.B. and W.L. Ogren. 1984. The CO_2/O_2 specificity of ribulose 1,5 biphosphate carboxylase/oxygenase. *Planta* 161:308-313

Jordán, W.R. 1983. Whole plant responses to water deficit. An overview. En: H.M.

Kaufman, S.H., B. Schoel, A. Wand-Wurttenger, U. Steinhoff, M.E. Munk and T. Koga. 1990. T cells, stress proteins, and pathogenesis of mycobacterial infections. *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* 155:125-141.

Kayani, S.A. 1988. Effects of NaCl salinity on shoot growth, stomatal size and its distribution in *Zea mays* L. *Pakistan Journal of Botany.* 75-81.

Khair, M.A.M. 1986. Possible mechanisms for infraspecific variation in salt tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Dissertation Abstracts International, B Sciences and Engineering.* 45(10):3314.

Khan, A.H. and M. Ashraf. 1988. Effect of sodium chloride on growth and mineral composition of sorghum. *Acta Physiologiae Plantarum* 10(3):257-264.

Khandekar, S.S., B.M. Bettencourt, K.C. Kelley and M.A. Recny. 1993. A simple and rapid method for the purification of GroEL, an *Escherichia coli* homolog of the heat shock protein 60 family of molecular chaperonins. *Prot. Expression and Purification.* 4:580-584.

Kimperl, J.A. and Key, J.L. 1985. Heat shock in plants. *Trends Biochem. Sci.* 10:353-57.

Kohashi Shibata, J. and E. Uscanga-Mortera. 1989. Differential effect of a water deficit on the growth of the central leaflet of *Phaseolus vulgaris* L. of determinate growth habit. In: *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative.* 32:44-45. Howard F. Schwartz, Colorado State University.

Kostyukovich, M.F. 1988. Ion uptake by maize plants in relation to cation composition and pH of the salt solution. *Izvestiya Timiryazevskoi Sel Skokhhozyaistvennoi Akademii.* No. 4, 74-80.

Kuhlemeier, C., P.J. Green and N.H. Chua. 1987. Regulation of Gene Expression in Higher Plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 38:221-257.

Leigh, R.A., A.N. Ahmad and G. Wynjones. 1981. Assessment of Glycinebetaine and proline compartmentation by analysis of isolated beet vacuoles. *Planta* 153:34-41.

Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stress. Academic Press, New York.



- Li, Y. and D.C. Walton. 1990. Effects of cycloheximide on abscisic acid biosynthesis and stomatal aperture in bean leaves. *Plant Physiol.* 93:128-130.
- Lindquist, S. 1986. The heat shock response. *Ann. Rev Biochem.* 45:39-72.
- Lindquist, S. and Craig, E.A. 1988. The heat shock proteins. *Annu. Rev. Genet.* 22:631-77.
- Lopez Nuño, N.L. 1994. Efecto de la sequía simulada sobre la germinación de maíz, y su relación con el comportamiento de la planta en maceta bajo condiciones de sequía. Tesis de Maestría. I.T.E.S.M.
- Lorens, 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids. Water relations and root length density. *Agronomy-Journal.* 79(5):802-807.
- Lynch, J. 1988. Salinity affects intracellular calcium in corn cell protoplasts. *Plant Physiology.* 87(2):351-356.
- Maiti, R.K. 1981. Evaluación del sorgo para la resistencia al estrés múltiple. Un enfoque pragmático dirigido al mejoramiento del sorgo en los trópicos semiáridos. Univ. Agrícola de Hydenbad ICRISAT, Patancheru, India. 324-502.
- Maiti, R.K., P.S. Raju and F.R. Bidinger. 1985. Studies on germinability and some aspects of pre-harvest physiology of sorghum grain. *Seed Sci & Technol.* 13:27-35.
- Maiti, R.K. 1986. Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo. Facultad de Agronomía. U.A.N.L., p. 448.
- Maiti, R.K. 1996. *Sorghum Science*. xc + 352 pp. Science Publisher, Inc. Lebanon, NH, USA.
- Maiti, R.K., L.E. Delgado-Amaya, S. Ibarra-Cardona, A.M. Ontiveros-Dimas, M. de la Rosa-Ibarra and H. de León-Castilla. 1996. Genotypic variability in maize cultivars (*Zea mays* L.) for resistance to drought and salinity at the seedling stage. *J. Plant Physiol.*, 148(6):741-744.
- Maiti, R.K. 1997. *Phaseolus Spp: Bean Science*. Science Publishers, Inc., U.S.A. 534pp.
- Malibari, A.A., M.A. Zidan, M.M. Heikal and S. El-Shamary. 1993. Effect of salinity on germination and growth of alfalfa, sunflower and sorghum. *Pakistan J. Bot.*, 25 (2):1556-160.



