



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**EFFECTO DE UN BIOESTIMULANTE NATURAL COMO
ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN VARIEDADES
DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.)**

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Agricultura Sustentable)

P r e s e n t a

Juan José Reyes Pérez

La Paz, Baja California Sur, Diciembre de 2014

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 5 del Mes de Noviembre del 2014, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por la Dirección de Estudios de Posgrados y Formación de Recursos Humanos, del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., para revisar la Tesis de Grado titulada:

“EFECTO DE UN BIOESTIMULANTE NATURAL COMO ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN VARIEDADES DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.)”

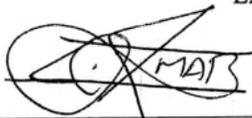
Presentada por el alumno:

Juan José Reyes Pérez

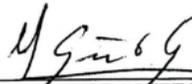
Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN: **AGRICULTURA SUSTENTABLE.**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA



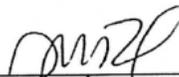
DR. BERNARDO MURILLO AMADOR
DIRECTOR DE TESIS



DRA. ALEJANDRA NIETO GARIBAY
CO-TUTOR



DR. ENRIQUE TROYO DIEGUEZ
CO-TUTOR



DRA. INES MARÍA REYNALDO ESCOBAR
CO-TUTOR



DR. EDGAR OMAR RUEDA PUENTE
CO-TUTOR



DRA. ELISA ÁLVAREZ ZARAGOZA
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Comité Tutorial

Comité Tutorial

Dr. Bernardo Murillo Amador Director de Tesis	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dra. Alejandra Nieto Garibay Co-Tutor	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dr. Enrique Troyo Diéguez Co-Tutor	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dra. Inés María Reynaldo Escobar Co-Tutor	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
Dr. Edgar Omar Rueda Puente Co-Tutor	Universidad de Sonora

Comité Revisor de Tesis

Dr. Bernardo Murillo Amador	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dra. Alejandra Nieto Garibay	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dr. Enrique Troyo Diéguez	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dra. Inés María Reynaldo Escobar	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
Dr. Edgar Omar Rueda Puente	Universidad de Sonora

Jurado de Examen de Grado

Dr. Bernardo Murillo Amador	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dra. Alejandra Nieto Garibay	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dr. Enrique Troyo Diéguez	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dra. Lilia Alcaraz Meléndez	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
Dr. Edgar Omar Rueda Puente	Universidad de Sonora
Dr. Francisco Higinio Ruiz Espinoza (Suplente)	Universidad Autónoma de Baja California Sur

Dra. Elisa Serviere Zaragoza
Directora de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos

Prefacio

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., como requisito para obtener el grado de Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales con Orientación en Agricultura sustentable.

La presente tesis está basada en las siguientes dos publicaciones principales propuestas y comprometidas en el Plan de Trabajo Individual del sustentante:

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO. 2013. Germinación y características de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés salino. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4(6): 869-880.

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO. 2013. ^{JCR} Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones salinas. Revista Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Cuyo 45 (2): 257-268.

Otras publicaciones generadas como parte del Plan de Trabajo Individual, se incluyen en la presente tesis:

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO. 2013. Tolerancia a la salinidad en variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento inicial. Revista Universidad y Ciencia. 29 (2):101-112, 2013.

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO, Cuervo-Andrade JL. Crecimiento y desarrollo de variedades de albahaca (*Ocimum Basilicum* L.) en condiciones de salinidad. Revista Terra Latinoamericana 32 (1):35-45, 2014.

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO, Guridi-Izquierdo F. 2014. ^{JCR} Humatos de vermicompost como mitigador de la salinidad en la emergencia y crecimiento de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Revista Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Cuyo 46 (2): 149-162.

Otras actividades realizadas como parte integral del Plan de Trabajo Individual son:

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO. Respuesta de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) a la salinidad en las etapas iniciales de crecimiento. Convención Internacional Ingeniería Agrícola. Del 16 al 19 de octubre del 2012. La Habana, Cuba.

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO. 2012. Germinación y características de plántulas de genotipos de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidos a estrés salino. XVIII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Del 6 al 9 de noviembre del 2012. La Habana, Cuba.

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO. 2012. Tolerancia a la salinidad en variables morfométricas de genotipos de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en la etapa de germinación. I Congreso Cubano de Horticultura. Del 21 al 23 de noviembre del 2012. La Habana, Cuba.

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO. 2013. Humatos de vermicompost extraídos del estiércol vacuno como mitigador de la salinidad en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) XXIII. Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Del 18 al 23 de noviembre del 2013. La Habana, Cuba.

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO. 2013. Humatos de vermicompost extraídos del estiércol vacuno como mitigador de la salinidad en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. Del 18 al 23 de noviembre del 2013. La Habana, Cuba.

Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Reynaldo-Escobar IM, Rueda-Puente EO. 2014. Crecimiento y desarrollo de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones de salinidad. XIX Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Del 26 al 28 de noviembre del 2014. La Habana, Cuba.

Dedicatoria

A Dios, por ser la esperanza que anima mi caminar cotidiano.

A la memoria de mi abuela, por ser ejemplo de adnegación.

A mi madre, fuente de amor y ternura.

A mis tías, por su cariño y amor.

A mi hermano, por existir.

A mi sobrino por su apoyo en momentos de alegrías y tristezas.

Agradecimientos

La realización de una obra científica siempre requiere gran esfuerzo. Estos esfuerzos se justifican si se logran aunar efectivamente los conocimientos y la experiencia de otros colegas; lo alcanzado en este documento no es más que ese resultado.

Por ello, quiero expresar mi reconocimiento especial a:

A Dios, por ser el fundamento más profundo de mi alma, en el que finalmente encuentro la paz, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo mi doctorado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por su apoyo para la realización de los estudios del Doctorado, mediante la Beca Nacional N° 256428.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) por la oportunidad de alcanzar esta meta de superación personal.

A los Proyectos AGROT 1 y 110-C SAGARPA-CONACYT: Innovación Tecnológica de Sistemas de Producción y Comercialización de Especies Aromáticas y Cultivos Élite en Agricultura Orgánica Protegida con Energías Alternativas de Bajo Costo.

Al Dr. Bernardo Murillo Amador, por brindarme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo e invitarme a realizar el presente proyecto de investigación, además por sus consejos, tutelaje, solidaridad y participación en cada una de las etapas de mi realización en esta meta profesional.

A los miembros de mi Comité Tutorial, Dr. Bernardo Murillo Amador, Dra. Alejandra Nieto Garibay, Dr. Enrique Troyo Diéguez, Dra. Inés María Reynaldo Escobar, Dr. Edgar Omar Rueda Puente, por sus orientaciones oportunas en el periodo de realización del doctorado.

A la Dra. Lilia Alcaráz Méendez y el Dr. Teodoro Reynoso Granados, por su apoyo y orientación en el transcurso de la realización del presente proyecto, así como por sus palabras de aliento en momentos de desánimo.

Al Dr. Francisco Higinio Ruíz Espinoza, por sus enseñanzas, valiosa ayuda y disponibilidad en todo momento.

A la M.C María del Carmen Mercado Guido, Lic. Lidia Hirales Lucero y al Ing. Pedro Luna, por su ayuda invaluable durante la ejecución de los experimentos de esta tesis, así como por todas las actividades conjuntamente desarrolladas en el Laboratorio de Fisiotecnia Vegetal y el Campo Agrícola Experimental.

Al Personal del Programa de Posgrado del CIBNOR, Lic. Leticia González Rubio Rivera, Lic. Osvelia Ibarra Morales, Tania Núñez Valdés, Lupita Sánchez, Claudia E. Olachea, Horacio Sandoval Gómez, por su gran apoyo incondicional para poder llegar al término del programa de estudios.

A mi sobrino Ibraín Enrique Corrales Reyes, por su familiaridad, confianza, sinceridad y apoyo en todo momento. Gracias por estar siempre a mi lado.

A Consuelo, Karín, Gonzalín y Gilberto, por su invaluable ayuda durante todos estos años y acogerme como una familia más.

A Carlos Michel Ojeda Silvera, amigo y hermano, por todo lo que me has dado y enseñado. Contadas son las personas que han supuesto tanto para mí, y ya sabes que en el futuro, tal vez en la distancia, siempre podrás contar con alguien que te admira infinitamente.

A mis amigos Susana Beatríz Fernández Martínez, Daulemys Batista Sánchez, Yuniel Méndez Martínez, Fernando Despaigne Hodelín, por soportarme tal y como soy.

A los que han catalizado de una u otra forma esta etapa de mi vida: Alba Rosa Pupo Kairuz, Rosa Alba Pupo Kairuz, Lorenzo Figueredo Sánchez, Marisol Rivero Herrada, Carlos Avila Amador.

A mis compañeros del doctorado, Yarelis Álvarez Morales, Yarelys Ferrer Sánchez, Fernando Abasolo Pacheco.

Cuando llegados a este punto vuelves tu mirada hacia atrás y observas y recapitas sobre los años de estrechas vivencias compartidas con personas tan especiales, sencillamente comprendes que uno mismo no es nadie sin las personas importantes que lo rodean, y que son precisamente las relaciones de amistad, hermandad y confianza, las que orientan tú destino, éxitos y fracasos. Los trabajos pueden ser desarrollados, escritos, publicados con la misma rapidez que caen en el olvido, pero son las relaciones que has cultivado en el transcurso de los mismos las que prevalecen y te acompañan para siempre.

A mi familia, siempre solícita.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para culminar exitosamente el presente trabajo de investigación.

A todos, muchas gracias.

Juan José Reyes Pérez
La paz, B.C.S., Diciembre de 2014

Índice de Contenido

PREFACIO	III
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
LISTA DE ABREVIATURAS	XVIII
RESUMEN	XIX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1 PROBLEMÁTICA DE LA SALINIDAD EN LA AGRICULTURA	4
2.2 SENSIBILIDAD DE LAS PLANTAS A LA SALINIDAD.....	6
2.2.1 <i>Efecto de la salinidad sobre el crecimiento de las plantas</i>	6
2.3 TOLERANCIA DE LAS PLANTAS A LA SALINIDAD	10
2.4 LOS BIOESTIMULANTES DEL CRECIMIENTO VEGETAL COMO ALTERNATIVA DE FERTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA CONTEMPORÁNEA.....	12
2.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS.....	14
2.5.1 <i>Papel de las sustancias húmicas y el humus en la fisiología de las plantas y del suelo</i>	15
2.5.2 <i>Efecto de las sustancias húmicas sobre el suelo</i>	16
2.5.3 <i>Efecto de las sustancias húmicas en las plantas</i>	17
2.6 SUSTANCIAS HÚMICAS Y SALINIDAD.....	18
2.7 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE OCIMUM BASILICUM L.....	20
2.8 LA ALBAHACA EN LA MEDICINA Y EN LA AGRICULTURA	21
2.9 LAS PLANTAS MEDICINALES EN CUBA Y EN MÉXICO	22
3. HIPOTÉISIS	23

4. OBJETIVOS	24
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
4.2 OBJETIVOS PARTICULARES	24
5. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1 SELECCIÓN DE VARIEDADES TOLERANTES Y SENSIBLES A LA SALINIDAD.....	25
5.2 EFECTO DE LA SALINIDAD EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE GERMINACIÓN	25
5.2.1 <i>Variables evaluadas en la etapa de germinación</i>	26
5.2.1.1 <i>Porcentaje y tasa de germinación</i>	26
5.2.1.2 Variables morfométricas.....	27
5.2.1.2.1 Longitud del tallo	27
5.2.1.2.1 Longitud de radícula	27
5.2.1.2.3 Biomasa fresca y seca de la parte aérea (tallos + hojas) y radícula de la plántula	27
5.3 EFECTO DE LA SALINIDAD EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE EMERGENCIA	28
5.3.1 <i>Variables evaluadas en la etapa de emergencia</i>	28
5.3.1.1 Porcentaje y tasa de emergencia	28
5.3.1.2 Variables morfométricas.....	28
5.3.1.2 .1 Longitud de tallo	28
5.3.1.2.3 Biomasa fresca y seca de la parte aérea (tallos + hojas) y radícula de la plántula	29
5.4 EFECTO DE LA SALINIDAD EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO INICIAL	29
5.4.1 <i>Variables evaluadas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial</i>	31
5.4.1.1 Variables morfométricas.....	31
5.4.1.1.1 Longitud del tallo	31
5.4.1.1.2 Longitud de raíz.....	31
5.4.1.1.3 Biomasa fresca y seca de raíz, tallo y hoja.....	32
5.4.1.1.4 Área foliar	32

5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	32
5.6 ETAPA EXPERIMENTAL CON EL USO DEL BIOESTIMULANTE NATURAL EN LAS ETAPAS DE GERMINACIÓN, EMERGENCIA Y DESARROLLO VEGETATIVO.....	33
5.6.1 Efecto del humatos de vermicompost como atenuante del estrés salino en variedades de albahaca en la etapa de germinación	33
5.6.2 Variables evaluadas en la etapa de germinación.....	34
5.6.2.1 Porcentaje y tasa de germinación	34
5.6.2.2 Variables morfométricas.....	34
5.6.2.2.1 Longitud del tallo	34
5.6.2.2.2 Longitud de radícula	34
5.6.2.2.3 Biomasa fresca y seca de parte aérea (tallos + hojas) y de radícula.....	35
5.7 EFECTO DEL HUMATOS DE VERMICOMPOST COMO ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE EMERGENCIA	35
5.7.1 Variables evaluadas en la etapa de emergencia.....	36
5.7.1.1 Tasa y porcentaje de emergencia	36
5.7.1.2 Variables morfométricas.....	36
5.7.1.2.1 Longitud del tallo	36
5.7.1.2.2 Longitud de radícula	36
5.7.1.2.3 Biomasa fresca y seca de parte aérea (tallos + hojas) y de radícula.....	36
5.8 EFECTO DEL HUMATOS DE VERMICOMPOST COMO ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE DESARROLLO VEGETATIVO	37
5.8.1 Variables evaluadas en la etapa de desarrollo vegetativo.....	39
5.8.1.1 Fisiológicas (Fotosíntesis, transpiración)	39
5.8.1.2 Relaciones hídricas.....	39
5.8.1.2.1 Potencial hídrico	39
5.8.1.2.2 Contenido relativo de agua.....	39
5.8.1.3 Determinación de pigmentos fotosintéticos	40
5.8.1.3.1 Determinación de clorofila a, b y total.....	40

5.8.2 <i>Bioquímicas</i>	40
5.8.2.1 Contenido de proteína	40
5.8.2.2 Determinación de prolina	41
5.8.2.3 Determinación de carbohidratos reductores foliares por el método fenol-sulfúrico	41
5.8.3 <i>Variables morfométricas</i>	42
5.8.3.1 Longitud del tallo.....	43
5.8.3.2 Longitud de raíces	43
5.8.3.3 Biomasa fresca y seca de raíz, tallo y hoja	43
5.8.3.4 Área foliar.....	43
5.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	44
6. RESULTADOS.....	45
6.1 EFECTO DE LA SALINIDAD EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE GERMINACIÓN	45
6.1.1 <i>Porcentaje y tasa y de germinación</i>	45
6.1.2 <i>Variables morfométricas</i>	45
6.1.3 <i>Selección de variedades tolerantes y sensibles a la salinidad en la etapa de germinación</i>	61
6.2 EFECTO DE LA SALINIDAD EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE EMERGENCIA	62
6.2.1 <i>Porcentaje y tasa de emergencia</i>	62
6.2.1.2 <i>Variables morfométricas</i>	64
6.2.1.3 <i>Selección de variedades tolerantes y sensibles a la salinidad en la etapa de emergencia</i>	69
6.3 EFECTO DE LA SALINIDAD EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO VEGETATIVO INICIAL	71
6.3.1 <i>Variables morfométricas</i>	71
6.3.2 <i>Selección de variedades tolerantes y sensibles a la salinidad en la etapa de crecimiento vegetativo inicial</i>	77
6.4 EFECTO DEL HUMATOS DE VERMICOMPOST COMO ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN	

VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE GERMINACIÓN.....	78
6.4.1 Tasa y porcentaje de germinación.....	78
6.4.2 Variables morfométricas.....	79
6.5 EFECTO DEL HUMATOS DE VERMICOMPOST COMO ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE EMERGENCIA.....	84
6.5.1 Tasa y porcentaje de emergencia.....	84
6.5.2 Variables morfométricas.....	85
6.6 EFECTO DEL HUMATOS DE VERMICOMPOST COMO ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE DESARROLLO VEGETATIVO	90
6.6.1 Variables fisiológicas.....	90
6.6.1.1 Fotosíntesis y transpiración	90
6.6.2 Relaciones hídricas	93
6.6.2.1 Potencial hídrico y contenido relativo de agua	93
6.6.2.2 Determinación de pigmentos fotosintéticos	95
6.6.3 Variables bioquímicas.....	103
6.6.4. Variables morfométricas.....	108
7. DISCUSIÓN.....	115
7.1 EFECTO DE LA SALINIDAD EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE GERMINACIÓN, EMERGENCIA Y CRECIMIENTO VEGETATIVO INICIAL	115
7.1.1 Germinación y emergencia	115
7.1.2 Variables morfométricas.....	120
7.1.3 Selección de variedades tolerantes y sensibles a la salinidad en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento vegetativo inicial	127
7.2 EFECTO DEL HUMATOS DE VERMICOMPOST COMO ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN VARIEDADES DE ALBAHACA EN LA ETAPA DE GERMINACIÓN, EMERGENCIA Y CRECIMIENTO VEGETATIVO.....	131
7.2.1 Germinación y emergencia	131
7.2.2 Variables morfométricas.....	132
7.2.3 Variables fisiológicas.....	140

7.2.3.1 Fotosíntesis y transpiración	140
7.2.4 Relaciones hídricas	143
7.2.4.1 Potencial hídrico y contenido relativo de agua	143
7.2.4.2 Pigmentos fotosintéticos	145
7.2.5 Variables bioquímicas	148
7.2.5.1 Carbohidratos reductores foliares (CHO-RED)	148
7.2.5.2 Contenido de proteína	148
7.2.5.3 Contenido de prolina	149
8. CONCLUSIONES	152
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156
10. ANEXOS	178

Índice de Tablas

Tabla 1. Solución nutritiva utilizada en el experimento de desarrollo vegetativo de plantas de albahaca (Samperio, 1997).....	30
Tabla 2. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la tasa y el porcentaje de germinación de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	46
Tabla 3. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la longitud de la radícula y la biomasa fresca y seca de la radícula de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	59
Tabla 4. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la altura de la plántula y la biomasa fresca y seca de parte aérea de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	60
Tabla 5. Valores promedio de los índices de tolerancia relativa a la salinidad de las variedades de albahaca en la etapa de germinación.....	62
Tabla 6. Porcentaje y tasa de emergencia de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.....	63
Tabla 7. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la longitud de la radícula y la biomasa fresca y seca de la radícula de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	67
Tabla 8. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la altura de la plántula y la biomasa fresca y seca de parte aérea de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	68
Tabla 9. Valores promedios de los índices de tolerancia relativa de las variedades de albahaca en la etapa de emergencia.	70
Tabla 10. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la longitud de raíz y la biomasa fresca y seca de raíz de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.....	74
Tabla 11. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la longitud de tallo y la biomasa fresca y seca de tallo de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.....	75
Tabla 12. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la biomasa fresca y seca de hoja y el área foliar de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.....	76

Tabla 13. Valores promedios de los índices de tolerancia relativa de las variedades de albahaca en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.	77
Tabla 14. Efecto de la interacción variedades×NaCl en el promedio de tasa, porcentaje de germinación y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	83
Tabla 15. Efecto de la interacción variedades×humatos de vermicompost en el promedio de tasa, porcentaje de germinación y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	83
Tabla 16. Efecto de la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost en el porcentaje de germinación y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	84
Tabla 17. Efecto de la interacción variedades×NaCl en el promedio de tasa, porcentaje de emergencia y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	89
Tabla 18. Efecto de la interacción variedades×humatos de vermicompost en el promedio de tasa, porcentaje de emergencia y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	89
Tabla 19. Efecto de la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost en el porcentaje de emergencia y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	90
Tabla 20. Efecto de la interacción NaCl×Hora y HV×Hora en el promedio de fotosíntesis, y HV×Hora en el promedio de transpiración de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	92
Tabla 21. Fotosíntesis y transpiración de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	92
Tabla 22. Efecto del NaCl, HV y Hora en el promedio de fotosíntesis, y transpiración de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	92
Tabla 23. Efecto de la interacción Variedades×Hora en el promedio de fotosíntesis de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.	93
Tabla 24. Efecto de la interacción variedades×NaCl en el promedio de potencial hídrico y contenido relativo de agua de plantas de dos variedades de albahaca	

sometidas a estrés salino..... 94

Tabla 25. Efecto de la interacción variedades \times humatos de vermicompost en el promedio de potencial hídrico y contenido relativo de agua de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino. 94

Tabla 26. Efecto de la interacción variedades \times NaCl \times humatos de vermicompost en el promedio del potencial hídrico y contenido relativo de agua de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino. 95

Tabla 27. Efecto de la interacción variedades \times NaCl en el promedio de pigmentos fotosintéticos de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino. 99

Tabla 28. Efecto de la interacción variedades \times humatos de vermicompost en el promedio de pigmentos fotosintéticos de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino. 99

Tabla 29. Efecto de la interacción variedades \times NaCl \times humatos de vermicompost en el promedio del contenido relativo de agua y pigmentos fotosintéticos de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino..... 103

Tabla 30. Efecto de la interacción variedades \times NaCl en variables bioquímicas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino..... 107

Tabla 31. Efecto de la interacción variedades \times humatos de vermicompost en variables bioquímicas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino. 107

Tabla 32. Efecto de la interacción variedades \times NaCl \times humatos de vermicompost en variables bioquímicas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino. 108

Tabla 33. Efecto de la interacción variedades \times NaCl en el promedio variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino..... 113

Tabla 34. Efecto de la interacción variedades \times humatos de vermicompost en el promedio de variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino. 114

Tabla 35. Efecto de la interacción variedades \times NaCl \times humatos de vermicompost en el promedio de variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino. 114

Índice de Figuras

Figura 1. Agrupamiento de las variedades de albahaca basado en las variables morfológicas en la etapa de germinación.....	61
Figura 2. Efecto del NaCl en el porcentaje y tasa de emergencia de variedades de albahaca.....	63
Figura 3. Agrupamiento de las variedades de albahaca basado en las variables morfológicas en la etapa de emergencia.	70
Figura 4. Agrupamiento de las variedades de albahaca basado en las variables morfológicas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.....	77

Lista de Abreviaturas

CIBNOR	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
ISTA	International Seed testing Association
NaCl	Cloruro de sodio
HV	Humatos de vermicompost
mM	Milimoles
Na	Sodio
Cl	Cloro
K	Potasio
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
CO ₂	Dióxido de carbono
H ₂ O	Agua
mg	Miligramos
mg/g	Miligramos por gramo
ROS	Especies reactivas de oxígeno
SH	Sustancias húmicas
AH	Acidos húmicos
AF	Acidos fúlvicos

Resumen

Los bioestimulantes del crecimiento vegetal son sustancias naturales para el tratamiento de los cultivos como activadores de las funciones fisiológicas, por lo que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes y representan una opción adecuada para enfrentar problemas de estrés abiótico por salinidad. Las sustancias húmicas aplicadas a plantas cultivadas, han demostrado que actúan como estimulantes del crecimiento vegetal, especialmente de la raíz, lo que permite una mayor exploración y actividad radical, traducida en una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes, por lo que representan una opción adecuada para enfrentar problemas de salinidad. Actualmente existen disponibles en el mercado, diferentes productos comerciales que contienen ácidos húmicos, ácidos fúlvicos o mezclas de ambos. Se han realizado investigaciones que dan cuenta de los efectos benéficos para el desarrollo de las plantas de dichos bioactivadores húmicos en cada una de las etapas fenológicas y en varias especies de plantas cultivadas. Sin embargo, dichas investigaciones se han realizado, casi en su totalidad, en condiciones hidropónicas ideales y muy escasas en condiciones de campo, sin encontrarse a la fecha, referencias de sus efectos en condiciones de estrés salino.

El presente trabajo de investigación contiene estudios en los cuales se comparó la respuesta diferencial a la salinidad en las etapas de germinación, emergencia y en el crecimiento inicial de variedades de albahaca estresadas bajo condiciones de laboratorio, cámara de crecimiento e invernadero. Para determinar la respuesta en cada una de las etapas de crecimiento y seleccionar las variedades tolerantes y sensibles a la salinidad mediante el cálculo del índice de tolerancia para cada una de las variables morfométricas, las diversas variedades fueron expuestas a estrés salino mediante la adición de 0, 50 y 100 mM de NaCl y se utilizaron como criterios comparativos la medición de variables como índices, tasa y porcentaje de germinación, tasa y porcentaje de emergencia, variables morfométricas como longitud, biomasa fresca y seca de la radícula, longitud, biomasa fresca y seca de la parte aérea, índice de tolerancia relativa a la salinidad para las etapas de germinación y emergencia. Para la etapa de crecimiento inicial las variables morfométricas medidas fueron longitud de la raíz, altura de la planta, biomasa fresca

y seca de raíz, tallo, hoja y área foliar, índice de tolerancia relativa a la salinidad. Los resultados obtenidos en las etapas de germinación y emergencia muestran que tanto la tasa como el porcentaje de germinación y emergencia se afectaron por la salinidad y la producción de biomasa de las variedades evaluadas disminuyó conforme se incrementó la concentración de NaCl en el medio de cultivo. Asimismo, se encontró que existe una gran variabilidad genética entre variedades para tolerar la salinidad durante estas etapas y debido a que muchas especies responden diferencialmente al estrés salino. Cuando las variedades se evaluaron en condiciones controladas y en altas concentraciones salinas en su etapa inicial del crecimiento, se encontró que las variables longitud de raíz, altura de planta, área foliar, biomasa fresca y seca de raíz, tallo y hoja, disminuyeron por efecto de la salinidad. A través del análisis de conglomerado jerárquico y de ligamiento completo sobre la base de la distancia Euclidiana, las variedades se reunieron en cinco grupos según los índices de tolerancia medidos en la etapa de germinación, en tres grupos sobre la base de los índices medidos en la emergencia y en dos grupos en la etapa de crecimiento inicial, indicando la existencia de variabilidad genética en las variedades evaluadas, destacándose para las tres etapas la variedad *Napoletano* como la más tolerante y *Sweet Genovese* como la más sensible a la salinidad. En conclusión, los experimentos en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento inicial, permitieron tamizar variedades emparentadas y seleccionar variedades como fuente de germoplasma de manera sencilla y rápida. Sin embargo, con la evaluación de este material genético realizada en etapas más avanzadas del crecimiento, se logró seleccionar y clasificar variedades con características morfo-fisiológicas deseables para tolerar salinidad que puedan ser presentadas mediante mejoramiento genético para la obtención de cultivares con un mayor grado de tolerancia al estrés salino.

Una vez seleccionadas las variedades *Napoletano* y *Sweet Genovese*, como tolerante y sensible a la salinidad seleccionadas en las etapas anteriores, se procedió a determinar el efecto de humatos de vermicompost como atenuante de la salinidad en la germinación, emergencia y crecimiento vegetativo, las cuales se sometieron a tres concentraciones de NaCl (0, 50 100 mM) y aplicación de humatos de vermicompost con una dilución de 1/60 (v/v). Las variables medidas fueron

índices como la tasa y porcentaje de germinación, tasa y porcentaje de emergencia, variables morfométricas como longitud, biomasa fresca y seca de la radícula longitud, biomasa fresca y seca de la parte aérea para las etapas de germinación y emergencia. Para la etapa de crecimiento vegetativo las variables morfométrica medidas fueron, longitud de la raíz, altura de la planta, biomasa fresca y seca de raíz, tallo, hoja y área foliar, variables fisiológicas como fotosíntesis, transpiración, potencial hídrico, contenido relativo de agua, variables bioquímicas como carbohidratos reductores foliares, contenido de proteína y prolina en raíz y hoja. De los experimentos se infiere que las plantas que no fueron tratadas con sustancias húmicas muestran una tendencia menor en cuanto a la germinación, emergencia y crecimiento; asimismo, se observó que la respuesta de plántulas sometidas a la aplicación de humatos de vermicompost mostraron incrementos significativos en las variables estudiadas. En conclusión, los experimentos en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento vegetativo con aplicación de humatos de vermicompost tienen efectos bioestimulantes sobre la germinación, emergencia, crecimiento de variedades de albahaca bajo estrés salino, permitiendo que la variedad *Napoletano* mejore su germinación, emergencia y crecimiento y la variedad *Sweet Genovese* incremente su tolerancia a la salinidad a través de indicadores morfométricos y mecanismos bioquímicos y fisiológicos.

Palabras claves: bioestimulante, NaCl, estrés, tolerancia a la salinidad, hierbas aromáticas

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'B. MURILLO AMADOR', with a large, stylized flourish above the text.

Dr. Bernardo Murillo Amador
Director de Tesis

Abstract

The bioestimulants used for vegetable growth are natural substances for the treatment of cultivations and are activators of physiologic functions, allowing for better use of nutrients and they represent an appropriate option in the face of problems of abiotic stress due to salinity. Humic substances applied to cultivated plants have demonstrated that they act as stimulants of the vegetable growth, especially of the root, allowing a bigger exploration and radical activity, which translates into a greater capacity of absorption of water and nutrients; they represent an appropriate option to problems of salinity. At the moment in the commercial market there are different products that contain humic, fulvic or mixtures of both. Research has been carried out investigating the beneficial effects in plant development of these humic bioactivators at different phenological stages in several species of cultivated plants. However, most of these investigations have been carried out, almost in their entirety under ideal conditions and hydroponic conditions in the field. To the date there is little information of their effects under conditions of saline stress.

The present investigation contains studies in comparing stages of plant development such as germination, emergence and initial growth of varieties of basil with low salinity stress in laboratory conditions, growth chamber and greenhouse. To determine the answer in each one of the stages of growth and to select the tolerant and sensitive varieties to the mediating salinity the calculation of the index of tolerance for each one of the variable morfométricas, the diverse varieties were exposed to saline stress by means of the addition of 0, 50 and 100 mm of NaCl and they were used as comparative approaches the mensuration of variables as indexes:

germination percentage, emergence percentage, morphometrics: length, fresh and dry biomass of the radicle, fresh and dry biomass of the aerial part, index of relative tolerance to the salinity for the germination stages and emergence. For the initial growth stage the measured variables measured were length of the root, height of the plant, fresh and dry biomass of root, shaft, leaf and area to foliate, index of relative tolerance to the salinity. The results obtained in the germination stages and emergency show that as much the rate as the germination percentage and emergency were affected by the salinity and production of biomass of the evaluated varieties as they face increased in the mean concentration of NaCl during cultivation. Also, it was found that a genetic great variability exists among varieties to tolerate the salinity during these stages and because many species respond differentially to the saline stress. When the varieties were evaluated under controlled conditions and in saline high concentrations in their initial stage of the growth, it was found that the variables: plant height, area to foliate, fresh and dry biomass of root, shaft and leaf, longitude of the root, diminished with salinity. Through the analysis of hierarchical conglomerate and of complete binding on the base of the euclidean distance, the varieties met in five groups according to the indexes of tolerance measured in the germination stage, in three groups on the base of the indexes measured at emergence and in two groups in the stage of initial growth, indicating the existence of genetic variability in the evaluated varieties, standing out for the three stages, the variety *Napoletano* being the most tolerant and *Sweet Genovese* the most sensitive to the salinity. In conclusion, the experiments in germination stages, emergence and initial growth, allowed to sift through the related varieties in order to select varieties of germoplasma as likely source in a simple and quick way. However, with the

evaluation of this genetic material carried out in more advanced stages of the growth, it was possible to select and to classify varieties with characteristic morfo-physiologic desirable to tolerate salinity that you/they can be manifested by means of genetic improvement for the cultivares obtaining with a bigger grade of tolerance to the saline stress.

Once selected the varieties *Napoletano* and *Sweet Genovese*, as tolerant and sensitive to the salinity selected in the previous stages, you proceeded to determine the effect of humates of vermicompost like extenuating of the salinity in the germination, emergency and vegetative growth of plants of two basil varieties, which underwent three concentrations of NaCl (0, 50 100 mm) and application of humates of vermicompost with a dilution of 1/60 (v/v). The variables measures were index as: rate and percentage germination, rate and emergency percentage, morphometrics: length, fresh and dry biomass of the radicle length, fresh and dry biomass of the air part for the germination stages and emergency. For the stage of vegetative growth the variables measures were morphometrics: length of the root, height of the plant, fresh and dry biomass of root, shaft, leaf and area to foliate, physiologic: photosynthesis, perspiration, water relationships: hydric potential, relative content of water, biochemical: carbohydrates, protein content and proline in root and leaf. Of the experiments it is inferred that the plants that were not treated with humic substances show a smaller tendency for germination, emergence and growth, also, it was observed that the response of plantlets to the application of humic vermicompost showed significant increments in the studied variables. In conclusion, the experiments in the germination stages, emergence and vegetative growth with application of humic vermicompost have effects bioestimulantes on the germination, emergency, growth

and variable morfométricas of basil varieties lower saline stress, allowing that the variety *Napoletano* improves its germination, emergency and growth and the variety *Sweet Genovese* it increases its tolerance to the salinity through morphometric, biochemical and physiologic mechanisms.

Key words: bioestimulant, NaCl, stress, tolerance to the salinity, aromatics

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales estrés abiótico a los que se enfrenta la agricultura en prácticamente todo el mundo es la salinidad del suelo (Chen *et al.*, 2008). En las regiones áridas y semiáridas se considera como el principal factor limitante de la productividad vegetal (Tester y Davemport, 2003) debido fundamentalmente a que afecta a casi todas las funciones de la planta (Hoque *et al.*, 2008). Aproximadamente 800 millones de hectáreas de la superficie terrestre está afectada por suelos salinos (FAO, 2010). La salinidad afecta el crecimiento vegetal y el desarrollo reproductivo y asimismo puede reducir el número de flores, incrementar la esterilidad, alterar la duración de la floración y la maduración (Munns y Rawson, 1999). El porcentaje de salinidad aumenta a una tasa media de 0.5% anual, debido fundamentalmente a bajas precipitaciones, alta superficie de evaporación, irrigación con aguas salinas y por las prácticas tradicionales que favorecen el incremento de la concentración de sales en el suelo (Royo y Abió, 2003). Una solución parcial a estos problemas es la implantación de cultivos y variedades tolerantes a la salinidad, por lo que conocer la tolerancia de diferentes genotipos y variedades tolerantes de los diferentes cultivos como la albahaca, ofrece alternativas a productores agrícolas (González y Ramírez, 2002; Mesa, 2003). En la política de recuperación y manejo de los suelos salinos, el uso de especies y variedades tolerantes al estrés, se considera de primordial importancia y recibe atención especial por diferentes investigadores (González *et al.*, 2000 a,b). En este sentido, diversos autores sostienen que maximizar la tolerancia a la salinidad en especies cultivables es un elemento importante en los sistemas integrados de cultivo en áreas afectadas y que a pesar de que esta temática ha sido objeto de múltiples investigaciones, particularmente en los últimos 30 años, no se cumplen todas las expectativas (Gómez-Cadena, 2001; Amor *et al.*, 2001; Acevedo, 2003; González *et al.*, 2005). Por lo anterior, se han buscado alternativas más inmediatas en la solución del problema de salinidad en suelo, tal es el caso de la aplicación exógena de bioestimulantes del crecimiento vegetal (Stark, 1992). Los bioestimulantes son sustancias con características interna o externa que provoca cambios cualitativos y cuantitativos en las plantas y su principal efecto se centra en la estimulación del

crecimiento de las plantas permitiendo su desarrollo óptimo y logrando así mejores producciones agrícolas. Dentro de estas se encuentran las sustancias húmicas que de acuerdo con lo realizado por Ramos (2000) influyen en la resistencia a la salinidad en plantas de tomate sobre un sustrato inerte. De acuerdo con lo realizado por Aydin *et al.* (2012) influyen en la resistencia a la salinidad en plantas de frijol. Por otro lado, Calderín *et al.* (2012) comprobó que distintas dosis de humatos de vermicompost ocasionaron un efecto marcado sobre la planta en condiciones de estrés por sales. En las últimas dos décadas son muchos los bioestimulantes que se han utilizado en la agricultura mundial, han permitido minimizar el uso de fertilizantes minerales convencionales, superar las situaciones de estrés de las plantas a las condiciones adversas del medio ambiente, favorecer el crecimiento y desarrollo vegetal e incrementar el rendimiento agrícola (Velazco y Fernández, 2002; Montano, 2007; Ruiz *et al.*, 2007).

Una de estas alternativas es la aplicación foliar del extracto líquido de humatos de vermicompost derivado del estiércol vacuno, el cual se ha ensayado en numerosos cultivos y favorece el crecimiento de raíces, tallos y superficie foliar (Garcés *et al.*, 2004). Los extractos acuosos de sustancias húmicas constituyen una de las alternativas dentro del grupo de productos empleados en la agricultura sustentable, fundamentalmente aquellas que se obtienen a partir de fuentes orgánicas de carácter reciclables como los compost y vermicompost, dado sus efectos estimulantes conocidos como “like-auxine” análogos a las fitohormonas presentes en las plantas (Muscolo *et al.*, 2007a). Los efectos de las sustancias húmicas en el crecimiento vegetal, señalan la influencia positiva en el transporte de iones, facilitando la absorción y permeabilidad de las membranas; la acción directa sobre procesos metabólicos como fotosíntesis, respiración y síntesis de proteínas mediante el aumento o disminución de la actividad de diversas enzimas y la actividad semejante a la hormonal de estas sustancias, que se reflejan en indicadores del crecimiento y bioquímico-fisiológicos (Muscolo *et al.*, 2007b; Machado *et al.*, 2009).

La aplicación de sustancias húmicas permite reducir las dosis de varios agroquímicos en diferentes cultivos, al incrementar la eficiencia de su asimilación,

transporte y metabolismo, además de ejercer un efecto favorable sobre la toma y contenido de nutrientes (Beltrán *et al.*, 2004). Por otra parte, la adición de sustancias húmicas tienen efectos inhibidores sobre algunos elementos como el cloro, por lo que puede contrarrestar los síntomas de salinidad (González y Fernández, 2004). Este producto como otros equivalentes, han evidenciado efectos favorables en diferentes cultivos, pero la literatura científica no recoge información acerca de su aplicación en plantas aromáticas en estrés abiótico. Bajo este contexto, se hacen necesarios estudios que permitan conocer el efecto de los humatos de compost en plantas de interés económico que se enfrentan a condiciones de estrés salino, mediante el análisis de su ecofisiología y su crecimiento.

