

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE POSTGRADO**



**RESPUESTAS MORFOFISIOLÓGICAS
BIOQUÍMICAS Y DE ULTRAESTRUCTURA EN
FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), AL ESTRÉS DE
SALINIDAD, ALTAS TEMPERATURAS Y
SEQUIA EN ETAPA DE PLANTULA**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA**

**PRESENTA
SERGIO MORENO LIMÓN**

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1998

TD
SB327
M6
c.1



1080087052

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



RESPUESTAS MORFOFISIOLÓGICAS
BIOQUÍMICAS Y DE ULTRAESTRUCTURA EN
FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), AL ESTRÉS DE
SALINIDAD, ALTAS TEMPERATURAS Y
SEQUÍA EN ETAPA DE PLANTULA

TESIS

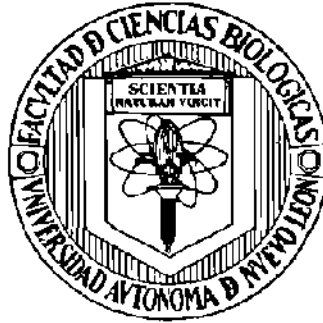
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA
SERGIO MORENO LIMÓN

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



RESPUESTAS MORFOFISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS Y DE ULTRAESTRUCTURA
EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), AL ESTRÉS DE SALINIDAD, ALTAS
TEMPERATURAS Y SEQUÍA EN ETAPA DE PLANTULA

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON ESPECIALIDAD EN
BOTÁNICA

PRESENTA:

SERGIO MORENO LIMÓN

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



RESPUESTAS MORFOFISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS Y DE ULTRAESTRUCTURA
EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), AL ESTRÉS DE SALINIDAD, ALTAS
TEMPERATURAS Y SEQUÍA EN ETAPA DE PLANTULA

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON ESPECIALIDAD EN
BOTÁNICA

PRESENTA: SERGIO MORENO LIMÓN

COMISION DE TESIS:

DR. RATIKANTA MAITI
PRESIDENTE (DIRECTOR)

DRA. HILDA GAMEZ GONZALEZ

SECRETARIO

DR. RAHIM FOROUGHBAKHCH

SEGUNDO VOCAL

DRA. MARIA JULIA VERDE STAR

PRIMER VOCAL

DR. JOSE SANTOS GARCIA ALVARADO

TERCER VOCAL

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE 1998





DIRECCION DE TESIS

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Bajo la dirección del Dr. Ratikanta Maiti.

Director

Dr. Ratikanta Maiti

DEDICATORIA

LA PRESENTE VA DEDICADA ESPECIALMENTE

A DIOS...

A MIS PADRES

Luis Moreno Morales
María Isabel Limón Aguilar

Con amor. Por aceptar conscientemente la responsabilidad de mi existencia.
A quienes debo lo que soy, y para quienes considero que esto es poco,
comparado con todo lo que me han brindado.

A MIS HERMANOS

Jose Luis
Hector Guadalupe
Arturo
Juan Carlos
Noe
Isabel Aracely
Nereyda

Con cariño. Por comprenderme, estimularme y darme afecto.

A MIS AMIGOS

Por ser los mejores amigos. A todos y cada uno de ellos, mi cariño y gratitud.

A MIS MAESTROS

Con agradecimiento y respeto. Especialmente al Dr. Ratikanta Maiti.

AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar patente mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones, sin cuya colaboración la conclusión de esta investigación hubiera sido más difícil.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización del Programa Doctoral.

Al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), por el reconocimiento otorgado, el cual me impulsa a seguir en el camino de la investigación, y que ha permitido cumplir uno de mis objetivos profesionales.

Con profundo respeto y agradecimiento al DR. RATIKANTA MAITI, por el apoyo y confianza brindados, por ser con quien desarrolle mi primera investigación, por la amistad brindada.

DRA. MARIA JULIA VERDE STAR, por la confianza que siempre ha tenido en mí, por su apoyo incondicional en los momentos necesarios.

DRA. HILDA GAMEZ GONZALEZ, gracias por sus constantes palabras de aliento, y a la vez por las críticas y observaciones a mi trabajo de investigación, lo cual permitió una constante mejora del mismo.

DR. RAHIM FOROUGHBAKHCH y DR. JOSE SANTOS GARCIA ALVARADO, por los comentarios y observaciones al trabajo de investigación.

