

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**CULTIVO DE CALLO IN VITRO COMO UNA
ALTERNATIVA PARA EVALUAR RESISTENCIA
A SALINIDAD Y SEQUÍA EN "FRIJOL" *Phaseolus vulgaris* L.**

TESIS

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

PRESENTA:

MARIA LUISA CARDENAS AVILA

MONTERREY, N. L.

JUNIO 2001.

M.L.C.A.

CULTIVO DE CALLO IN VITRO COMO UNA
ALTERNATIVA PARA EVALUAR RESISTENCIA
A SALINIDAD Y SEQUIA EN "FRÍJOL." *Phaseolus vulgaris L.*

TD
SB327
.C374
2001
c.1



1080124449

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



CULTIVO DE CALLO IN VITRO COMO UNA
ALTERNATIVA PARA EVALUAR RESISTENCIA
A SALINIDAD Y SEQUÍA EN "FRIJOL" *Phaseolus vulgaris* L.

TESIS

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

PRESENTA:

MARIA LUISA CARTAGNÁ AVILA

MONTERREY, N. L.

JUNIO 2011



TD

SB327

•C374

2001



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**Cultivo de callo *in vitro* como una alternativa para evaluar
resistencia a salinidad y sequía en "frijol" *Phaseolus vulgaris* L.**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA

MARIA LUISA CARDENAS AVILA

MONTERREY, N. L.

JUNIO 2001.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



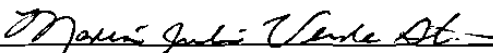
**Cultivo de callo *in vitro* como una alternativa para evaluar
resistencia a salinidad y sequía en "frijol" *Phaseolus vulgaris* L.**


TESIS

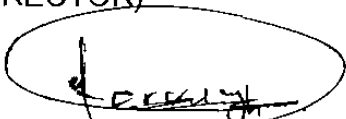
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA
PRESENTA

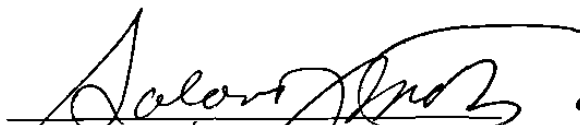
MARIA LUISA CARDENAS AVILA

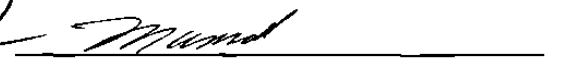
COMISION DE TESIS:


DRA. MARIA JULIA VERDE STAR
PRESIDENTE (DIRECTOR)


DRA. HILDA GAMEZ GONZALEZ
ASESOR (SECRETARIO)


DR. RAHIM FOROUGHBAKHCH P.
ASESOR (PRIMER VOCAL)


DR. SALOMÓN J. MARTINEZ LOZANO.
ASESOR (SEGUNDO VOCAL)


DR. MARIO R. MORALES VALLARTA
ASESOR (TERCER VOCAL)

MONTERREY, N. L

JUNIO 2001.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**Cultivo de callo *in vitro* como una alternativa para evaluar
resistencia a salinidad y sequía en "frijol" *Phaseolus vulgaris* L.**

TESIS

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

MARIA LUISA CARDENAS AVILA

DRA. MARIA JULIA VERDE STAR
PRESIDENTE (DIRECTOR)

DR. RATIKANTA MAITI
DIRECTOR EXTERNO

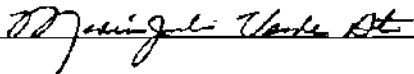
MONTERREY, N. L.

JUNIO 2001.

DIRECCIÓN DE TESIS

La presente investigación se realizó en los laboratorios de Biología Celular y Genética, Bioquímica, Botánica y Unidad de Microscopía Electrónica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Bajo la dirección de la Dra. María Julia Verde Star.



Dra. María Julia Verde Star.

Y la dirección externa del Dr. Ratikanta Maiti.



Dr. Ratikanta Maiti

“GRACIAS TE DOY SEÑOR, POR MI EXISTENCIA, POR TODO LO QUE ME HAS BRINDADO Y POR ESTAR CONMIGO EN TODO MOMENTO ”.

DEDICATORIA

CON AMOR A LA MEMORIA DE MI PADRE:

SR. LUIS CARDENAS MATA

“ Ese Señor de las canas...”

Ejemplo de trabajo y responsabilidad, quien vive y vivirá por siempre en mi corazón.