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una especie de planta que se cultiva en España, Italia, Francia, Egipto y México por sus cualidades medicinales, aromáticas, ornamentales y melíferas. Su esencia se utiliza en la industria de perfumería y cosméticos y como aromatizante de vinagres, vegetales en conserva y mostazas (Cheping, 1993). El género *Ocimum* comprende más de 30 especies distribuidas en varios continentes como América del Norte, Central y del Sur, Asia y África, donde la especie aporta la mayor cantidad de aceites esenciales, con una producción mundial de 42.5 t año⁻¹ (Ramírez *et al.*, 2001). Sus propiedades aromáticas están determinadas por la presencia de aceites esenciales con principios volátiles, resultantes del metabolismo secundario que caracteriza a estas especies (Lorduy y Mache, 1991). Baja California Sur es el principal productor de albahaca orgánica en el mundo y enfrenta el problema de suelos salinos, por lo que la presente investigación pretende generar conocimiento acerca del mejoramiento de esta especie, utilizando el uso de productos naturales como lo son los humatos de vermicompost, que son económicos y que permiten una alternativa al productor. Por otro lado, contribuir a la diversificación del cultivo determinando aquellas variedades cuya respuesta con la aplicación de los humatos puedan mejorar su crecimiento y desarrollo.

2. ANTECEDENTES

2.1 Problemática de la salinidad en la agricultura

El planeta tierra, sin lugar a dudas, tiene un sabor salado, el agua salada, esto es, con una concentración de aproximadamente 30 g NaCl L^{-1} , ocupa un 71 % de la superficie de la tierra (Flowers, 2004; Del Amor *et al.*, 2001). Por otro lado, más de 800 millones de hectáreas del planeta están afectadas por la salinidad, es decir, son suelos salinos o ricos en sodio (Munns, 2005; Munns y Tester, 2008), lo que representa casi un 10 % de la superficie terrestre total (Pessarakli, 1994; Shabala y Cuin, 2007). La salinidad es muy frecuente en regiones áridas y semiáridas, que constituyen aproximadamente la mitad de la superficie terrestre (Flowers, 2004), aunque prácticamente en todas las regiones climáticas y en una amplia gama de altitudes se han encontrado suelos afectados por la salinidad (Hu y Schimdhalter, 2005). La mayoría de las áreas afectadas por la salinidad han surgido por causas naturales. La llamada salinidad natural o primaria es el resultado de la acumulación de sales solubles en suelos o aguas subterráneas durante largos periodos geológicos, principalmente asociada al desgaste de rocas antiguas que liberan estas sales. Existen varios tipos, aunque fundamentalmente se trata de cloruros de sodio (la sal más soluble), calcio y magnesio y en menor medida, sulfatos y carbonatos de sodio, calcio y magnesio (Szabolcs, 1994; Gough y Hobson, 1990). La salinidad natural también es provocada por la deposición de sales oceánicas transportadas por el viento y la lluvia (Munns y Tester, 2008). Además de la salinidad natural, existe otro tipo de salinidad, denominada secundaria, provocada por la actividad humana. Los problemas de salinización secundaria se deben a un mal uso de las aguas para riego (uso de agua en exceso, sistemas de riego poco eficientes, sistemas de distribución defectuosos, drenaje restringido, uso de aguas de mala calidad o malas prácticas de riego), que conduce a un incremento paulatino de la salinidad del suelo (Rhoades y Loveday, 2004). Se estima que aproximadamente un tercio de la superficie irrigada está afectada por la salinidad (Flowers, 2004; Shabala y Cuin, 2007). Esta salinización secundaria podría conducir a una degradación progresiva del suelo que quedaría inutilizado para la agricultura.

Este proceso produce cada año el deterioro de aproximadamente 2 millones de ha (1 % del suelo agrícola a escala mundial) (Tuteja, 2008). Además de la irrigación, otras actividades humanas que conducen a la salinización secundaria son el exceso de pastoreo, la deforestación de áreas semihúmedas o semiáridas, la contaminación con sustancias químicas y el mal uso de los fertilizantes (Fenech, 2003).

El crecimiento de la población humana, que se espera que alcance 9,300 millones de habitantes en 2050, hace necesario un incremento de la producción global de alimentos en torno al 50 % en los próximos 40 años para asegurar la alimentación (Flowers, 2004). Ello implicaría no solo sobre explotar las tierras ya cultivadas, sino buscar nuevas áreas donde llevar a cabo la actividad agrícola, teniendo que dirigir los esfuerzos hacia las zonas áridas y semiáridas en las que es frecuente una alta salinidad de los suelos y en las que los factores climáticos (insolación intensa, altas temperaturas, baja pluviosidad) determinan la necesidad de irrigación (Fenech, 2003).

La gravedad de la problemática de la salinidad en agricultura se constata en el hecho de que de los actuales 230 millones de hectáreas de terreno sometido a irrigación, 45 millones (20 %) están afectados por la salinidad (Flowers, 2004). Aunque la superficie irrigada constituye sólo el 15 % del total de la superficie cultivada, su productividad es al menos dos veces superior a la del suelo cultivable que sólo recibe el agua de la lluvia, lo que explica que las explotaciones agrícolas sometidas a irrigación produzcan 1/3 del alimento mundial (Munns y Tester, 2008). Cuba, que tiene una superficie agrícola de alrededor de 7.08 millones de hectáreas, presenta cerca de un millón de ellas afectadas por la salinidad y 1.5 millones ya tienen problemas potenciales de salinización (González, 2002). En las provincias orientales, el 55% de los suelos agrícolas son catalogados como salinizados (González *et al.*, 2005). Por otro lado, las regiones áridas y semiáridas de México representan alrededor del 40% de su extensión territorial, concentrándose la mayor parte en el norte y noroeste del país (INEGI, 2011). De acuerdo con Madrigal *et al.* (1996) entre 1.8 y 4.0 millones de hectáreas de los 12 millones de hectáreas de riego en México, presentan altas concentraciones de sales que reducen el

rendimiento de los cultivos. El Estado de Baja California Sur situado en el noroeste de México constituye en su mayor extensión territorial regiones áridas (INEGI, 2011).

2.2 Sensibilidad de las plantas a la salinidad

La salinidad de los suelos es causada principalmente por el NaCl, aunque también puede deberse a la presencia de cantidades considerables de otras sales como Na₂SO₄, CaSO₄, MgCl₂ y Na₂CO₃ (Zhu, 2002). La toxicidad de cada ion varía según la planta, el Cl es el componente tóxico para cítricos y soya mientras que el Na resulta más tóxico para la mayoría de las plantas cultivadas (Munns y Tester, 2008). El crecimiento de las plantas se afecta negativamente cuando la concentración de sales alcanza un valor umbral, a partir del cual, dicho efecto puede variar dentro de un amplio rango, en función de la capacidad genética de las especies, estadio de desarrollo, interacciones ambientales y tipo de ion (Foolad, 2007).

2.2.1 Efecto de la salinidad sobre el crecimiento de las plantas

El efecto de la salinidad sobre el crecimiento de las plantas se debe a la combinación de varios efectos (Greenway y Munns, 1980; Hasegawa *et al.*, 2000; Zhu, 2002).

- a) El estrés hídrico causado por un potencial hídrico bajo del medio que rodea a la raíz (estrés hiperosmótico), que provoca una pérdida de la turgencia.
- b) La toxicidad iónica específica asociada normalmente a la excesiva absorción de iones Na y Cl.
- c) La perturbación de la nutrición mineral causada por el exceso de Na o Cl, que conduce a una menor absorción o a una alteración de la distribución de iones esenciales como el K, Ca, nitrato o fosfato.
- d) El estrés oxidativo secundario debido a la generación de especies de oxígeno reactivas (ROS).

Dichos efectos negativos dan lugar, en plantas más o menos sensibles, a una amplia variedad de respuestas tales como la reducción de la turgencia, inhibición de las funciones de membrana, determinadas actividades enzimáticas, producción de

radicales libres, disminución de la fotosíntesis, inducción de deficiencias iónicas o la interferencia del Cl con los sitios aniónicos implicados en el ligamiento de ARN y de metabolitos aniónicos como bicarbonatos, carboxilatos y azúcares fosfatos. Por otro lado, el Na puede interferir con los sitios catiónicos implicados en el ligamiento de K, Ca y Mg. La consecuencia de tales efectos es la reducción del crecimiento, que en caso de extrema severidad del estrés, puede llevar a la muerte de la planta. Diferentes autores han recopilado esta multitud de manifestaciones fisiológicas, bioquímicas y moleculares en plantas cultivadas en condiciones salinas (Greenway y Munns, 1980; Shannon *et al.*, 1994; Serrano y Gaxiola, 1994; Serrano, 1996; Serrano *et al.*, 1999; Hasegawa *et al.*, 2000; Zhu, 2002; Munns, 2002, 2005; Botella *et al.*, 2005; Shabala y Cuin, 2007; Yeo, 2007; Munns y Tester, 2008; Tuteja, 2008). En tomate (Snapp y Shernnan, 1992), maíz (Cramer *et al.*, 1988) y algodón (Cucci *et al.*, 2000), se ha observado que el crecimiento de la raíz puede resultar igualmente afectado que la parte aérea. Se acepta que el efecto negativo de la salinidad sobre el crecimiento sigue un modelo bifásico (Munns, 1993, 2002 y 2005; Munns y Tester, 2008) consistente en la inhibición en una fase muy temprana, por una reducción del suministro de agua debido a un efecto osmótico inespecífico de las sales, que se continúa en una fase más tardía (días o semanas, dependiendo de la especie), por un efecto iónico específico, a causa de la alta concentración intracelular de iones Na y Cl que provoca daños a nivel celular y acelera la senescencia de las hojas. Aquí, la velocidad de muerte de la hoja es crucial para la supervivencia de la planta, ya que si la velocidad de producción de nuevas hojas es mayor que las que mueren habrá suficiente capacidad de fotosíntesis como para mantener el crecimiento y desarrollo de la planta hasta la producción de flores y frutos, aunque a un número reducido. Si dicha velocidad es menor, la planta no sobrevivirá para producir semillas (Munns, 2005).

Existe una gran controversia acerca de la causa primaria responsable de la disminución del crecimiento de plantas glicófitas por la salinidad en esta primera fase osmótica. Algunos autores han sugerido que este efecto rápido tiene lugar primariamente en la raíz (Neumann *et al.*, 1988; Munns, 1993; Oliva, 1998). El crecimiento de la parte aérea estaría regulado por el estatus hídrico de la raíz,

mediado por señales químicas como el ácido abscísico y citoquininas inducidas por el efecto osmótico del estrés salino (Davies y Zhang, 1991), aunque también se ha postulado que estas señales son de naturaleza hidráulica (Knap, 2004). En contraste con el concepto de la raíz como sensor primario del estrés salino, otros autores han mostrado en maíz una inhibición de la elongación de las hojas, independientemente de la raíz (Cramer y Bowman, 1991). Dicho efecto inhibitorio sobre la parte aérea, se localiza en los tejidos en crecimiento y no en las hojas maduras, merced a una disminución de la turgencia, derivado del déficit hídrico causado por el componente osmótico del estrés (Thiel *et al.*, 1988; Cramer y Bowman, 1991). Como alternativa, se propone como causa primaria una alteración en la nutrición de las células del meristemo apical de la parte aérea (Lazof y Läuchli, 1991).

Algunos autores indican que la salinidad podría afectar el crecimiento de las plantas al disminuir la cantidad de fotosintatos que llegan a la zona de crecimiento, vía reducción de la fotosíntesis por unidad de área de hoja, o de su transporte por el floema (Greenway y Munns, 1980). Sin embargo, se ha demostrado que la inhibición del crecimiento en condiciones salinas es mayor que la inducida sobre la capacidad fotosintética por unidad de área de hoja, lo que indica que la acción sobre la fotosíntesis no es la causa primaria (Cheeseman, 1988). En tomate se observó que la fase osmótica del estrés salino promueve la senescencia de la hoja previo a la acumulación masiva tóxica de Na debido a cambios hormonales, como la acumulación de ABA, disminución de IAA y una fuerte reducción de citoquininas, siendo el precursor de etileno, ACC, la señal más importante que se correlaciona con el momento del daño oxidativo, que precede a dicha acumulación masiva de Na (Ghanem *et al.*, 2008; Albacete *et al.*, 2009). Otro de los efectos primarios del estrés salino sobre el crecimiento se atribuye a un daño en las membranas celulares ejercido por el componente iónico del estrés, como resultado de una alteración de la estructura y funcionalidad de las mismas, a través de cambios inducidos en sus componentes lipídicos y/o proteicos (Brown y Dupont, 1989; Belver y Travis, 1990; Hurkman, 1992; Rodriguez- Rosales *et al.*, 1999). Este daño en las membranas explicaría la alteración en procesos tales como fotosíntesis, respiración y absorción

y transporte de nutrientes minerales (Läuchli y Epstein, 1990). Se ha postulado que una acción tóxica rápida del estrés salino sobre las membranas podría provenir del desplazamiento por el Na de los iones Ca asociados a la membrana plasmática y otros sistemas endomembranarios (Lynch y Läuchli, 1988; Lynch *et al.*, 1989). Ello tendría como consecuencia una alteración de la homeostasis del Ca intracelular y constituiría la respuesta primaria de las células de las raíces al estrés salino, lo que explicaría la gama de alteraciones observadas en respuesta a la sal (Läuchli y Epstein, 1990; Rengel, 1992). Asimismo, dicho efecto explicaría la protección del Ca de los efectos adversos de la salinidad sobre las plantas (Läuchli y Epstein, 1990).

El papel relevante del Ca en la tolerancia a la salinidad es explicable por su acción inhibitoria sobre los canales de cationes no selectivos (NSCC) que previene la entrada de Na en la planta (Demidchik y Tester, 2002; Tester y Davenport, 2003), sobre el flujo de K inducido por Na, a través de los canales conocidos como KORC (*K outward-rectifying channel*), que previene la pérdida de K (Shabala *et al.*, 2006), así como en el contexto de su función como segundo mensajero celular. La evidencia acumulada indica que el estrés salino es percibido por la planta por un sensor de naturaleza desconocida, que dispara el incremento de la concentración de Ca citosólico, activando una cascada de reacciones de fosforilación/desfosforilación que implicaría a diferentes proteínas quinasas y fosfatasas dependiente de este ion. Esta respuesta a su vez, regularía una batería de proteínas implicadas en la tolerancia a la sal de manera que una persistencia del estrés que llegara a superar los mecanismos homeostáticos de defensa, ocasionaría todos los efectos negativos asociados a la salinidad (Vinocur y Altman, 2005; Mahajan *et al.*, 2008). Cualquiera que sea la causa primaria implicada en este estrés abiótico, la disminución del crecimiento en condiciones salinas parece tener connotaciones adaptativas, puesto que parte de la energía usada normalmente en el crecimiento y desarrollo, se desvía hacia procesos de mantenimiento de los mecanismos involucrados en la tolerancia al estrés, tales como la regulación de las concentraciones intracelulares de iones, síntesis de solutos orgánicos compatibles y el mantenimiento de la integridad de las membranas (Hasegawa *et al.*, 2000; Yeo, 2007).

2.3 Tolerancia de las plantas a la salinidad

Las plantas pueden adoptar dos tipos de respuestas adaptativas frente a la salinidad, por un lado, las que se engloban en un mecanismo de evitación, mediante el desarrollo de funciones y estructuras celulares que protegen de dichas condiciones. Por otro lado, un mecanismo de tolerancia mediante el cual las células adaptan sus funciones para que puedan operar con altas concentraciones intracelulares de sales, con frecuencia, en las plantas se dan simultáneamente estos dos tipos de respuesta (Greenway y Munns, 1980). De hecho, ambas denominaciones suelen confundirse con el nombre genérico de mecanismos de tolerancia. La homeostasis iónica a nivel de planta completa requiere una coordinación precisa entre los mecanismos celulares y los que operan a nivel intercelular, en tejidos y órganos. A nivel celular, los mecanismos de tolerancia a la salinidad descansan sobre varios aspectos interrelacionados, ya referidos anteriormente (Shannon *et al.*, 1994; Serrano, 1996; Tester y Davenport, 2003; Vinocur y Altman, 2005; Munns, 2005):

- a) El mantenimiento del equilibrio osmótico en relación con el tonoplasto y con el medio externo, requiere la síntesis en el citoplasma de solutos orgánicos compatibles (prolina, sacarosa, azúcares, etc.).
- b) El mantenimiento de la homeostasis iónica, es decir, el control de la absorción de iones a nivel del plasmalema y su compartimentación intracelular (vacuolas), de manera que se mantengan las concentraciones de iones en el citoplasma dentro de un rango de 100 a 200 mM de K, 1 a 30 mM Na y Cl y 100 a 200 mM Ca requiriéndose una alta selectividad para el K sobre el Na, del Mg sobre el Ca y del fosfato sobre el cloro o el nitrato.
- c) La capacidad de reparación del daño de secuestrar ROS y de proteger estructuras celulares sensibles mediante el incremento de la síntesis de proteínas con función antioxidante y chaperona.
- d) Apropiado y coordinado sistema de transducción de la señal de estrés, en la que una serie de moléculas (segundos mensajeros) deben regular bien la vía metabólica, a las proteínas efectoras implicadas en el transporte iónico, mantenimiento de la turgencia o la detoxificación de ROS, o bien a través de la

expresión de los genes que las codifican (Chinnusamy *et al.*, 2005; Vinocur y Altman, 2005). A nivel de organismo, las plantas han desarrollado un amplio rango de cambios anatómicos y fisiológicos para el control del transporte de iones y agua y su distribución a nivel de tejidos y del organismo entero. De acuerdo con el modelo conceptual de transporte de agua y solutos a nivel de raíz (De Boer y Volkov, 2003) la absorción de iones y agua en este órgano tiene lugar primariamente en el plasmalema de las células epidérmicas y corticales de la raíz. Posteriormente, son transportados, vía simplasto, a través de los plasmodesmos de células adyacentes, hasta las células de la estela, siendo finalmente liberados a los vasos del xilema, vía apoplasto, a través del plasmalema de las células de la estela o, directamente desde las células parenquimáticas del xilema. La ruta apoplástica, otra vía de entrada de agua e iones, está formada por el entramado de las paredes celulares de las células de la raíz. Esta ruta, de difusión pasiva, y por tanto no selectiva, puede interrumpirse a partir de la zona de diferenciación de la raíz, por la presencia de zonas suberificadas en las paredes de las células de la endodermis (banda de Caspary) restringiendo el paso de iones y agua, forzando la entrada al simplasto de la estela a través del plasmalema de estas células (Pizzeghello *et al.*, 2000). En el contexto de la planta entera, la toxicidad del Na se ha asociado con su grado de acumulación en la parte aérea (hojas) en plantas glicófitas, por lo que han desarrollado una estrategia de exclusión de iones a nivel de la raíz (Tester y Davenport, 2003; Yeo, 2007). La capacidad de exclusión de Na viene dada por el control del flujo neto de absorción de Na, que resulta del balance entre el flujo unidireccional de entrada y el eflujo de salida al medio, así como del control de su translocación a la parte aérea, resultado de su deposición en las vacuolas de las raíces o en las células proximales del tallo evitando su acumulación en las hojas (Apse y Blumwald, 2007). A nivel radicular, los mecanismos que controlan la absorción selectiva de iones y su compartimentación intracelular gobiernan la tolerancia relativa a la salinidad (Cheeseman, 1988, Niu *et al.*, 1995; Tester y Davenport, 2003). La absorción por las raíces de grandes cantidades de iones Na y Cl provoca la alteración de la absorción y, por tanto, del contenido de otros iones, particularmente K y Ca (Tester y Davenport, 2003) resultando de especial

importancia en la tolerancia a la sal, el mantenimiento de la selectividad entre el K y el Na en el citoplasma (Greenway y Munns, 1980; Shannon *et al.*, 1994; Mathuis y Atmann, 1999). El control de la selectividad K/Na parece establecerse a nivel del plasmalema y del tonoplasto de las células epidérmicas y corticales de la raíz, que son las que controlan la absorción selectiva de iones y su compartimentación celular (Munns, 2002). Otro punto de control de la selectividad K/Na se establece a nivel del plasmalema de las células parenquimáticas del xilema, responsable de la carga activa de iones en el xilema, y por tanto, de la concentración relativa de iones que llega a la parte aérea por la corriente xilemática (Munns, 2002). En muchas especies glicófitas, con índices altos de K/Na en parte aérea, la liberación preferente de K en el xilema o la reabsorción de Na de la savia xilemática, conduce a una mejora en la selectividad K/Na. Concretamente, en legumbres, existe un mecanismo de exclusión de Na de la parte aérea basado en el intercambio Na/K en las células parenquimáticas del xilema, con apariencia de células de transferencia, a nivel de las partes proximales del tallo y de la raíz (Läuchli y Epstein, 1990). Este mecanismo de exclusión de Na de las hojas confiere tolerancia a una salinidad de intensidad y duración moderada, ya que las capacidades de almacenamiento de estas células son rápidamente saturadas (Läuchli y Epstein, 1990).

A nivel foliar, los mecanismos de respuesta al estrés salino son también complejos y, probablemente, presentan una mayor variación entre especies. De igual forma que en la raíz, los mecanismos de transporte a través del plasmalema y tonoplasto de las células de la hoja son los responsables últimos de la distribución de solutos a nivel intracelular y de tejido (Niu *et al.*, 1995). Para evitar la acumulación excesiva de sales en tejidos fotosintéticos, algunas plantas acumulan diferencialmente el NaCl en determinadas zonas de la hoja, o en hojas maduras o lo recirculan en dirección a las raíces (Jeschke, 1984; Tester y Davenport, 2003).

2.4 Los bioestimulantes del crecimiento vegetal como alternativa de fertilización en la agricultura contemporánea

La escasez de fertilizantes minerales en México y Cuba, así como su costo elevado en el mercado mundial, obliga a buscar alternativas biotecnológicas que puedan

suplir las necesidades de nutrientes que presentan la mayoría de los cultivos de interés agroeconómico (Medina, 2004). Las ciencias agronómicas disponen de alternativas que hacen a los fertilizantes químicos menos imprescindibles para la fertilización de los cultivos. Dentro de las alternativas está el uso de bioproductos para la nutrición de las plantas y ha ido en ascenso en la medida que estos demuestran que son capaces de minimizar el uso de estos químicos; todo lo cual resulta de gran valor en la actualidad, en que se van trazando pautas para modificar la llamada agricultura moderna por aquella que propugna la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social (Terry y Leyva, 2006). En la práctica agrícola se ha comprobado el efecto agro biológico y agroecológico producido por los bioestimulantes y del crecimiento vegetal sobre diferentes cultivos de importancia agrícola, lográndose incrementos de los rendimientos en calidad y cantidad, así como una mayor resistencia de las plantas a condiciones adversas del medio (Besú y Ruisanchez, 2005; Medina, 2004). Se ha comprobado científicamente que con el empleo de estos productos biológicos o químicos, se abarata la producción agropecuaria, se reducen los riesgos de contaminación ambiental, se mejoran las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos y por consiguiente su nivel de fertilidad y sanidad y finalmente se incrementan los rendimientos de los cultivos en calidad y cantidad (Biasutti y Galiñares, 2005; Terry y Leyva, 2006). Numerosos productos naturales se han empleado para potenciar el manejo ecológico de los agroecosistemas, entre los que se encuentran los bioestimulantes, productos que permiten a las plantas superar las condiciones de estrés, mejorar el crecimiento y desarrollo, incrementar los rendimientos, mejorar la sanidad (Cussianovich, 2001). Se ha comprobado en investigaciones realizadas en Cuba en cultivos como acelga, pepino, tomate, maíz, frijol negro, soya, cebolla, pimientos (Díaz *et al.*, 2002; Huelva *et al.*, 2004; Caro, 2004; Arteaga, 2003) que cuando estas sustancias se aplican a diferentes cultivos, son capaces de aumentar los rendimientos en cantidad y calidad, mejorar la resistencia al frío, reducir los daños por aplicación de productos tóxicos y mejorar la tolerancia a la salinidad (Montano, 2007; Ruiz *et al.*, 2007). De hecho, la utilización de los productos que ejercen

funciones bioestimulantes de crecimiento, constituyen a la vez la base de la fertilidad del suelo y su papel capital presenta un triple aspecto, físico, químico y biótico (Noriega, 1998). La fertilización orgánica, los bioestimulantes, al igual que el uso de diferentes medidas de conservación del suelo, contribuyen a contrarrestar el efecto del deterioro de la calidad de vida del hombre y los animales, producida por la utilización de quimio-productos como fertilizantes minerales y plaguicidas, que dañan tanto al suelo que es la principal fuente de vida de los seres vivos y plantas que están sobre él; las plantas y en especial las hortalizas de frutos son más proclives al recibir estos efectos negativos y directamente son recibidos por el hombre que es el que la consume en mayor cantidad (Medina, 2004; Montano, 2007).

Los bioestimulantes del crecimiento vegetal son sustancias naturales para el tratamiento de los cultivos como activadores de las funciones fisiológicas por lo que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes. Entre estos productos se encuentran algunos químicamente bien definidos (muchos de ellos obtenidos artificialmente mediante síntesis químicas) tales como, aminoácidos, polisacáridos, pépticos y otros más indefinidos y complejos en cuanto a su composición química como pueden ser los extractos de algas, ácidos húmicos y otros (Montano, 2006; López, 2007). Se han realizado investigaciones que dan cuenta de los efectos benéficos para el desarrollo de las plantas de los bioestimulantes en cada una de las etapas fenológicas y en varias especies de plantas cultivadas. Sin embargo, dichas investigaciones se han realizado, casi en su totalidad, en condiciones hidropónicas ideales y muy escasas en condiciones de campo, sin encontrarse a la fecha, referencias de sus efectos en condiciones de estrés salino.

2.5 Características de las sustancias húmicas

El humus se define como la materia orgánica del suelo, en un estado altamente soluble o menos avanzado de la estabilización, que no se encuentra de una forma definida, sino en una serie de productos intermedios de transformación, hasta que parte de sus componentes llegan a mineralizarse con la acción del agua, oxígeno y

principalmente de los microorganismos del suelo (Bellapart, 1996; Bollo, 1999). Son polímeros de naturaleza orgánica, semejante a la lignina (Atlántica Agrícola, 2002). Su color es pardo-negruzco, los colores pardo oscuro a negros son característicos de aquellas sustancias húmicas de peso molecular alto, en cambio las fracciones de peso moleculares bajos poseen colores pardo claro a amarillentos. Poseen un peso molecular relativamente elevado; se trata de verdaderos macroelementos (Swift, 1999; Capaldi y Aggeler, 2002). En estados naturales, los ácidos húmicos y fúlvicos están íntimamente ligados a arcillas (Guerrero, 1999). La relación ácidos húmicos/ácidos fúlvicos del humus de lombriz es de 1.4 a 2.0 (Bollo, 1999) las sustancias tienen carácter ácido, debido a la presencia de grupos carboxilo funcionales y fenólicos; siendo mayor la acidez en ácidos fúlvicos. La capacidad de intercambio catiónico de las sustancias húmicas, provenientes del humus de lombriz es de 1500-3000 mg kg⁻¹ (Bollo, 1999). Estas sustancias son muy sensibles a la oxidación, produciéndose grandes cantidades de CO₂, H₂O, ácido acético, ácido oxálico, etc., durante su descomposición (Clapp *et al.*, 2001).

2.5.1 Papel de las sustancias húmicas y el humus en la fisiología de las plantas y del suelo

Los ácidos húmicos y fúlvicos ejercen una serie de mejoras físicas, químicas y biológicas en los suelos, que conducen finalmente a un incremento en la productividad y fertilidad (Taylor *et al.*, 2004). Favorece la formación de agregados estables, actuando conjuntamente con arcillas y humus; mejora la estructura del suelo (Bollo, 1999). De esta manera da cohesión a suelos arenosos y ésta disminuye en un suelo arcillosos (Bellapart, 1996), dan un color al suelo, lo que provoca un aumento de su temperatura, aumenta la capacidad de retención en el suelo, mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, evitando la erosión producido por el escurrimiento superficial (Bellapart, 1996). Las sustancias húmicas elevan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos, al unirse con las arcillas para formar el complejo arcilloso-húmico. Forma complejo fosfo-húmicos, manteniendo el fósforo en un estado asimilable por la planta (Frías *et al.*, 1996; Guerrero, 1999). Su acción contribuye a disminuir los riesgos carenciales y

favorecen la disponibilidad de algunos micronutrientes para las plantas (Bollo, 1999), es una fuente de carbono que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales, lo que facilita su absorción por parte de la planta, aporta minerales en bajas cantidades. Además el humus es una importante fuente de hidratos de carbono para los microorganismos del suelo y favorece el desarrollo normal de cadenas trópicas en el suelo (Guerrero, 1999; Bellapart, 1996; Bollo, 1999).

Los ácidos húmicos estimulan el desarrollo de raíces y tallos (Hartwigsen y Evans, 2000), este fenómeno se ha observado en trigo en condiciones anaerobias, en tabaco y en maíz (Swift, 1999). El tratamiento de semillas y sustratos con ácidos húmicos promueve el desarrollo de la radícula (Hu y Schimdhalter, 2005). Mejora la absorción de nitrógeno (Cooper, 1998), podría ayudar a eliminar problemas de clorosis. El efecto sobre la planta puede ser muy significativo sobre el follaje, cobra apariencia característica; las hojas adquieren el brillo típico; las flores desarrollan en sus colores tonos profundos; los diminutos caracteres morfológicos de la planta en conjunto se hacen más agudos y más claros. El desarrollo de la raíces activas muestran no solamente turgencia, sino también un estado floreciente (Machowiak y Bugbee, 2001).

2.5.2 Efecto de las sustancias húmicas sobre el suelo

Aporte de nutrientes (N, P, S, etc.) a las raíces (Varanini y Pinton, 1995). Mejora la estructura del suelo incidiendo, de ese modo, en la relación agua-aire en la rizósfera (Piccolo y Mbagwu, 1997). Incremento de la actividad microbiana (Ocio y Brookes, 1990). Aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y de la capacidad tampón-pH del suelo (Barón *et al.*, 1995). Formación de complejos estables con Cu, Mn, Zn y otros cationes polivalentes y aumento así de la disponibilidad de micronutrientes para las plantas (Albuzio *et al.*, 1994). Aporte de sustancias húmicas que actúan como transportadoras de nutrientes (Varanini y Pinton, 1995). Oscurecimiento del suelo, de manera que se facilita su calentamiento (Gallardo, 1980), efecto importante en zonas frías y templadas. A través de su combinación con plaguicidas puede afectar a su bioactividad, persistencia y biodegradabilidad (Hunchak-Kariouk y Suffet, 1994; Deschauer *et al.*, 1994; Carlsen *et al.*, 1994).

2.5.3 Efecto de las sustancias húmicas en las plantas

La sensibilidad de las distintas especies de plantas a la acción de las sustancias húmicas, es un factor que numerosos autores catalogan como responsable de los efectos de este tipo de sustancias sobre la raíz y la parte aérea de las plantas (Vaughan y Malcolm, 1985; Van de Venter *et al.*, 1991). El crecimiento y desarrollo de las plantas es la última expresión de una serie de procesos fisiológicos y bioquímicos interrelacionados entre sí. Los efectos benéficos de las sustancias húmicas sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos han sido extensamente estudiados. Se ha observado un incremento en indicadores morfométricos incluyendo la longitud de tallos y raíces, diámetro del tallo, número de raíces laterales, biomasa fresca y seca de raíces y hojas, número de hojas, flores y frutos, tamaño de los frutos, rendimientos de cosechas, etc. (Huelva *et al.*, 2004; Nardi *et al.*, 2002; Canellas *et al.*, 2002; Arteaga, 2004; Caro, 2004 y Zandonadi, 2005).

Los efectos de dichas sustancias sobre los procesos de crecimiento y desarrollo según Nardi *et al.* (2002) pueden resumirse como el resultado de:

- a) La influencia positiva sobre el transporte de iones, lo cual facilita la absorción.
- b) El aumento de la respiración y de la velocidad de las reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs, que resulta en una mayor producción de ATP.
- c) El aumento del contenido de clorofila.
- d) El aumento de la velocidad de síntesis de ácidos nucleicos.
- e) El efecto selectivo sobre la síntesis proteica.
- f) El aumento o inhibición de la actividad de diversas enzimas.

Existen dos tipos de acciones de estas sustancias sobre el desarrollo vegetal, los denominados efectos directos, que corresponderían a la acción de las sustancias húmicas mediante la bioestimulación de distintos procesos fisiológicos-bioquímicos y los denominados efectos indirectos, que se refieren a la acción de las sustancias húmicas sobre el sistema global (suelo-planta), como por ejemplo la nutrición mineral de las plantas, la actividad microbiana del suelo, la humedad y la textura del suelo (Chen y Aviad, 1990). Un elevado número de estudios ha constatado un efecto estimulante del desarrollo de la parte aérea de las distintas especies de plantas cultivadas tanto en medio hidropónico, sustrato inerte o suelo asociado a la

acción de las sustancias húmicas (Vaughan y Malcolm, 1985; Chen y Stevenson, 1986; Chen y Aviad, 1990; MacCarthy *et al.*, 1990; Varanini y Pinton, 1994; Nardi *et al.*, 1996). Algunos autores asocian los efectos positivos de las sustancias húmicas en el desarrollo de la parte aérea de la planta, con la capacidad de éstas para controlar la asimilación vegetal de diferentes nutrientes, o para proporcionar una fracción potencialmente asimilable de estos nutrientes en condiciones de carencia, suelos deficientes de algunos elementos, sustratos inertes no fertilizados y cultivos en agua (Ramos, 2000). Alexandrova (1977) observó que las sustancias húmicas estimulaban el crecimiento en el área foliar de las plantas en distintos medios de cultivo conteniendo diferentes composiciones N-P-K, minimizando los efectos tóxicos de elevadas concentraciones de estos nutrientes. Estos resultados indicaron cierto control de la asimilación de los macronutrientes asociados a la presencia de las sustancias húmicas. Albuzio *et al.* (1994) observaron que el efecto positivo de las sustancias húmicas era más marcado cuando la planta se encontraba en un nivel diferente de nutrición.

2.6 Sustancias húmicas y salinidad

Algunos autores (Varanini y Pinton, 1995; Dubbini, 1995; Chukov *et al.*, 1996) han observado efectos mitigadores por la aplicación de sustancias húmicas sobre cultivos que se desarrollan en condiciones de estrés, entre ellos, el salino. Chaminade (1986) mostró que las aplicaciones de sustancias húmicas reducen los efectos negativos de dosis elevadas de fertilizantes minerales. Los mecanismos a través de los cuales las sustancias húmicas actúan como bioprotectores no están claramente establecidos, aunque se apunta hacia la presencia de radicales libres estabilizados y a su actividad paramagnética (Chukov *et al.*, 1996; Aliev, 1989) como los causantes del papel fisiológico de estos materiales, a través de su intervención en algunas rutas metabólicas del vegetal como la cadena respiratoria, en la cual actuarían como donadores de electrones. El principal mecanismo de toxicidad específica causada por el NaCl, es la elevada generación de radicales libres que provocan un estrés oxidativo en las mitocondrias (Hernández *et al.*, 1993). Ramos (2000) trabajando con sustancias húmicas comerciales en la

germinación de semillas de tomate variedad Daniela en medio salino, encontró un efecto bioprotector de las mismas, sugiriendo que este efecto se debe a la captura de los radicales libres generados por la toxicidad de NaCl, por parte de radicales semiquinónicos libres presentes en las sustancias húmicas. De esta manera el estrés oxidativo de la mitocondria se veía disminuido. La planta de tomate sometida a estrés salino acumula diversos solutos como prolina, fructosa, glucosa y sacarosa (Pérez-Alfocea *et al.*, 1996; Balibrea *et al.*, 1997). La exaltación de la síntesis de estos osmorreguladores se lleva a cabo en la planta con un coste energético elevado (Heuer y Nadler, 1994 y 1998) de manera que tanto el desarrollo vegetativo como los rendimientos productivos de la misma se ven afectados negativamente (Mizrahi *et al.*, 1988). Ramos (2000) estudió el efecto de la aplicación foliar de sustancias húmicas comerciales sobre la osmorregulación del cultivo de tomate en condiciones de estrés salino. Encontró que las sustancias húmicas actúan como osmorreguladores evitando a la planta la síntesis en exceso de osmolitos como glucosa, fructosa y prolina, este último osmolito sólo se sintetiza en el nivel salino alto y las aplicaciones de sustancias húmicas redujo su concentración en hoja, incluso hasta niveles iguales a los del control.

El aumento en los niveles de NaCl en el medio lleva consigo un incremento en el influjo de Na a las raíces y su distribución por toda la planta. El ingreso sin control de iones Na por transporte pasivo ocurre como resultado de la generación de un gradiente electroquímico muy elevado entre ambos lados de la membrana celular de las raíces. Los iones Na ingresan al interior del citoplasma debido a la presencia de canales y transportadores catiónicos en la membrana plasmática, los cuales son bastante inespecíficos frente a un alza en la relación Na/K en el medio. La disminución en el contenido de iones K en el citoplasma trae como consecuencia una desestabilización en el potencial de membrana, la inactivación de enzimas y un efecto perjudicial sobre una serie de procesos fisiológicos. El restablecimiento de la homeostasis iónica, no es un problema de fácil solución para las plantas, ya que a diferencia de las células animales, estas carecen de transportadores de sodio, tales como las Na-ATPasas o las Na/K-ATPasas, por lo que deben recurrir a las H-ATPasas o H-pirofosfatasa para generar un gradiente electroquímico de protones

que permitan el intercambio de H por Na y también de otros iones y metabolitos (Munns, 2002). Una de las causas por las que la salinidad del agua y suelo afecta negativamente a los cultivos son los efectos tóxicos específicos del Na (Dudley, 1994). Según Sánchez-Conde y Ortega (1968) la aplicación de sustancias húmicas a la disolución nutritiva de riego, reduce los niveles foliares de Na en algunos cultivos como pimiento y tomate. Este fenómeno se ha corroborado en la Universidad de Alicante (Cuesta, 1994), al aplicar sustancias húmicas comerciales procedentes de residuos vegetales sobre un cultivo de uva de mesa.

El mecanismo de acción a través del cual las sustancias húmicas reducen la absorción de Na, no está definido, aunque existen evidencias de que pueden actuar sobre las H⁺-ATP-asas de membrana plasmática (Canellas *et al.*, 2002; Canellas y Facanha, 2004) y H⁺-pirofosfatasa (Nishi y Forgac, 2002; Zandonadi, 2005).

2.7 Origen y características de *Ocimum basilicum* L.

La especie *Ocimum basilicum* de la familia Lamiaceae (Alfonso, 1995) es una planta herbácea anual (Figuerola y Lama, 2000) de tallo anguloso ramificado, de 30 a 50 cm de altura, con hojas pecioladas, opuestas y ovales. En la parte superior del tallo y en las axilas de las hojas brotan verticilos impares de flores blancas, rosáceas o amarillas. Sus frutos son tetraquenios (Paredes, 1998). Su origen es asiático y algunas de sus variedades provienen de África (Acosta, 1998). Se introdujo a Italia por los jardineros para usos ornamentales sin sospechar que harían una revolución culinaria, ya que pronto se hizo indispensable en la cocina italiana y francesa, mientras que en la India y Bélgica forma parte importante de los condimentos. En varios países, entre ellos Cuba, Pakistán y Vietnam, la utilizan con fines religiosos (Sánchez, 1980; Cabrera, 1997).