M.C. MARIA ADRIANA NUÑEZ GONZALEZ y MSP. GRACIELA GARCIA DIAZ, del Laboratorio de Química Analítica del Departamento de Bioquímica, por la disponibilidad en colaborar proporcionando material y equipo para la realización de las determinaciones de minerales, por su confianza y amistad.

DRA. LETICIA VILLARREAL RIVERA y DR. SALOMON JAVIER MARTINEZ LOZANO, por el compañerismo que prevalece entre nosotros, por su constante apoyo y por las críticas recibidas.

Al Campo Experimental Anáhuac, que por conducto del M.C. J. FRANCISCO PINALES, proporcionó parte del material biológico para la realización de la presente investigación.

DR. FRANCISCO ZAVALA, de la Facultad de Agronomía, por la asesoría recibida y facilitar el equipo para determinar la Asimilación de CO₂.

M.C. MARIA LUISA CARDENAS AVILA, M.C. MARIA CONCEPCION VALADES CERDA y BIOL. JOSE GUADALUPE ALMANZA, por su amistad, por los momentos de distracción y por su apoyo constante.

BIOL. MARCO ANTONIO ALVARADO VAZQUEZ, por su apoyo en la realización de los análisis estadísticos, y a la Q.B.P. CARMEN ARGELIA GARCIA PADILLA, por el apoyo recibido a lo largo de esta investigación.

M.C. JORGE HERNANDEZ PIÑERO, Investigador de la Unidad de Microscopía, y DRA. NORMA LAURA HEREDIA ROJAS, del Laboratorio de Bioquímica y Genética de Microorganismos, por las facilidades brindadas y el apoyo recibido.

LIC. ANA ALMAGUER, por su amistad, por contribuir en forma importante en la elaboración e integración final del escrito.



CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
I. INTRODUCCION	4
II. ORIGINALIDAD	5
III. HIPOTESIS	6
IV. OBJETIVOS	6
Objetivo General	6
Objetivos Especificas	6
V. REVISION DE LITERATURA	7
Características Generales	7
Respuestas a la Salinidad	7
Respuestas a las Altas Temperaturas	12
Respuestas a la Sequía	16
VI. MATERIAL Y METODOS	22
Ubicación del Experimento	22
Material Biológico	22
Descripción de los Tratamientos	23
Estrés de Salinidad	23
Fase 1. Variabilidad Genotípica en Etapa de Germinación	23
Tasa de Imbibición	23
Germinación	23
Fase 2. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Germinación	24
Azúcares Solubles	24
Proteína Total	24
Perfil de Minerales	24
Fase 3. Variabilidad Genotípica en Etapa de Plántula	25
Crecimiento y Desarrollo	25



	Página
Fase 4. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Plántula	26
Perfil de Minerales	26
Perfil de Proteínas (Proteínas Específicas)	26
Contenido de Clorofila	27
Fase 5. Asimilación de CO₂	27
Fase 6. Respuestas de Ultraestructura	28
Estrés de Altas Temperaturas	28
Fase 1. Variabilidad Genotípica en Etapa de Germinación	28
Germinación	28
Fase 2. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Germinación	28
Fase 3. Variabilidad Genotípica en Etapa de Plántula	29
Crecimiento y Desarrollo	29
Fase 4. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Plántula	29
Fase 5. Asimilación de CO₂	30
Fase 6. Respuestas de Ultraestructura	30
Estrés de Sequía	30
Fase 1. Variabilidad Genotípica en Etapa de Plántula	30
Crecimiento y Desarrollo	30
Fase 2. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Plántula	30
Fase 3. Asimilación de CO₂	31
Fase 4. Respuestas de Ultraestructura	31
Análisis de Datos	31
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	32
Características de la Semilla	32
Estrés de Salinidad	33
Fase 1. Variabilidad Genotípica en Etapa de Germinación	33
Fase 2. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Germinación	37
Fase 3. Variabilidad Genotípica en Etapa de Plántula	46
Fase 4. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Plántula	51
Fase 5. Asimilación de CO₂	55
Fase 6. Respuestas de Ultraestructura	57