Maliwal, G.L. and K.V. Paliwal. 1984. Salt tolerance of some paddy, maize, sorghum, cotton and tobacco varieties at germination and early growth stage. *Agricultural Science Digest, India* 4:3, 147-149.

Martiniello P and C. Lorenzoni, 1985. Physiological test form water and heat stress on maize population (*Zea mays* L.). *Genética Agraria*, 39(3):331-332.

Mayer, A.M. 1977. Metabolic control of germination. In: *Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination* (edited by North Holland Pub. Co. Amsterdam, pp. 357-384.

Mir A.I. 1996. Estudio de la respuesta de cuatro genotipos de sorgo "glossy" y uno "no-glossy" a factores de estrés: salinidad, sequía y exposición a un herbicida en desarrollo de plántula y calla. ITESM.

Mishra, P.K., A.S. Mehta and A.K. Srivastava. 1994. Effect of salt stress on the physiology of 15-day old seedlings of maize. *Neo-Botanica*. 1994, 2:1, 49-51.

More, S.D. and G.U. Malewar. 1988. Salt tolerance studies in sorghum and cotton. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 13(1):20-22.

Morimoto, R.L., A. Tessieres and C. Gergopoulos. 1990. The stress response, function of the proteins and perspectives. In: Morimoto R.L., A. Tessieres y C. Gergopoulos (ed). *Stress proteins in biology and medicine*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York. pp. 1-59.

Nash, D., M. Miyao and N. Murata. 1985. Heat inactivation of oxygen evolution in Photosystem II from spinach chloroplast. *Biochim Biophys Acta* 807:127-133.

Nasiry-Mahallati, M. and G. Sarmadria. 1990. Effect of sodium chloride on growth indices of bean plants under different climatic. *Iranian J. Agric. Sci.*, 21(1-2):41-53.

Neumann, D., I. Nover, B. Parthier, R. Rieger and K.D. Scharf, 1989. Heat shock and stress response systems of plants. *Biol. Zentralbl.* 108:1-156.

Niemi, S. and S.N. Hassan. 1988. Effect of drought and Np levels on the growth of soybean and corn plants. *Mesopotamia Journal of Agriculture*. 20(3):101-113.

Nover, L., D. Hellmund, D. Neumann, K.D. Scharf and E. Serfling, 1984. The heat shock response of eukaryotic cells. *Biol. Zentralbl.* 103:357-435.

Nover, L. 1990. *Heat Shock Response*. Boca Raton: CRC Press. In press.