La especie *Ocimum basilicum*, ofrece diferentes variedades entre las que se encuentran la variedad Citriodora (albahaca de limón), la Anisatum (albahaca de anís), la Minimum (albahaca fina), la Purpureum y las de hojas grandes muy aromáticas, llamada Grand basilic, entre otras. Acorde con Acosta (1998), Alfonso (1995), Murillo y Viña (1999) la albahaca contiene aceite esencial de composición variable en dependencia del cultivar, generalmente contiene eugenol, linalool,

alcanfor, además de taninos, ácidos orgánicos, sales minerales, saponinas y vitaminas, así como metilchavicol y metilcinamato (Krishna Moorthy, 1991). Esta especie se puede cultivar por semillas y estacas durante todo el año, la cosecha debe realizarse siempre por debajo del 50% de la floración (Figueroa y Lama, 2000), con uno, dos y hasta tres cortes, lo cual permite alcanzar rendimientos de 25 t ha⁻¹ (MINAGRI, 1995). La albahaca puede sembrarse en suelos de fertilidad media, con buen drenaje (Figueroa y Lama, 2000) con conductividad eléctrica de hasta 4 dS m⁻¹ sin que se afecten los rendimientos ni su desarrollo; por encima de este nivel, se afecta con pérdidas superiores al 60% (Borges *et al.*, 1998). De acuerdo con Acosta (1998) entre las plagas reportadas en el cultivo se encuentran el insecto *Asterolecomisem pustulans* ckll (guagua de pústulas), el hongo *Cercospora ocimicola* Petrak and ciffici y el hongo *Fusarium oxysporum* schelcht.

2.8 La albahaca en la medicina y en la agricultura

De acuerdo con Paredes (1998) las plantas aromáticas son cultivadas para su uso en la medicina natural, para prevenir el ataque de plagas y enfermedades, para materia prima de insecticidas y funguicidas y para atraer a los insectos polinizadores. El empleo medicinal de las plantas es tan antiguo como el hombre y fueron los chinos (2000 años a.c.) los primeros en difundir de forma escrita sus usos y virtudes, después egipcios, griegos y otros pueblos fueron ahondando en estos conocimientos (Pacheco, 1992). De acuerdo con Ferrandiz (1974) la albahaca es útil para combatir los resfriados, favorece la lactancia materna, tiene acción estimulante y estomacal, es empleada también para uretritis gonocócica y la cistitis. Tiene propiedades terapéuticas y antisépticas, además de ser usada para la bronquitis (Ranaje, 1991; Ponce, 1993). Según Hernández (1991) se emplea en enfermedades tales como trastornos digestivos y tos, es usada como antiespasmódica y estimulante, disminuye los gases intestinales, regula la menstruación, también es empleada para la diarrea y vómitos, además de servir como antiparasitario y antimicrobiano. Al probarse distintas especies del género *Ocimum* (entre las que se encontraba *O. basilicum* y algunos de sus constituyentes de su aceite esencial en condiciones de laboratorio) contra bacterias gram positivas y gram negativas y hongos (Sinha y Gulati, 1991) se

encontró que el aceite esencial de *O. basilicum* fue efectivo contra *Pseudomona* sp., atribuyendo su actividad a los principales constituyentes, linalol y metil chavicol, también fueron moderadamente efectivos contra *Staphylococcus aureus*. En la agricultura, plantas como la albahaca se emplean de forma alternativa para proteger cultivos de gran importancia económica contra plagas y enfermedades, lo que constituye una vía ecológica y económica de elevada efectividad que no contamina el agroecosistema (Paredes, 1998; Rodríguez, 1999), así por ejemplo, sus extractos pueden ser usados contra *Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani*, dos hongos que causan daños en arroz. Las plantas de albahaca tienen propiedades como atrayentes de insectos polinizadores (Paredes, 1998) repelentes, insecticidas, acaricidas e inhibidor del crecimiento (Mejía, 1995; Hernández, 2000) por lo que controla áfidos, polillas, arañas y moscas entre otras, pudiendo usarse también en mezcla con hierbabuena (*Mentha viridis*), orégano (*Origanum vulgare*), epazote (*Chenopodium ambrosioides*) y salvia (*Salvia officinalis*). Al asociarse con pepino (*Cucumis sativus*), promueve su fecundación, ya que atrae a las abejas y además protege al pepino del ataque del Mildiu (Hernández, 2000).

2.9 Las plantas medicinales en Cuba y en México

En Cuba existen varias especies nativas de plantas medicinales así como especies introducidas y adaptadas, que han pasado a formar parte de la flora, algunas de ellas se clasifican como aromáticas y otras como condimentos. En general, el número de especies es grande, se estima cercano a 8,000, aunque las más populares y utilizadas podrían formar un grupo de alrededor de 200 especies de las aproximadamente 1,600 que aparecen en el diccionario de plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba (Roig, 1975). En el país se han utilizado con fines medicinales 657 especies (32 de las cuales son endémicas), agrupadas en 425 géneros de 124 familias, en el caso de la medicina veterinaria se han empleado 120 especies, agrupadas en 103 géneros de 53 familias (Fuentes, 1999). Los estudios realizados han detectado la presencia de 1,170 especies (de las cuales 97 son endémicas) agrupadas en 666 géneros de 172 familias, que se conocen o se le atribuyen propiedades medicinales. Para el caso de los condimentos se conocen

117 especies agrupadas en 83 géneros de 41 familias. El cultivo de las plantas medicinales en Cuba está fomentado en 14 fincas provinciales y 136 módulos municipales, para un total de aproximadamente 700 ha de tierra dedicadas al cultivo. En el Programa Nacional de la Medicina Tradicional y Natural (PNMTN, 1997) se aprobó el número de especies que debían mantener las áreas de plantas medicinales del país, donde la albahaca ocupa el 1.5% del área en cada finca. En el resumen anual del MINAGRI (1998) se presentó la demanda en kilogramos de plantas medicinales para las 14 provincias de Cuba, y sólo en la especie *Ocimum basilicum* (albahaca) fue de 1491 kg. En los lineamientos para los subprogramas de la agricultura urbana se planteó producir no menos de 1,100 toneladas de plantas medicinales y condimentos secos, lográndose 2,156.9 toneladas (Grupo Nacional de Agricultura Urbana, 2001).

En Cuba y México, la albahaca se cultiva a nivel de traspatio y en parcelas pequeñas con sistemas biointensivos; en climas cálido, semicálido, seco, semiseco y templado. En general, su cultivo lo realizan pequeños productores en los alrededores de parcelas comerciales de otras especies, orientando el cultivo a los centros de comercialización como planta fresca. La producción de albahaca orgánica es una de las actividades principales económicamente rentables en la rama agrícola en el Estado de Baja California Sur (BCS). La albahaca orgánica en Baja California Sur se comercializa a los Estados Unidos de América y a otros países donde prevalece la cultura del uso de alimentos y otros productos derivados de cultivos orgánicos, como parte del sistema de la inocuidad de alimentos (Bermúdez, 2005).

3. HIPOTÉISIS

Debido a que los humatos de vermicompost son una combinación de ácidos húmicos y fúlvicos, que ejercen un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo, se espera que su aplicación actúe como atenuante de los efectos de la salinidad, permitiendo en variedades tolerantes de albahaca mejorar su crecimiento en los sensibles aumentar su tolerancia a través de variables morfométricas, bioquímicas y ecofisiológicas.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de los humatos extraídos del vermicompost como atenuante de los efectos de la salinidad en tres etapas fenológicas de variedades de albahaca, mediante el análisis de variables morfométricas, bioquímicas y ecofisiológicas.

4.2 Objetivos particulares

Determinar variedades de albahaca tolerantes y sensibles al estrés salino en la etapa de germinación, emergencia, y desarrollo vegetativo, mediante el análisis de variables morfométricas.

Evaluar el efecto de los humatos de vermicompost como atenuante de los efectos de la salinidad en la tasa, porcentaje de germinación y variables morfométricas de plántulas de variedades de albahaca tolerantes y sensibles.

Evaluar el efecto de los humatos de vermicompost como atenuante de la salinidad en la tasa, porcentaje de emergencia, y variables morfométricas de plántulas de variedades de albahaca tolerantes y sensibles.

Evaluar el efecto de los humatos de vermicompost como atenuante de la salinidad en variables morfométricas, bioquímicas y ecofisiológicas, de variedades de albahaca tolerantes y sensibles durante el desarrollo vegetativo.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), el cual se localiza en los terrenos costeros de El Comitán, en la porción meridional de la península de Baja California Sur, a 24° 08' LN y 110° 24' LW, 17 km al oeste del puerto de La Paz, capital del Estado de Baja California Sur, México.

5.1 Selección de variedades tolerantes y sensibles a la salinidad

En la primera etapa del trabajo de investigación se seleccionaron las variedades tolerantes y sensibles con el fin de realizar posteriormente los experimentos utilizando el producto bioestimulante de humatos de vermicompost. La selección se realizó durante tres etapas de desarrollo de las plantas, germinación, emergencia y desarrollo vegetativo. Para seleccionar las variedades tolerantes y sensibles a la salinidad se evaluaron variables morfométricas en cada una de las etapas y se calculó la tolerancia relativa a la salinidad, siguiendo la fórmula propuesta por Udovenko (1976).

$$\text{ITR (\%)} = 100 (\text{ITS}/\text{ITC})$$

Donde:

ITS: Media de cada una de las variables morfométricas evaluadas en condiciones de estrés

ITC: Media de cada una de las variables morfométricas evaluadas en condiciones normales

5.2 Efecto de la salinidad en variedades de albahaca en la etapa de germinación

El experimento se realizó en el laboratorio de fisiotecnia vegetal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México. Se utilizaron veinte variedades de albahaca: *Sweet Dani*, *Lemon*, *Sweet Genovese*, *Siam Queen*, *Red Rubin*, *Thai*,

Dark Opal, Spicy Glove, Licorice, Cinnamon, Mrs Burns, Purple Ruffles, Lettuce Leaf, Italian Large Leaf, Genovese, Dolly, Emily, Genovese Italian, Dolce Vita Blend, Napoletano, cuyo origen son los Estados Unidos de América, y de las cuales no existe información si las variedades son tolerantes o sensibles a la salinidad. Previamente se realizó una prueba de germinación de la semilla de todas las variedades, utilizando la metodología propuesta por ISTA (1999). El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial considerando las variedades como factor A y los tratamientos salinos como factor B, con cuatro repeticiones de 30 semillas cada una. Se inició sometiendo la semilla de cada variedad a los tratamientos salinos de 0, 50, y 100 mM de NaCl. Las semillas se colocaron en cajas Petri (150 x 15 mm) con una lámina de papel de filtro como sustrato. En la primera aplicación de los tratamientos, a cada caja Petri se le suministraron 5 mL de solución salina correspondiente a cada tratamiento y se utilizó agua destilada como control, manteniéndose la humedad del sustrato. Las cajas se incubaron en una cámara de germinación (Lumistell, modelo IES-OS, serie 1408-88-01), en condiciones controladas de temperatura ($25\pm 1^\circ\text{C}$), humedad (80 %) y con luz (12 horas continuas) durante catorce días. A los catorce días se seleccionaron al azar 10 plántulas por repetición, a las cuales se les midió longitud de radícula, tallo y biomasa fresca y seca de radícula y de parte aérea.

5.2.1 Variables evaluadas en la etapa de germinación

5.2.1.1 Porcentaje y tasa de germinación

La germinación se registró diariamente y el porcentaje final se determinó a los siete días. La tasa de germinación se calculó utilizando la ecuación de Maguire (1962): $M = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_{30}/t_7$; donde n_1, n_2, \dots, n_{30} son el número de semillas germinadas en los tiempos t_1, t_2, \dots, t_7 (en días).

5.2.1.2 Variables morfométricas

5.2.1.2.1 Longitud del tallo

Consistió en medirlo desde la base del tallo hasta la parte apical, utilizando para ello una regla convencional metálica, graduada en milímetros, expresando esta variable en centímetros.

5.2.1.2.1 Longitud de radícula

Después de separar las plantas por tejido (radícula, tallo y hojas), las radículas se lavaron con agua potable y posteriormente con agua destilada. Una vez que se eliminó el exceso de agua, se colocaron en papel estroza y después de esto, se midió la longitud de radícula, utilizando para ello una regla graduada. Las medidas se tomaron desde la base del tallo donde inician los pelos radicales hasta donde termina la raíz principal, expresando la longitud en centímetros.

5.2.1.2.3 Biomasa fresca y seca de la parte aérea (tallos + hojas) y radícula de la plántula

Se determinó al dividir cada plántula en tallos y hojas y pesar cada una por separado, utilizando para ello una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204). Posteriormente se sumaron ambos pesos, mismos que fueron expresados en gramos de materia vegetal fresca. Una vez que se obtuvo el peso fresco de las radículas, éstas se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en una estufa de secado (Shel-Lab, modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80°C durante 72 horas hasta obtener su deshidratación completa. Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204), expresando el peso en gramos de materia vegetal seca.

5.3 Efecto de la salinidad en variedades de albahaca en la etapa de emergencia

El experimento se realizó en una estructura de malla sombra del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Se utilizaron las mismas veinte variedades de albahaca utilizadas en la etapa de germinación. Previamente se realizó una prueba de germinación de la semilla de todas las variedades, utilizando la metodología propuesta por ISTA (1999). El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial considerando las variedades como factor A y los tratamientos salinos como factor B, con tres repeticiones de 20 semillas cada una. Las semillas se sembraron en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales contenían sogemix PM (sustrato comercial) como sustrato. El riego aplicado a las charolas se llevó a cabo diariamente con el fin de lograr una emergencia homogénea de las plántulas y luego se le suministraba una solución salina de 0, 50, y 100 mM de NaCl a cada tratamiento y se usó agua destilada como control, manteniéndose la humedad del sustrato. A los catorce días se seleccionaron al azar 10 plántulas por repetición, a las cuales se les midió longitud de radícula, tallo y la biomasa fresca y seca de radícula y de parte aérea.

5.3.1 Variables evaluadas en la etapa de emergencia

5.3.1.1 Porcentaje y tasa de emergencia

La emergencia se registró diariamente y el porcentaje final se determinó a los catorce días. La tasa de emergencia se calculó utilizando la ecuación de Maguire (1962), donde n_1, n_2, \dots, n_{20} son el número de semillas emergidas en los tiempos t_1, t_2, \dots, t_{14} (en días).

5.3.1.2 Variables morfométricas

5.3.1.2 .1 Longitud de tallo

Consistió en medirlo desde la base del tallo hasta la parte apical, utilizando para ello una regla convencional metálica, graduada en milímetros, expresando esta variable en centímetros.

5.3.1.2.2 Longitud de radícula

Después de separar las plantas por tejido (radícula, tallo y hojas), las radículas se lavaron con agua potable y posteriormente con agua destilada. Una vez que se eliminó el exceso de agua, se colocaron en papel estroza y después de esto, se midió la longitud de radícula, utilizando para ello una regla graduada. Las medidas se tomaron desde la base del tallo donde inician los pelos radicales hasta donde termina la raíz principal, expresando la longitud en centímetros.

5.3.1.2.3 Biomasa fresca y seca de la parte aérea (tallos + hojas) y radícula de la plántula

Esta variable se determinó al dividir cada plántula en tallos y hojas y pesar cada una por separado, utilizando para ello una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204). Posteriormente se sumaron ambos pesos, mismos que se expresaron en gramos de materia vegetal fresca. Una vez que se obtuvo el peso fresco de las radículas, éstas se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en una estufa de secado (Shel-Lab, modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80°C durante 72 horas hasta obtener su deshidratación completa. Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204), expresando el peso en gramos de materia vegetal seca.

5.4 Efecto de la salinidad en variedades de albahaca en la etapa de crecimiento vegetativo inicial

Se utilizaron las mismas veinte variedades de albahaca que se probaron en la etapa de germinación y emergencia. Esta segunda etapa se realizó en condiciones de malla sombra, en una estructura que se ubica en el campo experimental del CIBNOR. Para ello, las semillas se sembraron en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales contenían sogemix PM (sustrato comercial) como sustrato. El riego aplicado a las charolas se realizó diariamente con el fin de lograr una emergencia homogénea de las plantas. El trasplante se realizó cuando las plantas presentaron una altura promedio de 15 cm en macetas de aproximadamente 1 kg, mismas que contenían como sustrato comercial sogemix PM. En cada maceta se

colocó una planta con el fin de asegurar el éxito del trasplante. Una vez que se trasplantaron, se inició con la aplicación diaria del riego, utilizando para ello agua potable, la cual contenía una solución nutritiva (Tabla 1) que fue preparada para albahaca según Samperio (1997). Después de una semana del trasplante se inició con la aplicación de los tratamientos.

Tabla 1. Solución nutritiva utilizada en el experimento de desarrollo vegetativo de plantas de albahaca (Samperio, 1997).

Sustancias	Cantidad (g L ⁻¹)
Nitrato de Potasio	160
Nitrato de Amonio	30.6
Fosfato Mono amónico	44.4
Nitrato de Calcio	180.6
Sulfato de Magnesio	126
Sulfato Ferroso	6
Sulfato de Manganeso	1.5
Sulfato de Zinc	0.3
Sulfato de Cobre	0.3
Ácido Bórico	0.3

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con cuatro repeticiones, considerando a las variedades de albahaca como el factor A y a los tratamientos salinos como el factor B, con tres niveles (0, 50, 100 mM de NaCl). Cada repetición estuvo representada por una maceta conteniendo una planta cada una, con 12 macetas por variedades para un total de 240 macetas. Durante la segunda semana se inició con la aplicación gradual de los tratamientos, de la siguiente manera, al tratamiento 1 se le aplicó agua potable (la cual presentó una conductividad eléctrica de 1.353 dS m⁻¹) más la solución nutritiva, por lo que este tratamiento consistió de 0 mM de NaCl, mientras que a los tratamientos 2 y 3 se les aplicó el tratamiento salino de 25 mM de NaCl, por un periodo de tres días consecutivos. Posteriormente, el tratamiento 1 continuó con su respectiva solución de 0 mM, mientras que a los tratamientos 2 y 3, se les aplicó el tratamiento salino correspondiente a 50 mM de NaCl por un periodo de tres días. Los siguientes tres días a esta aplicación, los tratamientos 1 y 2, mantuvieron la concentración salina asignada, mientras que al tratamiento 3 se le aplicó una concentración de 75 mM de

NaCl. Los tres días siguientes los tratamientos 1, 2, mantuvieron las concentraciones de NaCl asignadas al experimento y por último en los siguientes tres días, al tratamiento 3 se le aplicó la concentración de 100 mM de NaCl, continuando posteriormente cada tratamiento con su aplicación correspondiente, acorde con la metodología propuesta por Murillo-Amador *et al.* (2007). La cantidad aplicada en cada riego fue de 500 mL, consiguiendo que la solución aplicada drenara a través de los orificios de las macetas, con el fin de evitar la acumulación de sales en el sustrato. Para que no se acumulara el NaCl en las macetas, cada vez que se preparaba la solución salina con sus respectivos nutrientes, se tomaba la lectura del pH y de la conductividad eléctrica de cada tratamiento y después de regar cada maceta, se tomaba una muestra de cada solución drenada por las macetas para comparar tanto el pH como la conductividad eléctrica de cada solución. El pH de la solución con los tratamientos salinos más la solución nutritiva se ajustó a 6.5, adicionando KOH.

5.4.1 Variables evaluadas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial

Las variables que se describen a continuación, se midieron después de que las plantas se cosecharon al cumplirse el período de 45 días de aplicación de los tratamientos salinos. Las plantas se llevaron al laboratorio de fisiotecnia vegetal del CIBNOR donde se procedió a separar raíz, tallo y hojas.

5.4.1.1 Variables morfométricas

5.4.1.1.1 Longitud del tallo

Consistió en medirlo desde la base del tallo hasta la parte apical, utilizando para ello una regla convencional metálica, graduada en milímetros, expresando esta variable en centímetros.

5.4.1.1.2 Longitud de raíz

Después de separar las plantas por tejido (raíz, tallo y hojas), las raíces se lavaron con agua potable y posteriormente con agua destilada. Una vez que se eliminó el exceso de agua, se colocaron en papel estraza y después de esto, se midió la longitud de masa de raíces, utilizando para ello una regla graduada. Las medidas se

tomaron desde la base del tallo donde inician los pelos radicales hasta donde termina la raíz principal, expresando la longitud en centímetros.

5.4.1.1.3 Biomasa fresca y seca de raíz, tallo y hoja

Esta variable se determinó al dividir cada planta en raíz, tallo y hoja y pesar cada una por separado, utilizando para ello una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204). Posteriormente se sumaron los pesos correspondientes a cada variable, mismos que fueron expresados en gramos de materia vegetal fresca. Una vez que se obtuvo el peso fresco de raíces, tallos y hojas, éstas se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en una estufa de secado (Shel-Lab, modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80°C durante 72 horas hasta obtener su deshidratación completa. Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204), expresando el peso en gramos de materia vegetal seca.

5.4.1.1.4 Área foliar

Se determinó después de separar las hojas de los tallos, utilizando un integrador de área foliar (LI-COR, modelo-LI-3000A, serie PAM 1701), expresando los datos de esta variable en centímetros cuadrados.

5.5 Análisis estadístico

Para cada una de las etapas de germinación, emergencia y desarrollo vegetativo, los datos se analizaron mediante análisis de varianza y las diferencias entre medias de cada factor y variable se realizó mediante en algunos experimentos mediante contrastes ortogonales ($p \leq 0.05$), es decir, comparaciones independientes de medias. Los datos de porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia, debido a que sus valores son medidos en porcentaje, fueron sujetos de una transformación del tipo de arcoseno de acuerdo con lo propuesto por (Little y Hills, 1989; Steel y Torrie, 1995). Los datos de las variables morfométricas evaluadas cumplieron con los supuestos teóricos de normalidad y homogeneidad de varianza, mismos que se utilizaron para calcular el índice de tolerancia a la salinidad, ejecutándose un análisis de conglomerado jerárquico y de ligamiento completo sobre la base de la distancia Euclidiana (Sokal y Sneath, 1993). Las diferencias entre las medias de

tratamientos de algunos experimentos fueron comparadas con la prueba de rango múltiple de medias (Scheffe, $p=0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft, Inc., 2011).

5.6 Etapa experimental con el uso del bioestimulante natural en las etapas de germinación, emergencia y desarrollo vegetativo

5.6.1 Efecto del humatos de vermicompost como atenuante del estrés salino en variedades de albahaca en la etapa de germinación

El experimento se realizó en el laboratorio de fisiotecnia vegetal, con las variedades seleccionadas como tolerantes y sensibles a la salinidad en la primera etapa de experimentación en donde se realizó esta selección en cada etapa de desarrollo: germinación, emergencia y desarrollo vegetativo, según se explicó anteriormente. El diseño experimental que se utilizó en el experimento con cada especie vegetal fue un completamente al azar con arreglo trifactorial de $2 \times 3 \times 2$, donde el factor A fueron las variedades, el factor B las concentraciones salinas y el factor C las diluciones de humatos de vermicompost, con seis repeticiones de 30 semillas cada una. De cada tratamiento/repeticón se tomaron 10 plántulas al azar para la medición de las variables mencionadas. Las semillas fueron previamente desinfectadas mediante la inmersión por 5 min en una solución de hipoclorito de calcio, conteniendo 5% de cloro activo. Las mismas fueron posteriormente lavadas con agua destilada. Las pruebas de germinación se realizaron en cajas de Petri (150 x 15 mm) esterilizadas, cubiertas del fondo con una capa de papel. Cada caja fue humedecida con 5 mL de la solución apropiada de NaCl (0, 50, y 100 mM de NaCl) y se adicionaron diariamente a cada caja 3 mL de la solución apropiada de humatos de vermicompost (1/60 v/v), considerado un bioestimulador vegetal y/o portador de nutrientes (Ca, Mg, Na, P_2O_5 , K, N), aminoácidos libres, polisacáridos, carbohidratos, elementos inorgánicos, sustancias humificadas, microorganismos beneficiosos, hormonas vegetales y humus solubles, cuya composición por fracciones químicas corresponden a un pH de 8.7, 53.4 % de C, 4.85 % de H, 35.6 % de O, 3.05 % de N, 0.72 % de S, una relación H/C de 0.08, una relación O/C de

0.62, una relación C/N de 18.4, 4.82 de ácidos húmicos y 7.17 de ácidos fúlvicos en una relación E_4/E_6 de su coeficiente óptico. Las pruebas de germinación se realizaron con luz (12 horas continuas) durante catorce días, en una cámara de germinación (Conviron Model CMP 3244) a $25\text{ °C} \pm 0.5\text{ °C}$. Las semillas se consideraron germinadas cuando la radícula presentó alrededor de 2 mm de longitud.

5.6.2 Variables evaluadas en la etapa de germinación

5.6.2.1 Porcentaje y tasa de germinación

El porcentaje de semillas germinadas se registró diariamente. La tasa de germinación se calculó usando la ecuación de Maguire (1962), donde n_1, n_2, \dots, n_{30} son el número de semillas germinadas en los tiempos t_1, t_2, \dots, t_7 (en días). Se evaluaron como plántulas normales y germinadas todas aquellas semillas que presentaron buen desarrollo de sus estructuras esenciales (plúmula y radícula). Las plantas anormales se consideraron como aquellas que presenten anomalías y defectos en su desarrollo y se contabilizaron las semillas muertas que no germinen.

5.6.2.2 Variables morfométricas

5.6.2.2.1 Longitud del tallo

Consistió en medirlo desde la base del tallo hasta la parte apical, utilizando para ello una regla convencional metálica, graduada en milímetros, expresando esta variable en centímetros.

5.6.2.2.2 Longitud de radícula

Después de separar las plantas por tejido (radícula, tallo y hojas), las raíces se lavaron con agua potable y posteriormente con agua destilada. Una vez que se eliminó el exceso de agua, se colocaron en papel estroza y después de esto, se midió la longitud de radícula, utilizando para ello una regla graduada. Las medidas se tomaron desde la base del tallo donde inician los pelos radicales hasta donde termina la raíz principal, expresando la longitud en centímetros.

5.6.2.2.3 Biomasa fresca y seca de parte aérea (tallos + hojas) y de radícula

Se determinó a los 14 días de establecido el experimento y se realizó al dividir cada plántula en tallos y hojas y pesar cada una por separado, utilizando para ello una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204). Posteriormente se sumaron los pesos obtenidos, mismos que se expresaron en gramos de materia vegetal fresca. Una vez obtenido el peso fresco de las radículas y parte aérea, éstas se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en una estufa de secado (Shel-Lab, modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80°C durante 72 horas hasta obtener su deshidratación completa. Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204), expresando el peso en gramos de materia vegetal seca.

5.7 Efecto del humatos de vermicompost como atenuante del estrés salino en variedades de albahaca en la etapa de emergencia

El experimento se realizó en una estructura de malla sombra del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Se utilizaron las variedades de albahaca que fueron seleccionadas en la primera etapa de experimentación (screening) como variedades tolerantes y sensibles al estrés abiótico por salinidad. El diseño experimental que se utilizó en el experimento fue un completamente al azar con arreglo trifactorial de 2 x 3 x 2, donde el factor A fueron las variedades, el factor B las concentraciones salinas y el factor C las diluciones de humatos de vermicompost, con seis repeticiones de 30 semillas cada una. Las semillas se desinfectaron previamente mediante la inmersión por 5 min en una solución de hipoclorito de calcio, conteniendo 5% de cloro activo. Las semillas se sembraron en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales contenían sogemix PM (sustrato comercial), aplicando una solución respectiva de NaCl (0, 50, y 100 mM de NaCl). Se mantuvo la humedad durante el experimento adicionando diariamente la dilución correspondiente de humatos de vermicompost (1/60 v/v), considerado un bioestimulador vegetal y/o portador de nutrientes (Ca, Mg, Na, P₂O₅, K, N), aminoácidos libres, polisacáridos, carbohidratos, elementos inorgánicos, sustancias humificadas, microorganismos beneficiosos, hormonas vegetales y humus solubles, cuya composición por fracciones químicas corresponden a un pH de 8.7, 53.4 % de

C, 4.85 % de H, 35.6 % de O, 3.05 % de N, 0.72 % de S, una relación H/C de 0.08, una relación O/C de 0.62, una relación C/N de 18.4, 4.82 de ácidos húmicos y 7.17 de ácidos fúlvicos en una relación E_4/E_6 de su coeficiente óptico. Las semillas se consideraron emergidas cuando la plántula rompió y surgió a través de la superficie del sustrato. A los catorce días se seleccionaron al azar 10 plántulas emergidas por repetición, a las cuáles se les registró la longitud de la radícula y tallo de la plántula, biomasa fresca y seca de la radícula y parte aérea.

5.7.1 Variables evaluadas en la etapa de emergencia

5.7.1.1 Tasa y porcentaje de emergencia

El porcentaje de emergencia total fue registrado a los 14 días (ISTA, 1999), mientras que el número de semillas emergidas fue registrado diariamente (tasa de emergencia) y calculado de acuerdo a la ecuación de Maguire (1962), donde n_1, n_2, \dots, n_{30} son el número de semillas emergidas en los tiempos t_1, t_2, \dots, t_{14} (en días).

5.7.1.2 Variables morfométricas

5.7.1.2.1 Longitud del tallo

Consistió en medirlo desde la base del tallo hasta la parte apical, utilizando para ello una regla convencional metálica, graduada en milímetros, expresando esta variable en centímetros.

5.7.1.2.2 Longitud de radícula

Después de separar las plantas por tejido (radícula, tallo y hojas), las radículas se lavaron con agua potable y posteriormente con agua destilada. Una vez que se eliminó el exceso de agua, se colocaron en papel estroza y después de esto, se midió la longitud de radícula, utilizando para ello una regla graduada. Las medidas se tomaron desde la base del tallo donde inician los pelos radicales hasta donde termina la raíz principal, expresando la longitud en centímetros.

5.7.1.2.3 Biomasa fresca y seca de parte aérea (tallos + hojas) y de radícula

La biomasa fresca y seca de parte aérea (tallos + hojas) y de radícula se determinó

al dividir cada plántula en tallos y hojas y pesar cada una por separado, utilizando para ello una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204). Posteriormente se sumaron los pesos obtenidos, que se expresaron en gramos de materia vegetal fresca. Una vez obtenido el peso fresco de las radículas y parte aérea, éstas se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en una estufa de secado (Shel-Lab, modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80°C durante 72 horas hasta obtener su deshidratación completa. Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204), expresando el peso en gramos de materia vegetal seca.

5.8 Efecto del humatos de vermicompost como atenuante del estrés salino en variedades de albahaca en la etapa de desarrollo vegetativo

El experimento se realizó en una estructura de malla sombra del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Se utilizaron las variedades de albahaca seleccionados (screening) como variedades tolerantes y sensibles al estrés salino. Para ello, las semillas se sembraron en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales contenían sogemix PM (sustrato comercial) como sustrato. El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con arreglo trifactorial de 2 x 3 x 2, donde el factor A fueron las variedades, el factor B las concentraciones salinas y el factor C las diluciones de humatos de vermicompost. El riego que se le aplicó a las bandejas se realizó diariamente con el fin de lograr una emergencia homogénea de las plantas. El trasplante se realizó cuando las plantas presentaron una altura promedio de 15 cm en macetas de aproximadamente 1 kg, mismas que contenían el sustrato comercial sogemix PM. En cada maceta se colocó una planta con el fin de asegurar el éxito del trasplante. Una vez que fueron trasplantadas, se inició con la aplicación diaria del riego, utilizando para ello agua potable con solución nutritiva (Tabla 1) preparada para albahaca según Samperio (1997). Después de una semana del trasplante, se inició con la de aplicación de los tratamientos salinos.

Durante la segunda semana se inició con la aplicación gradual de los tratamientos, de la siguiente manera: al tratamiento 1 se le aplicó agua potable (la cual presentó

una conductividad eléctrica de $\pm 1.353 \text{ dS m}^{-1}$) más la solución nutritiva, por lo que este tratamiento consistió de 0 mM de NaCl, mientras que a los tratamientos 2 y 3 se les aplicó el tratamiento salino de 25 mM de NaCl, por un periodo de tres días consecutivos.

Posteriormente, el tratamiento 1 continuó con su respectiva solución de 0 mM, mientras que a los tratamientos 2 y 3, se les aplicó el tratamiento salino correspondiente a 50 mM de NaCl por un periodo de tres días. Los siguientes tres días a la aplicación, los tratamientos 1 y 2, mantenían la concentración salina asignada, mientras que al tratamiento 3 se le aplicó una concentración de 75 mM de NaCl. Los tres días siguientes los tratamientos 1 y 2, mantenían las concentraciones de NaCl asignadas al experimento y por último en los siguientes tres días, al tratamiento 3 se le aplicó la concentración de 100 mM de NaCl, continuando posteriormente cada tratamiento con su aplicación correspondiente, acorde con la metodología propuesta por Murillo- Amador *et al.* (2007). La cantidad aplicada en cada riego fue de 500 mL, consiguiendo con esto que la solución aplicada drenara a través de los orificios de las macetas, con el fin de evitar la acumulación de sales en el sustrato. Para que no se acumule el NaCl en las macetas, cada vez que se prepare la solución salina con sus respectivos nutrientes, se tomaron la lectura del pH y de la conductividad eléctrica de cada tratamiento y después de regar cada maceta, se tomó una muestra de cada solución drenada por las macetas para comparar tanto el pH como la conductividad eléctrica de cada solución. El pH de la solución con los tratamientos salinos más la solución nutritiva se ajustó a 6.5, adicionando KOH. Las soluciones con humatos de vermicompost fueron aplicadas mediante aspersión al follaje de las plantas, lo que permitió comparar la efectividad de cada una de las formas de aplicación de este bioproducto para mitigar el efecto por salinidad en cada una de las variables a medir en la planta, las cuales se dividieron en morfométricas, fisiológicas, bioquímicas.

5.8.1 Variables evaluadas en la etapa de desarrollo vegetativo

5.8.1.1 Fisiológicas (Fotosíntesis, transpiración)

Estas se determinaron por medio del medidor de fotosíntesis ADC BioScientific-Ltd modelo LCI, incluyendo las variables tasa de fotosíntesis (*A*), transpiración (*E*). Las mediciones se realizaron en hojas completamente expandidas, en tres muestreos diurnos espaciados, en la mañana (7:00 am), al mediodía (12:00 m) y al atardecer (5:00 pm) por un período de una semana. El uso eficiente de agua se calculó dividiendo los valores de fotosíntesis y transpiración.

5.8.1.2 Relaciones hídricas

5.8.1.2.1 Potencial hídrico

El potencial hídrico se evaluó por semana a la hora crítica del día. Las mediciones de potencial hídrico a la hora crítica se realizaron considerando el intervalo en el cual se presentaron las temperaturas más altas del día.

5.8.1.2.2 Contenido relativo de agua

El contenido relativo de agua (LRWC) fue medido usando el método de Yamasaki y Dillenburg (1999). Las hojas fueron colectadas de la sección media de la planta con el fin de minimizar el efecto de la edad en la variabilidad de los resultados. Hojas individuales fueron removidas y posteriormente pesadas para obtener el peso fresco (FM). Con el fin de determinar el peso turgente (TM), las hojas completas fueron puestas en agua destilada dentro de una caja Petri cerrada. Durante el proceso de imbibición, las hojas fueron pesadas periódicamente, después de eliminar el agua de la superficie de la hoja con papel. Al final del periodo de imbibición, las muestras de hojas fueron colocadas en un horno a 80°C por 48 h, con el fin de obtener el peso seco (DM). Todos los pesos del material vegetal fueron obtenidos utilizando una balanza analítica con precisión de 0.0001 g. Los valores de FM, TM y DM fueron utilizados para calcular el LRWC usando la ecuación siguiente: $LRWC (\%) = [(FM-DM)/(TM-DM)] \times 100$.

5.8.1.3 Determinación de pigmentos fotosintéticos

5.8.1.3.1 Determinación de clorofila a, b y total

Una planta por repetición fue utilizada para determinación de clorofila a, b y total a los 58 y 65 días después de la emergencia. Antes de la extracción, las muestras de hojas frescas se limpiaron con agua desionizada para remover cualquier contaminación de la superficie de las mismas. La extracción de clorofila se realizó en hojas completamente expandidas, utilizando 1 g de material fresco, el cual se molió en acetona al 90% usando un mortero. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro con UV/Visible spectrophotometer (Pye Unicam SP6-550, UK) y las concentraciones de clorofila se calcularon usando la ecuación propuesta por Strain and Svec (1966):

$$\text{Chl a (mg ml}^{-1}\text{)} = 11.64 \times (A663) - 2.16 \times (A645)$$

$$\text{Chl b (mg ml}^{-1}\text{)} = 20.97 \times (A645) - 3.94 \times (A663)$$

(A663) y (A645) representan los valores de la absorbancia leídos a 663 y 645 nm de longitud de onda, respectivamente. Adicionalmente se midió la clorofila total de manera indirecta, utilizando un instrumento portátil denominado SPAD-502, que se realizó con el fin de obtener un modelo de predicción de los valores de clorofila total.

5.8.2 Bioquímicas

5.8.2.1 Contenido de proteína

Para determinar las proteínas de las muestras de tejidos se utilizó el método de Bradford, (1976) el cual se basa en la reacción de los grupos amino libres con el azul Cromassie en presencia de ácido fosfórico y metanol. El complejo formado por la proteína y el colorante provoca un desplazamiento en la absorción máxima del colorante desde 465 a 595 nm. La absorción es proporcional a la concentración de proteína (albúmina en suero bovino) de manera lineal desde 1 µg a 140 µg usando una solución reactiva comercial (BioRad #500-0006). Una alícuota de 10 µL de homogeneizado de tejidos se puso a digerir en 100 µL de NaOH 0.1N durante 120 min, posteriormente se tomaron 10 µL del digerido en un tubo de vidrio limpio y se

agregó un mililitro de reactivo de Bradford, se dejó la reacción 5 min y se procedió a tomar las lecturas al espectrofotómetro (Spectronic Genesys II) a 595 nm. Se utilizó una solución estándar con una concentración de 5 mg mL⁻¹ de albúmina bovina, la cual se diluye en proporción 1:2 en agua destilada hasta tener concentraciones, de 2.5, 1.25, 0.625, 0.3125, 0.15625 y 0.078125 mg mL⁻¹ de proteína y agua destilada como blanco. La concentración de proteínas se calculó de la siguiente manera: concentración de proteínas (mg/g) = (Abs.Sol.Prob. x FD) / (m x peso de la muestra), donde: FD es el factor de dilución y *m* es la pendiente en la curva tipo.

5.8.2.2 Determinación de prolina

La prolina se determinó acorde al método descrito por Bates *et al.* (1973). La cuantificación de prolina se efectuó mediante el método de ninhidrina. Se tomaron muestras de 0.2 g de tejido y se homogenizaron en 5 mL de ácido sulfosalicílico al 3%. Posteriormente se centrifugó a 5,000 rpm durante 5 min. De cada muestra homogenizada y centrifugada, se tomaron 0.5 mL del sobrenadante y se le agregó 0.5 mL de reactivo de ninhidrina (1.25 g ninhidrina + 30 mL ácido acético + 20 mL ácido fosfórico 6M) se calentó en baño maría a ebullición durante 1 h. Enseguida se enfrió al chorro de agua y se les agregó 1 mL de tolueno y se mezcló con vórtex. Se separó la fase de tolueno midiéndose la absorbancia a 520nm utilizando como blanco tolueno.