	Página
Estrés de Altas Temperaturas	59
Fase 1. Variabilidad Genotípica en Etapa de Germinación	59
Fase 2. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Germinación	59
Fase 3. Variabilidad Genotípica en Etapa de Plántula	63
Fase 4. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Plántula	64
Fase 5. Asimilación de CO ₂	69
Fase 6. Respuestas de Ultraestructura	70
Estrés de Sequía	72
Fase 1. Variabilidad Genotípica en Etapa de Plántula	72
Fase 2. Respuestas Bioquímicas en Etapa de Plántula	73
Fase 3. Asimilación de CO ₂	78
Fase 4. Respuestas de Ultraestructura	79
Interacción Entre los Diferentes Factores de Estrés en las Variedades Comerciales Flor de Junio y Pinto Americano.	81
VIII. CONCLUSIONES	85
IX. LITERATURA CONSULTADA	87



Índice de Tablas

	Página
Tabla 1. Relación de cultivares y variedades de frijol proporcionados para la realización de los diferentes experimentos en que se desarrolló el presente estudio.	22
Tabla 2. Comparación múltiple de medias (Tukey), desviación estándar y valores de F calculada para diferentes características de la semilla en seis variedades comerciales y seis cultivares mejorados.	32
Tabla 3. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para la tasa de imbibición (%), de las variedades comerciales Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a niveles de salinidad (NaCl), en diferentes tiempos.	33
Tabla 4. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar de la tasa de imbibición (%), en las variedades comerciales Flor de Junio y Pinto Americano sometidas a niveles de salinidad (NaCl), en diferentes tiempos.	34
Tabla 5. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el porcentaje de germinación (%), en diferentes grupos de cultivares sometidos a niveles de salinidad (NaCl), durante 96 h.	35
Tabla 6. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del porcentaje de germinación (%), en 12 cultivares mejorados (Anáhuac) sometidos a niveles de salinidad (NaCl), durante 96 h.	35
Tabla 7. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar, del porcentaje de germinación (%), en seis cultivares mejorados (Marín) y seis comerciales, sometidos a niveles de salinidad (NaCl), durante 96h.	36
Tabla 8. Identificación de azúcares solubles en seis variedades de frijol, sometidas a niveles de salinidad (NaCl), durante 72 h.	37
Tabla 9. Acumulación de azúcares solubles (ppm) en seis variedades de frijol, sometidas a niveles de salinidad (NaCl), durante 72 h.	37
Tabla 10. Identificación de azúcares solubles en las variedades Pinto Americano y Flor de Junio, sometidas a niveles de salinidad (NaCl), durante 72 h.	38
Tabla 11. Determinación bromatológica (%) en dos variedades de frijol, sometidas a niveles de salinidad (NaCl), durante 96 h.	39



	Página
Tabla 12. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza, para el perfil de minerales (ppm), en semilla de seis cultivares de frijol mejorados, sometidos a niveles de salinidad (NaCl), durante 96 h.	39
Tabla 13. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del perfil de minerales (ppm) por variedad y mineral, en seis cultivares mejorados de frijol, sometidos a niveles de salinidad (NaCl), durante 96 h.	40
Tabla 14. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el perfil de minerales (ppm), en semilla de las variedades comerciales Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a niveles de salinidad (NaCl), durante 96 h.	43
Tabla 15. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del perfil de minerales (ppm), en dos variedades de frijol sometidas a niveles de salinidad (NaCl), durante 96 h.	43
Tabla 16. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para peso fresco y peso seco (g) de la plántula, en 12 cultivares de frijol mejorados sometidos a diferentes niveles de salinidad (NaCl).	46
Tabla 17. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar para peso fresco y peso seco (g) de la plántula, en 12 cultivares de frijol mejorados sometidos a diferentes niveles de salinidad (NaCl).	47
Tabla 18. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para diferentes variables morfofisiológicas en seis variedades comerciales de frijol sometidas a diferentes niveles de salinidad (NaCl).	47
Tabla 19. Comparación múltiple de medias de cada uno de los tratamientos, dentro de cada variedad, para diferentes variables morfofisiológicas, en plántulas sometidas a niveles de salinidad (NaCl).	48
Tabla 20. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (%), en seis variedades de frijol comerciales sometidas a niveles de salinidad (NaCl), durante 12 días.	50
Tabla 21. 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 200 mM de NaCl durante seis días.	52