- Olmos, E. and E. Hellin. 1996. Cellular adaptation from a salt-tolerant cell line of *Pisum sativum*. J. Plant Physiol. 148:727-734.
- Palter, K.B., M. Watanabe, L. Stinson, A.P. Mahowald and E.A. Craig. 1986. Expression and localization of *Drosophila melanogaster* hsp 70 cognate proteins. J. Biol. Chem. 250:4007-4021.
- Pan, S.M. 1984. Studies of salt tolerance in maize, *Zea mays* L. 1. Screening for salt tolerant lines and determination of acid phosphatase. J. Agric. Association of China, 127: 58-67.
- Pan, S.M. 1988. The effects of salt stress on acid phosphatase activity of *Zea mays*. Botanical Bulletin of Academia Sinica. Taiwan. 29(1):33-38.
- Parjol-Savulescu, L., F. Popa, N. Hurduc and V. Dinca. 1985. Drought resistance of some bean cultivars and lines. Rezistentă la seceta a unor soiuri si linii de fasole. Analele Institutului de cercetari pentru cereale si plante tehnice 52:419-431.
- Pastenes, C. and P. Horton. 1996. Effect of high temperature on photosynthesis in beans. I. Oxygen evolution and chlorophyll fluorescens. Plant Physiol. 112:1245-1251.
- Patridge, S.M. 1949. Aniline hydrogen phthalate as a sprayin reagent for chromatography of sugar. Nature. 164: 443.
- Peña Ramos, A. y A. Muñoz-Orozco. 1988. Respuesta de tres especies cultivadas a condiciones deficientes de humedad edáfica. Agrociencia. 74: 231-243.
- Poffenroth, M., D.B. Green and G. Tallman. 1992. Sugar Concentrations in Guard Cells of *Vicia faba* Illuminated with Red or Blue Light. Analysis of High Performance Liquid Chromatography. Plant Physiology. 98:1460-1471.
- Pollok, C.J. and T.A. Rees. 1975. Activities of enzymes of sugar metabolism in cold-stored tubers of *solanum tuberosum*. Phytochemistry Res. 23:205-212.
- Popa, G. and V. Dinca. 1985. Bean Cultivar Aversa. Souil de fasole pentru boabe Aversa. Analele Intitutului de cercetari pentru cereale si plante tehnice. 52:87-98.
- Qoronfleh, M.W. and U.N. Streips. 1987. Initial Subcellular localization of heat-shock proteins in *Bacillus subtilis*. FEMS Microbiol. Lett. 43:373-377.
- Quail, P.H. 1991. Phytochrome: A Light-Activated Molecular Switch that Regulates Plant Gene Expression. Ann. Rev. Genet. 25:389-409.



Qualset, C.O. 1979. Breeding for drought resistance in maize. Proc. SAFGRAD/International Institute for tropical Maize Qugadougou Upeer, Volta.

Ramagopal, S. 1986. Protein synthesis in maize callus exposed to NaCl and manitol. *Plant Cell Rep* 5:430.

Rani, M. 1988. Influence os salinity on metabolic status of proteins and amino acid during germination and early seedling stages of rice. Ph. D. thesis submitted to Banaras Hindu University, India, pp 180-199.

Rehm, S., A.M. Moawad and K. Yantasath. 1987. The effect of wind annual food plants of warm regions under nutrient deficiency or salinity. II. Dwarf beans in the greenhouse.: Die Wirkung von Wind auf einjährige Nahrungspflanzen warmer Regionen bei Mangelernahrung oder Versalzung. II. Buschbohnen im Gewachshaus. *Angewandte Botanik*, 61(5-6):425-431.

Ristic, Z.D., D.J. Gifford and D.D. Cass. 1991. Heat shock proteins in two lines of *Zea mays* L. that differ in drought and heat resistance. *Plant Physiol.*, 97(4):1430-1434.

Ristic, Z. and D.D. Cass. 1992. Chloroplast structure after water and high temperature stress in two lines of maize that differ in endogenous levels of abscisic acid. *International Journal of Plant Science*. 153(2):186-196.

Rojas, G.M. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. 4ª. ed. Interamericana McGraw-Hill.

Roth, R., L.M. Hall, T.P. Brutnell and J.A. Langdale. 1996. Bundle sheath defective a mutation that disrupts the coordinated development of bundle sheath and mesophyll cell in maize leaf. *Plant Cell*. 8(5):915-927.