5.8.2.3 Determinación de carbohidratos reductores foliares por el método fenol-sulfúrico

Extracción de los carbohidratos reductores en material vegetal: una masa exacta del material vegetal de alrededor de 2 g se maceró en mortero de porcelana hasta la máxima división del material. Una masa igual de material vegetal se determinó en la balanza analítica para ponerla a secar a 60° C durante 72 h (masa seca). Posteriormente se adicionaron 200 mL de agua destilada y se pasó el material a un beaker de 250 mL y se calentó hasta ebullición durante 20 min. Luego se dejó enfriar a temperatura ambiente y después se filtró al vacío, recogiendo el filtrado en un matrás Erlenmeyer. Luego se clarificó el filtrado con 0.5 g de carbón activado

calentando en una placa de calentamiento y agitándolo periódicamente hasta que se eliminó cualquier coloración verde. Después se dejó enfriar a temperatura ambiente y se filtró nuevamente a vacío, colectando el filtrado en una probeta para medir el volumen final (Vf) del extracto a evaluar.

Preparación de la curva patrón de glucosa: se utilizaron 7 tubos de ensayo, rotulándolos con los número del 1 al 7. En el tubo 1 se añadió 1 mL de agua destilada y en los restantes 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 y 0.6 mL de la disolución patrón de glucosa que previamente se diluyó 10 veces para que su concentración fuera de 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$. En los tubos del 2 al 7 se añadió agua destilada hasta completar 1 mL. En todos los tubos se añadió 1 mL (medido con bureta) de la disolución de fenol al 5 % y se agitó. Se adicionaron a todos los tubos 5 mL de ácido sulfúrico concentrado (medido con bureta), dejándolo caer suavemente, deslizándolo por las paredes del tubo y agitándolo inmediatamente. Luego se dejaron los tubos en reposo durante 30 min a temperatura ambiente. Posteriormente se procedió a leer la absorbancia a 480 nm en un espectrofotómetro utilizando el tubo 1 como “blanco”. Luego se procedió a construir la curva de calibración, absorbancia vs concentración de glucosa y se determinó el valor de la cotangente (cot) de la línea recta de mejor ajuste que pase por el origen.

Determinación del contenido de glucosa en la muestra: se pipetearon 0.05 mL del extracto a evaluar obtenido en un tubo de ensayo, luego se completó hasta 1 mL con agua destilada y se adicionó la disolución de fenol y el ácido sulfúrico de la misma manera que se hizo con los patrones de glucosa y el resto del procedimiento realizado con ellos. Seguidamente se procedió a anotar la absorbancia registrada en la muestra (Am).

Cálculo del contenido de carbohidratos reductores:

$\mu\text{g carbohidratos reductores /kg masa seca} = V_f \times A_m \times \text{cot} \times 1000 / 0.05 \times \text{masa seca}$

5.8.3 Variables morfométricas

Las variables que se describen a continuación, se midieron después de que las plantas se cosecharon al cumplirse el período de 45 días de aplicación de los

tratamientos salinos. Las plantas se llevaron al laboratorio de fisiotecnia vegetal del CIBNOR donde se procedió a separar la raíz, tallo y hojas.

5.8.3.1 Longitud del tallo

Consistió en medirlo desde la base del tallo hasta la parte apical, utilizando para ello una regla convencional metálica, graduada en milímetros, expresando esta variable en centímetros.

5.8.3.2 Longitud de raíces

Después de separar las plantas por tejido (raíz, tallo y hojas), las raíces se lavaron con agua potable y posteriormente con agua destilada. Una vez que se eliminó el exceso de agua, se colocaron en papel estraza y después de esto, se midió la longitud de masa de raíces, utilizando para ello una regla graduada. Las medidas se tomaron desde la base del tallo donde inician los pelos radicales hasta donde termina la raíz principal, expresando la longitud en centímetros.

5.8.3.3 Biomasa fresca y seca de raíz, tallo y hoja

Esta variable se determinó al dividir cada planta en raíz, tallo y hoja y pesar cada una por separado, utilizando para ello una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204). Posteriormente se sumaron los pesos correspondientes a cada variable, mismos que se expresaron en gramos de materia vegetal fresca. Una vez que se obtuvo el peso fresco de raíces, tallos y hojas, éstas se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en una estufa de secado (Shel-Lab, modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80°C durante 72 horas hasta obtener su deshidratación completa. Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204), expresando el peso en gramos de materia vegetal seca.

5.8.3.4 Área foliar

Se determinó después de separar las hojas de los tallos, utilizando un integrador de área foliar (LI-COR, modelo-LI-3000A, serie PAM 1701), expresando los datos de esta variable en centímetros cuadrados.

5.9 Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y las diferencias entre medias de cada factor y variable se realizó en algunos casos mediante contrastes ortogonales ($p \leq 0.05$), es decir, comparaciones independientes de medias. Los datos de porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia y el LRWC, debido a que sus valores son medidos en porcentaje, fueron sujetos de una transformación del tipo de arcoseno de acuerdo con lo propuesto por (Little y Hills, 1989; Sokal y Rohlf, 1994; Steel y Torrie, 1995). Las diferencias entre las medias de tratamientos de algunas variables fueron comparadas con la prueba de rango múltiple de Tukey al 0.05 de nivel de confianza. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft, Inc., 2011).

6. RESULTADOS

6.1 Efecto de la salinidad en variedades de albahaca en la etapa de germinación

6.1.1 Porcentaje y tasa y de germinación

Se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=35.33$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=6.92$; $p\leq 0.001$) y la interacción de ambos factores, variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=3.70$; $p\leq 0.001$) para porcentaje de germinación. La variable tasa de germinación también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=78.76$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=105.69$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=7.04$; $p\leq 0.001$). En la tabla 2 se observa que las variedades exhibieron valores mayores de porcentaje y tasa de germinación en la concentración de 0 mM de NaCl y valores menores en 50 y 100 mM de NaCl. Los resultados indican que todas las variedades redujeron el porcentaje y la tasa de germinación a partir de la concentración de 50 mM de NaCl.

6.1.2 Variables morfométricas

Se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,2340}=139.80$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,2340}=2965.89$; $p\leq 0.001$) y la interacción de ambos factores, variedades \times NaCl ($F=_{38,2340}=43.99$; $p\leq 0.001$) para longitud de radícula. La variable biomasa fresca de radícula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=25.39$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=28.17$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=12.31$; $p\leq 0.001$). Biomasa seca de radícula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=11.00$; $p\leq 0.001$), y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=3.27$; $p\leq 0.001$). Las concentraciones de NaCl no mostraron diferencias significativas ($p>0.05$). En la Tabla 3 se muestra la respuesta en la interacción variedad \times salinidad para las variables longitud, biomasa fresca y seca de radícula. Las variedades mostraron valores superiores de longitud de radícula en la concentración de 0 mM de NaCl y los valores menores en las concentraciones salinas mayores de 50 y 100 mM de NaCl. La interacción variedad \times salinidad (Tabla 3), muestra la respuesta

diferencial de la biomasa fresca y seca de radícula, donde se observa una tendencia de incrementar sus valores a partir de 50 mM y 100 mM de NaCl, para posteriormente disminuir en el tratamiento de 0 mM de NaCl.

Tabla 2. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la tasa y el porcentaje de germinación de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Germinación (%)			Tasa de germinación		
	0	50	100	0	50	100
	mM NaCl			mM NaCl		
Sweet Dani	100 ^a	100 ^a	100 ^a	27.3 ^a	26 ^{abcd}	20.9 ^{abcdeghijk}
Lemon	100 ^a	85 ^{ab}	73.3 ^{ab}	24.9 ^{abcdef}	19.6 ^{abcdeghijkl}	12.1 ^{ghijkl}
Sweet Genovese	76.6 ^{ab}	79.1 ^{ab}	75 ^{ab}	13.9 ^{cdefghijkl}	14 ^{bcdeghijkl}	11.8 ^{ghijkl}
Siam Queen	90.8 ^{ab}	87.5 ^{ab}	68.3 ^{ab}	17.7 ^{abcdeghijkl}	14 ^{bcdeghijkl}	9.2 ^{kl}
Red Rubin	96.6 ^{ab}	100 ^a	100 ^a	27.2 ^a	21.7 ^{abcdeghijk}	20 ^{abcdeghijk}
Thai	100 ^a	96.6 ^{ab}	96.6 ^{ab}	26.5 ^{abc}	24 ^{abcdetg}	17.5 ^{abcdeghijkl}
Dark Opal	98.3 ^a	83.3 ^{ab}	60.8 ^{ab}	22.6 ^{abcdeghij}	14.5 ^{bcdeghijkl}	9.5 ^{kl}
Spicy Glove	95.8 ^{ab}	100 ^a	95 ^{ab}	21 ^{abcdeghijk}	19.7 ^{abcdeghijkl}	12.2 ^{ghijkl}
Licorice	58.3 ^{ab}	76.6 ^{ab}	63.3 ^{ab}	15.5 ^{abcdeghij}	20.4 ^{abcdeghijk}	18.3 ^{abcdeghijkl}
Cinnamon	100 ^a	100 ^a	83.3 ^{ab}	23.8 ^{abcdegh}	22.8 ^{abcdegh}	14.5 ^{bcdeghijkl}
Mrs Burns	80.8 ^{ab}	77.5 ^{ab}	80 ^{ab}	21.2 ^{abcdeghijk}	17.6 ^{abcdeghijkl}	14.9 ^{abcdeghijkl}
Purple Ruffles	69.1 ^{ab}	66.6 ^{ab}	63.3 ^{ab}	9.9 ^{ijkl}	10 ^{ijkl}	9.3 ^{kl}
Lettuce Leaf	72.5 ^{ab}	69.1 ^{ab}	80.8 ^{ab}	15 ^{abcdeghijkl}	11.5 ^{ghijkl}	11.1 ^{hijkl}
Italian Large Leaf	88.3 ^{ab}	83.3 ^{ab}	86.6 ^{ab}	22.3 ^{abcdeghij}	23.6 ^{abcdegh}	22.3 ^{abcdeghij}
Genovese	78.3 ^{ab}	74.1 ^{ab}	82.5 ^{ab}	11.5 ^{ghijkl}	13.6 ^{deghijkl}	12.1 ^{ghijkl}
Dolly	83.3 ^{ab}	86.6 ^{ab}	82.5 ^{ab}	12.1 ^{ghijkl}	13 ^{efghijkl}	12.3 ^{efghijkl}
Emily	76.6 ^{ab}	74.1 ^{ab}	80.8 ^{ab}	11.5 ^{ghijkl}	11.1 ^{hijkl}	12 ^{ghijkl}
Genovese Italian	85 ^{ab}	89.1 ^{ab}	92.5 ^{ab}	25.2 ^{abcde}	26.6 ^{ab}	26.2 ^{abcd}
Dolce Vita Blend	69.1 ^{ab}	62.5 ^{ab}	74.1 ^{ab}	16.8 ^{abcdeghijkl}	15.2 ^{abcdeghijkl}	16.1 ^{abcdeghijkl}
Napoletano	54.1 ^{ab}	54.1 ^{ab}	50.8 ^b	12.7 ^{efghijkl}	9.5 ^{kl}	7.3 ^l

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Scheffe, $p=0.05$).

La altura de plántula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=19,2340=92.00$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=2,2340=2497.38$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades x NaCl ($F=38,2340=22.83$; $p\leq 0.001$). Biomasa fresca de parte aérea presentó diferencias significativas entre variedades ($F=19,180=15.27$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=2,180=67.11$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades x NaCl ($F=38,180=4.23$; $p\leq 0.001$). Por su parte la variable biomasa seca de parte aérea mostró diferencias significativas entre variedades ($F=19,180=10.75$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=2,180=13.39$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades x NaCl ($F=38,180=9.97$; $p\leq 0.001$). Las variedades evaluadas mostraron una respuesta diferencial en la interacción variedadxsalinidad en cada concentración salina para la altura de plántula

(Tabla 4), observándose en la concentración de 0 mM de NaCl los valores superiores de altura para las variedades en estudio y los valores menores en las concentraciones salinas de 50 y 100 mM de NaCl. También se presentaron diferencias significativas en la interacción variedad \times salinidad para la variable biomasa fresca y seca de la parte aérea (Tabla 4). Las variedades mostraron valores superiores en la concentración de 50 y 100 mM de NaCl y los valores inferiores en la concentración de 0 mM de NaCl.

Tabla 3. Respuesta de la interacción de los factores variedad × salinidad en la longitud de la radícula y la biomasa fresca y seca de la radícula de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Longitud de radícula* (cm)			Biomasa fresca de radícula* (mg)			Biomasa seca de radícula* (mg)		
	mM NaCl			mM NaCl			mM NaCl		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
<i>Sweet Dani</i>	3.50 ^{cdefg}	2.23 ^{ijklmnño}	1.49 ^{mññopqrstuvw}	0.020 ^{cd}	0.021 ^{cd}	0.015 ^{cd}	0.002 ^a	0.001 ^a	0.001 ^a
<i>Lemon</i>	3.44 ^{cdefgh}	3.14 ^{defghij}	1.59 ^{lmññopqrstuvw}	0.027 ^{cd}	0.021 ^{cd}	0.023 ^{cd}	0.001 ^a	0.001 ^a	0.001 ^a
<i>Sweet Genovese</i>	2.49 ^{ghijklmn}	1.52 ^{nñopqrstuvw}	1.06 ^{pqrstuvw}	0.18 ^a	0.033 ^{bcd}	0.029 ^{cd}	0.001 ^a	0.001 ^a	0.001 ^a
<i>Siam Queen</i>	2.15 ^{ijklmnñopq}	1.76 ^{klmnñopqrstu}	1.27 ^{opqrstuvw}	0.009 ^d	0.013 ^d	0.013 ^d	0.001 ^a	0.001 ^a	0.003 ^a
<i>Red Rubin</i>	2.16 ^{ijklmnñop}	1.96 ^{klmnñopqrstu}	1.74 ^{klmnñopqrstu}	0.020 ^{cd}	0.021 ^{cd}	0.029 ^{cd}	0.001 ^a	0.001 ^a	0.001 ^a
<i>Thai</i>	3.08 ^{defghij}	2.08 ^{ijklmnñopqr}	1.36 ^{ñopqrstuvw}	0.015 ^{cd}	0.024 ^{cd}	0.031 ^{bcd}	0.001 ^a	0.001 ^a	0.001 ^a
<i>Dark Opal</i>	1.94 ^{klmnñopqrst}	1.70 ^{klmnñopqrstu}	0.92 ^{tuvw}	0.019 ^{cd}	0.021 ^{cd}	0.014 ^d	0.004 ^a	0.001 ^a	0.002 ^a
<i>Spicy Glove</i>	1.61 ^{lmññopqrstuv}	1.61 ^{lmññopqrstuv}	0.97 ^{stuvw}	0.024 ^{cd}	0.032 ^{bcd}	0.033 ^{bcd}	0.001 ^a	0.001 ^a	0.001 ^a
<i>Licorice</i>	3.99 ^{bcd}	2.67 ^{fghijkl}	1.09 ^{pqrstuvw}	0.035 ^{bcd}	0.055 ^{bcd}	0.026 ^{cd}	0.003 ^a	0.002 ^a	0.002 ^a
<i>Cinnamon</i>	2.25 ^{ijklmnño}	2.04 ^{ijklmnñopqrs}	2.08 ^{ijklmnñopqrs}	0.013 ^d	0.018 ^{cd}	0.018 ^{cd}	0.002 ^a	0.001 ^a	0.001 ^a
<i>Mrs Burns</i>	5.44 ^a	4.63 ^{ab}	2.58 ^{fghijklm}	0.043 ^{bcd}	0.053 ^{bcd}	0.055 ^{bcd}	0.001 ^a	0.002 ^a	0.004 ^a
<i>Purple Ruffles</i>	2.79 ^{efghijk}	2.32 ^{ijklmnño}	1.45 ^{nñopqrstuvw}	0.039 ^{bcd}	0.041 ^{bcd}	0.030 ^{bcd}	0.001 ^a	0.001 ^a	0.003 ^a
<i>Lettuce Leaf</i>	4.30 ^{bc}	3.17 ^{defghi}	0.98 ^{stuvw}	0.044 ^{bcd}	0.081 ^{bcd}	0.029 ^{cd}	0.003 ^a	0.004 ^a	0.007 ^a
<i>Italian Large Leaf</i>	3.80 ^{bcde}	2.58 ^{fghijklm}	0.49 ^w	0.049 ^{bcd}	0.050 ^{bcd}	0.014 ^d	0.003 ^a	0.003 ^a	0.001 ^a
<i>Genovese</i>	3.94 ^{bcd}	2.35 ^{hijklmnño}	1.05 ^{qrstuvw}	0.047 ^{bcd}	0.067 ^{bcd}	0.034 ^{bcd}	0.003 ^a	0.003 ^a	0.002 ^a
<i>Dolly</i>	4.39 ^{abc}	2.43 ^{ghijklmnñ}	0.71 ^{uvw}	0.040 ^{bcd}	0.077 ^{bcd}	0.028 ^{cd}	0.004 ^a	0.004 ^a	0.002 ^a
<i>Emily</i>	3.79 ^{bcde}	2.45 ^{fghijklmnñ}	0.82 ^{uvw}	0.12 ^{ab}	0.10 ^{abc}	0.033 ^{bcd}	0.011 ^a	0.009 ^a	0.003 ^a
<i>Genovese Italian</i>	3.80 ^{bcde}	2.65 ^{fghijkl}	0.58 ^{vw}	0.033 ^{bcd}	0.060 ^{bcd}	0.072 ^{bcd}	0.010 ^a	0.004 ^a	0.001 ^a
<i>Dolce Vita Blend</i>	4.50 ^{abc}	3.07 ^{defghij}	1.07 ^{pqrstuvw}	0.048 ^{bcd}	0.071 ^{bcd}	0.055 ^{bcd}	0.003 ^a	0.004 ^a	0.006 ^a
<i>Napoletano</i>	3.55 ^{bcdef}	2.23 ^{ijklmnño}	0.71 ^{uvw}	0.044 ^{bcd}	0.045 ^{bcd}	0.020 ^{cd}	0.003 ^a	0.002 ^a	0.002 ^a

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Scheffe, $p=0.05$).

Tabla 4. Respuesta de la interacción de los factores variedad × salinidad en la altura de la plántula y la biomasa fresca y seca de parte aérea de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Altura de plántula* (cm)			Biomasa fresca parte aérea* (mg)			Biomasa seca parte aérea* (mg)		
	mM NaCl			mM NaCl			mM NaCl		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
<i>Sweet Dani</i>	1.52 ^{cdefghijkl}	2.00 ^{ab}	1.19 ^{klmnopq}	0.15 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.16 ^{ab}	0.005 ^b	0.007 ^b	0.008 ^b
<i>Lemon</i>	1.41 ^{defghijklmno}	1.80 ^{abcdef}	1.05 ^{mnoqrst}	0.11 ^{ab}	0.11 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.005 ^b	0.005 ^b	0.005 ^b
<i>Sweet Genovese</i>	1.49 ^{cdefghijklmn}	1.76 ^{abcdefg}	1.03 ^{noqrst}	0.18 ^{ab}	0.17 ^{ab}	0.13 ^{ab}	0.006 ^b	0.007 ^b	0.007 ^b
<i>Siam Queen</i>	1.55 ^{cdefghij}	1.31 ^{ghijklmnop}	1.00 ^{opqrst}	0.10 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.013 ^b	0.005 ^b	0.004 ^b
<i>Red Rubin</i>	1.50 ^{cdefghijklm}	2.05 ^{ab}	1.20 ^{ijklmnopq}	0.11 ^{ab}	0.14 ^{ab}	0.13 ^{ab}	0.004 ^b	0.005 ^b	0.006 ^b
<i>Thai</i>	1.44 ^{defghijklmno}	1.85 ^{abcde}	1.09 ^{klmnopqrs}	0.13 ^{ab}	0.16 ^{ab}	0.14 ^{ab}	0.005 ^b	0.006 ^b	0.006 ^b
<i>Dark Opal</i>	1.48 ^{defghijklmnn}	1.76 ^{abcdetg}	1.07 ^{lmnopqr}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.004 ^b	0.004 ^b	0.005 ^b
<i>Spicy Glove</i>	1.55 ^{cdefghij}	1.36 ^{ghijklmno}	1.04 ^{nnoqrst}	0.08 ^{ab}	0.11 ^{ab}	0.08 ^{ab}	0.003 ^b	0.003 ^b	0.003 ^b
<i>Licorice</i>	1.47 ^{defghijklmnñ}	2.17 ^a	0.87 ^{pqrstu}	0.09 ^{ab}	0.22 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.006 ^b	0.008 ^b	0.009 ^b
<i>Cinnamon</i>	1.70 ^{bcdefgh}	1.70 ^{bcdefgh}	1.27 ^{hijklmnñop}	0.05 ^b	0.08 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.002 ^b	0.004 ^b	0.004 ^b
<i>Mrs Burns</i>	1.52 ^{cdefghijkl}	1.86 ^{abcd}	1.33 ^{ghijklmnno}	0.11 ^{ab}	0.18 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.005 ^b	0.007 ^b	0.008 ^b
<i>Purple Ruffles</i>	1.22 ^{ijklmno}	1.53 ^{cdefghijk}	0.61 ^{stu}	0.10 ^{ab}	0.15 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.005 ^b	0.006 ^b	0.006 ^b
<i>Lettuce Leaf</i>	1.49 ^{defghij}	1.64 ^{bcdefghij}	0.65 ^{stu}	0.14 ^{ab}	0.27 ^{ab}	0.24 ^{ab}	0.007 ^b	0.011 ^b	0.008 ^b
<i>Italian Large Leaf</i>	1.40 ^{efghijklmnno}	1.32 ^{ghijklmnop}	0.45 ^u	0.11 ^{ab}	0.16 ^{ab}	0.17 ^{ab}	0.006 ^b	0.007 ^b	0.009 ^b
<i>Genovese</i>	1.38 ^{fghijklmnno}	1.35 ^{fghijklmnno}	0.78 ^{qrstu}	0.10 ^{ab}	0.16 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.006 ^b	0.008 ^b	0.011 ^b
<i>Dolly</i>	1.04 ^{nnoqrst}	1.21 ^{ijklmno}	0.49 ^u	0.11 ^{ab}	0.29 ^{ab}	0.32 ^{ab}	0.007 ^b	0.009 ^b	0.012 ^b
<i>Emily</i>	1.35 ^{tghijklmnno}	1.46 ^{defghijklmnn}	0.50 ^u	0.11 ^{ab}	0.18 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.006 ^b	0.008 ^b	0.010 ^b
<i>Genovese Italian</i>	1.29 ^{hijklmnno}	1.40 ^{fghijklmnno}	0.47 ^u	0.09 ^{ab}	0.35 ^a	0.21 ^{ab}	0.006 ^b	0.009 ^b	0.14 ^a
<i>Dolce Vita Blend</i>	1.46 ^{defghijklmnñ}	1.94 ^{abc}	0.72 ^{rstu}	0.13 ^{ab}	0.29 ^{ab}	0.24 ^{ab}	0.007 ^b	0.013 ^b	0.008 ^b
<i>Napoletano</i>	1.43 ^{defghijklmnno}	1.65 ^{bcdeetghi}	0.58 ^{tu}	0.12 ^{ab}	0.23 ^{ab}	0.24 ^{ab}	0.007 ^b	0.010 ^b	0.011 ^b

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Scheffe, $p=0.05$).

6.1.3 Selección de variedades tolerantes y sensibles a la salinidad en la etapa de germinación

El análisis de conglomerado jerárquico y de ligamiento completo a través de la distancia Euclidiana permitió agrupar a las veinte variedades en cinco grupos en la etapa de germinación, basado en los índices de tolerancia (Figura 1), lo que revela la existencia de variabilidad entre los materiales evaluados. El grupo uno formado por las variedades *Napoletano*, *Genovese Italian* y *Dolly*, fue el que presentó los índices de tolerancia relativa mayores para todas las variables evaluadas (Tabla 5). Las variedades *Purple Ruffles*, *Dolce Vita Blend*, *Lettuce Leaf*, *Mrs Burns*, *Genovese*, *Emily*, *Italian Large Leaf*, *Licorice*, *Spicy Glove*, *Cinnamon*, *Red Rubin Thai*, *Siam Queen*, se ubicaron en los grupos dos, tres y cuatro, presentando valores similares de tolerancia relativa y las variedades *Sweet Genovese*, *Lemon*, *Dark Opal*, *Sweet Dani* se ubicaron en el quinto grupo clasificadas como sensibles, por tener los valores menores de tolerancia en las variables estudiadas.

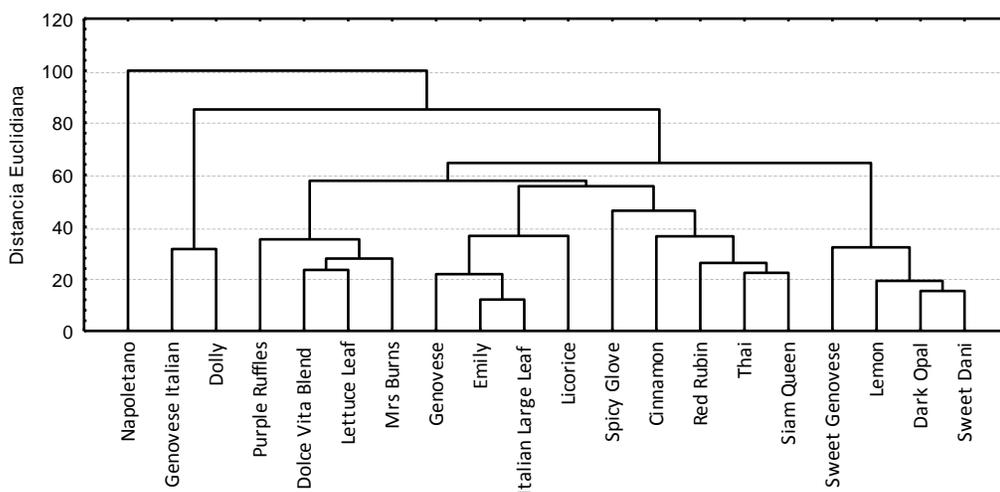


Figura 1. Agrupamiento de las variedades de albahaca basado en las variables morfométricas en la etapa de germinación.

Tabla 5. Valores promedio de los índices de tolerancia relativa a la salinidad de las variedades de albahaca en la etapa de germinación.

Grupos	Variedades	Índice de tolerancia relativa					
		AP (%)	LR (%)	BFR (%)	BSR (%)	BFPA (%)	BSPA (%)
I	Napoletano, Genovese Italian, Dolly.	94.4	96.10	95.40	94.0	96.20	94.20
II	Purple Ruffles, Dolce Vita Blend, Lettuce Leaf, Mrs Burns.	80.23	82.34	85.10	86.23	84.45	86.43
III	Genovese, Emily, Italian Large Leaf, Licorice.	81.12	80.20	84.23	85.12	83.86	87.44
IV	Spicy Glove, Cinnamon, Red Rubin Thai, Siam Queen.	83.45	81.30	83.35	87.23	85.23	83.65
V	Sweet Genovese, Lemon, Dark Opal, Sweet Dani.	62.34	65.35	67.10	68.25	66.34	63.21

AP: altura de plántula, LR: longitud de radícula; BFR: biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea.

6.2 Efecto de la salinidad en variedades de albahaca en la etapa de emergencia

6.2.1 Porcentaje y tasa de emergencia

Se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120}=1.99$, $p\leq 0.01$) y entre tratamientos de NaCl ($F_{2,120}=16.69$, $p\leq 0.001$) para porcentaje de emergencia. La interacción variedades \times NaCl no mostró diferencias significativas ($p>0.05$). La tabla 6 muestra la respuesta diferencial del porcentaje de emergencia de las variedades de albahaca sometidas a estrés por NaCl. La variedad con mayor porcentaje de emergencia fue *Thai*, mientras que *Sweet Genovese* y *Napoletano* exhibieron los menores porcentajes para esta variable. En relación a los tratamientos de NaCl, el porcentaje de emergencia fue mayor en el control (0 mM) y en 50 mM, seguido de 100 mM (Figura 2). La tasa de emergencia mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120}=1.78$, $p\leq 0.03$) y entre tratamientos de NaCl ($F_{2,120}=14.87$, $p\leq 0.001$). La interacción variedades \times NaCl no mostró diferencias significativas ($p>0.844$). La tabla 6 muestra que la variedad *Thai* presentó la mayor tasa de emergencia, seguida por *Cinnamon*, mientras que la variedad con tasa menor fue *Sweet Genovese*. En relación a los tratamientos de NaCl, la tasa de emergencia fue mayor en el control (0 mM) y en 50 mM, mostrando valores inferiores en 100 mM (Figura 2).

Tabla 6. Porcentaje y tasa de emergencia de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Porcentaje de emergencia* (%)	Tasa de emergencia*
<i>Sweet Dani</i>	65,00 ^{bc}	1,44 ^{bcd}
<i>Lemon</i>	67,77 ^{bc}	1,44 ^{bcd}
<i>Sweet Genovese</i>	63,33 ^c	1,33 ^d
<i>Siam Queen</i>	70,00 ^{bc}	1,51 ^{abcd}
<i>Red Rubin</i>	75,00 ^{ab}	1,66 ^{abc}
<i>Thai</i>	82,22 ^a	1,75 ^a
<i>Dark Opal</i>	71,66 ^{bc}	1,56 ^{abcd}
<i>Spicy Glove</i>	68,88 ^{bc}	1,57 ^{abcd}
<i>Licorice</i>	70,00 ^{bc}	1,62 ^{abc}
<i>Cinnamon</i>	75,55 ^{ab}	1,71 ^{ab}
<i>Mrs Burns</i>	69,44 ^{bc}	1,52 ^{abcd}
<i>Purple Ruffles</i>	64,44 ^{bc}	1,40 ^{cd}
<i>Lettuce Leaf</i>	65,55 ^{bc}	1,51 ^{abcd}
<i>Italian Large Leaf</i>	68,33 ^{bc}	1,57 ^{abcd}
<i>Genovese</i>	68,88 ^{bc}	1,61 ^{abcd}
<i>Dolly</i>	69,44 ^{bc}	1,54 ^{abcd}
<i>Emily</i>	67,22 ^{bc}	1,48 ^{abcd}
<i>Genovese Italian</i>	67,22 ^{bc}	1,45 ^{bcd}
<i>Dolce Vita Blend</i>	64,44 ^{bc}	1,38 ^{cd}
<i>Napoletano</i>	62,22 ^c	1,38 ^{cd}

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey $p=0.05$).

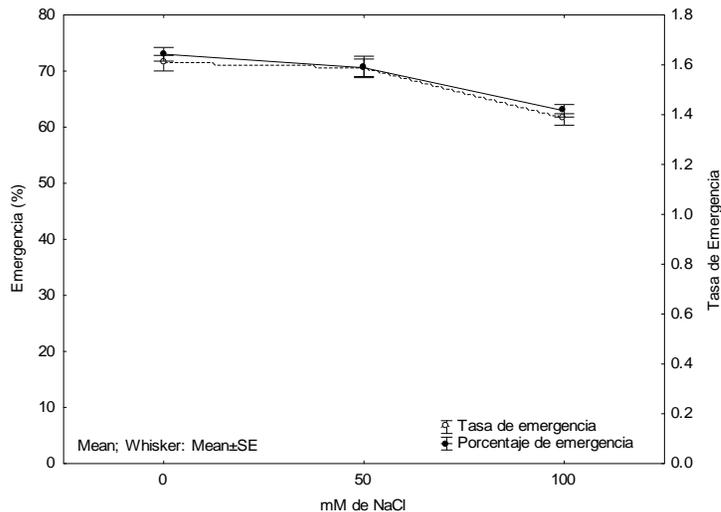


Figura 2. Efecto del NaCl en el porcentaje y tasa de emergencia de variedades de albahaca.

6.2.1.2 Variables morfométricas

Se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,120}=16.93$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,120}=1120.73$; $p\leq 0.001$) y la interacción de ambos factores, variedades \times NaCl ($F=_{38,120}=8.30$; $p\leq 0.001$) para longitud de radícula. La variable biomasa fresca de radícula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,120}=130.10$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,120}=212.08$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,120}=8.46$; $p\leq 0.001$). Biomasa seca de radícula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,120}=23.70$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,120}=36.28$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,120}=2.77$; $p\leq 0.001$). La altura de plántula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,120}=7.14$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,120}=308.67$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,120}=9.97$; $p\leq 0.001$). Biomasa fresca de parte aérea presentó diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,120}=146.28$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,120}=619.26$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,120}=13.65$; $p\leq 0.001$). También la variable biomasa seca de parte aérea mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,120}=80.00$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,120}=711.63$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,120}=13.06$; $p\leq 0.001$). Las variedades mostraron mayores valores de longitud de radícula, biomasa fresca de radícula y biomasa seca de radícula (Tabla 7) en la concentración de 0 mM y los valores menores en las concentraciones salinas mayores de 50 y 100 mM. La longitud de radícula (Tabla 7) muestra que las variedades *Sweet Dani*, *Italian Large Leaf* y *Thai*, mostraron la mayor longitud de radícula en 50 mM, mientras que el valor menor lo presentó la variedad *Siam Queen*. En 100 mM, la variedad *Red Rubin* mostró la mayor longitud de radícula, mientras que las variedades *Sweet Genovese*, *Emily* y *Genovese*, mostraron los valores inferiores para esta variable. *Sweet Dani* también mostró los valores mayores en longitud de radícula en el control, mientras que *Cinnamon* mostró la longitud menor de radícula. Para biomasa fresca de la radícula (Tabla 7) la variedad *Sweet Dani*, mostró los valores mayores en 0 mM, mientras que el valor menor lo presentó la variedad *Purple Ruffles*. En 50 y 100 mM, la variedad *Italian*

Large Leaf exhibió la mayor biomasa fresca de radícula y la variedad *Genovese Italian* mostró el valor inferior. La biomasa seca de la radícula (Tabla 7) fue mayor en las variedades *Sweet Dani* y *Dolly* en 0 mM, mientras que el valor menor lo presentó la variedad *Siam Queen*. *Dolly* también mostró mayor biomasa seca de radícula en 50 mM y la variedad *Siam Queen* mostró el valor inferior. Por su parte, *Emily* mostró mayor biomasa seca en 100 mM, mientras que las variedades *Purple Ruffles*, *Siam Queen* y *Cinnamon* mostraron la menor biomasa fresca de radícula respectivamente. También se presentaron diferencias significativas en la interacción variedad × salinidad para altura de plántula (Tabla 8) observándose en la concentración de 0 mM valores superiores para las variedades y valores inferiores en 50 y 100 mM. Las variedades *Sweet Dani* y *Genovese*, presentaron la mayor altura en 0 mM, mientras que el valor menor lo presentaron las variedades *Siam Queen* y *Spicy Glove*. En 50 mM, las variedades *Licorice* y *Napoletano* exhibieron la mayor altura de la plántula, mientras que la variedad *Lettuce Leaf* mostró el valor inferior. *Sweet Dani* también mostró los valores mayores de altura en 100 mM, siendo *Emily* e *Italian Large Leaf* las que mostraron menor altura. Las diferencias estadísticas en la interacción variedad × salinidad para biomasa fresca y seca de parte aérea (Tabla 8) mostró valores mayores en las concentración de 0 mM y valores inferiores en 50 y 100 mM. La biomasa fresca de parte aérea fue mayor en *Thai* en 0 mM, mientras que valores menores lo presentaron las variedades *Genovese Italian* y *Cinnamon*. En 50 mM, la variedad *Dolly* mostró la mayor biomasa fresca de parte aérea, mientras que la variedad *Cinnamon*, mostró los menores valores. *Sweet Genovese* mostró los valores mayores en 100 mM, mientras que *Cinnamon* mostró los valores menores. La biomasa seca de parte aérea fue mayor *Thai* en 0 mM y menor en *Genovese Italian*. En 50 mM, la variedad *Sweet Genovese* mostró mayor biomasa seca, mientras que las variedades *Genovese Italian* y *Purple Ruffles*, mostraron los menores valores. *Dolly* mostró mayor biomasa seca en 100 mM y *Genovese Italian* el valor menor.

Tabla 7. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la longitud de la radícula y la biomasa fresca y seca de la radícula de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Longitud de radícula* (cm)			Biomasa fresca de radícula* (mg)			Biomasa seca de radícula* (mg)		
	mM NaCl			mM NaCl			mM NaCl		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
<i>Sweet Dani</i>	6,38 ^a	2,92 ^a	1,49 ^{abc}	671,70 ^a	478,93 ^{ab}	219,13 ^b	44,66 ^a	24,13 ^b	11,30 ^{bc}
<i>Lemon</i>	3,30 ^{cdefg}	2,29 ^{abc}	1,60 ^{abc}	158,57 ^{ghi}	131,00 ^{gh}	105,17 ^{def}	8,93 ^{ghi}	7,56 ^{fgh}	6,36 ^{bc}
<i>Sweet Genovese</i>	3,10 ^{defg}	2,76 ^{ab}	1,07 ^c	367,47 ^{bcd}	364,03 ^{bcde}	244,47 ^b	16,63 ^{de}	11,33 ^{efg}	11,00 ^{bc}
<i>Siam Queen</i>	2,75 ^{fg}	1,81 ^c	1,17 ^{abc}	121,80 ^{hij}	77,00 ^{gh}	44,33 ^g	5,10 ⁱ	3,93 ^h	2,86 ^c
<i>Red Rubin</i>	3,60 ^{bcdef}	2,40 ^{abc}	1,76 ^a	478,10 ^b	308,70 ^{de}	231,00 ^b	23,00 ^c	15,06 ^{cde}	11,33 ^{bc}
<i>Thai</i>	3,65 ^{bcde}	2,77 ^a	1,57 ^{abc}	354,57 ^{cde}	250,20 ^{ef}	155,60 ^{cd}	16,53 ^{de}	14,23 ^{def}	10,40 ^{bc}
<i>Dark Opal</i>	3,55 ^{bcdef}	2,39 ^{abc}	1,11 ^{bc}	284,73 ^{def}	182,37 ^{fg}	131,87 ^{cde}	10,83 ^{fgh}	8,50 ^{efgh}	6,13 ^{bc}
<i>Spicy Glove</i>	3,03 ^{efg}	2,50 ^{abc}	1,15 ^{abc}	275,13 ^{defg}	189,63 ^{fg}	122,76 ^{de}	14,66 ^{ef}	12,47 ^{def}	9,00 ^{bc}
<i>Licorice</i>	3,61 ^{bcdef}	2,23 ^{abc}	1,14 ^{abc}	178,43 ^{fgh}	116,10 ^{gh}	91,00 ^{efg}	22,33 ^c	12,73 ^{def}	5,66 ^{bc}
<i>Cinnamon</i>	2,54 ^g	2,03 ^{abc}	1,17 ^{abc}	241,30 ^{efgh}	141,57 ^{fgh}	104,90 ^{def}	12,96 ^{efg}	10,53 ^{efgh}	5,00 ^c
<i>Mrs Burns</i>	4,18 ^b	2,41 ^{abc}	1,51 ^{abc}	348,83 ^{cde}	257,70 ^{ef}	188,40 ^{bc}	16,50 ^{de}	9,50 ^{efgh}	7,10 ^{bc}
<i>Purple Ruffles</i>	3,04 ^{efg}	2,16 ^{abc}	1,45 ^{abc}	13,10 ^j	73,00 ^{gh}	56,73 ^{fg}	6,23 ^{hi}	4,23 ^{gh}	2,23 ^c
<i>Lettuce Leaf</i>	3,32 ^{cdefg}	1,86 ^{bc}	1,23 ^{abc}	361,87 ^{bcd}	350,57 ^{cde}	187,97 ^{bc}	22,93 ^c	18,53 ^{bcd}	18,23 ^{abc}
<i>Italian Large Leaf</i>	3,67 ^{bcde}	2,82 ^a	1,44 ^{abc}	477,83 ^b	494,80 ^a	364,87 ^a	35,00 ^b	22,56 ^b	24,07 ^{abc}
<i>Genovese</i>	3,92 ^{bcd}	2,19 ^{abc}	0,99 ^c	385,66 ^{bcd}	387,40 ^{abcd}	228,87 ^b	32,60 ^b	21,83 ^{bc}	22,80 ^{abc}
<i>Dolly</i>	4,03 ^{bc}	2,34 ^{abc}	1,71 ^{ab}	432,63 ^{bc}	434,97 ^{abc}	354,80 ^a	43,16 ^a	31,56 ^a	31,80 ^{ab}
<i>Emily</i>	3,60 ^{bcdef}	2,46 ^{abc}	1,04 ^c	180,36 ^{fgh}	170,47 ^{fg}	120,37 ^{de}	23,76 ^c	15,13 ^{cde}	40,76 ^a
<i>Genovese Italian</i>	3,63 ^{bcde}	2,56 ^{abc}	1,49 ^{abc}	51,93 ^{ij}	51,17 ^h	38,00 ^g	21,13 ^{cd}	10,60 ^{efgh}	10,86 ^{bc}
<i>Dolce Vita Blend</i>	3,08 ^d	2,53 ^{abc}	1,49 ^{abc}	139,33 ^{hi}	139,73 ^{fgh}	105,50 ^{def}	15,20 ^{ef}	10,73 ^{efgh}	11,06 ^{bc}
<i>Napoletano</i>	3,62 ^{bcde}	2,37 ^{abc}	1,24 ^{abc}	169,40 ^{fghi}	168,47 ^{fgh}	116,57 ^{de}	15,33 ^{ef}	9,76 ^{efgh}	9,70 ^{bc}

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey $p=0.05$).