TE QUIERO PAPÁ

A MI MADRE CON AMOR:

SRA. JUANITA AVILA DE CARDENAS

Corazón familiar. Que me inculcó lo mejores valores humanos, y quien ahora es mi Padre y Madre.

TE QUIERO DOBLEMENTE MAMÁ

A MI ESPOSO CON AMOR:

SR. GABRIEL VALERO MARTINEZ

Por compartir su vida conmigo, por su comprensión, apoyo y paciencia y sobre todo por el amor que nos une.

TE AMO

CON AMOR A MIS HIJOS:

VALERIA ALEJANDRA, GABRIELA DEYANIRA

Y LUIS GABRIEL TADEO.

Pilares de mi existencia.

Y a aquella pequeña almita, que conserva un lugar muy especial en mi corazón.

A MIS HERMANOS:

BERIA ELIA, BEATRIZ ELENA, BLANCA ESTHELA, BELINDA ESTHER, MARIA CONCEPCIÓN, LUIS ALBERTO, JUANA MARIA Y FRANCISCO JAVIER.

Con el cariño fraternal que nos une.

CON CARIÑO A MIS HERMANOS POLÍTICOS Y SOBRINOS,
ESPECIALMENTE A SERGIO EDUARDO.

CARIÑOSAMENTE A MIS GRANDES Y MARAVILLOSOS AMIGOS:

CONCHIS, ADRIANA, ADA, SERGIO, JORGE LUIS, LUPITO,
NANCY, ALMA Y JORGE ALBERTO.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María Julia Verde Star, Directora de tesis, por el gran apoyo incondicional brindado para la realización de esta investigación, así como por su orientación, consejos y valiosas sugerencias.

Al Dr. Ratikanta Maiti, director externo, por su orientación y consejos durante el desarrollo del presente trabajo, así como contribuir en mi formación profesional.

Al Dr. Rahim Foroughbakhch , por su valiosa asesoría en la parte estadística, por sus sugerencias, así como por su disposición paciente y amable para llevar a buen término el presente trabajo.

A Dra. Hilda Gámez González, por la gran ayuda otorgada en la revisión del trabajo, así como por sus acertadas sugerencias y observaciones.

Al Dr. Salomón Javier Lozano Martínez , por su orientación y confianza, lo cual nos permitió trabajar conjuntamente durante el desarrollo de esta investigación así como por la revisión del escrito.

Al Dr. Mario R. Morales Vallarta, por aceptar formar parte de la comisión de tesis, por sus sugerencias, revisiones y apoyo incondicional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por las facilidades brindadas para la realización de los estudios de doctorado.

A la Dra. Graciela García Díaz, por su invaluable ayuda y asesoría en la determinación de minerales parte fundamental de este trabajo.

Dra. Ma. Magdalena Iracheta Cárdenas y al M.C. José Antonio Heredia Rojas por el apoyo, asesoría y buena disposición brindada en la realización de electroforesis.

Al Lic. José Luis Gibaja por el apoyo fotográfico recibido para los seminarios de postgrado y del presente trabajo.

A la Dra. Ma Luisa Rodríguez Tovar, Sra. Ma. del Carmen Vázquez y Ricardo por sus finas atenciones durante mi estancia en posgrado.

A mis amigos y compañeros de investigación: Dra. María Adriana Núñez González y M.C. Jorge Luis Hernández Piñero, por compartir sus conocimientos conmigo, por el apoyo otorgado en todas y cada una de las fases de este trabajo, pero sobre todo por su apreciable amistad.

A la M.C. María Concepción Valades Cerda, Dr. Sergio Moreno Limón, M.C. Ada Marcela Ita Garay y M.C. José Guadalupe Almanza Enríquez por el apoyo incondicional, comentarios, sugerencias así como por sus palabras de aliento y entusiasmo en los momentos difíciles. Gracias por su valiosa amistad.

A los maestros y compañeros de trabajo: M.C. Ramón Cavazos Gzz., Ma. Eufemia Morales, M.C. Jaime Fco. Treviño Neávez, Biól. Ma. Guadalupe Martínez, Dr. José Luis Gutiérrez Lobatos, Biól. Ma. Del Socorro Bácz, M.C. Jorge Verduzco, Dra. Leticia Villareal Rivera, M.C. Gerardo Guajardo, Jesús Angel de León y Dra. Diana Reséndiz por el apoyo recibido y por hacerme sentir como en casa.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo:

MUCHAS GRACIAS Y ¡QUE DIOS LOS BENDIGA!