	Página
Tabla 22. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del perfil de minerales (ppm), en tallo de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 200 mM de NaCl durante seis días.	52
Tabla 23. 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 200 mM de NaCl durante seis días.	52
Tabla 24. Comparación múltiple de medias (Tukey) y desviación estándar del perfil de minerales (ppm), en raíz de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 200 mM de NaCl durante seis días.	52
Tabla 25. Valores promedio del contenido de clorofila (mg/g) y desviación estándar, en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de salinidad (NaCl).	55
Tabla 26. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para la tasa de asimilación de CO ₂ (ppm/cm ² /h) y contenido de clorofila (mg/g), en las variedades Flor de Junio y Pinto Americano sometidas a salinidad (NaCl, 200 mM).	56
Tabla 27. Tasa de asimilación de CO ₂ (ppm/cm ² /h), en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de salinidad.	56
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.	59
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.	60
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.	60



	Página
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.	61
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.	62
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 ± 2 °C, durante 12 h.	63
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 ± 2 °C, durante 12 h.	63
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.	64
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.	64
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.	65
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.	66
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.	66



	Página
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.	67
Tabla 41. Valores promedio del contenido de clorofila (mg/g) y desviación estándar, en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de altas temperaturas.	69
Tabla 42. Valores de F calculada, obtenidos en el análisis de varianza para la tasa de asimilación de CO ₂ (ppm/cm ² /h) y contenido de clorofila (mg/g), en las variedades Flor de Junio y Pinto Americano sometidas a 38 ± 2 °C.	69
Tabla 43. Valores promedio y desviación estándar para la tasa de asimilación de CO ₂ (ppm/cm ² /h), en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de altas temperaturas.	69
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.	72
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.	72
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.	73
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.	73
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.	74
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.	74



	Página
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.	75
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.	76
Tabla 52. Valores promedio del contenido de clorofila (mg/g) y desviación estándar, en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de sequía.	78
Tabla 53. Valores de F calculada, obtenidas en el análisis de varianza para la tasa de asimilación de CO ₂ (ppm/cm ² /h) y contenido de clorofila (mg/g), en las variedades Flor de Junio y Pinto Americano sometidas a sequía.	78
Tabla 54. Valores promedio y desviación estándar para la tasa de asimilación de CO ₂ (ppm/cm ² /h) en dos variedades de frijol sometidas a condiciones de sequía.	78



Índice de Figuras

	Página
Figura 1. Contenido de minerales en seis cultivares mejorados de frijol, sometidos a diferentes niveles de salinidad.	42
Figura 2. Contenido de minerales en seis variedades comerciales de frijol, sometidas a diferentes niveles de salinidad.	45
Figura 3. Promedios de peso seco (g) aéreo de seis variedades comerciales de frijol, sometidas a diferentes niveles de salinidad (NaCl).	48
Figura 4. Promedios de peso seco (g) de la raíz en seis variedades comerciales de frijol, sometidas a diferentes niveles de salinidad (NaCl).	49
Figura 5. Efecto de diferentes niveles de salinidad (NaCl), sobre la emergencia en seis variedades comerciales de frijol, durante 12 días.	51
Figura 6. Contenido de minerales en tallo de plántulas de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a 200 mM de NaCl, durante seis días.	53
Figura 7. Contenido de minerales en raíz de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a 200 mM de NaCl, durante seis días.	53
Figura 8. Perfil de proteínas específicas en hoja de plántulas de 16 dds, de las variedades Flor de Junio y Pinto Americano, sometidas a 200 mM de NaCl, durante seis días.	54
Figura 9. Ultraestructura de cloroplasto en plántulas de 16 dds, de la variedad Flor de Junio, mediante microscopía electrónica de transmisión, a) Control, b) 200 mM de NaCl.	57
Figura 10. Ultraestructura de cloroplasto en plántula de 16 dds, de la variedad Flor de Junio, mediante microscopía electrónica de transmisión, a) Control, b) 200 mM de NaCl.	57
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.	58
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.	58



	Página
Figura 13. Contenido de minerales en seis cultivares mejorados de frijol, sometidos a temperaturas de 35 ± 2 °C, durante 96 h.	61
Figura 14. Contenido de minerales en dos variedades comerciales de frijol, sometidas a 35 y 38 ± 2 °C, durante 96 h.	62
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.	65
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.	66
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.	67
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.	68
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.	70
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.	71
Figura 21. Contenido de minerales en hoja de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a sequía.	74
Figura 22. Contenido de minerales en tallo de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a sequía.	75
Figura 23. Contenido de minerales en raíz de plántulas de frijol de 16 dds, en dos variedades comerciales, sometidas a sequía.	76



	Página
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.	77
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.	79
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.	80