Tabla 8. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la altura de la plántula y la biomasa fresca y seca de parte aérea de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Altura de plántula*			Biomasa fresca parte aérea*			Biomasa seca parte aérea*		
	(cm)			(mg)			(mg)		
	mM NaCl			mM NaCl			mM NaCl		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
<i>Sweet Dani</i>	1,98 ^a	1,37 ^{ab}	1,20 ^a	652,36 ^{abc}	454,33 ^{bcde}	253,16 ^{defg}	54,00 ^{ab}	34,00 ^{bcdefg}	16,06 ^{fghij}
<i>Lemon</i>	1,09 ^{gh}	1,18 ^{bc}	0,99 ^{abc}	282,13 ^{hi}	261,03 ^{hij}	238,70 ^{fg}	40,00 ^{efg}	28,10 ^{efghi}	22,70 ^{def}
<i>Sweet Genovese</i>	1,14 ^{fgh}	1,34 ^{ab}	1,11 ^{ab}	542,50 ^{de}	544,50 ^{ab}	451,30 ^a	58,00 ^{ab}	48,00 ^a	38,23 ^{ab}
<i>Siam Queen</i>	1,01 ^h	1,16 ^{bc}	0,95 ^{abcd}	361,86 ^{gh}	265,30 ^{hij}	151,57 ^{hij}	41,23 ^{efg}	29,03 ^{defghi}	11,23 ^{ijk}
<i>Red Rubin</i>	1,49 ^{bcdefg}	1,22 ^{bc}	0,98 ^{abc}	618,36 ^{bcd}	521,60 ^{abc}	317,57 ^{cde}	50,00 ^{bcde}	37,86 ^{abcde}	26,33 ^{cd}
<i>Thai</i>	1,33 ^{defgh}	1,15 ^{bc}	1,10 ^{ab}	732,40 ^a	536,00 ^{ab}	374,23 ^{bc}	64,00 ^a	44,66 ^{ab}	24,00 ^{cde}
<i>Dark Opal</i>	1,38 ^{cdefgh}	1,13 ^{bc}	0,97 ^{abcd}	421,60 ^{fg}	427,30 ^{cde}	221,30 ^{fghi}	43,33 ^{def}	29,73 ^{defghi}	9,93 ^{jk}
<i>Spicy Glove</i>	1,01 ^h	1,16 ^{bc}	1,01 ^{abc}	414,76 ^{fg}	319,00 ^{fgh}	212,00 ^{fghi}	41,00 ^{efg}	24,10 ^{ghij}	10,33 ^{jk}
<i>Licorice</i>	1,23 ^{efgh}	1,62 ^a	0,86 ^{abcd}	475,30 ^{ef}	279,96 ^{ghi}	178,67 ^{ghij}	43,33 ^{def}	25,00 ^{fghij}	10,00 ^{jk}
<i>Cinnamon</i>	1,29 ^{efgh}	1,50 ^{ab}	1,02 ^{abc}	242,13 ⁱ	183,06 ^j	121,70 ^j	47,00 ^{cdef}	21,43 ^{hij}	10,66 ^{ijk}
<i>Mrs Burns</i>	1,34 ^{defgh}	1,31 ^{ab}	0,98 ^{abc}	680,07 ^{ab}	482,63 ^{abcd}	281,70 ^{def}	53,33 ^{bcd}	39,53 ^{abcd}	15,00 ^{ghijk}
<i>Purple Ruffles</i>	1,62 ^{abcde}	1,41 ^{ab}	0,62 ^{cd}	345,33 ^{gh}	276,53 ^{ghij}	162,20 ^{hij}	21,63 ^{ij}	16,83 ^j	12,33 ^{hijk}
<i>Lettuce Leaf</i>	1,20 ^{efgh}	0,93 ^c	0,78 ^{abcd}	391,37 ^{fg}	379,30 ^{ef}	242,06 ^{efg}	39,33 ^{fg}	26,40 ^{fghij}	26,06 ^{cd}
<i>Italian Large Leaf</i>	1,58 ^{abcdef}	1,14 ^{bc}	0,54 ^d	466,63 ^{ef}	449,50 ^{bcde}	381,30 ^{abc}	43,33 ^{def}	35,26 ^{bcdef}	31,00 ^{bc}
<i>Genovese</i>	1,98 ^a	1,14 ^{bc}	0,80 ^{abcd}	411,07 ^{fg}	409,13 ^{def}	319,50 ^{cd}	45,86 ^{cdef}	32,53 ^{cdefgh}	34,00 ^b
<i>Dolly</i>	1,80 ^{abc}	1,25 ^{abc}	0,72 ^{bcd}	570,03 ^{cd}	567,66 ^a	433,87 ^{ab}	51,96 ^{bcd}	42,00 ^{abc}	41,70 ^a
<i>Emily</i>	1,70 ^{abcd}	1,46 ^{ab}	0,54 ^d	277,56 ^{hi}	277,93 ^{ghij}	212,96 ^{fghi}	32,66 ^{gh}	20,10 ^{ij}	20,40 ^{defg}
<i>Genovese Italian</i>	1,53 ^{bcdefg}	1,48 ^{ab}	0,62 ^{cd}	211,73 ⁱ	201,96 ^j	149,66 ^j	15,46 ^j	15,36 ^j	8,05 ^k
<i>Dolce Vita Blend</i>	1,54 ^{bcdefg}	1,21 ^{bc}	0,74 ^{bcd}	277,70 ^{hi}	258,46 ^{hij}	212,67 ^{fghi}	23,23 ^{hij}	20,00 ^{ij}	19,63 ^{defgh}
<i>Napoletano</i>	1,93 ^{ab}	1,61 ^a	0,60 ^{cd}	374,33 ^g	371,03 ^{efg}	226,00 ^{fgh}	26,90 ^{hi}	26,50 ^{fghij}	17,90 ^{efghi}

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey $p=0.05$).

6.2.1.3 Selección de variedades tolerantes y sensibles a la salinidad en la etapa de emergencia

Al realizar el agrupamiento de las variedades en cuanto a sus índices de tolerancia a la salinidad en la etapa de emergencia, estas se dividieron en tres grupos, lo que evidencia la existencia de variabilidad genética en cuanto a la respuesta al estrés salino (Figura 3). El grupo uno formado por las variedades *Lettuce Leaf*, *Dark Opal*, *Napoletano*, *Purple Ruffles* y *Red Rubin* mostraron los índices de tolerancia mayores (Tabla 9); las variedades *Genovese Italian*, *Dolce Vita Blend*, *Dolly*, *Genovese*, *Mrs Burns*, *Italian Large Leaf*, *Sweet Dani* y *Lemon* formaron el grupo dos mostrando valores inferiores de tolerancia y clasificadas como moderadamente tolerantes y el grupo tres formado por las variedades *Licorice*, *Spicy Glove*, *Cinnamon*, *Thai*, *Emily*, *Siam Queen* y *Sweet Genovese*, clasificadas como sensibles a la salinidad al presentar los valores de tolerancia menores en las variables evaluadas (Tabla 9). Las etapas de germinación y emergencia se consideran una fase crítica del cultivo y las variedades pudieran ser utilizadas como progenitores en programas de mejoramiento, dirigidos a aumentar la tolerancia del cultivo a la salinidad durante esta etapa.

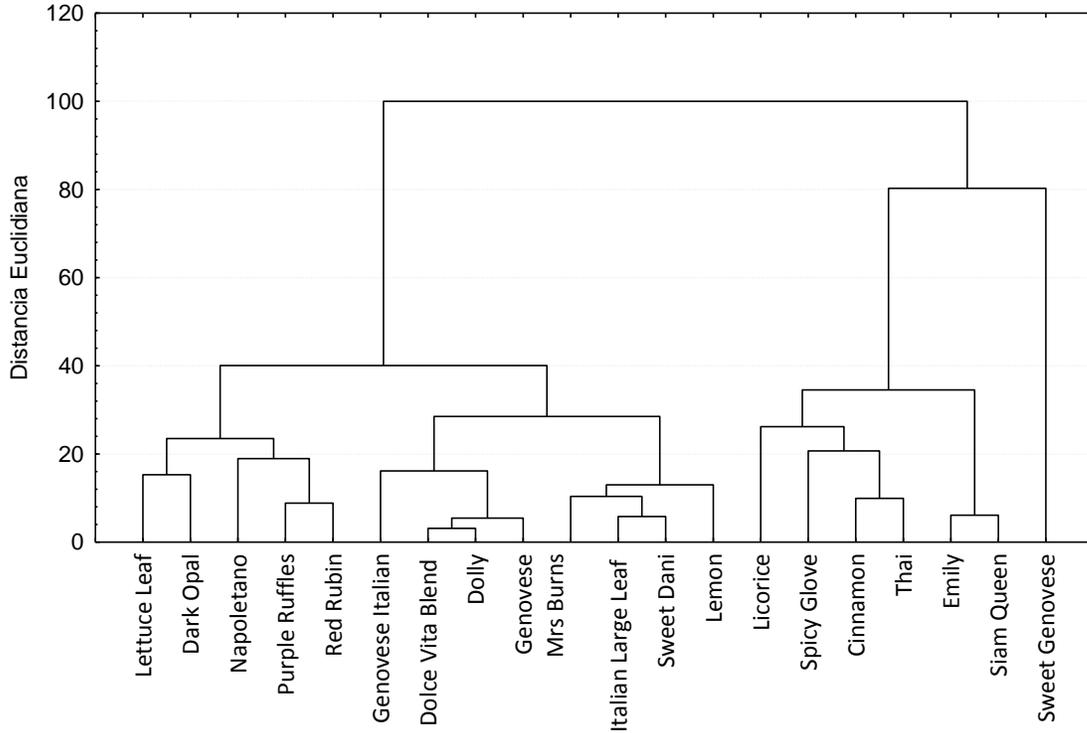


Figura 3. Agrupamiento de las variedades de albahaca basado en las variables morfológicas en la etapa de emergencia.

Tabla 9. Valores promedios de los índices de tolerancia relativa de las variedades de albahaca en la etapa de emergencia.

Grupos	Variedades	Índices de tolerancia relativa					
		AP (%)	LR (%)	BFR (%)	BSR (%)	BFPA (%)	BSPA (%)
I	Lettuce Leaf, Dark Opal, Napoletano, Purple Ruffles, Red Rubin.	85.35	87.30	86.25	88.50	87.45	89.55
II	Genovese Italian, Dolce Vita Blend, Dolly, Genovese, Mrs Burns, Italian Large Leaf, Sweet Dani, Lemon.	72.56	70.35	73.5	72.74	72.32	72.30
III	Licorice, Spicy Glove, Cinnamon, Thai, Emily, Siam Queen, Sweet Genovese.	60.25	61.35	60.55	62.45	60.34	61.50

AP: altura de plántula, LR: longitud de radícula; BFR: biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea.

6.3 Efecto de la salinidad en variedades de albahaca en la etapa de crecimiento vegetativo inicial

6.3.1 Variables morfométricas

Se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=296.67$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=1966.85$; $p\leq 0.001$) y la interacción de ambos factores, variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=17.98$; $p\leq 0.001$) para longitud de radícula. La variable biomasa fresca de radícula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=359.36$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=1336.54$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=16.64$; $p\leq 0.001$). Biomasa seca de radícula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=393.14$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=3104.71$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=33.36$; $p\leq 0.001$). La altura de la planta también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=130.81$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=1653.70$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=6.10$; $p\leq 0.001$). Biomasa fresca de tallo presentó diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=268.38$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=1532.67$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=19.53$; $p\leq 0.001$). También la variable biomasa seca de tallo mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=366.53$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=3039.76$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=30.68$; $p\leq 0.001$). Biomasa fresca de hoja presentó diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=328.71$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=643.48$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=14.62$; $p\leq 0.001$). También la variable biomasa seca de hoja mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=174.60$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=801.84$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=8.06$; $p\leq 0.001$). El área foliar también mostró diferencias significativas entre variedades ($F=_{19,180}=32.51$; $p\leq 0.001$), tratamientos de NaCl ($F=_{2,180}=317.29$; $p\leq 0.001$) y la interacción variedades \times NaCl ($F=_{38,180}=3.45$; $p\leq 0.001$).

Todas las variables de las variedades mostraron valores mayores en el control (0 mM) y disminuyeron conforme los niveles de NaCl se incrementaron (Tabla 10, 11 y 12). Para longitud de raíz, las variedades *Sweet Dani* y *Dolly*, mostraron los valores

mayores en 0, 50 y 100 mM. Las variedades *Emily*, *Red Rubin* y *Genovese Italian* e *Italian Large Leaf*, mostraron los valores menores para esta variable en 0, 50 y 100 mM, respectivamente (Tabla 10). Para biomasa fresca de raíz, la variedad *Napoletano* mostró los valores mayores en 0, 50 y 100 mM, mientras que los valores menores en 0 mM, lo presentaron las variedades *Siam Queen*, *Red Rubin*, *Cinnamon*, *Italian Large Leaf* y *Emily*. La variedad *Red Rubin* mostró el valor inferior en 50 mM y *Siam Queen* en 100 mM (Tabla 10). Mientras que la variable biomasa seca de raíz fue mayor en la variedad *Napoletano* y menor en *Red Rubin* ambas en 0, 50 y 100 mM, respectivamente (Tabla 10).

La variedad *Dolly* presentó mayor longitud de tallo en 0 mM, mientras que el valor menor lo presentaron las variedades *Lemon*, *Spicy Glove*, *Cinnamon* y *Lettuce Leaf*. Las variedades *Sweet Dani* y *Spicy Glove* mostraron el mayor y menor valor en longitud de tallo en 50 mM, respectivamente. *Sweet Dani* y *Dolly* mostraron los valores mayores de longitud de tallo en 100 mM, siendo *Lemon* la que mostró menor altura (Tabla 10).

Por su parte, la biomasa fresca de tallo fue mayor en *Napoletano* y menor en *Purple Ruffles* en 0, 50 y 100 mM (Tabla 10). La biomasa seca de tallo fue mayor en *Thai* y *Napoletano* en 0 mM y menor en *Purple Ruffles*, *Lettuce Leaf*, *Emily* y *Genovese Italian*. La variedad *Napoletano* mostró mayor biomasa seca de tallo en 50 mM, mientras que las variedades *Lemon*, *Purple Ruffles*, *Lettuce Leaf* y *Emily* mostraron valores menores. Por su parte, *Napoletano*, *Thai* y *Dolly* mostraron mayor biomasa seca de tallo en 100 mM y *Purple Ruffles* el valor menor (Tabla 11).

La variedad *Napoletano* mostró mayor biomasa fresca de hoja en 0, 50 y 100 mM mientras que *Emily* mostró el valor menor en 0 mM; *Purple Ruffles* y *Emily* exhibieron los valores menores en 50 mM y las variedades *Lemon* y *Purple Ruffles* mostraron los valores inferiores en 100 mM (Tabla 12). La variedad *Napoletano* presentó el valor mayor de biomasa seca de hoja en 0, 50 y 100 mM, mientras que el valor menor lo presentaron las variedades *Purple Ruffles* y *Emily* en 50 mM y la variedad *Purple Ruffles* en 100 mM (Tabla 12).

La variedad *Sweet Dani* mostró los valores mayores de área foliar en 0 y 50 mM, mientras que los valores menores lo presentaron las variedades *Emily* y *Genovese*

para 0 y 50 mM. Las variedades *Sweet Dani* y *Sweet Genovese* exhibieron la mayor área foliar en 100 mM y las variedades *Genovese Italian* y *Emily* mostraron valores inferiores (Tabla 12).

Tabla 10. Respuesta de la interacción de los factores variedad × salinidad en la longitud de raíz y la biomasa fresca y seca de raíz de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Longitud de raíz (cm)			Biomasa fresca de raíz (g)			Biomasa seca de raíz (g)		
	mM NaCl			mM NaCl			mM NaCl		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Sweet Dani	19.92 ^a	15.25 ^a	11.25 ^a	14.19 ^b	7.84 ^b	5.10 ^b	2.67 ^b	1.48 ^c	0.70 ^b
Lemon	9.75 ^{cde}	4.90 ^{efgh}	3.00 ^{ghi}	8.76 ^c	5.05 ^c	1.99 ^{defgh}	1.26 ^{defg}	0.62 ^{fg}	0.17 ^{fghi}
Sweet Genovese	8.89 ^{def}	6.35 ^{cd}	4.68 ^{cde}	6.02 ^{defg}	4.21 ^{cde}	2.06 ^{defg}	1.28 ^{de}	0.89 ^d	0.33 ^{cde}
Siam Queen	10.87 ^{bc}	8.07 ^b	3.75 ^{defgh}	4.23 ^g	2.58 ^{efg}	1.08 ^h	0.95 ^{fgh}	0.50 ^g	0.24 ^{defghi}
Red Rubin	11.12 ^{bc}	4.27 ^h	2.72 ^{hi}	5.04 ^g	2.24 ^g	1.34 ^{fgh}	0.56 ⁱ	0.27 ^h	0.12 ⁱ
Thai	10.37 ^{bcd}	7.00 ^{bc}	3.37 ^{defghi}	8.23 ^c	3.75 ^{cdefg}	1.60 ^{efgh}	1.31 ^{cde}	0.49 ^g	0.13 ^{hi}
Dark Opal	12.00 ^b	6.15 ^{cde}	3.32 ^{efghi}	7.17 ^{cde}	4.25 ^{cd}	2.25 ^{cdef}	1.37 ^{cd}	0.65 ^{efg}	0.16 ^{ghi}
Spicy Glove	10.87 ^{bc}	5.75 ^{cdefg}	2.80 ^{hi}	5.25 ^{efg}	3.12 ^{defg}	1.59 ^{efgh}	0.85 ^{hi}	0.49 ^g	0.20 ^{fghi}
Licorice	11.62 ^b	6.85 ^{bc}	3.67 ^{defgh}	5.57 ^{defg}	3.38 ^{cdefg}	1.25 ^{gh}	1.48 ^{cd}	0.64 ^{efg}	0.24 ^{defghi}
Cinnamon	8.87 ^{def}	5.00 ^{defgh}	3.25 ^{fghi}	4.42 ^g	2.40 ^{fg}	1.25 ^{gh}	0.82 ^{hi}	0.52 ^{5g}	0.22 ^{defghi}
Mrs Burns	8.00 ^{efgh}	6.07 ^{cde}	4.27 ^{defg}	7.11 ^{cdef}	4.29 ^{cd}	2.63 ^{cd}	1.48 ^{cd}	0.82 ^{def}	0.35 ^{cd}
Purple Ruffles	7.95 ^{fgh}	4.62 ^{fgh}	2.50 ^{hi}	6.10 ^{defg}	3.00 ^{defg}	1.33 ^{fgh}	1.32 ^{cde}	0.64 ^{fg}	0.28 ^{cdefg}
Lettuce Leaf	8.20 ^{efg}	5.37 ^{defgh}	2.92 ^{ghi}	6.02 ^{defg}	4.05 ^{cdef}	2.47 ^{cde}	1.27 ^{def}	0.80 ^{def}	0.26 ^{cdefgh}
Italian Large Leaf	6.42 ^{ghi}	4.20 ^h	2.20 ⁱ	4.70 ^g	2.73 ^{defg}	1.47 ^{fgh}	0.94 ^{gh}	0.54 ^g	0.21 ^{efghi}
Genovese	8.07 ^{efgh}	6.40 ^{cd}	4.52 ^{def}	7.28 ^{cd}	4.27 ^{cd}	2.65 ^{cd}	1.61 ^c	0.85 ^{de}	0.40 ^c
Dolly	19.50 ^a	14.50 ^a	10.37 ^a	15.02 ^b	8.53 ^b	5.26 ^b	2.96 ^b	1.77 ^b	0.74 ^b
Emily	6.12 ⁱ	4.32 ^{gh}	5.97 ^{bc}	4.82 ^g	3.96 ^{cdef}	2.70 ^{cd}	1.03 ^{efgh}	0.80 ^{def}	0.34 ^{cd}
Genovese Italian	6.30 ^{hi}	4.10 ^h	2.80 ^{hi}	5.20 ^{fg}	4.15 ^{cde}	2.61 ^{cd}	1.19 ^{defg}	0.81 ^{def}	0.31 ^{cdef}
Dolce Vita Blend	11.37 ^{bc}	8.25 ^b	6.75 ^b	6.02 ^{defg}	4.14 ^{cde}	3.02 ^c	1.62 ^c	0.83 ^{def}	0.27 ^{cdefg}
Napoletano	8.87 ^{def}	5.87 ^{cdef}	4.75 ^{cd}	22.06 ^a	15.92 ^a	12.00 ^a	3.77 ^a	2.38 ^a	1.46 ^a

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$).

Tabla 11. Respuesta de la interacción de los factores variedad × salinidad en la longitud de tallo y la biomasa fresca y seca de tallo de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Longitud de tallo (cm)			Biomasa fresca de tallo (g)			Biomasa seca de tallo (g)		
	mM NaCl			mM NaCl			mM NaCl		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Sweet Dani	51.87 ^{abc}	43.87 ^a	34.37 ^a	29.75 ^{bcd}	18.97 ^{cd}	15.15 ^{ab}	6.68 ^{bc}	4.02 ^d	2.48 ^b
Lemon	29.87 ^j	12.25 ^g	6.02 ⁱ	20.96 ^{gh}	9.91 ^{hi}	5.75 ^{efgh}	3.43 ^h	1.41 ⁱ	0.79 ^{hi}
Sweet Genovese	53.75 ^{ab}	39.37 ^b	25.00 ^{bc}	12.31 ^{jk}	7.56 ^{ijk}	4.89 ^{ghi}	5.00 ^{ef}	2.96 ^{ef}	1.35 ^{ef}
Siam Queen	32.52 ^{ij}	23.50 ^{ef}	16.25 ^{fgh}	24.46 ^{efg}	13.15 ^{fgh}	7.72 ^{def}	5.14 ^{ef}	2.86 ^{efg}	1.55 ^e
Red Rubin	40.75 ^{efgh}	30.25 ^{cd}	21.87 ^{bcd}	16.03 ^j	7.29 ^{ijk}	4.15 ^{hij}	3.42 ^h	2.01 ^{hi}	0.83 ^{ghi}
Thai	49.12 ^{bcd}	33.87 ^c	23.50 ^{bcd}	32.88 ^{ab}	22.61 ^{ab}	13.48 ^{bc}	8.50 ^a	4.69 ^{bc}	2.99 ^a
Dark Opal	46.62 ^{bcdef}	32.57 ^c	22.12 ^{bcd}	30.34 ^{bcd}	13.92 ^{efg}	5.40 ^{fghi}	5.22 ^{ef}	3.39 ^e	1.13 ^{fgh}
Spicy Glove	30.37 ^j	21.00 ^f	14.00 ^h	27.53 ^{cde}	19.64 ^{bcd}	12.89 ^{bc}	3.89 ^{gh}	2.47 ^{fgh}	1.46 ^{ef}
Licorice	44.00 ^{defg}	32.00 ^c	23.62 ^{bcd}	25.70 ^{def}	17.06 ^{de}	13.17 ^{bc}	5.68 ^{de}	3.40 ^e	2.38 ^{bc}
Cinnamon	30.12 ^j	24.62 ^{ef}	19.25 ^{defg}	18.34 ^{hi}	13.76 ^{efg}	8.85 ^d	4.56 ^{fg}	3.24 ^e	1.97 ^{cd}
Mrs Burns	35.50 ^{hij}	24.50 ^{ef}	14.75 ^{gh}	17.69 ^{hi}	12.45 ^{fgh}	8.09 ^{de}	3.69 ^{gh}	2.41 ^{fgh}	1.60 ^{de}
Purple Ruffles	39.25 ^{fghi}	25.25 ^{ef}	15.25 ^{gh}	6.405 ^l	4.27 ^k	2.41 ^j	2.11 ⁱ	1.19 ^j	0.51 ⁱ
Lettuce Leaf	30.75 ^j	24.12 ^{ef}	17.00 ^{efgh}	10.58 ^{kl}	8.08 ^{ij}	5.56 ^{fghi}	2.40 ⁱ	1.39 ^j	0.88 ^{ghi}
Italian Large Leaf	47.50 ^{bcde}	32.12 ^c	21.75 ^{bcd}	18.31 ^{hi}	11.41 ^{gh}	6.87 ^{defg}	4.38 ^{fg}	2.41 ^{fgh}	1.59 ^{de}
Genovese	44.25 ^{cdefg}	33.00 ^c	23.87 ^{bcd}	11.08 ^{kl}	6.84 ^{ijk}	4.74 ^{ghij}	3.95 ^{gh}	2.32 ^{gh}	1.23 ^{efg}
Dolly	57.25 ^a	42.25 ^{ab}	31.50 ^a	31.25 ^{bc}	21.95 ^{abc}	15.07 ^{ab}	7.45 ^b	4.90 ^b	3.19 ^a
Emily	37.37 ^{ghij}	33.00 ^c	23.50 ^{bcd}	7.115 ^l	5.57 ^{jk}	3.28 ^{ij}	1.80 ⁱ	1.33 ^j	0.83 ^{ghi}
Genovese Italian	36.62 ^{ghij}	26.75 ^{de}	21.00 ^{cde}	8.32 ^{kl}	6.97 ^{ijk}	3.51 ^{hij}	2.09 ⁱ	1.42 ^{ij}	0.89 ^{ghi}
Dolce Vita Blend	52.12 ^{ab}	39.25 ^b	26.12 ^b	21.88 ^{fgh}	15.37 ^{ef}	11.42 ^c	6.30 ^{cd}	4.20 ^{cd}	2.37 ^{bc}
Napoletano	35.17 ^{5hij}	24.62 ^{ef}	20.25 ^{def}	37.09 ^a	24.67 ^a	17.16 ^a	8.87 ^a	6.18 ^a	2.91 ^a

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$).

Tabla 12. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la biomasa fresca y seca de hoja y el área foliar de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Biomasa fresca de hoja (g)			Biomasa seca de hoja (g)			Área foliar (g)		
	mM NaCl			mM NaCl			mM NaCl		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Sweet Dani	53.42 ^b	35.25 ^b	18.42 ^{cde}	6.56 ^{bc}	4.04 ^{bc}	2.14 ^{bcd}	2244.5 ^a	1265.77 ^a	851.54 ^a
Lemon	22.21 ^{fgh}	10.70 ^{ghi}	5.34 ^l	3.13 ^{hi}	1.45 ^{hij}	0.84 ^{ghi}	857.6 ^{efgh}	555.20 ^{efghi}	320.69 ^{def}
Sweet Genovese	27.79 ^{efg}	19.24 ^{def}	11.46 ^{fghij}	5.82 ^{bcd}	3.13 ^{cdef}	1.83 ^{de}	1634.3 ^{abcd}	1131.04 ^{ab}	797.34 ^{ab}
Siam Queen	39.74 ^{cde}	24.27 ^{cd}	14.39 ^{def}	5.06 ^{cdefg}	2.70 ^{efg}	1.54 ^{def}	1514.6 ^{abcdef}	793.26 ^{cde}	626.26 ^{abc}
Red Rubin	18.14 ^{ghi}	11.61 ^{ghi}	6.77 ^{kl}	2.95 ^{hi}	1.32 ^{ij}	0.66 ^{ghi}	1108.3 ^{cdefgh}	790.68 ^{cde}	541.68 ^{bcd}
Thai	34.68 ^{cdef}	21.75 ^{de}	14.56 ^{def}	4.32 ^{defgh}	2.99 ^{defg}	2.13 ^{bcd}	1394.9 ^{bcdefg}	887.33 ^{bcd}	674.15 ^{abc}
Dark Opal	34.24 ^{cdef}	14.64 ^{fgh}	7.22 ^{ijkl}	3.98 ^{efgh}	2.30 ^{fgh}	1.05 ^{fghi}	1619.6 ^{abcde}	931.62 ^{bc}	689.25 ^{abc}
Spicy Glove	23.65 ^{fgh}	16.46 ^{efg}	13.00 ^{fgh}	3.40 ^{fghi}	2.10 ^{ghi}	1.25 ^{efg}	1210.4 ^{cdefgh}	783.73 ^{cde}	513.06 ^{cde}
Licorice	46.42 ^{bc}	29.94 ^{bc}	18.93 ^{cd}	5.75 ^{bcde}	3.28 ^{cde}	2.21 ^{bcd}	2000.1 ^{ab}	1125.80 ^{ab}	621.35 ^{abc}
Cinnamon	23.43 ^{fgh}	16.34 ^{efg}	11.77 ^{fghi}	3.96 ^{efgh}	2.36 ^{efgh}	1.64 ^{def}	891.0 ^{defgh}	681.61 ^{cdefg}	568.19 ^{bcd}
Mrs Burns	29.24 ^{efg}	24.0 ^{5cd}	13.89 ^{efg}	5.25 ^{cde}	3.96 ^{bc}	2.11 ^{bcd}	1693.2 ^{abc}	1207.97 ^a	628.06 ^{abc}
Purple Ruffles	11.84 ^{hi}	8.02 ⁱ	4.52 ^l	1.81 ⁱ	0.89 ^j	0.41 ⁱ	763.9 ^{fgh}	510.03 ^{fghi}	308.44 ^{def}
Lettuce Leaf	22.57 ^{fgh}	14.88 ^{fgh}	9.25 ^{ghijkl}	3.29 ^{ghi}	2.07 ^{ghi}	1.20 ^{efgh}	857.4 ^{efgh}	626.21 ^{defgh}	332.63 ^{def}
Italian Large Leaf	22.83 ^{fgh}	14.06 ^{fghi}	8.15 ^{hijkl}	3.38 ^{fghi}	2.19 ^{ghi}	1.14 ^{fgh}	769.5 ^{fgh}	538.03 ^{efghi}	329.49 ^{def}
Genovese	29.39 ^{defg}	15.8 ^{2efg}	10.56 ^{fghijk}	6.19 ^{bc}	4.02 ^{bc}	1.99 ^{cd}	583.9 ^h	350.17 ⁱ	257.86 ^{ef}
Dolly	53.70 ^b	36.31 ^b	23.03 ^{bc}	7.27 ^b	4.65 ^b	2.73 ^b	1465.0 ^{bcdef}	902.36 ^{bc}	431.65 ^{cdef}
Emily	8.05 ⁱ	8.00 ⁱ	6.25 ^{kl}	1.68 ⁱ	0.97 ^j	0.52 ^{hi}	569.9 ^h	364.91 ^{hi}	196.91 ^f
Genovese Italian	13.03 ^{hi}	8.80 ^{hi}	6.26 ^{kl}	2.84 ^{hi}	1.26 ^{ij}	0.56 ^{hi}	652.8 ^{gh}	430.68 ^{ghi}	183.74 ^f
Dolce Vita Blend	42.83 ^{bcd}	31.74 ^b	23.91 ^b	5.21 ^{cdef}	3.69 ^{cd}	2.59 ^{bc}	1688.5 ^{abc}	875.88 ^{bcd}	657.19 ^{abc}
Napoletano	124.84 ^a	83.10 ^a	64.35 ^a	13.16 ^a	8.34 ^a	6.46 ^a	1433.6 ^{bcdef}	771.08 ^{cdef}	484.51 ^{cde}

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$).

6.3.2 Selección de variedades tolerantes y sensibles a la salinidad en la etapa de crecimiento vegetativo inicial

Como resultado del análisis de conglomerados en la etapa de crecimiento inicial, se obtuvo una ubicación de las variedades en dos grupos (Figura 4) lo que demuestra que existe variabilidad en cuanto a la respuesta al estrés salino en las variables evaluadas. El grupo uno que reunió a las variedades *Napoletano*, *Thai*, *Licorice*, *Spicy Glove*, *Purple Ruffles*, *Italian Large Leaf*, *Siam Queen*, *Red Rubin*, *Dark Opal* y *Lemon* presentaron los valores mayores en los índices de tolerancia (Tabla 13), seguidamente con valores inferiores de tolerancia se encuentran en el grupo dos, las variedades *Genovese Italian*, *Dolce Vita Blend*, *Emily*, *Cinnamon*, *Mrs Burns*, *Genovese*, *Lettuce Leaf*, *Sweet Dani*, *Dolly* y *Sweet Genovese* clasificadas como sensibles.

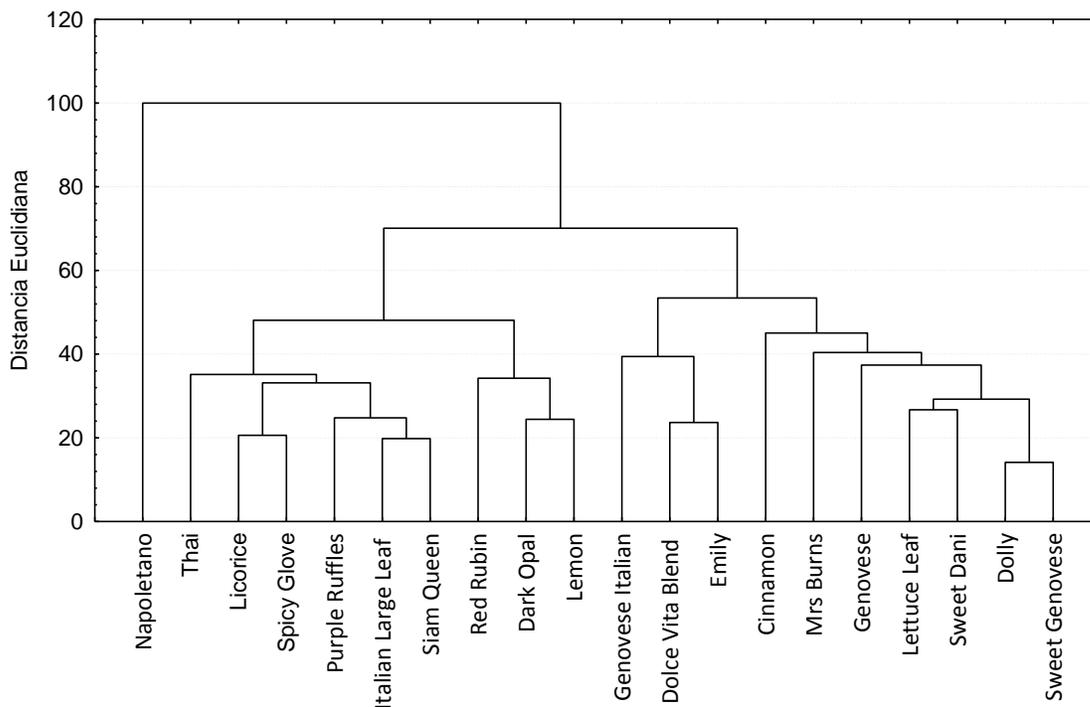


Figura 4. Agrupamiento de las variedades de albahaca basado en las variables morfométricas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.

Tabla 13. Valores promedios de los índices de tolerancia relativa de las variedades de albahaca en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.

Grupos	Variedades	Índices de tolerancia relativa								
		LT (%)	LR (%)	BFR (%)	BSR (%)	BFT (%)	BST (%)	BFH (%)	BSH (%)	AF (%)
I	Napoletano, Thai, Licorice, Spicy Glove, Purple Ruffles, Italian Large Leaf, Siam Queen, Red Rubin, Dark Opal, Lemon.	95.10	96.5	94.3	92.0	90.1	91.25	92.3	91.12	95.35
II	Genovese Italian, Dolce Vita Blend, Emily, Cinnamon, Mrs Burns, Genovese, Lettuce Leaf, Sweet Dani, Dolly, Sweet Genovese.	77.54	75.0	72.0	74.23	73.35	72.10	74.0	73.0	75.0

LT: longitud de tallo, LR: longitud de raíz; BFR: biomasa fresca de raíz; BSR: biomasa seca de raíz; BFT: biomasa fresca de tallo; BST: biomasa seca de tallo, BFH: biomasa fresca de hoja, BSH: biomasa seca de hoja, AF: área foliar.

6.4 Efecto del humatos de vermicompost como atenuante del estrés salino en variedades de albahaca en la etapa de germinación

6.4.1 Tasa y porcentaje de germinación

Para la tasa de germinación (TG) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=35.69$, $p\leq 0.000001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=198.98$, $p\leq 0.000001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=241.84$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedadesxNaCl ($F_{2,36}=8.97$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedadesxhumatos ($F_{1,36}=13.42$, $p\leq 0.000001$) y la interacción NaClxhumatos ($F_{2,36}=46.65$, $p\leq 0.000001$). Para la interacción variedadesxNaClxhumatos de vermicompost, la TG no presentó diferencias significativas. Al analizar las interacciones, se observó que la variedad *Sweet Genovese* en las tres concentraciones de NaCl, mostró la mayor tasa de germinación, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 14). En ambas variedades, la tasa se incrementó cuando se aplicó el humato de vermicompost, siendo ligeramente superior en *Sweet Genovese* tanto en el control

como en la dilución de 1/60 (Tabla 15). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Sweet Genovese* con la mayor TG; sin embargo, en ambas variedades la TG se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La TG menor fue para *Napoletano* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 16).