CONTENIDO	PÁGINA.
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
ORIGINALIDAD Y JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS	7
REVISIÓN DE LITERATURA	8
METODOLOGÍA	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
CONCLUSIONES	84
LITERATURA CITADA	86

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Análisis de varianza para sodio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad.	39
TABLA 2.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para sodio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades: 1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) NaCl 0.1 M y 3) NaCl 0.15 M.	39
TABLA 3.	Análisis de varianza para magnesio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad	41
TABLA 4.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para magnesio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades: 1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) NaCl 0.1 M y 3) NaCl 0.15 M.	41
TABLA 5.	Análisis de varianza para potasio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad.	43
TABLA 6.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para potasio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades: 1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) NaCl 0.1 M y 3) NaCl 0.15 M.	43
TABLA 7.	Análisis de varianza para calcio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad.	44
TABLA 8.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para calcio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades: 1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) NaCl 0.1 M y 3) NaCl 0.15 M.	45
TABLA 9.	Análisis de varianza para manganeso en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad.	46
TABLA 10.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para manganeso en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades: 1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) NaCl 0.1 M y 3) NaCl 0.15 M.	46
TABLA 11.	Análisis de varianza para molibdeno en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad.	48
TABLA 12.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para molibdeno en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades: 1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) NaCl 0.1 M y 3) NaCl 0.15 M.	48

TABLA 13.	Análisis de varianza para fierro en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad.	49
TABLA 14.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para fierro en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 2) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 3) 2) NaCl 0.1 M y 3) NaCl 0.15 M.	50
TABLA 15.	Análisis de varianza para cobre en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad.	51
TABLA 16.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para cobre en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) NaCl 0.1 M y 3) NaCl 0.15 M.	51
TABLA 17.	Análisis de varianza para zinc en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad.	53
TABLA 18.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para zinc en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) NaCl 0.1 M y3) NaCl 0.15 M.	53
TABLA 19.	Análisis de varianza para prolina libre en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad.	56
TABLA 20.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para prolina libre en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a salinidad. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) NaCl 0.1 M y 3) NaCl 0.15 M.	56
TABLA 21.	Análisis de varianza para sodio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía.	58
TABLA 22.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para sodio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y 3) PEG 15 %.	58
TABLA 23.	Análisis de varianza para sodio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía.	60
TABLA 24.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para sodio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía. Variedades: 1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y PEG 15 %.	60
TABLA 25.	Análisis de varianza para potasio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía.	62

TABLA 26.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para potasio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y PEG 15 %.	62
TABLA 27.	Análisis de varianza para calcio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía.	64
TABLA 28.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para calcio en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 4) flor de mayo y flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y 3) PEG 15 %.	64
TABLA 29.	Análisis de varianza para manganeso en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía.	66
TABLA 30.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para manganeso en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y PEG 15 %.	66
TABLA 31.	Análisis de varianza para molibdeno en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía.	67
TABLA 32.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para molibdeno en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y 3) PEG 15 %.	68
TABLA 33.	Análisis de varianza para hierro en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía.	69
TABLA 34.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para hierro en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y 3) PEG 15 %.	70
TABLA 35.	Análisis de varianza para cobre en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía.	71
TABLA 36.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para cobre en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y PEG 15 %.	72
TABLA 37.	Análisis de varianza para zinc en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía.	73
TABLA 38.	Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para zinc en callo <i>in vitro</i> de frijol estresados a sequía. Variedades:1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y 4) flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y 3) PEG 15 %.	73

-
- TABLA 39.** Análisis de varianza para prolina libre en callo *in vitro* de frijol estresados a sequía. 75
- TABLA 40.** Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para prolina libre en callo *in vitro* de frijol estresados a sequía. Variedades: 1) pinto americano, 2) pastilla, 3) flor de mayo y flor de junio. Tratamientos 1) testigo, 2) PEG 10 % y PEG 15 %. 76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plántulas asépticas de frijol de las variedades flor de mayo b) flor de junio c) pastilla y d) pinto americano	30
Figura 2. Callos <i>in vitro</i> de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. de 30 días sembrados en medio de cultivo MS con 2,4-D (mg/L): a) hipocotilo (3 mg/L), b) hoja cotiledonaria (5 mg/L) y b) c) cotiledón (10 mg/L).	32
Figura 3. Inducción de callo <i>in vitro</i> en medio MS. a) explante de hoja cotiledonaria b) callo de 15 días, c) 21 días y d) 30 días	33
Figura 4. Callo <i>in vitro</i> var. flor de mayo a) Control b) Tratamiento NaCl 0.15 M.	37
Figura 5. Callo <i>in vitro</i> var. pastilla a) Tratamiento PEG 10% b) Tratamiento PEG 15%.	37
Figura 6. Contenido de sodio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	40
Figura 7. Contenido de sodio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	40
Figura 8. Contenido de magnesio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	42
Figura 9. Contenido de magnesio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	42
Figura 10. Contenido de potasio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	43
Figura 11. Contenido de potasio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	43
Figura 12. Contenido de calcio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	45