Rubtsova, M.S. 1984. Changes in the electrical properties of maize grains, of the flint type and with the opaque-2 gene, following treatment with salt, manitol and nucleases. *Fiziol., Elektrofiziol. i. Biokhimiya S-KH, RAST*. 27-50.

Saldivar, G.E. 1991. Evaluación y selección de genotipos de sorgo "glossy" altamente eficiente en captación de metales, bajo condiciones de sequía. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. 46 p.

Sandoval, G.N.D. 1991. Evaluación y selección de líneas de sorgo "glossy" [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para su tolerancia a diferentes factores de estrés en etapa de plántula. Tesis de Licenciatura. F.C.B., U.A.N.L., México.



Saucedo, R.J. 1986. Comparación de algunas características anatómicas, morfológicas y fisiológicas en líneas "glossy" y no "glossy" de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para su resistencia a la sequía en estado de plántula. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L. México.

Schoonhove, A. and M.A. Pastor Corrales. 1987. Standard System for the evaluation of Bean Germplasm. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (CIAT), Cali, Colombia. 53 p.

Schoonhoven van A., H.F. Schwartz and M.A. Pastor Corrales. 1989. Bean production problems in the tropics. 2nd Centro International de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (1989) 33-57.

Schwarz, M. 1984. Morphological and growth responses to salinity at high level carbon dioxide. Proceedings, sixth International congress on soies culture, Lunteren. 565-570.

Seetharama, N. 1980. Growth stages of sorghum. Proc. Collaborative multilocation sorghum modeling experiment, 2-4 April. ICRISAT. Patancheru, A.P., India.

Serger, H. and W. Schmidt. 1986. Diversity of Photoreceptors. In: R.E. Kendrick and G.H.M. Kronenberg (eds.). Photomorphogenesis in Plants. Martinus Nijhoff Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands. P.137-158.

Sharkey, T.D. and J.R. Seemann, 1989. Mild Water Stress Effects On Carbon-Reductioncycle Intermediates, Ribulose Bisphosphate Carboxilase Activity, and Spatial homogeneity Of Photosynthesis In Intact Leaves. *Plant Physiol.*, 89(4):1060-1065.

Shing, N.K., C.A. Braker, P.M. Hasegawa, A.K. Handa, S. Buckel, M.A. Hermodson, E. Pfankoch, F.E. Regnier and R.A. Bressan. 1987. Characterization of osmotin, a thoumatin-like protein associated with osmotic adaptation in plant cells. *Plant Physiology* 85:529.

Shing, N.K., A.K. Handa, P.M. Hasegawa and R.A. Bressan. 1985. Proteins associated whit adaptation of cultured tobacco cells to NaCl. *Plant Physiology* 79:126.

Smith, H. 1982. Light Quality, Photoreception and Plant Strategr. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33:481-518.

Soliman, M.F. 1986. Effect of salinity on growth and micro nutrient composition of corn plants. *Agrochimica*. 32(4):337-348.



Sponchiado, B.N., J.W. White, J.A. Castillo and P.G. Jones. 1989. Root growth of four common bean in relation to drought tolerance in environments with contrasting soil types. *Exp. Agric.* 25:249-257.

Stout, D.G. and G.M. Simpson. 1978. Drought resistance of *Sorghum bicolor*. I. Drought avoidance mechanisms related to leaf water status. *Can. J. Plant Sci.* 58:213-224.

Tadic, B. 1982. Investigation on the effect of high temperature on the content of free and total amino acids in maize leaves: Ispitivanje uticaja visoke temperature na kolicinu slobodnih i ukupnih amonokiselina u listu kukuruza. *Arhivza Poljoprivredne-Nauke*, 43(151):391-397.

Tanguling, Y. and D. Otoole. 1987. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential transpiration, and nutrient uptake of rice, maize and soybean. 103(2):155-168.