Para porcentaje de germinación (PG) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=449.13$, $p\leq 0.000001$), concentraciones de NaCl ($F_{1,36}=290.18$, $p\leq 0.000001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=303.67$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{1,36}=18.28$, $p\leq 0.000001$), la interacción de variedades×humatos ($F_{1,36}=14.14$, $p\leq 0.000001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,36}=13.72$, $p\leq 0.000001$) y para la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost ($F_{2,36}=14.01$, $p\leq 0.000001$). El análisis de las interacciones mostró que la variedad *Napoletano* mostró el mayor PG en todas las concentraciones de NaCl, el cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme los niveles de NaCl se incrementaron (Tabla 14). La variedad *Napoletano* mostró mayor PG tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos y en ambas variedades se incrementó con la aplicación del humatos (Tabla 15). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Napoletano* con el mayor PG en 0 mM de NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades el PG se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor PG fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 16).

6.4.2 Variables morfológicas

Se presentaron diferencias significativas para longitud de radícula (LR) entre variedades ($F_{1,36}=544.16$, $p\leq 0.000001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,36}=1110.92$, $p\leq 0.000001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=232.16$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,36}=80.52$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedades×humatos ($F_{1,36}=17.47$, $p\leq 0.000001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,36}=16.92$, $p\leq 0.000001$) y la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost ($F_{2,36}=7.76$, $p\leq 0.001$). Analizando las interacciones de los factores, *Napoletano* mostró mayor LR, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades

conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 14). La variedad *Napoletano* también mostró mayor LR tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos, observándose que ambas variedades incrementaron la LR en la dilución 1/60 de humatos (Tabla 15). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Napoletano* con la mayor LR en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades LR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor LR fue para *Sweet Genovese* y 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 16).

La altura de plántula (AP) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=576.60$, $p\leq 0.000001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=887.74$, $p\leq 0.000001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=303.75$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,36}=50.66$, $p\leq 0.000001$), la interacción de variedades×humatos ($F_{1,36}=21.60$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost ($F_{2,36}=10.24$, $p\leq 0.001$). La interacción NaCl×humatos no mostró diferencias significativas. La tabla 14 muestra que la variedad *Napoletano* mostró la mayor AP, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. También *Napoletano* mostró la mayor AP tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos y en ambas variedades la AP incrementó con la aplicación de humatos (Tabla 15). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Napoletano* con la mayor AP en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades AP se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor AP fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 16).

La biomasa fresca de radícula (BFR) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=486.95$, $p\leq 0.000001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=395.12$, $p\leq 0.000001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=173.27$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,36}=57.23$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedades×humatos ($F_{1,36}=17.91$, $p\leq 0.000001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,36}=6.08$, $p\leq 0.000001$). La interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost no presentó diferencias significativas. La tabla 14 muestra que la variedad

Napoletano presentó la mayor BFR en las tres concentraciones de NaCl. La BFR disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 14). *Napoletano* también mostró mayor BFR tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos, observándose que en ambas variedades, esta variable incrementó al adicionar el humato (Tabla 15). A pesar de que la interacción variedades×NaCl×humatos no mostró diferencias significativas, *Napoletano* mostró la mayor BFR en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BFR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFR fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 16).

La biomasa seca de la radícula (BSR) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=1147.79$, $p\leq 0.000001$), entre las concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=294.30$, $p\leq 0.000001$), entre diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=298.42$, $p\leq 0.000001$), entre la interacción variedades×NaCl ($F_{2,36}=43.30$, $p\leq 0.000001$), entre la interacción de variedades×humatos ($F_{1,36}=70.59$, $p\leq 0.000001$), entre la interacción NaCl×humatos ($F_{2,36}=21.18$, $p\leq 0.000001$) y la interacción variedades×NaCl×humatos ($F_{2,36}=3.82$, $p\leq 0.001$). La tabla 14 muestra que la variedad *Napoletano* exhibió la mayor BSR, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* también mostró mayor BSR tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que para ambas variedades, la BSR se incrementó al aplicar el humato (Tabla 15). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Napoletano* con la mayor BSR en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BSR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BSR fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 16).

La biomasa fresca de parte aérea (BFPA) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=804.92$, $p\leq 0.000001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=322.86$, $p\leq 0.000001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=290.54$, $p\leq 0.000001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,36}=136.62$, $p\leq 0.000001$), la interacción de variedades×humatos ($F_{1,36}=61.96$, $p\leq 0.000001$), la interacción NaCl×humatos

($F_{2,36}=22.02$, $p\leq 0.000001$) y entre la interacción variedades \times NaCl \times humatos de vermicompost ($F_{2,36}=3.41$, $p\leq 0.001$). La tabla 14 muestra que *Napoletano* presentó la mayor BFPA, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* también mostró mayor BFPA tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que en ambas variedades, la BFPA se incrementó al aplicar el humatos (Tabla 15). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor BFPA en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BFPA se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFPA fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 16).

Para biomasa seca de parte aérea (BSPA) se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=1074.05$, $p\leq 0.000001$), entre las concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=468.45$, $p\leq 0.000001$), entre diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=599.43$, $p\leq 0.000001$), entre la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=70.52$, $p\leq 0.000001$), entre la interacción de variedades \times humatos ($F_{1,36}=253.97$, $p\leq 0.000001$), entre la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,36}=42.77$, $p\leq 0.000001$) y entre la interacción variedades \times NaCl \times humatos de vermicompost, ($F_{2,36}=45.70$, $p\leq 0.001$). En la tabla 14 se observa que *Napoletano* mostró la mayor BSPA, misma que disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* mostró la mayor BSPA tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos de vermicompost, sin embargo, se observó que ambas variedades incrementaron la BSPA cuando se aplicó el humato (Tabla 15). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor BSPA en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BSPA se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BSPA fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 16).

Tabla 14. Efecto de la interacción variedades×NaCl en el promedio de tasa, porcentaje de germinación y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	TG			PG (%)			LR (cm)			AP (cm)		
	mM NaCl											
	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	11.50a	8.30b	7.17a	90.83a	74.16a	62.91a	3.01a	1.61a	0.82a	2.07a	1.40a	0.78a
Sweet	13.77a	10.04a	7.20a	69.16b	55.83b	42.66b	1.73b	1.18b	0.36b	1.26b	1.10b	0.35b
Genovese												
Variedades	BFR (mg)			BSR (mg)			BFPA (mg)			BSPA (mg)		
	mM NaCl											
	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	26.37a ^z	16.62a	12.31a	2.66a	2.10a	1.46a	290.00a	195.00a	142.50a	14.62a	12.46a	8.10a
Sweet	15.12b	11.51b	8.53b	1.35b	1.09b	0.81b	138.75b	135.00b	103.25b	9.18b	7.22b	6.02b
Genovese												

TG: tasa de germinación; PG: porcentaje de germinación; LR: largo de radícula; AP: altura de plántula; BFR: biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Tabla 15. Efecto de la interacción variedades×humatos de vermicompost en el promedio de tasa, porcentaje de germinación y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	TG		PG (%)		LR (cm)		AP (cm)	
	Humatos de vermicompost							
	0	1/60	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	6.82b	11.16a	67.77a	84.16a	1.51a	2.11a	1.18a	1.65a
Sweet	9.00a	11.68a	47.50b	63.61b	0.92b	1.26b	0.76b	1.04b
Genovese								
Variedades	BFR (mg)		BSR (mg)		BFPA (mg)		BSPA (mg)	
	Humatos de vermicompost							
	0	1/60	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	15.79a	21.08a	1.70a	2.45a	172.50a	245.83a	9.10a	14.35a
Sweet	10.36b	13.08b	0.95b	1.21b	112.17b	139.17b	6.92b	8.03b
Genovese								

TG: tasa de germinación; PG: porcentaje de germinación; LR: largo de radícula; AP: altura de plántula; BFR: biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Tabla 16. Efecto de la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost en el porcentaje de germinación y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	NaCl (mM)	HV (v/v)	TG	PG (%)	LR (cm)	AP (cm)	BFR (mg)	BSR (mg)	BFPA (mg)	BSPA (mg)
Napoletano	0	0	7.58a	81.66b	2.50b	1.82b	22.75a	2.17c	235.00b	11.50c
Napoletano	0	1/60	15.41a	100.00a	3.52a	2.32a	30.00a	3.15a	345.00a	17.75a
Napoletano	50	0	6.83a	65.83d	1.42d	1.22de	14.75a	1.65d	162.50c	8.67de
Napoletano	50	1/60	9.77a	82.50b	1.80c	1.57c	18.50a	2.55b	227.50b	16.25b
Napoletano	100	0	6.06a	55.83ef	0.62f	0.50e	9.87a	1.27e	120.00de	7.15fg
Napoletano	100	1/60	8.29a	70.00cd	1.02e	1.07de	14.75a	1.65d	165.00c	9.05d
Sweet Genovese	0	0	11.16a	61.66ef	1.52d	1.12de	13.25a	1.15e	117.50de	8.82de
Sweet Genovese	0	1/60	16.37a	76.66bc	1.95c	1.40cd	17.00a	1.55d	160.00c	9.55d
Sweet Genovese	50	0	8.95a	46.66f	1.02e	0.90e	10.02a	0.95f	122.50d	6.55g
Sweet Genovese	50	1/60	11.12a	65.00ef	1.35d	1.30de	13.00a	1.22e	147.50c	7.90de
Sweet Genovese	100	0	6.87a	34.16g	0.22g	0.27f	7.82a	0.76f	96.50e	5.40h
Sweet Genovese	100	1/60	7.54a	49.16f	0.50f	0.42ef	9.25a	0.87f	110.00de	6.65g

HV: humatos de vermicompost; TG: tasa de germinación; PG: porcentaje de germinación; LR: largo de radícula; AP: altura de plántula; BFR: biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

6.5 Efecto del humatos de vermicompost como atenuante del estrés salino en variedades de albahaca en la etapa de emergencia

6.5.1 Tasa y porcentaje de emergencia

Para la tasa de emergencia (TE) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=150.59$, $p \leq 0.000001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=257.12$, $p \leq 0.000001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=321.55$, $p \leq 0.000001$) y la interacción de NaCl×humatos ($F_{1,36}=7.57$, $p \leq 0.001$). Para las interacciones variedades×NaCl, variedades×humatos y variedades×NaCl×humatos, no se presentaron diferencias significativas. Al analizar las interacciones, se observó que la variedad *Napoletano* en las tres concentraciones de NaCl, mostró la mayor tasa de emergencia, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 17). En ambas variedades, la tasa se incrementó cuando se aplicó el humato, siendo ligeramente superior en *Napoletano* tanto en el control como en la dilución de 1/60 (Tabla 18). A pesar que la interacción variedades×NaCl×humatos no mostró diferencias significativas, *Napoletano* mostró la mayor TE en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la TE se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La TE menor fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 19).

Para porcentaje de emergencia (PE) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=449.29$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{1,36}=290.28$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=303.74$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=18.29$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,36}=14.15$, $p\leq 0.0006$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,36}=13.72$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,36}=14.02$, $p\leq 0.0001$). El análisis de las principales interacciones reveló que la variedad *Napoletano* mostró el mayor PE en todas las concentraciones de NaCl, el cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme los niveles de NaCl se incrementaron (Tabla 17). La variedad *Napoletano* mostró mayor PE tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades se incrementó con la aplicación del humatos (Tabla 18). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con el mayor PE en 0 mM de NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades, el PE se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor PE fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 19).

6.5.2 Variables morfométricas

Se presentaron diferencias significativas para longitud de radícula (LR) entre variedades ($F_{1,36}=2493.89$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,36}=2342.02$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=2067.22$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=210.16$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,36}=393.09$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,36}=180.82$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,36}=96.69$, $p\leq 0.001$). Analizando las principales interacciones de los factores, *Napoletano* mostró mayor LR en todas las concentraciones de NaCl, misma que disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 17). La variedad *Napoletano* también mostró mayor LR tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos, observándose que ambas variedades incrementaron la LR en la dilución 1/60 de humatos (Tabla 18). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor LR en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin

embargo, en ambas variedades LR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor LR fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 19).

La altura de plántula (AP) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=776.75$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,36}=1142.06$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=595.66$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=27.74$, $p\leq 0.0001$), la interacción de variedades \times humatos ($F_{1,36}=33.94$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{1,36}=14.16$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,36}=6.42$, $p\leq 0.004$). La tabla 17 muestra que la variedad *Napoletano* mostró la mayor AP, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. También *Napoletano* mostró la mayor AP tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades, la AP se incrementó con la aplicación de humatos (Tabla 18). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor AP en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades AP se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor AP fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 19)

La biomasa fresca de radícula (BFR) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=5885.03$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=3946.33$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=3724.12$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=174.83$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,36}=1897.78$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,36}=358.55$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,36}=133.52$, $p\leq 0.0001$). La tabla 17 muestra que la variedad *Napoletano* presentó la mayor BFR en las tres concentraciones de NaCl. La BFR disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 17). *Napoletano* también mostró mayor BFR tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos, observándose que en ambas variedades, esta variable incrementó al adicionar el humatos (Tabla 18). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor BFR en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin

embargo, en ambas variedades la BFR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFR fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 19).

La biomasa seca de la radícula (BSR) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=5967.61$, $p\leq 0.0001$), entre las concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=1366.04$, $p\leq 0.0001$), entre diluciones de humatos ($F_{1,36}=4696.65$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=285.15$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,36}=3620.84$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,36}=101.46$, $p\leq 0.0001$) y la interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,36}=58.56$, $p\leq 0.0001$). La tabla 17 muestra que la variedad *Napoletano* exhibió la mayor BSR, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* también mostró mayor BSR tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que para ambas variedades, la BSR se incrementó al aplicar el humatos (Tabla 18). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor BSR en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BSR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BSR fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 19)

La biomasa fresca de parte aérea (BFPA) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=15174.7$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=9927.34$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=12552$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=1051.28$, $p\leq 0.0001$), la interacción de variedades \times humatos ($F_{1,36}=5745.39$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,36}=1331.53$, $p\leq 0.0001$) y entre la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,36}=867.32$, $p\leq 0.0001$). La tabla 17 muestra que *Napoletano* presentó la mayor BFPA, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* también mostró mayor BFPA tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que en ambas variedades, la BFPA se incrementó al aplicar el humatos (Tabla 18). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor BFPA en 0 mM NaCl

y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BFPA se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFPA fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 19).

Para biomasa seca de parte aérea (BSPA) se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=956.60$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=931.68$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=444.82$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=112.58$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,36}=140.69$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,36}=96.55$, $p\leq 0.0001$) y entre la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,36}=54.44$, $p\leq 0.0001$). En la tabla 17 se observa que *Napoletano* mostró la mayor BSPA, misma que disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* mostró la mayor BSPA tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost; sin embargo, se observó que ambas variedades incrementaron la BSPA cuando se aplicó el humatos (Tabla 18). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor BSPA en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BSPA se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BSPA fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 19).

Tabla 17. Efecto de la interacción variedades×NaCl en el promedio de tasa, porcentaje de emergencia y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	TE			PE (%)			LR (cm)			AP (cm)		
	mM NaCl											
	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	3.16a	2.50a	2.14a	90.83a	74.16a	62.91a	5.02a	3.32a	1.98a	3.08a	2.07a	1.31a
Sweet	2.69a	2.11a	1.56b	69.16b	55.83b	41.66b	2.90b	1.98b	1.26b	2.13b	1.28b	0.83b
Genovese												

Variedades	BFR (mg)			BSR (mg)			BFPA (mg)			BSPA (mg)		
	mM NaCl											
	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	532.50a	326.25a	176.25a	30.50a	20.07a	13.37a	1518.8a	1076.3a	630.00a	177.50a	93.87a	55.50a
Sweet	253.75b	136.25b	17.88b	10.20b	7.11b	3.66b	817.5b	606.3b	365.00b	88.75b	45.01b	30.50b
Genovese												

TE: tasa de emergencia; PE: porcentaje de emergencia; LR: largo de radícula; AP: altura de plántula; BFR: Biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p=0.05$).

Tabla 18. Efecto de la interacción variedades×humatos de vermicompost en el promedio de tasa, porcentaje de emergencia y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	TE		PE (%)		LR (cm)		AP (cm)	
	HV (v/v)							
	0	1/60	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	2.22a	2.98a	67.77a	84.16a	2.53a	4.35a	1.75a	2.55a
Sweet Genovese	1.80b	2.44b	47.50b	63.61b	1.69b	2.40b	1.17b	1.66b

Variedades	BFR (mg)		BSR (mg)		BFPA (mg)		BSPA (mg)	
	HV (v/v)							
	0	1/60	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	202.50a	487.50a	9.38a	33.25a	710.00a	1440.0a	80.08a	137.83a
Sweet Genovese	112.17b	159.75b	6.21a	7.76b	525.83b	666.7b	46.67b	62.84b

HV: humatos de vermicompost; TE: tasa de emergencia; PE: porcentaje de emergencia; LR: largo de radícula; AP: altura de plántula; BFR: Biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p=0.05$).

Tabla 19. Efecto de la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost en el porcentaje de emergencia y variables morfométricas de plántulas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	NaCl (mM)	HV (v/v)	TE	PE (%)	LR (cm)	AP (cm)	BFR (mg)	BSR (mg)	BFPA (mg)	BSPA (mg)
Napoletano	0	0	2.62a	64.75b	3.52c	2.65b	320.00c	16.00d	915.00c	120.00b
Napoletano	0	1/60	3.70a	90.00a	6.52a	3.52a	745.00a	45.00a	2122.50a	235.00a
Napoletano	50	0	2.18a	54.25fg	2.50d	1.57cd	180.00g	7.65g	750.00d	72.75d
Napoletano	50	1/60	2.82a	65.33b	4.15b	2.57b	472.50b	32.50b	1402.50b	115.00bc
Napoletano	100	0	1.87a	48.36g	1.57d	1.05e	107.50h	4.50h	465.00g	47.50e
Napoletano	100	1/60	2.41a	56.80de	2.40d	1.57cd	245.00e	22.25c	795.00c	63.50d
Sweet Genovese	0	0	2.33a	51.76fg	2.50d	1.80c	212.50f	9.15fg	722.50d	75.00d
Sweet Genovese	0	1/60	3.05a	61.17cd	3.30c	2.47b	295.00d	11.25e	912.50c	102.50c
Sweet Genovese	50	0	1.77a	43.08g	1.50d	1.07e	112.50h	6.15g	537.50f	43.50e
Sweet Genovese	50	1/60	2.45a	53.73fg	2.47d	1.50d	160.00g	8.07g	675.00e	46.52e
Sweet Genovese	100	0	1.29a	35.71g	1.07d	0.65e	11.50i	3.35h	317.50i	21.50e
Sweet Genovese	100	1/60	1.83a	44.52g	1.45d	1.02e	24.25i	3.97h	412.50h	39.50e

HV: humatos de vermicompost; TE: tasa de emergencia; PE: porcentaje de emergencia; LR: largo de la radícula; AP: altura de la plántula; BFR: biomasa fresca de la radícula; BSR: biomasa seca de la radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p=0.05$).

6.6 Efecto del humatos de vermicompost como atenuante del estrés salino en variedades de albahaca en la etapa de desarrollo vegetativo

6.6.1 Variables fisiológicas

6.6.1.1 Fotosíntesis y transpiración

En la fotosíntesis se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,180}=255.72$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,180}=270.49$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,180}=235.70$, $p\leq 0.0001$), diferentes horas ($F_{2,180}=516.03$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×hora ($F_{1,180}=47.15$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl×hora ($F_{4,180}=20.90$, $p\leq 0.0001$), la interacción humatos×hora ($F_{2,180}=19.51$, $p\leq 0.0001$). La interacción variedades×NaCl, variedades×humatos, NaCl×humatos no presentaron diferencias significativas y la triple interacción variedades×NaCl×humatos, variedades×NaCl×hora, variedades×humatos×hora, NaCl×humatos×hora no presentaron diferencias significativas. Al analizar las interacciones NaCl×hora, humatos×hora, se observó que a las 12:00 horas en las tres concentraciones de NaCl, y las concentraciones de humatos mostró la mayor fotosíntesis, la cual disminuyó en ambas en las 17:00 y 8:00 horas, respectivamente (Tabla 20). La variedad *Napoletano* incrementó la fotosíntesis en relación a la variedad *Sweet Genovese* (Tabla 21). En el análisis de las concentraciones de NaCl, diluciones de humatos y diferentes horas con respecto a la fotosíntesis, se observó

que la concentración de 0 mM de NaCl, mostró la mayor fotosíntesis, la cual disminuyó conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 22). La fotosíntesis se incrementó cuando se aplicó el humatos en la dilución de 1/60 (v/v) y a las 12 horas (Tabla 22). La interacción variedades×hora mostró a *Napoletano* con la mayor fotosíntesis a las 12:00 horas. La menor fotosíntesis fue para *Sweet Genovese* y *Napoletano* a las 8:00 horas (Tabla 23).

Para la transpiración se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,180}=5.30$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,180}=11.30$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,180}=22.29$, $p\leq 0.0001$), diferentes horas ($F_{2,180}=69.45$, $p\leq 0.0001$), la interacción humatos×hora ($F_{2,180}=4.63$, $p\leq 0.0001$). La interacción variedades×NaCl, variedades×humatos, NaCl×humatos, variedades×hora, NaCl×hora no presentaron diferencias significativas y la triple interacción variedades×NaCl×humatos, variedades×NaCl×hora, variedades×humatos×hora, NaCl×humatos×hora no presentaron diferencias significativas. El análisis de las interacciones muestra que a las 12:00 y 17:00 horas la interacción humatos×hora, mostró la mayor transpiración en la concentración de humatos de 1/60 (v/v), la cual disminuyó a las 8:00 horas. (Tabla 20). La variedad *Napoletano* incrementó la transpiración en relación a la variedad *Sweet Genovese* (Tabla 21). Se presentaron diferencias significativas para la transpiración en las concentraciones de NaCl, diluciones de humatos y diferentes horas, se observó que la concentración de 0 mM de NaCl, mostró la mayor transpiración, la cual disminuyó conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 22). La transpiración se incrementó cuando se aplicó el humatos en la dilución de 1/60 (v/v) a las 12:00 y 17:00 horas, respectivamente con respecto a las 8:00 horas (Tabla 22).

Tabla 20. Efecto de la interacción NaCl×Hora y HV×Hora en el promedio de fotosíntesis, y HV×Hora en el promedio de transpiración de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

NaCl (mM)	Fotosíntesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			HV (v/v)	Fotosíntesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			Transpiración ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		
	Hora				Hora			Hora		
	8:00	12:00	17:00		8:00	12:00	17:00	8:00	12:00	17:00
0	2.63 ^c	8.52 ^a	6.29 ^b	0	1.49 ^c	4.93 ^a	3.69 ^b	1.13 ^b	2.73 ^a	3.22 ^a
50	1.91 ^c	5.84 ^a	4.64 ^b	1/60	2.27 ^c	7.37 ^a	5.52 ^b	1.66 ^b	4.18 ^a	3.54 ^a
100	1.10 ^c	4.09 ^a	2.87 ^b							

Medias con letras distintas en una misma fila difieren estadísticamente (Tukey, $p=0.05$).

Tabla 21. Fotosíntesis y transpiración de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Fotosíntesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Transpiración ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Napoletano	5.09 ^a	2.93 ^a
Sweet Genovese	3.33 ^b	2.56 ^b

Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p=0.05$).

Tabla 22. Efecto del NaCl, HV y Hora en el promedio de fotosíntesis, y transpiración de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

NaCl (mM)	Fotosíntesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Transpiración ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
0	5.81 ^a	3.21 ^a
50	4.13 ^b	2.75 ^b
100	2.69 ^c	2.27 ^c
HV (v/v)	Fotosíntesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Transpiración ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
0	3.37 ^b	2.36 ^b
1/60	5.05 ^a	3.13 ^a
Hora	Fotosíntesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Transpiración ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
8:00	1.88 ^c	1.40 ^b
12:00	6.15 ^a	3.45 ^a
17:00	4.60 ^b	3.38 ^a

Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p=0.05$).

Tabla 23. Efecto de la interacción Variedades×Hora en el promedio de fotosíntesis de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Hora	Fotosíntesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Napoletano	8:00	2.03 ^e
Napoletano	12:00	7.56 ^a
Napoletano	17:00	5.68 ^b
Sweet Genovese	8:00	1.73 ^e
Sweet Genovese	12:00	4.74 ^c
Sweet Genovese	17:00	3.52 ^d

Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p=0.05$).

6.6.2 Relaciones hídricas

6.6.2.1 Potencial hídrico y contenido relativo de agua

Para el potencial hídrico (Ψ_h) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=3835.58$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,24}=5728.86$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=4452.7$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,24}=195.92$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×humatos ($F_{1,24}=40.85$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,24}=326.38$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades×NaCl×humatos ($F_{2,24}=10.87$, $p\leq 0.001$). Al analizar las interacciones, se observó que la variedad *Napoletano* en las tres concentraciones de NaCl, mostró el mayor potencial hídrico, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 24). En ambas variedades, el potencial hídrico se incrementó cuando se aplicó el humato, siendo ligeramente superior en *Napoletano* tanto en el control como en la dilución de 1/60 (Tabla 25). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Napoletano* con el mayor Ψ_h en 0 mM de NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades, el Ψ_h se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor Ψ_h fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 26). Los resultados indican un aumento en el potencial hídrico a partir de la aplicación de humatos.

Para el contenido relativo de agua (CRA) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=276.2$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,24}=614.7$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=371.3$, $p\leq 0.0001$), la interacción

variedades×NaCl ($F_{2,24}=4.7$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×humatos ($F_{1,24}=21.2$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,24}=22.00$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades×NaCl×humatos ($F_{2,24}=3.6$, $p\leq 0.001$). Al analizar las interacciones, se observó que la variedad *Napoletano* en las tres concentraciones de NaCl, mostró el mayor contenido relativo de agua, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 24). En ambas variedades, el contenido relativo de agua se incrementó cuando se aplicó el humato, siendo ligeramente superior en *Napoletano* tanto en el control como en la dilución de 1/60 (Tabla 25). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Napoletano* con el mayor CRA en 0 mM de NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades, el CRA se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor CRA fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 26). Los resultados indican un aumento en el CRA a partir de la aplicación de humatos.

Tabla 24. Efecto de la interacción variedades×NaCl en el promedio de potencial hídrico y contenido relativo de agua de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Ψ_h (MPa)			CRA (%)		
	mM NaCl					
	0	50	100	0	50	100
Napoletano	-0.58 ^a	-0.79 ^a	-1.29 ^a	93.21 ^a	90.91 ^a	85.00 ^a
Sweet Genovese	-1.08 ^b	-1.38 ^b	-2.35 ^b	87.70 ^b	85.07 ^b	76.77 ^b

Ψ_h : potencial hídrico, CRA: contenido relativo de agua. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Tabla 25. Efecto de la interacción variedades×humatos de vermicompost en el promedio de potencial hídrico y contenido relativo de agua de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Ψ_h (MPa)		CRA (%)	
	HV (v/v)			
	0	1/60	0	1/60
Napoletano	-2.17 ^a	-1.79 ^a	76.55 ^a	82.04 ^a
Sweet Genovese	-3.32 ^b	-2.78 ^a	70.68 ^a	73.69 ^a

Ψ_h : potencial hídrico, CRA: contenido relativo de agua. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Tabla 26. Efecto de la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost en el promedio del potencial hídrico y contenido relativo de agua de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	NaCl (mM)	HV (v/v)	Ψh (MPa)	CRA (%)
Napoletano	0	0	-0.79 ^b	90.91 ^b
Napoletano	0	1/60	-0.38 ^a	95.51 ^a
Napoletano	50	0	-1.71 ^d	82.88 ^{ef}
Napoletano	50	1/60	-0.88 ^b	87.12 ^{cd}
Napoletano	100	0	-2.87 ^f	72.33 ^h
Napoletano	100	1/60	-1.47 ^c	80.78 ^g
Sweet Genovese	0	0	-1.38 ^c	85.07 ^{de}
Sweet Genovese	0	1/60	-0.79 ^b	90.33 ^{bc}
Sweet Genovese	50	0	-2.94 ^f	72.21 ^h
Sweet Genovese	50	1/60	-1.75 ^d	81.33 ^f
Sweet Genovese	100	0	-4.04 ^g	63.79 ⁱ
Sweet Genovese	100	1/60	-2.61 ^e	77.58 ^g

Ψh: potencial hídrico, CRA: contenido relativo de agua. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

6.6.2.2 Determinación de pigmentos fotosintéticos

Para clorofila a (CHL A) a los 58 después de la emergencia (DDE) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=33.19$, $p \leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,24}=18.18$, $p \leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=217.33$, $p \leq 0.0001$), y la interacción NaCl×humatos ($F_{2,24}=5.29$, $p \leq 0.0001$). Para las interacciones variedades×NaCl, variedades×humatos y la triple interacción variedades×NaCl×humatos no se presentaron diferencias significativas. El análisis de las principales interacciones reveló que la variedad *Napoletano* mostró la mayor CHL A en todas las concentraciones de NaCl, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme los niveles de NaCl se incrementaron (Tabla 27). La variedad *Napoletano* mostró mayor CHL A tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades se incrementó con la aplicación del humatos (Tabla 28). A pesar que la interacción variedades×NaCl×humatos no mostró diferencias significativas, *Napoletano* mostro la mayor CHL A en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la CHL A se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones

de NaCl. La menor CHL A fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 29).

Se presentaron diferencias significativas para clorofila b (CHL B) a los 58 DDE entre variedades ($F_{1,24}=36.71$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,24}=18.38$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=281.34$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,24}=6.79$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,24}=11.18$, $p\leq 0.001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,24}=3.90$, $p\leq 0.001$). Para la interacción variedades \times humatos no se presentaron diferencias significativas. Analizando las principales interacciones de los factores, *Napoletano* mostró mayor CHL B en todas las concentraciones de NaCl, misma que disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 27). La variedad *Napoletano* también mostró mayor CHL B tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos, observándose que ambas variedades incrementaron la CHL B en la dilución 1/60 de humatos (Tabla 28). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor CHL B en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la CHL B se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor CHL B fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 29).

La clorofila total (CHL total) a los 58 DDE mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=34.81$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,24}=18.58$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=236.17$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,24}=3.40$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,24}=6.52$, $p\leq 0.0001$). Para las interacciones variedades \times humatos y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos no se presentaron diferencias significativas. La tabla 27 muestra que la variedad *Napoletano* mostró la mayor CHL total, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. También *Napoletano* mostró la mayor CHL total tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades, la CHL total se incrementó con la aplicación de humatos (Tabla 28). A pesar que la interacción variedades \times NaCl \times humatos no mostró diferencias significativas *Napoletano* mostro la

mayor CHL total en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la CHL total se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor CHL total fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 29).

La clorofila a (CHL A) a los 65 DDE mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=122.05$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,24}=17.48$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,24}=246.39$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,24}=4.53$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,24}=48.86$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,24}=5.40$, $p\leq 0.0001$). Para la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos no se presentaron diferencias significativas. La tabla 27 muestra que la variedad *Napoletano* presentó el mayor contenido de CHL A en las tres concentraciones de NaCl. La CHL A disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 27). *Napoletano* también mostró mayor CHL A tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos, observándose que en ambas variedades, esta variable incrementó al adicionar el humatos (Tabla 28). A pesar que la interacción variedades \times NaCl \times humatos no mostró diferencias significativas *Napoletano* mostro el mayor contenido de CHL A en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la CHL A se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor contenido de CHL A fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 29).

El contenido de clorofila b (CHL B) a los 65 DDE mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=120.49$, $p\leq 0.0001$), entre las concentraciones de NaCl ($F_{2,24}=16.29$, $p\leq 0.0001$), entre diluciones de humatos ($F_{1,24}=152.93$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,24}=36.94$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,24}=8.27$, $p\leq 0.0001$). Para las interacciones variedades \times NaCl y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos no se presentaron diferencias significativas. La tabla 27 muestra que la variedad *Napoletano* exhibió el mayor contenido de CHL B, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* también mostró mayor

contenido de CHL B tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que para ambas variedades, la CHL B se incrementó al aplicar el humatos (Tabla 28). A pesar que la interacción variedades×NaCl×humatos no mostró diferencias significativas *Napoletano* mostro la mayor CHL B en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la CHL B se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor CHL B fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 29).

La clorofila total (CHL total) a los 65 DDE mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=124.56$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,24}=17.51$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,24}=225.40$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,24}=4.00$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×humatos ($F_{1,24}=46.71$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,24}=6.01$, $p\leq 0.0001$). Para la triple interacción variedades×NaCl×humatos no se presentaron diferencias significativas. La tabla 27 muestra que *Napoletano* presentó el mayor contenido de clorofila total, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* también mostró mayor contenido de CHL total tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que en ambas variedades, la CHL total se incrementó al aplicar el humatos (Tabla 28). A pesar que la interacción variedades×NaCl×humatos no mostró diferencias significativas *Napoletano* mostró el mayor contenido de CHL total en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la CHL total se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor contenido de CHL total fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 29).

Tabla 27. Efecto de la interacción variedades×NaCl en el promedio de pigmentos fotosintéticos de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)			Clorofila b ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)			Clorofila total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		
	58 DDE								
mM NaCl									
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	34.21 ^a	31.20 ^a	29.35 ^a	10.18 ^a	8.85 ^a	9.27 ^a	44.39 ^a	40.05 ^a	38.62 ^a
Sweet	30.74 ^a	25.76 ^a	20.04 ^a	9.28 ^a	7.81 ^a	6.09 ^a	40.03 ^a	33.57 ^a	26.13 ^a
Genovese									

Variedades	Clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)			Clorofila b ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)			Clorofila total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		
	65 DDE								
mM NaCl									
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	36.23 ^a	38.48 ^a	32.36 ^a	11.91 ^a	11.75 ^a	10.45 ^a	48.15 ^a	50.24 ^a	42.82 ^a
Sweet	28.97 ^a	24.29 ^b	18.37 ^b	8.96 ^b	7.55 ^b	5.33 ^a	37.93 ^a	31.84 ^b	23.70 ^a
Genovese									

DDE: días después de la emergencia. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Tabla 28. Efecto de la interacción variedades×humatos de vermicompost en el promedio de pigmentos fotosintéticos de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	Clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		Clorofila b ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		Clorofila total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	
	58 DDE					
HV (v/v)						
	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	76.55 ^a	82.04 ^a	23.24 ^a	39.92 ^a	7.16 ^a	11.71 ^a
Sweet	70.68 ^a	73.69 ^a	18.33 ^a	32.70 ^b	5.27 ^b	10.18 ^b
Genovese						

Variedades	Clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		Clorofila b ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		Clorofila total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	
	65 DDE					
HV (v/v)						
	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	31.03 ^a	40.35 ^a	10.20 ^a	12.54 ^a	41.24 ^a	52.90 ^a
Sweet	11.74 ^b	36.01 ^b	3.84 ^b	10.72 ^b	15.58 ^b	46.73 ^b
Genovese						

DDE: días después de la emergencia. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Tabla 29. Efecto de la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost en el promedio del contenido relativo de agua y pigmentos fotosintéticos de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	NaCl (mM)	HV (v/v)	Clorofila a (µg/cm ²)	Clorofila b (µg/cm ²)	Clorofila total (µg/cm ²)	Clorofila a (µg/cm ²)	Clorofila b (µg/cm ²)	Clorofila total (µg/cm ²)
			58 DDE			65 DDE		
Napoletano	0	0	26,45 ^a	8,19 ^{de}	34,65 ^a	30,65 ^a	10,81 ^a	41,47 ^a
Napoletano	0	1/60	41,96 ^a	12,16 ^a	54,13 ^a	41,80 ^a	13,01 ^a	54,82 ^a
Napoletano	50	0	23,57 ^a	6,73 ^{de}	30,31 ^a	36,92 ^a	11,44 ^a	48,36 ^a
Napoletano	50	1/60	38,82 ^a	10,98 ^b	49,80 ^a	40,05 ^a	12,07 ^a	52,12 ^a
Napoletano	100	0	19,70 ^a	6,55 ^e	26,26 ^a	25,53 ^a	8,35 ^a	33,88 ^a
Napoletano	100	1/60	39,00 ^a	11,98 ^a	50,98 ^a	39,20 ^a	12,54 ^a	51,75 ^a
Sweet Genovese	0	0	24,34 ^a	7,11 ^{de}	31,46 ^a	18,48 ^a	6,59 ^a	25,07 ^a
Sweet Genovese	0	1/60	37,15 ^a	11,44 ^{ab}	48,59 ^a	39,45 ^a	11,32 ^a	50,78 ^a
Sweet Genovese	50	0	21,19 ^a	6,46 ^e	27,66 ^a	12,95 ^a	4,26 ^a	17,22 ^a
Sweet Genovese	50	1/60	30,32 ^a	9,15 ^{bcd}	39,48 ^a	35,62 ^a	10,84 ^a	46,46 ^a
Sweet Genovese	100	0	9,45 ^a	2,22 ^f	11,67 ^a	3,78 ^a	0,68 ^a	4,46 ^a
Sweet Genovese	100	1/60	30,63 ^a	9,95 ^{bc}	40,59 ^a	32,95 ^a	9,99 ^a	42,94 ^a

DDE: días después de la emergencia. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

6.6.3 Variables bioquímicas

Para los carbohidratos reductores foliares (CHO-RED) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=5.43$, $p \leq 0.000001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,24}=16.95$, $p \leq 0.000001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=409.54$, $p \leq 0.000001$) y la interacción de NaCl×humatos ($F_{2,24}=72.11$, $p \leq 0.001$). Para las interacciones variedades×NaCl, variedades×humatos y variedades×NaCl×humatos, no se presentaron diferencias significativas. La tabla 30 muestra que la variedad *Napoletano* mostró el mayor contenido de carbohidratos reductores foliares (CHO-RED), la cual disminuyó linealmente en la variedad *Sweet Genovese* conforme se incrementaron los niveles de salinidad. También *Napoletano* mostró el mayor contenido carbohidratos reductores foliares (CHO-RED) tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades, los CHO-RED se incrementaron con la aplicación de humatos (Tabla 31). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Napoletano* con el mayor contenido de CHO-RED en 0 mM NaCl y la dilución de 0 de humatos; sin embargo, en ambas variedades los CHO-RED se incrementaron con respecto al control en la dilución de 0 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor contenido CHO-RED fue para *Sweet Genovese* en 50 mM NaCl y 1/60 de humatos (Tabla 32).

Para la proteína en la raíz se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=204.02$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,24}=262.70$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=1450.03$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,24}=25.82$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,24}=10.83$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,24}=38.49$, $p\leq 0.0001$). La interacción variedades \times humatos no presentó diferencias significativas. Analizando las interacciones de los factores, *Napoletano* mostró mayor contenido de proteína en la raíz, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 30). La variedad *Napoletano* también mostró mayor contenido de proteína en la raíz tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos, observándose que ambas variedades incrementaron el contenido de proteína en la raíz en la dilución 1/60 de humatos (Tabla 31). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con el mayor contenido de proteína en la raíz en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades el contenido de proteína en la raíz se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor contenido de proteína en la raíz fue para *Sweet Genovese* en 50 y 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 32).

Para la proteína en hoja se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=19.83$, $p\leq 0.000001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,24}=163.71$, $p\leq 0.000001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=763.67$, $p\leq 0.000001$) y la interacción de NaCl \times humatos ($F_{2,24}=12.85$, $p\leq 0.001$). Para las interacciones variedades \times NaCl, variedades \times humatos y variedades \times NaCl \times humatos, no se presentaron diferencias significativas. La tabla 30 muestra que la variedad *Napoletano* mostró el mayor contenido de proteína en hoja, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. También *Napoletano* mostró el mayor contenido de proteína en hoja tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos y en ambas variedades la proteína en hoja se incrementó con la aplicación de humatos (Tabla 31). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con el mayor contenido de proteína en hoja en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la proteína en hoja se

incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor contenido de proteína en hoja fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 32).