Figura 13. Contenido de calcio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	45
Figura 14. Contenido de manganeso en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	47
Figura 15. Contenido de manganeso en callo <i>in vitro</i> de hoja Cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	47
Figura 16. Contenido de molibdeno en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	48
Figura 17. Contenido de molibdeno en callo <i>in vitro</i> de hoja Cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	48
Figura 18. Contenido de hierro en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	50
Figura 19. Contenido de hierro en callo <i>in vitro</i> de hoja Cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	50
Figura 20. Contenido de cobre en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	52
Figura 21. Contenido de cobre en callo <i>in vitro</i> de hoja Cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	52
Figura 22. Contenido de zinc en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	54
Figura 23. Contenido de zinc en callo <i>in vitro</i> de hoja Cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	54

Figura 24. Contenido de prolina en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L bajo estrés de salinidad.	56
Figura 25. Contenido de prolina en callo <i>in vitro</i> de hoja Cotiledonaria en <i>Phaseolus vulgaris</i> L en los diferentes tratamientos de salinidad con NaCl .	56
Figura 26. Contenido de sodio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	59
Figura 27 Contenido de sodio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG.	59
Figura 28. Contenido de magnesio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	61
Figura 29. Contenido de magnesio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG.	61
Figura 30. Contenido de potasio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	63
Figura 31. Contenido de potasio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG.	63
Figura 32. Contenido de calcio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	64
Figura 33. Contenido de calcio en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG.	64

Figura 34. Contenido de manganeso en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	66
Figura 35. Contenido de manganeso en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG.	66
Figura 36. Contenido de molibdeno en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	68
Figura 37. Contenido de molibdeno en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG.	68
Figura 38. Contenido de fierro en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	70
Figura 39. Contenido de fierro en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG.	70
Figura 40. Contenido de cobre en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	72
Figura 41. Contenido de cobre en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG.	72
Figura 42. Contenido de zinc en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	74
Figura 43. Contenido de zinc en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG.	74
Figura 44. Contenido de prolina en callo <i>in vitro</i> de hoja cotiledonaria de 4 var. de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. bajo estrés de sequía con PEG.	76

- Figura 45.** Contenido de prolina en callo *in vitro* de hoja cotiledonaria de *Phaseolus vulgaris* L. en los diferentes tratamientos de sequía con PEG. 76
- Figura 46.** Electroforesis en gel de poliacrilamida-sds de callo *in vitro* de hoja cotiledonaria de 4 variedades *Phaseolus vulgaris* L. bajo estrés de salinidad. Carriles: M) Marcadores 1) pinto americano testigo 2) pinto americano NaCl 0.1 M 3) pinto americano NaCl 0.15 M 4) pastilla testigo 5) pastilla NaCl 0.1 M 6) pastilla NaCl 0.15 M 7) flor de mayo testigo 8) flor de mayo NaCl 0.1 M 9) flor de mayo NaCl 0.15 M 10) flor de junio testigo 11) flor de junio NaCl 0.1 M y 12) flor de junio NaCl 0.15 M. 78
- Figura 47.** Electroforesis en gel de poliacrilamida-sds de callo *in vitro* de hoja cotiledonaria de 4 variedades *Phaseolus vulgaris* L. bajo estrés de sequía. Carriles: M) Marcadores 1) pinto americano testigo 2) pinto americano PEG 10% 3) pinto americano PEG 15% 4) pastilla testigo 5) pastilla PEG 10% 6) pastilla PEG 5 % 7) flor de mayo testigo 8) flor de mayo PEG 10 % 9) flor de mayo PEG 15 % 10) flor de junio testigo 11) flor de junio PEG 10% y 12) flor de junio PEG 15%. 80