Thakur, M. 1987. Aminoacid spectrum and water stress in roots of maize cultivars during juvenile periods. *Annals of Plant Physiology*. 1(1):10-18.

Thomas, J.G., K.W. Brown and W.R. Jordán. 1976. Stomatal response to leaf water potential as affected by preconditioning water stress in the field. *Agron. J.* 68:706-708.

Thompson, W.F. and M.J. White. 1991. Physiological and Molecular Studies of Light-Regulated Nuclear Genes in Higher Plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42:423-466.

Tretyakov, N.N., E.I. Koshkin and S.M. Nesterova. 1985. The mesostructural organization of leaves of two maize ecotypes under moisture deficit. *Izvestiya Timiryazevskoi Sel skokhozyaistve nnoi Akademii* . 6:94-101.

Trough, G.R. and L.A. Donaldson. 1972. *Probing Plant Estructure*. McGraw-Hill, New York.

Uprety D.C. 1989. Photosynthetic capacity of green-gram *Phaseolus radiatus* leaves under influence of moisture stress. Short communication. *Indian Agric. Sci.* 59:404-407.

Vasquez-Tello, A., Y. Zuily-Fodil, A.T. Pham Thi. and J.B. Vieira Da Silva. 1990. Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as Physiological tests for screening resistance to water stress in *Phaseolus* and *Vigna* species. *J. Exp. Botany*. 41:827-8320

Venter, H.A. van-de, and H.A. Van-de-venter. 1988. Relative response of maize (*Zea mays* L.) seed lots to different stress conditions. *Seed Sci. and Technol.*, 16(1):19-28.



Verma, O.P.S., R.B.R. Yadava and B. Mal. 1985. Salt tolerance in sorghum during germination and seedling stage. *Sorghum Newsletter*, 28:117-118.

Vierling, E. 1991. The roles of heat shock proteins in plants. *Plant Molecular Biology*, 42:579-620.

Vlad, D. y D. Pretorian. 1986. The behavior of the main grain haricot varieties and of some perspective lines in the Burnas Plain. *Comportarea principalelor soiuri de fasole pentru boabe si a unor linii de perspectiva in cimpia Burnasului. Productia-vegetala. Cereale-si-plante-tehnice*, 3: 43-50.

Voellmy, R. 1994. Transduction of the stress signal and mechanism of transcriptional regulation of heat shock stress protein gene expression in higher eukariotes. *Eukariotic Gene Experimental*, 4:357-401.

Wang, Q.Y. and C.H. Hu. 1988. Ultraestructure of chloroplast and photosynthetic properties of the leaves at different position in maize. *Acta Botanica Sinica*, 30(2):146-150.

Weis, E. and J.A. Berry. 1988. Plants and high temperature stress. In SP Long, FI Woodward eds, *Symposia of the Society for Experimental Biology Number XLII*. The Company of Biologist, Cambridge, UK, pp 329-346.

White, J.W. and J.A. Castillo. 1989. Relative effect of root and shoot genotypes on yield of common bean under drought stress. *Crop. Sc.* 29:360-362.

Wolf, J.M., G. Levine., G.C. Noderman and E. González. 1974. Adverse soil water condition and corn production in central Brasil. *Abstracts of the 66 th Anu. Meeting of the American Society*.

Yamashita, T. and W.L. Butler. 1968. Inhibition of chloroplast by UV-irradiation and heat-treatment. *Plant Physiol.* 43:2037-2040.

Yeo, A.R. and T.J. Flowers. 1980. Salt tolerance in the halophyte *Suaeda maritima* L. Dum.: Evaluation of the effect of salinity on growth. *Journal of experimental Botany*, 31(123):1171-1183.

Yonts, C.D., D.S. Nuland and L.A. Nelson. 1985. Dry bean response to water stress. 14 p. (Agris 1986-1988).

Zar, J.H. 1974. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Biological Science Series. Englewood Cliffs, N.J.