Para la prolina en la raíz se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=372.70$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,24}=910.27$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=1128.93$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,24}=42.03$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,24}=102.65$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,24}=10.80$, $p\leq 0.0001$). La interacción variedades \times humatos no presentó diferencias significativas. La tabla 30 muestra que la variedad *Sweet Genovese* mostró el mayor contenido de prolina en raíz, la cual aumentó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. También *Sweet Genovese* mostró el mayor contenido de prolina en la raíz tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos y en ambas variedades la prolina en raíz se incrementó sin la aplicación de humatos (Tabla 31). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Sweet Genovese* con el mayor contenido de prolina en raíz en 100 mM NaCl y la dilución 0 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la prolina en raíz se incrementó con respecto al control en la dilución 0 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor contenido de prolina en raíz fue para *Napoletano* en 0 mM NaCl y 1/60 de humatos (Tabla 32).

La prolina en la hoja mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,24}=439.71$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,24}=1655.44$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,24}=2309.43$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,24}=135.24$, $p\leq 0.0001$), la interacción de variedades \times humatos ($F_{1,24}=62.93$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,24}=263.91$, $p\leq 0.0001$) y entre la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,24}=50.46$, $p\leq 0.0001$). La tabla 30 muestra que la variedad *Sweet Genovese* mostró el mayor contenido de prolina en hoja, la cual aumentó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. También *Sweet Genovese* mostró el mayor contenido de prolina en hoja tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos y en ambas variedades la prolina en hoja se incrementó sin la aplicación de humatos (Tabla 31). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Sweet Genovese* con el mayor contenido de

prolina en hoja en 100 mM NaCl y la dilución 0 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la prolina en hoja se incrementó con respecto al control en la dilución 0 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. El menor contenido de prolina en hoja fue para *Napoletano* en 0 mM NaCl y 1/60 de humatos (Tabla 32).

Tabla 30. Efecto de la interacción variedades×NaCl en variables bioquímicas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	CHO-RED (mg/g)			Proteína (Raíz) (mg/g)			Proteína (Hoja) (mg/g)			Prolina (Raíz) (mg/g)			Prolina (Hoja) (mg/g)		
	mM de NaCl														
	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	0.68 ^a	0.57 ^a	0.57 ^a	432.06 ^a	372.79 ^a	319.54 ^a	383.41 ^a	336.17 ^a	319.65 ^a	0.16 ^a	0.22 ^b	0.27 ^a	0.18 ^a	0.25 ^a	0.31 ^a
Sweet	0.68 ^a	0.49 ^a	0.48 ^a	371.46 ^a	307.82 ^a	306.07 ^a	371.26 ^a	318.77 ^a	309.16 ^a	0.18 ^a	0.30 ^a	0.33 ^a	0.19 ^a	0.24 ^a	0.31 ^a
Genovese															

Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Tabla 31. Efecto de la interacción variedades×humatos de vermicompost en variables bioquímicas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	CHO-RED (mg/g)		Proteína (Raíz) (mg/g)		Proteína (Hoja) (mg/g)		Prolina (Raíz) (mg/g)		Prolina (Hoja) (mg/g)	
	(v/v)									
	0	1/60	0	1/60	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	0.86 ^a	0.35 ^a	311.32 ^a	438.27 ^a	306.05 ^a	386.77 ^a	0.26 ^a	0.17 ^a	0.23 ^a	0.43 ^a
Sweet	0.79 ^a	0.31 ^a	268.37 ^a	388.53 ^b	290.60 ^a	375.52 ^a	0.31 ^a	0.22 ^a	0.29 ^a	0.57 ^a
Genovese										

Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

Tabla 32. Efecto de la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost en variables bioquímicas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	NaCl (mM)	HV (v/v)	CHO-RED (mg/g)	Proteína (Raíz) (mg/g)	Proteína (Hoja) (mg/g)	Prolina (Raíz) (mg/g)	Prolina (Hoja) (mg/g)
Napoletano	0	0	1.10 ^a	345.81 ^t	329.16 ^a	0.18 ^g	0.24 ^g
Napoletano	0	1/60	0.26 ^a	518.29 ^a	437.64 ^a	0.13 ^g	0.13 ^g
Napoletano	50	0	0.84 ^a	337.33 ^f	303.70 ^a	0.26 ^{ef}	0.48 ^d
Napoletano	50	1/60	0.30 ^a	408.24 ^{bc}	368.62 ^a	0.17 ^g	0.27 ^{tg}
Napoletano	100	0	0.64 ^a	250.81 ^g	285.26 ^a	0.33 ^{cde}	0.57 ^c
Napoletano	100	1/60	0.50 ^a	388.27 ^{cde}	354.03 ^a	0.21 ^g	0.29 ^{ef}
Sweet Genovese	0	0	1.09 ^a	323.66 ^t	321.20 ^a	0.19 ^g	0.25 ^{tg}
Sweet Genovese	0	1/60	0.26 ^a	419.26 ^b	421.30 ^a	0.16 ^g	0.14 ^g
Sweet Genovese	50	0	0.75 ^a	241.07 ^g	279.81 ^a	0.34 ^{bcd}	0.59 ^{bc}
Sweet Genovese	50	1/60	0.24 ^a	374.56 ^{de}	357.72 ^a	0.26 ^f	0.36 ^e
Sweet Genovese	100	0	0.53 ^a	240.37 ^g	270.78 ^a	0.40 ^a	0.88 ^a
Sweet Genovese	100	1/60	0.44 ^a	371.76 ^e	347.52 ^a	0.25 ^f	0.38 ^d

Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

6.6.4. Variables morfométricas

Para la longitud de tallo (LT) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=1102.61$, $p \leq 0.000001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=859.49$, $p \leq 0.000001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=844.90$, $p \leq 0.000001$) y la interacción de NaCl×humatos ($F_{2,36}=4.69$, $p \leq 0.001$). Para las interacciones variedades×NaCl, variedades×humatos y variedades×NaCl×humatos, no se presentaron diferencias significativas. Al analizar las interacciones, se observó que la variedad *Napoletano* en las tres concentraciones de NaCl, mostró la mayor longitud de tallo, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 33). En ambas variedades, la longitud de tallo se incrementó cuando se aplicó el humato, siendo ligeramente superior en *Napoletano* tanto en el control como en la dilución de 1/60 (Tabla 34). A pesar que la interacción variedades×NaCl×humatos no mostró diferencias significativas, *Napoletano* mostró la mayor LT en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la LT se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La LT menor fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 35).

Para longitud de raíz (LR) se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=426.0$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl, ($F_{2,36}=388.16$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=379.35$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=9.02$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,36}=33.80$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,36}=11.05$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,36}=12.95$, $p\leq 0.001$). El análisis de las principales interacciones reveló que la variedad *Napoletano* mostró la mayor LR en todas las concentraciones de NaCl, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme los niveles de NaCl se incrementaron (Tabla 33). La variedad *Napoletano* mostró mayor LR tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades se incrementó con la aplicación del humatos (Tabla 34). La interacción variedades \times NaCl \times humatos mostró a *Napoletano* con la mayor LR en 0 mM de NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades, la LR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor LR fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 35). Los resultados indican un aumento en la LR a partir de la aplicación de humatos.

Se presentaron diferencias significativas para biomasa fresca de raíz (BFR) entre variedades ($F_{1,36}=373.65$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=682.28$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=689.89$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,36}=42.07$, $p\leq 0.0001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos ($F_{2,36}=7.93$, $p\leq 0.001$). Para las interacciones variedades \times NaCl y NaCl \times humatos no se presentaron diferencias significativas. Analizando las principales interacciones de los factores, *Napoletano* mostró mayor BFR en todas las concentraciones de NaCl, misma que disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 33). La variedad *Napoletano* también mostró mayor BFR tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos, observándose que ambas variedades incrementaron la BFR en la dilución 1/60 de humatos (Tabla 34). A pesar que la interacción variedades \times NaCl \times humatos no mostró diferencias significativas *Napoletano* mostró la mayor BFR en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas

variedades la BFR se incrementó respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFR fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 35).

La biomasa seca de raíz (BSR) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=408.64$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=449.59$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=373.83$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{1,36}=3.75$, $p\leq 0.0001$). Para las interacciones variedades \times NaCl, variedades \times humatos y la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos no se presentaron diferencias significativas. La tabla 33 muestra que la variedad *Napoletano* mostró la mayor BSR, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. También *Napoletano* mostró la mayor BSR tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades, la BSR se incrementó con la aplicación de humatos (Tabla 34). A pesar que la interacción variedades \times NaCl \times humatos no mostró diferencias significativas, *Napoletano* mostro la mayor BSR en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BSR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BSR fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 35).

La biomasa fresca de tallo (BFT) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=1341.42$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=687.63$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=424.0$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times NaCl ($F_{2,36}=5.66$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades \times humatos ($F_{1,36}=5.30$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl \times humatos ($F_{2,36}=3.63$, $p\leq 0.0001$). Para la triple interacción variedades \times NaCl \times humatos no se presentaron diferencias significativas. La tabla 33 muestra que la variedad *Napoletano* presentó la mayor BFT en las tres concentraciones de NaCl. La BFT disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 33). *Napoletano* también mostró mayor BFT tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos, observándose que en ambas variedades, esta variable incrementó al adicionar el humatos (Tabla 34). A pesar que la interacción

variedades×NaCl×humatos no mostró diferencias significativas *Napoletano* mostro la mayor BFT en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BFT se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFT fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 35).

La biomasa seca del tallo (BST) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=3214.99$, $p\leq 0.0001$), entre las concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=1181.10$, $p\leq 0.0001$), entre diluciones de humatos ($F_{1,36}=1000.26$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,36}=29.70$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×humatos ($F_{1,36}=9.00$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,36}=16.71$, $p\leq 0.0001$) y la interacción variedades×NaCl×humatos ($F_{2,36}=11.19$, $p\leq 0.0001$). La tabla 33 muestra que la variedad *Napoletano* exhibió la mayor BST, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* también mostró mayor BST tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que para ambas variedades, la BST se incrementó al aplicar el humatos (Tabla 34). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Napoletano* con la mayor BST en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BST se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BST fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 35).

La biomasa fresca de la hoja (BFH) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=1672.17$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=913.80$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=492.24$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,36}=19.32$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,36}=9.40$, $p\leq 0.0001$). Para las interacciones variedades×humatos y la triple interacción variedades×NaCl×humatos no se presentaron diferencias significativas. La tabla 33 muestra que *Napoletano* presentó la mayor BFH, la cual disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* también mostró mayor BFH tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que en ambas variedades, la BFH se

incrementó al aplicar el humatos (Tabla 34). A pesar que la interacción variedades×NaCl×humatos no mostró diferencias significativas *Napoletano* mostro la mayor BFH en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BFH se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFH fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 35).

Para biomasa seca de la hoja (BSH) se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=1765.63$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=883.24$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos ($F_{1,36}=633.13$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,36}=16.93$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,36}=11.60$, $p\leq 0.0001$) y entre la triple interacción variedades×NaCl×humatos ($F_{2,36}=14.58$, $p\leq 0.0001$). Para la interacción variedades×humatos no se presentaron diferencias significativas. En la tabla 33 se observa que *Napoletano* mostró la mayor BSH, misma que disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. *Napoletano* mostró la mayor BSH tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost; sin embargo, se observó que ambas variedades incrementaron la BSH cuando se aplicó el humatos (Tabla 34). La interacción variedades×NaCl×humatos mostró a *Napoletano* con la mayor BSH en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades la BSH se incrementó respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BSH fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 35).

El área foliar (AF) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=985.13$, $p\leq 0.0001$), concentraciones de NaCl ($F_{2,36}=498.65$, $p\leq 0.0001$), diluciones de humatos de vermicompost ($F_{1,36}=307.60$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×NaCl ($F_{2,36}=4.90$, $p\leq 0.0001$), la interacción variedades×humatos ($F_{1,36}=13.40$, $p\leq 0.0001$), la interacción NaCl×humatos ($F_{2,36}=6.10$, $p\leq 0.0001$). Para la triple interacción variedades×NaCl×humatos no se presentaron diferencias significativas. La tabla 33 muestra que la variedad *Napoletano* presentó la mayor AF en las tres concentraciones de NaCl. El AF disminuyó linealmente en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Tabla 33). *Napoletano* también

mostró mayor AF tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos, observándose que en ambas variedades, esta variable incrementó al adicionar el humatos (Tabla 34). A pesar que la interacción variedades×NaCl×humatos no mostró diferencias significativas *Napoletano* mostro la mayor AF en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; sin embargo, en ambas variedades el AF se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor AF fue para *Sweet Genovese* en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Tabla 35).

Tabla 33. Efecto de la interacción variedades×NaCl en el promedio variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	LR (cm)			BFR (g)			BSR (g)		
	mM NaCl								
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	13.00 ^a	9.62 ^a	7.43 ^a	9.28 ^a	6.86 ^a	5.34 ^a	1.36 ^a	0.93 ^a	0.69 ^a
Sweet Genovese	9.18 ^b	7.00 ^b	5.00 ^b	7.55 ^b	5.37 ^a	3.29 ^b	0.95 ^b	0.62 ^b	0.37 ^b
Variedades	LT (cm)			BFT (mg)			BST (mg)		
	mM NaCl								
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	71.12 ^a	60.12 ^a	50.00 ^a	35.69 ^a	29.26 ^a	24.73 ^a	3.81 ^a	2.90 ^a	2.17 ^a
Sweet Genovese	57.37 ^b	46.18 ^b	35.56 ^b	27.16 ^b	19.26 ^b	14.26 ^b	2.27 ^b	1.43 ^b	1.06 ^b
Variedades	BFH (g)			BSH (g)			AF (cm)		
	mM NaCl								
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	35.33 ^a	29.34 ^a	25.28 ^a	3.69 ^a	3.07 ^a	2.31 ^a	1689.91 ^a	1420.68 ^a	1224.92 ^a
Sweet Genovese	27.97 ^b	19.72 ^b	14.53 ^b	2.67 ^b	1.72 ^b	1.28 ^b	1310.46 ^b	1025.52 ^b	750.63 ^b

LR: largo de raíz; BFR: Biomasa fresca de raíz; BSR: biomasa seca de raíz; LT: longitud de tallo; BFT: biomasa fresca de tallo; BST: biomasa seca de tallo; BFH: biomasa fresca de hoja; BSH: biomasa seca de hoja; AF: área foliar. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Tabla 34. Efecto de la interacción variedades×humatos de vermicompost en el promedio de variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	LR (cm)		BFR (g)		BSR (g)	
	HV (v/v)					
	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	8.20 ^a	11.83 ^a	5.67 ^a	8.64 ^a	0.83 ^a	1.16 ^a
Sweet	6.08 ^b	8.04 ^b	4.50 ^a	6.30 ^b	0.49 ^b	0.81 ^b
Genovese	LT (cm)		BFT (mg)		BST (mg)	
HV (v/v)						
	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	53.95 ^a	66.87 ^a	27.45 ^a	32.26 ^a	2.54 ^a	3.38 ^a
Sweet	40.54 ^b	52.20 ^b	17.22 ^b	23.24 ^b	1.24 ^b	1.94 ^b
Genovese	BFH (g)		BSH (g)		AF (cm)	
HV (v/v)						
	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	27.59 ^a	32.37 ^a	2.68 ^a	3.36 ^a	1353.13 ^a	1537.20 ^a
Sweet	18.12 ^b	23.37 ^b	1.55 ^b	2.23 ^b	888.28 ^b	1169.46 ^b

LR: largo de raíz; BFR: Biomasa fresca de raíz; LT: longitud de tallo; BSR: biomasa seca de raíz; BFT: biomasa fresca de tallo; BST: biomasa seca de tallo; BFH: biomasa fresca de hoja; BSH: biomasa seca de hoja; AF: área foliar. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Tabla 35. Efecto de la interacción variedades×NaCl×humatos de vermicompost en el promedio de variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Variedades	NaCl (mM)	HV (v/v)	LT (cm)	LR (cm)	BFR (g)	BSR (g)	BFT (g)	BST (g)	BFH (g)	BSH (g)	AF (cm)	
Napoletano	0	0	64.75 ^a	10.25 ^b	7.76 ^b	1.20 ^a	33.21 ^a	3.53 ^b	33.87 ^a	3.48 ^b	1607.17 ^a	
Napoletano	0	1/60	77.50 ^a	15.75 ^a	10.80 ^a	1.51 ^a	37.92 ^a	4.09 ^a	36.80 ^a	3.89 ^a	1772.64 ^a	
Napoletano	50	0	53.87 ^a	8.00 ^c	5.51 ^d	0.73 ^a	26.90 ^a	2.31 ^d	26.37 ^a	2.78 ^d	1309.22 ^a	
Napoletano	50	1/60	66.37 ^a	11.25 ^b	8.21 ^b	1.14 ^a	31.63 ^a	3.48 ^b	32.31 ^a	3.36 ^b	1532.13 ^a	
Napoletano	100	0	43.25 ^a	6.37 ^d	3.75 ^e	0.55 ^a	22.25 ^a	1.78 ^e	22.55 ^a	1.78 ^g	1143.00 ^a	
Napoletano	100	1/60	56.75 ^a	8.50 ^c	6.93 ^c	0.84 ^a	27.22 ^a	2.57 ^c	28.01 ^a	2.84 ^{cd}	1306.83 ^a	
Sweet	0	0	52.75 ^a	8.25 ^c	6.92 ^c	0.83 ^a	24.54 ^a	1.93 ^e	25.80 ^a	2.33 ^e	1210.68 ^a	
Genovese	0		1/60		0		1/60		0		1/60	
Sweet	0	1/60	62.00 ^a	10.12 ^b	8.17 ^b	1.08 ^a	29.78 ^a	2.62 ^c	30.14 ^a	3.02 ^c	1410.23 ^a	
Genovese	50		0		1/60		0		1/60		0	
Sweet	50	0	40.62 ^a	6.00 ^d	4.10 ^e	0.44 ^a	16.78 ^a	1.06 ^g	16.90 ^a	1.38 ^h	842.73 ^a	
Genovese	50		1/60		0		1/60		0		1/60	
Sweet	50	1/60	51.75 ^a	8.00 ^c	6.64 ^c	0.81 ^a	21.74 ^a	1.80 ^e	22.55 ^a	2.05 ^f	1208.29 ^a	
Genovese	100		0		1/60		0		1/60		0	
Sweet	100	0	28.25 ^a	4.00 ^e	2.49 ^f	0.21 ^a	10.34 ^a	0.74 ^h	11.65 ^a	0.96 ⁱ	611.42 ^a	
Genovese	100		1/60		0		1/60		0		1/60	
Sweet	100	1/60	42.87 ^a	6.00 ^d	4.09 ^e	0.54 ^a	18.19 ^a	1.39 ^f	17.42 ^a	1.61 ^{gh}	889.83 ^a	

LT: longitud de tallo; LR: largo de raíz; BFR: Biomasa fresca de raíz; BSR: biomasa seca de raíz; BFT: biomasa fresca de tallo; BST: biomasa seca de tallo; BFH: biomasa fresca de hoja; BSH: biomasa seca de hoja; AF: área foliar. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

7. DISCUSIÓN

7.1 Efecto de la salinidad en variedades de albahaca en la etapa de germinación, emergencia y crecimiento vegetativo inicial

7.1.1 Germinación y emergencia

Los resultados muestran que el porcentaje y la tasa de germinación de todas las variedades se afectaron por la salinidad; asimismo, se encontraron diferencias significativas en la interacción de ambos factores (Tabla 2). La salinidad retardó el inicio de la germinación de todas las variedades, esto debido a que uno de los efectos primarios del estrés por sales es retardar la germinación y la emergencia de plántulas (Maas y Grieve, 1990). La salinidad induce numerosos desordenes en las semillas durante la germinación. Reduce la imbibición de agua debido a un potencial osmótico bajo del medio, causa toxicidad, cambios en la actividad enzimática, perturba el metabolismo de las proteínas, causa trastornos en el balance de los reguladores del crecimiento de la planta y reduce la utilización de reservas de la semilla (Waid *et al.*, 1999). El retraso en la germinación y las tasas bajas de germinación registradas en el presente estudio, también han sido mostradas y reportadas en otros cultivos por varios investigadores (Uhvits, 1946; Mayer y Poljakoff-Mayber, 1963; Ungar, 1967). Se ha demostrado que la inhibición de la emergencia de la radícula es principalmente debido a una disminución del gradiente de potencial hídrico entre el medio externo y la semilla (Enéas-Filho *et al.*, 1995). Esto ocasiona una menor absorción de agua de las semillas, lo que causa un retraso en los cambios metabólicos necesarios para la emergencia de la radícula (Uhvits, 1946; Prisco y O'Leary, 1970).

Se coincide con Jones (1986) quien reporta que la tolerancia a la salinidad de las semillas en su germinación es una medida de la habilidad de estas para soportar los efectos de altas concentraciones de sales solubles en el medio. La presencia de sales en este, disminuye el potencial hídrico, lo que provoca menor disponibilidad de agua para las semillas, de manera que estas deben generar suficiente potencial osmótico para mejorar el estatus hídrico de los embriones y permitir su crecimiento. El retraso en la tasa de germinación que se observó en un período de 7 días con

estas concentraciones salinas es probable que se deba una disminución en la capacidad de las semillas para absorber agua y por un efecto tóxico de los iones, los cuales provocan afectaciones en ciertas enzimas y hormonas en las semillas; finalmente el efecto fisiológico que se percibe es retardo o inhibición de la germinación. Por otra parte, se señala que concentraciones externas de NaCl provocan cambios químico-físicos en las semillas que retardan o disminuyen los valores de germinación (Chartzoulakis y Loupassaki, 1997).

Asimismo, la salinidad también puede afectar la germinación al facilitar la absorción de iones tóxicos, los cuales pueden ocasionar cambios en algunas actividades hormonales o enzimáticas de la semilla (Smith y Comb, 1991). En este sentido, los resultados de un experimento desarrollado por Murillo-Amador *et al.* (2002) en condiciones controladas, con la aplicación de NaCl y polietilenglicol (PEG-8000) en dos genotipos de *Vigna unguiculata* L. Walp., encontraron que la disminución de la tasa y el porcentaje final de germinación se afectaron mayormente por el uso de PEG-8000, por lo que concluyen que en las condiciones y los genotipos utilizados, el efecto fue de tipo osmótico, más que de tipo iónico. Sin embargo, se requiere realizar trabajos adicionales que utilicen mayor cantidad de genotipos, de tal manera que se incluyan tolerantes y sensibles a la salinidad para determinar más acertadamente este fenómeno.

Las diferencias encontradas en la tasa y el porcentaje final de germinación de las diferentes variedades (Tabla 2) como respuesta al estrés salino, confirma que ésta respuesta difiera entre variedades o genotipos de la misma especie y depende en gran medida de las condiciones de cultivo en las cuales que se desarrollan (Maas, 1986). Resultados similares se han obtenidos en la germinación de dos cultivares de caraota (Dantas *et al.*, 2007) y Kaymakanova (2009), cuando se vio afectada en la concentración de 100 mM de NaCl. Por su parte, García *et al.* (2010) notaron que en la concentración de 80 mM de NaCl durante la fase de emergencia resultó letal en dos variedades comerciales de caraota. El presente estudio, confirma la gran variabilidad que existe entre genotipos de albahaca en respuesta al estrés salino. Esta variabilidad es clave para el mejoramiento genético con respecto a cualquier carácter de la planta que se desee mejorar (Shannon, 1997).

Por otra parte, los resultados indican que todas las variedades redujeron el porcentaje y la tasa de germinación en los diferentes niveles de salinidad a partir de la concentración de 50 mM de NaCl en la interacción variedad \times salinidad (Tabla 2), tal como lo reportan Camejo y Torres (2001) quienes encontraron que conforme se incrementaron los niveles de salinidad a partir de 50 hasta 100 mM de NaCl, se redujo la tasa y el porcentaje de germinación en tomate.

De esta manera, se observa que el gradiente de salinidad tuvo un efecto significativo en las variables de respuesta de los genotipos de albahaca. Sin embargo, cada uno de ellos mostró una tendencia particular, debido a que la tolerancia a la salinidad es una característica heredable, que se usa como criterio eficaz para seleccionar poblaciones tolerantes a este estrés abiótico (Kaya *et al.*, 2008). En condiciones naturales las semillas y plántulas jóvenes se enfrentan a salinidades más altas que aquellas plantas que crecen vigorosamente, debido a que la germinación prácticamente ocurre en la superficie del suelo donde se acumulan sales solubles como resultado de la evaporación y elevación capilar del agua (Almansouri *et al.*, 2001). Como se aprecia en el presente estudio, es relevante determinar el porcentaje de germinación como indicador de tolerancia en plantas que son sometidas a estrés salino, ya que ofrece conocimiento para estimar la respuesta potencial de las semillas en ambientes afectados por salinidad (Dantas *et al.*, 2005). El fenómeno inhibitorio ocurrido en el proceso de germinación para todas las variedades, puede atribuirse al estrés osmótico o a la toxicidad provocada por el exceso de sodio (Flowers *et al.*, 2010). Esto se ha evidenciado en otras experiencias; por ejemplo, al estudiar en condiciones de invernadero el efecto del potencial osmótico sobre la absorción de agua y germinación de semillas de alfalfa. En este caso se encontró que las semillas tienden a absorber agua lentamente y a acumular cloruro a partir de una solución de NaCl en la medida en que el potencial osmótico de la solución disminuye su concentración. Se demostró que el efecto físico-químico de la sal consistió en reducir la emergencia, que estuvo asociado a la concentración (Flowers *et al.*, 2010). Sin embargo, no está claro si estos dos componentes del estrés salino tienen efectos similares sobre las propiedades fisiológicas asociadas con la germinación y si es la misma en todas las variedades (Almansouri *et al.*, 2001). La

salinidad reduce el número total de semillas germinadas y pospone la iniciación de los procesos de germinación (González *et al.*, 2011). Además, la salinidad influye de manera letal en la germinación de las semillas, principalmente al disminuir lo suficiente el potencial osmótico de la solución del suelo para retardar la absorción de agua por las semillas (Khan y Ungar, 1991) y también por la toxicidad al embrión (Zekril, 1993). Estudios de estrés salino en otras especies apoyan lo que se ha comentado anteriormente. En hortalizas se incrementó la presión osmótica desde -0.33 hasta -0.86 Mpa y la germinación se redujo en un 50% (Colla *et al.*, 2010). También se han señalado diferencias en la germinación entre cultivares de garbanzo por efecto de soluciones salinas. Al comparar los cultivares CIT-482 y Barkla, se obtuvo porcentaje de germinación mayor y un potencial de agua de -0.03 MPa. (Flowers *et al.*, 2010). Kaya *et al.* (2008) evaluaron soluciones de cloruro de sodio y su efecto en cultivares de garbanzo Gokce, AKN-97 y Uzunlu-99, encontraron que el porcentaje de germinación de Gokce y AKN-97 respondieron de manera similar, pero fueron superiores a Uzunlu-99. Se debe considerar que las sales afectan las funciones de la membrana y las paredes celulares (Mahdavi y Modarres, 2007), ya que el NaCl afecta la permeabilidad de las membranas plasmáticas e incrementa el influjo de iones externos y el flujo de solutos citosólicos en las células de las plantas (Allen *et al.*, 1995). El NaCl también causa endurecimiento de la pared celular y un aumento en la conductividad hídrica de la membrana plasmática, lo que afecta el potencial del citosol y la extensibilidad celular y así, puede también afectar la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas. La reducción de la germinación en condición salina puede deberse al hecho de que la latencia se incrementa en las semillas de los cultivos por estrés salino (Mahdavi y Modarres, 2007).

Otro aspecto tratado en el presente trabajo fue comparar la respuesta al estrés salino de variedades de albahaca en la etapa de emergencia, según los criterios propuestos por Shannon (1997), Maas (1986), Nerson y Paris (1984) plantean que es recomendable realizar selección y clasificación de variedades por su tolerancia a la salinidad en cada una de las etapas del crecimiento y desarrollo de una especie que se desee mejorar genéticamente para el carácter deseado. Es bien conocido

que la sensibilidad de los cultivos a la salinidad cambia durante su crecimiento y desarrollo y deberá ser medida durante todas las etapas fenológicas del cultivo (Nieman y Shannon, 1976; Jones y Qualset, 1984), además, se debe considerar que la disminución en el número de plantas por efecto de la salinidad durante la etapa de emergencia, puede reducir significativamente el rendimiento, por lo que es importante conocer su tolerancia durante esta etapa (Maas y Grieve, 1990). Al respecto, la emergencia se refiere a la emergencia de la plántula a través de la superficie del suelo y al igual que la germinación, es una etapa crítica. Pruebas sistemáticas de cultivos para tolerancia a la salinidad durante la emergencia no se reportan con frecuencia y en muchos cultivos no se han emprendido; sin embargo, numerosos estudios se han realizado bajo diferentes condiciones (Maas y Grieve, 1990).

Aquí se muestran diferencias en el porcentaje final de emergencia por efecto de la salinidad (Figura 2) y las variedades (Tabla 2). Resultados similares reportó Ruiz (1993) trabajando en condiciones de laboratorio, quien encontró que conforme se incrementaron los niveles de salinidad en el agua de riego (de 6.09 dS/m a 26.5 dS/m), aumentó el tiempo para lograr la emergencia de plántulas.

En este estudio, al incrementar la salinidad, el porcentaje disminuyó (Figura 2), posiblemente por la inhibición del crecimiento del eje embrionario debido a un retraso de la movilización de reservas (Prisco y Vieira, 1976; Gomes-Filho y Prisco, 1978; Prisco *et al.*, 1981; Gomes-Filho *et al.*, 1983; Prisco, 1987) y a los disturbios de la membrana causado por la salinidad, el cual es evidenciado por el incremento de la pérdida de materiales del eje embrionario (Prisco, 1987). Aunque la mayoría de las reservas de movilización de los tejidos de la semilla ocurren después de la emergencia de la radícula (Gomes-Filho y Prisco, 1978; Bewley y Black, 1978), existen reservas de movilización de diferentes partes de la semilla durante la imbibición inicial (Bewley y Black, 1978; Ashford y Gubler, 1984; Murray, 1985), sobre todo la movilización del almidón, el cual ocurre en las semillas de legumbres principalmente durante el establecimiento de la plántula (Bewley y Black, 1978; Murray, 1984) y es altamente sensible a la salinidad (Prisco *et al.*, 1981).

Las diferencias entre variedades demuestran que también en la etapa de emergencia existe una gran variabilidad entre variedades en respuesta al estrés salino (Tabla 2), que es una característica que desde el punto de vista del mejoramiento genético debe aprovecharse. Este hecho demuestra que la tolerancia de plantas a la salinidad no solo varía entre especies, sino que también entre variedades de la misma especie y que además cambia durante el crecimiento y desarrollo del cultivo (Maas y Hoffman, 1977). Asimismo, se demostró que la tolerancia a la salinidad durante la emergencia, varía considerablemente entre los cultivares; sin embargo, no está bien correlacionada con los parámetros de tolerancia determinados como funciones de la respuesta del rendimiento (Maas, 1990).

7.1.2 Variables morfométricas

En cuanto a las variables morfométricas, longitud de radícula (LR), altura de plántula (AP), biomasa fresca y seca de radícula (BFR, BSR) y biomasa fresca y seca de parte aérea (BFPA, BSPA) (Tablas 3 y 4), las variedades en estudio exhibieron diferentes respuestas en cada una de las variables por etapas (germinación, emergencia y crecimiento inicial), esta respuesta se debe a que las plantas que se desarrollan en sustratos salinos presentan un proceso de adaptación, a diferencia de aquellas que eventualmente se enfrentan al mismo (Colmer y Voesenek, 2009).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Mohammad *et al.* (1998) quienes determinaron que la respuesta inmediata al estrés salino en tomate, es la reducción de la tasa de expansión de la superficie foliar, lo que reduce la biomasa seca, la altura de la planta, el número de hojas por planta, la longitud de la raíz y el área de la superficie radicular. En otras especies como algodón, se indica que el incremento en los niveles de NaCl resulta en una disminución significativa en el crecimiento de la raíz, la parte aérea y el crecimiento de la biomasa foliar, aunque se incrementa la relación raíz/tallo (Meloni *et al.*, 2001). Por otra parte, estos estudios coinciden con lo planteado por Villafañe (1997) quien menciona que las sales acumuladas en el suelo afectan el crecimiento de la parte aérea de la planta y el desarrollo de las raíces, al restringir la absorción de agua con la disminución del potencial osmótico; además,

las plantas del tratamiento salino mostraron modificaciones morfológicas en las hojas y mayor acumulación de los iones de sodio y cloruro, lo que sugiere ausencia de mecanismos de exclusión de estos iones. Por su parte, Farhatulah y Raziuddin (2002) encontraron que el porcentaje de variabilidad, el peso fresco y la altura de plántula disminuyeron con los niveles de NaCl. Se ha demostrado que la disminución en el peso seco de parte aérea parece no depender de la reducción en el número de hojas, lo cual ocurre solamente en conductividades eléctricas por arriba de 6 dS m^{-1} ; pero una reducción del área foliar puede reducirse proporcionalmente más que el peso seco de tallo (Cruz y Cuartero, 1990). Por otra parte, los resultados muestran que existen diferencias significativas entre las concentraciones salinas para la longitud de radícula, biomasa fresca y seca de radícula en la germinación (Tabla 3), en la emergencia (Tabla 7) y el crecimiento vegetativo inicial (Tabla 10). En la altura de la plántula, biomasa fresca y seca de parte aérea en la germinación (Tabla 4), la emergencia (Tabla 8) y el crecimiento vegetativo inicial (Tabla 11). Sobre este hecho se destaca que la salinidad del suelo provoca una sintomatología relacionada con una inhibición irreversible del crecimiento en cuanto a menor área foliar y talla de la planta (el crecimiento es lento y no llega a ser completo), menor producción de materia seca, quemaduras en los bordes de las hojas, entre otros factores (Campos *et al.*, 2011). Acorde con De Araujo (2006) la salinidad puede inhibir el crecimiento de las plántulas debido a varios factores, incluyéndose la toxicidad iónica, deficiencia en la nutrición mineral y cambios en las relaciones hídricas. Esto último es un efecto similar al producido por la sequía. El grado en el que cada uno de estos factores puede afectar el crecimiento depende de la variedad y de las condiciones ambientales. Los principales iones salinos Na y Cl, pueden suprimir la absorción de nutrimentos debido a las interacciones competitivas iónicas o afectar la integridad de la membrana. Niveles altos de Na por lo general indican deficiencias de K. El estrés iónico se asocia con relaciones altas de Na/K y Na/C⁺ y la acumulación de Na y Cl en los tejidos, lo cual es dañino para el metabolismo general de las células. El mantenimiento de K citosólico y la homeostasis de la concentración intracelular de iones es aún más crucial en estrés salino. Otros efectos negativos de la exposición a la salinidad en el sustrato, se manifiestan en las reducciones en el crecimiento y

muerte de órganos, asociadas al ingreso de Na, disminución en la concentración interna de K y Ca, restricciones al ingreso de agua y la expansión celular (Hasegawa *et al.*, 2002). Los resultados del presente estudio coinciden con los reportados por Dumbroff y Cooper (1974) quienes mencionan que la salinidad disminuye el crecimiento de la parte aérea, sobre todo en el desarrollo en la etapa de plántula, donde las plántulas jóvenes salinizadas reducen su crecimiento en altura. Resultados similares obtuvieron Llanes *et al.* (2005) al estudiar la respuesta de la germinación y crecimiento de *Prosopis strombulifera* a soluciones monosalinas isoosmóticas de KCl, NaCl, Na₂SO₄ y K₂SO₄ encontraron que en los tratamientos salinos, el crecimiento de los hipocótilos siguieron un patrón de inhibición del crecimiento similar al de las radículas.

Los resultados obtenidos en biomasa fresca de raíces de plántulas hace referencia a lo estudiado por Mora-Aguilar (2004) quien realizó estudios de salinidad en plantas de papa y encontró que en todos los tratamientos salinos, excepto en los de NaHCO₃ y salinidad sulfático-sódica, acumularon menos biomasa, lo que se atribuye a la disminución natural del crecimiento de la raíz al final del ciclo biológico de la planta, pero también al efecto salino. Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los obtenidos por Al-Karaki (2000) quien evaluó el efecto del NaCl sobre las raíces de genotipos de *Lycopersicon esculentum*, cultivares Sera, 898 y Rohana, determinando que el aumento de la concentración de la sal afecta adversamente el crecimiento de las raíces, cuantificado como materia seca. Resultados similares se reportaron al aplicar NaCl al cultivar de tomate P73, caracterizado como sensible a la salinidad y la accesión silvestre PE47 de *Lycopersicon pennelli*; en ambos, el desarrollo de las raíces se redujo pero fue más acentuado en P73 (Abrisqueta *et al.*, 1991). Existen posibles razones de la reducción en el crecimiento de la raíz en estrés salino, entre las que destacan la restricción en el crecimiento celular debido a un potencial bajo de agua del medio externo, a la interferencia de los iones salinos con la nutrición de las plantas o a la toxicidad de iones acumulados que conducen a la muerte celular (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). Por su parte, Abrisqueta *et al.* (1991) estimaron que la biomasa radicular de plantas de tomate crece con o sin 135 mM de NaCl (alrededor de 13 dS m⁻¹) y

encontraron que las raíces de las plantas sometidas a estrés salino, aparecieron una semana después que sin el tratamiento salino, el cual tuvo un retraso de 20 días para alcanzar una profundidad de 80 cm y la densidad de la longitud radicular al final de la vida de las plantas fue de 1/4 con respecto a las plantas no tratadas. Por otro lado, se ha demostrado que la salinidad puede causar déficit hídrico en la zona radicular, similar al que produce la sequía.

Este incremento en los valores de biomasa fresca y seca de parte aérea de algunas variedades (Tabla 4) a concentraciones moderadas y relativamente elevadas es posible que se deba a un incremento en la síntesis de solutos orgánicos (azúcares, prolinas, aminoácidos) para contrarrestar los efectos osmóticos de la salinidad en esta etapa del desarrollo, lo que pudiera estar asociado con la presencia de mecanismos de tolerancia a la salinidad en las variedades. Se considera que las plantas para ajustarse osmóticamente e incrementar su potencial osmótico interno en condiciones de salinidad (Balibrea, 1996) utilizan una porción de sus fotosintatos. Gupta y Sharma (1990) encontraron que las plantas de tomate tratadas con niveles de 50 mM de NaCl, presentaron un crecimiento de biomasa similar o superior al control, en correspondencia con un incremento en el contenido de azúcares reductores totales y de prolina en tallo y raíz. Además, se ha encontrado que la salinidad afecta la biomasa seca de las plántulas de arroz (Torres y Ehevarría, 1994) pero su reducción es menor comparado con la biomasa fresca.

También se presentaron diferencias significativas en la interacción variedadxsalinidad para longitud y biomasa fresca y seca de radícula (Tabla 3) en la germinación (Tabla 7), en emergencia y en el crecimiento vegetativo inicial (Tabla 10). Para longitud de radícula (Tablas 3, 7 y 10) estos estudios coinciden con los de Abrisqueta *et al.* (1991) quienes encontraron que conforme se incrementaron los niveles de salinidad a partir de 50 hasta 100 mM de NaCl, se redujo esta variable, lo cual puede atribuirse a la restricción en el crecimiento celular, debido al potencial bajo de agua del medio externo y a la interferencia de los iones salinos con la nutrición de las plantas o a la toxicidad de iones acumulados que conducen a la muerte celular (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). La acumulación de biomasa seca se usa ampliamente como una medida de crecimiento de la planta, porque

refleja un balance entre la producción total de foto-asimilados y la respiración. Según Shani y Ben-Gal (2005) su reducción como consecuencia de la salinidad está asociada con disminuciones equivalentes en la absorción de agua debidas a un efecto osmótico, ya que la biomasa fresca y seca de parte aérea disminuyó en 50 y 100 mM de NaCl. La acumulación menor de biomasa fresca y seca observada en los tratamientos salinos se atribuye al efecto osmótico que resulta de la concentración elevada de sales disueltas que disminuyen el potencial osmótico de la solución y consecuentemente la disponibilidad de agua para la planta (Willadino y Camara, 2004; Tadeo y Gómez-Cadenas, 2008). El déficit hídrico inducido por la salinidad restringe el crecimiento y ocasiona una menor tasa de división y elongación celular, así como disminución de la asimilación de CO₂ (Pio *et al.*, 2001). Los resultados del estudio aquí reportado son comparables con los señalados por Pio *et al.* (2001) quienes encontraron que la materia seca de cinco porta-injertos de vid disminuyó proporcionalmente con los niveles de salinidad. Por su parte, Cavagnaro *et al.* (2006) reportaron respuestas diferenciales al someter a salinidad cultivares de vid europeos como 'Malbec', 'Cabernet Sauvignon' y 'Chardonnay' junto a cultivares criollos argentinos, ya que estos últimos presentaron mayores contenidos de biomasa fresca y seca. En cuanto la interacción para la biomasa fresca y seca de radícula (Tablas 3 y 7) y de raíz (Tabla 10), estos resultados corroboran que la mayoría de las variedades incrementaron la biomasa fresca y seca de la radícula a partir de la concentración de 50 mM de NaCl, tal como lo reporta Cramer *et al.* (1988) al estudiar el efecto de diferentes concentraciones salinas en plantas de maíz. Al respecto, varios estudios han atribuido tal efecto, al impacto de la salinidad sobre el crecimiento de las plantas más común al efecto del estrés osmótico en la zona radical y esto trae consigo la reducción del peso del vástago, lo cual suele coincidir con la reducción del área foliar y la biomasa de la planta (Urrestarazu, 2004). En términos generales, la respuesta diferencial en las características morfológicas de la raíz de las variedades de albahaca evaluadas, muestra que el estrés salino conduce a cambios en el crecimiento y en consecuencia en la morfología, así como en su fisiología de este órgano de la planta, lo que turnará en cambios en la absorción de agua y de iones y en la

producción de señales (hormonas) que pueden comunicar información a la parte aérea. En términos fisiológicos y de metabolismo, la raíz como principal órgano de adsorción de agua y de iones, tiene gran importancia en la respuesta a corto y largo plazo al estrés salino. En este órgano se sintetiza ácido abscísico (ABA), una de las señales tempranas de estrés, capaz de producir cambios fisiológicos locales (conductividad hidráulica) y a distancia (cierre estomático) (Hartung *et al.*, 2002). Por este motivo, las características anatómicas y morfológicas de la raíz pueden tener gran influencia en la capacidad de adaptación a la salinidad (Reinhard y Rost, 1995; Maggio *et al.*, 2001). Sin embargo, la relación entre la salinidad y el crecimiento de la raíz resulta ser más complejo, pues otros factores tales como la composición iónica de las sales aplicadas, la relación Na:Ca, pueden afectar la respuesta del crecimiento de la raíz e incrementar su biomasa (Snapp y Shennan, 1992).

Las tablas 4 y 8 presentan la interacción variedad \times salinidad en la altura de plántula, biomasa fresca y seca de parte aérea y la tabla 11 para longitud de tallo, biomasa fresca y seca de tallo y hoja. Estos resultados coinciden con lo establecido por Wahome (2003) al establecer que las plantas responden al estrés salino, al disminuir su tasa de crecimiento, forman hojas más pequeñas y menor cantidad de ellas, disminuyen su altura. Esto sugiere que la tolerancia de las plantas a la salinidad puede ser determinada por su altura, lo cual se le atribuye a que la salinidad reduce el acceso de agua por la planta y disminuye el crecimiento del vegetal. El exceso de las sales causan daños celulares a través del proceso de transpiración en las hojas y por toda la planta, por lo que el crecimiento se inhibe (Munns *et al.*, 2006). Por otra parte, Chilo *et al.* (2009) estudiando el efecto de la temperatura y la salinidad sobre la germinación y el crecimiento de parte aérea de dos variedades de *Chenopodium quinoa* indicaron que el crecimiento disminuyó con una baja temperatura y alta salinidad.

La tabla 12 presenta la interacción variedad \times salinidad en la biomasa fresca y seca de la hoja. Los resultados del presente estudio también coinciden con lo reportado por Mohammad *et al.* (1998) quienes determinaron que la respuesta inmediata al estrés salino en tomate, es la reducción de la tasa de expansión de la superficie

foliar, lo que reduce la biomasa fresca y seca de la hoja. En otras especies como algodón, se indica que el incremento en los niveles de NaCl resulta en una disminución significativa en la parte aérea y el crecimiento de la biomasa foliar (Meloni *et al.*, 2001). Por otra parte, Farhatulah y Raziuddin (2002) encontraron que el peso fresco disminuyó con los niveles de NaCl. Se ha demostrado que la disminución en el peso fresco y seco de parte aérea parece no depender de la reducción en el número de hojas, lo cual ocurre solamente en conductividades eléctricas por arriba de 6 dS m^{-1} (Cruz y Cuartero, 1990).

La acumulación de osmorreguladores e iones en las hojas es una respuesta adaptativa de las plantas a altas concentraciones de sal en el medio. A través de este mecanismo, las plantas pueden hacer la regulación osmótica (Casierra-Posada y Rodríguez, 2006). El fenómeno de la osmorregulación se ha observado en hojas (Westgate y Boyer, 1985), es así como en muchas de las plantas evaluadas en condiciones de salinidad se ha encontrado una relación directamente proporcional entre el peso específico de las hojas y la concentración de sales en el sustrato (Casierra-Posada y Rodríguez, 2006; Casierra-Posada y Hernández, 2006; Casierra-Posada y García, 2005); por el contrario, en algunos casos se ha encontrado que el peso específico de las hojas se reduce a niveles crecientes de NaCl en el sustrato (Ewe y Sternberg, 2005; Syeed y Khan, 2004), lo que puede indicar que la salinidad induce la formación de hojas delgadas, además, es posible que en condiciones de salinidad se acumule menor cantidad de asimilados en las hojas, como consecuencia de una tasa reducida de fotosíntesis en respuesta a la acumulación de Na y Cl en las hojas, pues se ha encontrado que el aumento en niveles de iones Na y Cl en las hojas se debe a la salida pasiva de iones en las membranas para lograr el ajuste osmótico (Syeed y Khan, 2004). Al igual que en el presente ensayo, la respuesta de las plantas a la salinidad en lo relacionado con el peso específico de las hojas tiene un fuerte componente varietal (Ewe y Sternberg, 2005; Casierra-Posada y García, 2005; Syeed y Khan, 2004).

La interacción variedadxsalinidad para el área foliar (Tabla 12) corrobora que la salinidad reduce el crecimiento de la parte aérea suprimiendo la iniciación y la expansión de las hojas así como el crecimiento de los entrenudos y acelerando la

abscisión de las hojas. La disminución del crecimiento se ha asociado con el contenido de Cl en las hojas (Kozłowski, 1997). En *Psidium guajava* se ha reportado reducción del área foliar con estrés salino por NaCl (Távora *et al.*, 2001), mayor sensibilidad en el desarrollo de los primordios foliares y en la expansión foliar que puede afectar la expansión de las hojas mediante la reducción de la presión de turgencia y de la extensibilidad de la pared celular. Resultados similares en cuanto a la reducción del área foliar en condiciones de salinidad fueron reportados también en plantas de *Fragaria* sp. (Casierra-Posada y García, 2005), en *Lycopersicon esculentum* (Romero-Aranda *et al.*, 2001) y en *Psidium guajava* (Távora *et al.*, 2001). De igual manera, se ha encontrado que el área foliar total en *Sorghum bicolor* se redujo notablemente con la salinidad (Netondo *et al.*, 2004). La disminución del área foliar se ha atribuido a la senectud y a la muerte temprana de las hojas, a la tasa de crecimiento reducida y a la aparición retrasada de hojas (Bernstein *et al.*, 1993). Además, las partes superiores dobladas de la hoja, la necrosis rápida de los extremos de la lámina, o ambos son índices de desarrollo anormal de la hoja que contribuye a la disminución del área foliar.

Los resultados obtenidos respecto a la interacción variedad x salinidad en las variables morfométricas de las variedades de albahaca, mostraron, en términos generales, similitud con otros estudios publicados, donde se confirma que la salinidad causa muchos problemas para el crecimiento y desarrollo de los vegetales, especialmente para las glicófitas, esto debido a la inducción de mal funcionamiento de procesos fisiológicos (Shannon *et al.*, 1994), además de que la exposición de las plantas al NaCl, afecta también el transporte de iones y agua en los vegetales (Lauchli y Epstein, 1990). Asimismo, la salinidad afecta a las plantas cultivadas tanto en la fase de la germinación, emergencia y desarrollo vegetativo, por tanto, causa reducción en varias variables del crecimiento (Ebert *et al.*, 1999; Aslam *et al.*, 1993).

7.1.3 Selección de variedades tolerantes y sensibles a la salinidad en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento vegetativo inicial

En la tolerancia a la salinidad es importante realizar la selección y clasificación de variedades por su tolerancia en las primeras etapas del crecimiento, porque

básicamente se asume que si la planta presenta tolerancia en las primeras etapas de su crecimiento y desarrollo, también las presentará en las etapas tardías o subsecuentes (Nerson y Paris, 1984). El criterio de selección de variedades para tolerancia a salinidad durante la etapa de germinación fue efectivo en pasto Kentucky (Horst y Taylor, 1983); sin embargo, no fue así en melón (Nerson y Paris, 1984). En este sentido, se propuso realizar una selección y clasificación de variedades de albahaca por su tolerancia o sensibilidad a la salinidad durante las primeras etapas del crecimiento, ya que una comparación de la tolerancia durante la germinación y emergencia con las subsecuentes etapas fenológicas es muy difícil, porque se utilizan diferentes criterios y condiciones para realizar la evaluación de la respuesta a la planta (Maas, 1986). Asimismo, es importante considerar que los criterios potenciales y mejores de selección para tolerancia a salinidad son la evaluación del porcentaje de germinación, el porcentaje de emergencia de plántulas, la sobrevivencia de plántulas y las variables morfométricas (Tal, 1985). Las variedades de albahaca clasificados como tolerantes a la salinidad en la etapa de germinación (Figura 1), puede ser derivada de la capacidad de las variedades para excluir iones tóxicos, principalmente Na y Cl, ya que estudios químicos realizados en semillas de ésta especie muestran que ambos iones son excluidos de la semilla al incrementar la salinidad (West y Francois, 1982). Otra posible causa de la tolerancia mostrada en estas variedades pudiera estar relacionada con la capacidad de las variedades tolerantes para iniciar el proceso del desarrollo embrionario con la mínima cantidad de agua absorbida, al ser sometidos al estrés salino. Murillo-Amador *et al.* (2000) encontraron que los porcentajes bajos de germinación en *Vigna unguiculata* L. Walp. son causa de un efecto osmótico, más que de un efecto tóxico por iones. Ambos procesos en condiciones salinas afectan la germinación de la semilla al disminuir la facilidad para que estas absorban agua y se facilite la absorción de iones tóxicos (Smith y Comb, 1991). En la tolerancia a la salinidad de alguna variedad o grupo de ellos, es necesario comprender que es un carácter complejo, que involucra respuestas al estrés iónico y osmótico a nivel celular y a la coordinación de esas respuestas a nivel de organismo y su interacción con el medio circundante (Cheeseman, 1988; Yeo, 1998). Los mecanismos que confieren

tolerancia a nivel celular pueden no tener efecto a nivel de planta, en donde se asocian células diferenciadas con distinta función (absorción, transporte, asimilación de carbono) y espacialmente separadas y enfrentadas a condiciones ambientales distintas (Yeo, 1998). Se ha planteado que la sobrevivencia, biomasa y altura de la planta son características suficientes para conocer la tolerancia a la salinidad y que la morfología es uno de los principales factores que influyen en la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas (Munns, 2002). Acorde con Sun y Dickinson (1995) los cambios en la morfología influyen en la capacidad para aceptar los nutrientes, agua, luz y es importante atender la respuesta morfológica cuando crecen en estrés salino, para conocer el grado de tolerancia a ese estrés. Estos resultados coinciden con los planteados por Pardossi *et al.* (1998) en cuanto a la reducción del crecimiento de las plantas al ser cultivadas en condiciones de salinidad, respuesta que pudiera explicarse según Taiz (1984) por una disminución en la utilización del carbono para la síntesis de la pared celular. En términos generales, la reducción en la síntesis de la pared celular durante el estrés, es debido a las afectaciones que se presentan en la longitud de radícula y consecuentemente esto trae consigo una reducción de la biomasa fresca y seca de radícula y tallo. Zoppo *et al.* (1999) confirman la afectación que propicia el estrés salino en el crecimiento de las plantas al exponerse a estas condiciones adversas. Otros autores (González, 2002; Mano y Takeda, 2001; Prazak, 2001) señalan el uso de estos indicadores del crecimiento y la acumulación de biomasa para discriminar variedades tolerantes al estrés salino en diferentes cultivos. La discriminación de diferentes cultivos tolerantes o sensibles se debe a que muchos agentes estresantes, incluida la salinidad ocasionan alteraciones estructurales, fisiológicas e incluso bioquímicas, que conllevan a fuertes implicaciones metabólicas y ocasionan una reducción del crecimiento (González y Ramírez, 1998). En tal sentido, se ha indicado que dicho estrés afecta la actividad de una serie de enzimas, la estructura y permeabilidad de las membranas intracelulares, la homeostasis de la célula, las reacciones de intercambio de energía, el estado estructural y la actividad funcional del ADN (Storey y Walker, 1999; González, 2002) y muchas de las respuestas enzimáticas, sobre todo las consideradas como características del metabolismo de estrés, son también

respuestas adaptativas, que favorecen una protección inespecífica de los daños causados por el estrés (Milanés y González, 1999). Por su parte, Gómez-Cadena (2001) menciona que a nivel de organismo existen mecanismos de interacción entre los órganos que toman parte en los procesos del transporte de agua y de compuestos minerales y orgánicos por la planta. Los mismos autores establecen que durante el estrés, el flujo de estas sustancias se debilita por varias causas, lo que agudiza la competencia entre las distintas partes del organismo por estos compuestos y ello provoca un retardo en el crecimiento, la falta de desarrollo de algunos órganos o la pérdida de éstos (por ejemplo, la caída masiva de frutos) como autorregulación de la planta. En relación con el estrés salino del substrato salinizado, los iones entran rápidamente a todos los órganos de las plantas vía sistema radical y se acumulan en las células en grandes cantidades. La concentración límite de los iones en las células depende de las propiedades biológicas del citoplasma y el nivel de salinidad del medio. El incremento de la concentración iónica en el citoplasma constituye en esencia la aparición del efecto estresante en el organismo vegetal. Acorde con González y Ramírez (1999) y González *et al.* (2002) conjuntamente con la acumulación de iones en las plantas se producen una serie de cambios fisiológicos que constituyen la consecuencia directa de dicho estrés en el organismo vegetal. Entre estas alteraciones o cambios pudieran mencionarse la disminución del potencial osmótico y las variaciones que ocurren en el régimen hídrico de las plantas. Por su parte, Udovenko (1985) y González (1992) al analizar los datos experimentales sobre la influencia de diferentes tipos de sales sobre el metabolismo de las plantas observaron que los cambios que se producen son prácticamente idénticos; lo que ha servido de fundamento para afirmar la inespecificidad y uniformidad en las reacciones de defensa del organismo a los diferentes tipos de salinidad que pueden presentarse en el suelo. Dentro de este contexto, cabe ratificar lo ya planteado, de que muchos agentes estresantes ocasionan similares alteraciones estructurales, fisiológicas e incluso bioquímicas, que conllevan a fuertes implicaciones metabólicas y ocasionan una reducción del crecimiento y desarrollo de las plantas.

7.2 Efecto del humatos de vermicompost como atenuante del estrés salino en variedades de albahaca en la etapa de germinación, emergencia y crecimiento vegetativo

7.2.1 Germinación y emergencia

Los resultados indican un aumento en el PG y la TG (Tablas 15 y 16) a partir de la aplicación de humatos de vermicompost, lo cual coincide con los resultados reportados por Csicsor *et al.* (1994), Chukov *et al.* (1996) en trabajos sobre germinación y con los obtenidos por Rauthan *et al.* (1981) y David *et al.* (1994) en trabajos donde utilizaron sustancias húmicas en diferentes dosis, observando que los tratamientos con humatos de vermicompost mejoraron el PG en los diferentes niveles salinos, inhibiendo el efecto de la salinidad. Todas estas mejoras provocadas por el humato, indican la existencia de cierto efecto bioprotector de dichos materiales sobre este proceso del desarrollo vegetal, cuando se produce en condiciones de estrés salino. Los efectos bioestimulantes de las sustancias húmicas sobre la germinación han sido justificados por diversos autores (Smidova, 1962; Jurcsik, 1994; Lovley *et al.*, 1996) por la generación de estímulos en la actividad enzimática de las semillas, así como por la presencia en el material húmico de radicales semiquinónicos libres los cuales son capaces de intervenir en las cadenas respiratorias, incrementando el suministro de energía a las células.

Los resultados indican un aumento en el PE y la TE (Tablas 18 y 19) a partir de la aplicación de humatos, lo cual coincide con los resultados reportados por Zaller (2007) y Fernández-Luqueño *et al.* (2010) en trabajos donde utilizaron vermicompost en diferentes dosis, observando que los tratamientos con vermicompost mejoraron el PE en un 35% en cultivares de tomate y en un 17% en plantas de frijol, inhibiendo el efecto de la salinidad. Además Warman y AngLopez (2010) encontraron incrementos significativos del PE en semillas de rábano y caléndula con aplicación de extractos líquidos de vermicompost. Todas estas mejoras provocadas por el humatos de vermicompost indican la existencia de cierto efecto bioprotector de dichos materiales sobre este proceso del desarrollo vegetal, cuando se produce en condiciones de estrés salino. Los efectos bioestimulantes de las sustancias

húmicas sobre la emergencia han sido justificados por diversos autores (Kulikova *et al.*, 2005; Gacco *et al.*, 2000) por la generación de estímulos en la actividad enzimática de las semillas, así como por la presencia de radicales semiquinónicos libres en el material húmico, los cuales son capaces de intervenir en las cadenas respiratorias, incrementando el suministro de energía a las células. Según Hernández *et al.* (1993) el principal mecanismo de toxicidad específica causada por NaCl en la germinación y emergencia es debido a la elevada generación de radicales superóxidos que provocan un estrés oxidativo en las mitocondrias. El efecto bioprotector mostrado por el humato de vermicompost sobre la germinación y emergencia de semillas de albahaca en medio salino, se debe a la captura de los radicales libres generados por la toxicidad de NaCl, por parte de aquellos presentes en las sustancias húmicas, de esta manera el estrés oxidativo de la mitocondria disminuye.

7.2.2 Variables morfométricas

Si bien el desarrollo radicular se ve severamente afectado por el estrés salino, los ácidos húmicos provenientes del humatos de vermicompost influyeron positivamente en el crecimiento para la germinación (Tablas 15 y 16), en la emergencia (Tablas 18 y 19) y en el crecimiento vegetativo (Tablas 34 y 35). Lo anterior pudo deberse a que los ácidos húmicos promueven en albahaca, incrementos en la permeabilidad de la membrana celular, de tal forma que a pesar de las condiciones hipertensas del medio salino, favoreció la imbibición de la semilla, para solubilizar los almidones y así favorecer la disponibilidad de carbohidratos para el crecimiento de la radícula. Otro efecto pudo obedecer a una función como regulador o promotor del crecimiento, induciéndolo como manifestaron Nardi *et al.* (2002a). Lo anterior coincide con Barros *et al.* (2010) quienes señalaron que las sustancias húmicas como el ácido abscísico y el ácido indolacético que contiene el vermicompost promueven el crecimiento. También coincide con Santi *et al.* (1999) y Kulikova *et al.* (2003) quienes señalaron que las sustancias húmicas facilitan la absorción de nutrimentos, especialmente de aquellos que se encuentran deficientes. Ermakov *et al.* (2000) encontraron que el ácido húmico adsorbido a las células de la planta a nivel superficial, aumentan su permeabilidad, lo que favorece la absorción de nutrimentos por las plantas. El efecto

inicial negativo observado en el crecimiento de las plántulas en ambientes salinos, fue contrarrestado por acción de las sustancias húmicas aplicadas, induciendo un súbito crecimiento posterior. Según los resultados obtenidos, resulta evidente que la albahaca requiere de cierta cantidad de sales solubles para el crecimiento del tallo. Este requerimiento, expresado como tolerancia, parece ser que sucede una vez que la plántula deja la etapa autotrófica, aunque muestra cierta sensibilidad a la salinidad en la interface hacia la etapa heterotrófica; una vez alcanzada la heterotrofia, aparece la tolerancia al estrés salino. El desarrollo del tallo fue afectado a medida que se incrementó la solución de NaCl; la aplicación de humato de vermicompost contrarrestó el efecto negativo de la salinidad, coincidiendo con Escalante (1995), Delgado y Sanchez-Raya (1996), Yldrm *et al.* (2003).

Se ha detectado con la aplicación de SH vía radicular, un fuerte estímulo del crecimiento radicular, número de sitios de mitosis, número de raíces emergidas y área superficial, estando el crecimiento de las raíces acompañado de una estimulación de la actividad H⁺-ATPasa (Canellas *et al.*, 2002; Wiegand *et al.*, 2004; Zandonadi, 2005; Martínez, 2006; Huelva *et al.*, 2006; Muscolo *et al.*, 2007a). Sin embargo, como el crecimiento radicular está regulado genéticamente y depende de una serie de factores, entre los que se encuentra el estímulo hormonal, las respuestas biológicas encontradas con la aplicación foliar de SH pudieran relacionarse con la actividad “like-hormone” de los AH y AF contenidos en el extracto. Estos resultados constituyen una evidencia más de que la aplicación foliar de un extracto de SH tenga repercusiones en el crecimiento de la raíz (Martínez, 2006, Huelva *et al.*, 2006, Calderín *et al.*, 2009). También autores como Nardi *et al.* (2002a); Gondar *et al.* (2005); Senesi *et al.* (2007) plantean que las SH de mayor contenido de grupos carboxílicos y fenólicos manifiestan las mayores actividades biológicas. Resultados similares fueron encontrados por Mantovani *et al.* (2005) quienes encontraron un incremento en la longitud de las raíces en cultivares de lechuga tratadas con humatos provenientes de un vermicompost, que se corresponde con el origen del vermicompost empleado en los experimentos realizados. Otros autores Karasyova *et al.* (2007) trabajando con materiales humificados, en algas, reportó

incrementos en el crecimiento de raíces de las plantas estudiadas.

La concentración de humatos de vermicompost promovió la altura de la plántula para la germinación (Tablas 15 y 16), en la emergencia (Tablas 18 y 19) y el crecimiento vegetativo (Tablas 34 y 35). Dicha dosis contrarrestó el estrés salino, toda vez que la dilución de 1/60 (v/v), mitigó el efecto negativo de la salinidad. Lo anterior concuerda con Chen y Aviad (1990) quienes encontraron que las plantas en invernaderos y tratadas con ácidos húmicos aplicados en forma de compostas, manifestaron un crecimiento superior en comparación con los testigos. También Fernández-Luqueño *et al.* (2010) encontraron que las plantas de frijol tratadas con vermicompost, manifestaron un crecimiento superior a un tercio en comparación con las plantas no tratadas en la altura de la planta. Respuestas similares se encontraron con aspersiones de ácidos húmicos pero en menor cuantía. Channabasanagowda *et al.* (2008) en trigo con aplicación de vermicompost, observaron un incremento significativo en la altura. Buniselli *et al.* (1990) trabajando con maíz, encontraron un aumento de peso, altura de planta, longitud de mazorca y rendimiento de grano cuando aplicaron ácidos húmicos. Palada *et al.* (1999) evaluaron la albahaca tanto en suelo como en macetas con diversos sustratos, encontrando que se desarrolla mejor en condiciones de maceta que en condiciones de suelo y que el mejor sustrato fue el orgánico (mezcla de estiércol y paja de trigo). Nardi *et al.* (2002b) afirmaron que el mayor crecimiento de tallo al aplicar sustancias húmicas se debió a que se activa la división celular en las partes más jóvenes, lo que promueve mayores longitudes de tallo. Yao Lei *et al.* (2000) y Miceli *et al.* (2003) corroboraron que las plantas cultivadas en condiciones de salinidad muestran inhibición en su crecimiento, con reducción de su tamaño.

La biomasa fresca y seca de la radícula se manifiesta por un incremento de biomasa con la aplicación de humatos de vermicompost para la germinación (Tablas 15 y 16), en la emergencia (Tablas 18 y 19) y la biomasa fresca y seca de la raíz en el crecimiento vegetativo (Tablas 34 y 35). En este caso se observa que la dosis de humatos de vermicompost indica claramente diferencias significativas entre el humatos de vermicompost aplicado. Estos resultados probablemente estén relacionados con una estimulación en la síntesis de diversos metabolitos,

como pudieran ser aminoácidos y proteínas entre otros, en las plantas que fueron asperjadas con el extracto, favoreciéndose la acumulación de biomasa. Otra posibilidad sería que el extracto de SH podría estar favoreciendo la absorción de N-NO_3 , lo cual está relacionado con la actividad de las H^+ -ATPasa (Façanha *et al.*, 2002; Quagiotti *et al.*, 2004; Martínez, 2006; Rodda *et al.*, 2006a y 2006b; Bittner *et al.*, 2007; Canellas *et al.*, 2008), indispensable para el crecimiento al formar parte de muchos metabolitos y estar involucrado en un gran número de procesos metabólicos, formando parte integrante de muchas biomoléculas que integran los tejidos. Varios autores han reportado que con la aplicación de sustancias húmicas se estimula la expresión de genes que codifican la biosíntesis de proteínas (Pizzeghello *et al.*, 2000b; Muscolo *et al.*, 2007a; Senesi *et al.*, 2007; Samburova *et al.*, 2007; Vargas *et al.*, 2008; Elena *et al.*, 2009). Estos resultados coinciden con lo señalado por Cooper *et al.* (1998) quienes condujeron un experimento en macetas y arena dentro de un invernadero, para determinar si las sustancias húmicas podrían mejorar el incremento de biomasa, la longitud y la absorción de nutrientes en *Agrostis stolonifera* L., los ácidos húmicos se aplicaron por aspersión en dosis de 0, 100, 200 y 400 mg L^{-1} y encontraron que se produjo un incremento de 45% de materia seca en las raíces, comparada con el control, pero la absorción de N, Ca Mg y Fe no fueron significativas. Fernández-Luqueño *et al.* (2010) quienes condujeron un experimento en plantas de frijol para determinar si las sustancias húmicas podrían mejorar el incremento de biomasa, encontraron que se produjo un incremento del doble de biomasa fresca y seca en las raíces, comparada con el control. Por otra parte, Chen y Aviad (1990) consideran que las sustancias húmicas independientemente de su origen, mejoran la formación e incremento de raíces, como en la formación de materia seca, pero la concentración del material húmico es importante.

La respuesta de la biomasa fresca y seca de parte aérea para la germinación (Tablas 15 y 16), en la emergencia (Tablas 18 y 19) y la biomasa fresca y seca del tallo en el crecimiento vegetativo (Tablas 34 y 35) al humato de vermicompost mostró valores mayores con la aplicación del humato, lo que sugiere que este tiende a mitigar el efecto negativo del estrés salino, dado que este efecto se manifiesta en

la producción de biomasa. En este sentido, se ha discutido que el efecto estimulante de las SH implica el incremento de la actividad H⁺-ATPasa y por consiguiente el aumento en la extrusión de protones, lo que favorece la entrada de cationes y la modificación de la permeabilidad de las membranas (Façanha *et al.*, 2002; Rodda *et al.*, 2006b; Zandonadi, 2005; Machado *et al.*; 2009b). Otra posibilidad es la activación de procesos biosintéticos en las células radicales de las plantas, activándose proteínas que constituyen canales de agua específicos (aquaporinas) que propician su entrada, generándose la turgencia y expansión celular que contribuye al aumento de su masa fresca (Maurel *et al.*, 2001). Kulikova *et al.* (2006) reportó estimulación en la captación de agua por las células, de plantas tratadas con SH, lo cual puede estar relacionado con los resultados aquí obtenidos para este indicador.

Autores como Nardi *et al.* (2002b); Canellas *et al.* (2002); Quaggiotti *et al.* (2004); Musculo *et al.* (2007b) han detectado la presencia de estructuras equivalentes al AIA en las SH, las que al aplicarlas en diferentes tipos de plantas mostraron un comportamiento “like-auxin”, lo que pudiera estar sucediendo en las plantas estudiadas. Por otra parte, para la aplicación de humatos extraídos de varias fuentes de materia orgánica, incluyendo el suelo se han reportado incrementos en las masas frescas foliares (Athiyeh *et al.*, 2002; Façanha *et al.*, 2002; Musculo *et al.*, 2007a; Arancon *et al.*, 2004; Huelva *et al.*, 2004; Machado *et al.*, 2009; Elena *et al.*, 2009). Resultados análogos han sido encontrados por otros autores (Arteaga, 2003; Caro, 2004; Huelva *et al.*, 2006) con la utilización de un humus líquido obtenido con la disolución extractiva KOH-Na₄P₂O₇, aplicado foliarmente en diluciones que oscilan entre 1:20 y 1:40 en diferentes cultivos como pepino, maíz, rábano y acelga.

Degano (1999) probó dos fuentes de sal (NaCl y NaSO₄) en el crecimiento y peso fresco de tallo de *Tessaria absinthoides* encontrando que a medida que se incrementó la concentración salina, independientemente de la fuente, la biomasa fresca disminuyó, atribuyendo esta disminución a que la distancia y longitud de los entrenudos tuvieron esta misma respuesta, lo que le dio a la planta una apariencia achaparrada. Esta respuesta se atribuye al efecto osmótico que se origina en la

solución salina, misma que dificulta el régimen hídrico de las plantas y al efecto tóxico de los iones que interfieren en procesos metabólicos como la síntesis de carbohidratos y el transporte de productos fotosintéticos, así como su utilización en la producción de nuevos tejidos. La biomasa seca de la parte aérea indica la acumulación de nutrimentos, minerales y metabolitos en las estructuras foliares, cuya variación depende de la condición de fertilidad y mineral del suelo y agua. Mata-González y Meléndez-González (2005) trabajaron con orégano mexicano (*Lippia berlandieri*) en condiciones de estrés salino, encontrando que las hojas y tallos redujeron significativamente su peso seco en forma inversa al aumento de la salinidad, no así en el caso de la raíz, que aunque perdió peso, este no fue significativo. Se observa que existe un efecto positivo de los humatos de vermicompost en la acumulación de biomasa seca de parte aérea para la germinación (Tablas 15 y 16), en la emergencia (Tablas 18 y 19) y la biomasa fresca y seca del tallo en el crecimiento vegetativo (Tablas 34 y 35), resultados que coinciden con los reportados por Demir *et al.* (1997) quienes realizaron un experimento en condiciones de salinidad y ácidos húmicos en invernadero, usando *Cucumis sativus* L. como planta indicadora, encontraron que el peso seco de tallo disminuyó con la salinidad y que el ácido húmico parcialmente contrarrestó este efecto; igualmente, encontraron un contenido menor de K, pero aumento en el contenido de Ca, Mg y Fe, mientras que el Zn permaneció constante. Resultados que coinciden con los reportados por Arancon *et al.* (2002) quienes realizaron un experimento con aplicación de vermicomposta en un 10%, utilizando tomate y plántulas de caléndula como planta indicadora, encontraron que la biomasa fresca y seca del tallo aumentó y que el ácido húmico parcialmente contrarrestó el efecto de la salinidad. Por su parte, Kalantari *et al.* (2010) observaron un incremento en la materia fresca y seca del tallo en un 3% con la aplicación de vermicompost en plántulas de maíz. Visser (1985), Samson y Visser (1989) sostienen que las aplicaciones de ácidos húmicos generan una permeabilidad de la membrana celular a nivel de raíces que provocan un incremento en la absorción de nutrientes, concentraciones que se ven reflejadas en las diferentes partes aéreas de las plantas.

Se ha discutido el efecto negativo del estrés salino en el crecimiento de las plantas; Guichard *et al.* (2001), Taylor y Locassio (2004) sugieren que si bien el estrés salino a medida que se incrementa reduce el peso seco del tallo, este fenómeno ocurre por la deficiencia de Ca, lo que debilita y reduce la división celular, además de otros desordenes fisiológicos no determinados.

Se observa un efecto positivo del humatos de vermicompost en la acumulación de la biomasa fresca y seca de la hoja (Tablas 34 y 35). Por otra parte, el humato de vermicompost mitiga este efecto negativo al facilitar la absorción de diversos elementos esenciales, entre ellos Ca, de ahí las tendencias observadas en el presente estudio. Chen y Aviad (1990) en su revisión de literatura sobre el uso de ácidos húmicos en plantas cultivadas, citan que la aplicación de ácido húmico puede incrementar el peso fresco y seco de la hoja independientemente de la forma de aplicación. Fernández-Luqueño *et al.* (2010) plantea que la aplicación de vermicompost puede incrementar la biomasa fresca y seca de la parte aérea independientemente de la forma de aplicación. Los resultados del presente estudio coinciden con los obtenidos por Acevedo y Pire (2004) quienes realizaron experimentos en *Carica papaya* L., aplicando lombricompost como fuente de ácido húmico y sulfato de amonio; evaluaron área foliar, altura de planta, diámetro de tallo y materia seca total, encontrando incrementos cuando se aplicó la dosis mayor de lombricompost sola y con la dosis media de lombricompost con sulfato de amonio. El incremento en materia seca se atribuye a que el ácido húmico de lombricompost contiene sustancias que estimulan el crecimiento, especialmente de plantas jóvenes. Por otro lado, se han demostrado los efectos positivos de los humatos extraídos del vermicompost, existiendo un incremento en los parámetros del crecimiento inicial de muchas especies (Arancon *et al.*, 2008), en los componentes microbiológicos (Gutierrez-Miceli *et al.*, 2008), fitohormonas (Jana *et al.*, 2010), iones disponibles (Sallaku *et al.*, 2009) y modificación de las propiedades fisicoquímicas del suelo (Azarni *et al.*, 2008).

La aplicación de humatos de vermicompost en plantas de albahaca mostró un incremento significativo en el área foliar (Tablas 34 y 35), este resultado puede ser debido a que el humatos de vermicompost extraído del estiércol vacuno, contiene

como fracción mayoritaria sustancias húmicas: ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, lo cual pueden tener su efecto sobre el crecimiento vegetativo de las plantas jóvenes y la acción de las sustancias húmicas, como factor responsable de los efectos de este tipo de sustancias y la parte aérea de las plantas.

El aumento del área foliar en las plantas tratadas con este humatos de vermicompost posibilitaría a éstas hacer un uso más eficiente de las radiaciones solares y por consiguiente incrementar aquellos procesos dependientes de la luz como son la fotosíntesis, la reducción del NO_3^- y la asimilación del NH_4^+ . Además, pudiera elevarse la actividad respiratoria producida por un aumento de sustratos respiratorios emergentes de la fotosíntesis. El hecho de que se vean favorecidos los procesos antes mencionados traería como consecuencia un incremento en la producción de biomasa. Por otra parte, si se relacionan los resultados obtenidos en el incremento de la biomasa fresca y seca de la hoja y el área foliar es posible sugerir una acción del humatos de vermicompost sobre la expansión foliar, la cual puede ser atribuida al efecto tipo auxina de las sustancias húmicas presentes en este tipo de humus líquido y a la existencia de otras sustancias fitohormonales en este producto.

Los resultados obtenidos relacionados con el efecto benéfico del humatos de vermicompost en la altura de la planta, longitud de la raíz, biomasa fresca y seca de raíz, tallo y hoja y área foliar coinciden parcialmente en lo observado en otros estudios con maíz (Canellas *et al.*, 2010, Kalantari *et al.*, 2010), en otras especies como tomate (Zaller, 2007; Bachmam y Metzger, 2008), en pimiento (Berova y Karanatsidis, 2009), *Helianthus annuus* L (Ahmad y Jabeen, 2009), *Sorghum bicolor* (Durán-Umaña y Henríquez-Henríquez, 2010)

Los resultados obtenidos son de utilidad como punto de partida para nuevas investigaciones, aunado a la notoria escasez de experiencias y estudios previos acerca de los patrones de crecimiento y desarrollo de albahaca en ambientes salinos y áridos, incluyendo la escasa disponibilidad de reportes técnicos y científicos, en relación a la respuesta o efectos de la aplicación de humatos de vermicompost en ambientes similares. Existen diversos reportes de investigación, varias explicaciones teóricas sobre la reducción del porte de las plantas que crecen en ambiente salino, así como diversos reportes de la acción benéfica de los ácidos húmicos en el

crecimiento de las plantas cultivadas. Además reafirman que el humatos de vermicompost ejerció una marcada influencia sobre las variables morfométricas, al ocasionar incrementos significativos respecto a las plantas no tratadas, constituye por tanto una alternativa agroecológica para mitigar el estrés salino en plantas de albahaca, cultivadas en zonas áridas, cuya aplicación no contamina el medio ambiente, además conserva la fertilidad del suelo y la biodiversidad, al ser ecológicamente seguros.

7.2.3 Variables fisiológicas

7.2.3.1 Fotosíntesis y transpiración

Existen diferencias significativas en la fotosíntesis (Tablas 20 y 22), ya que se presentó una disminución a medida que aumentó la concentración de 100 mM de NaCl, esto es debido a que la toxicidad por sales causa una reducción en la fotosíntesis (Munns, 2002). La mayor actividad fotosintética que presenta la variedad *Napoletano*, se debió, probablemente, a la mayor capacidad de ajuste osmótico, que le permitió mantener el estado hídrico y la turgencia de la hoja cuando el estrés llegó a ser más severo, mientras que la disminución de la fotosíntesis de *Sweet Genovese* pudo deberse a la menor capacidad de ajuste osmótico de esta variedad.

Se ha planteado que la salinidad influye sobre la fotosíntesis (Kozlowski, 1997). Longstreth y Nobel (1979) mencionaron que la salinidad puede afectar la fotosíntesis a nivel de estomas, dependiendo del tipo de salinidad, duración del tratamiento, especies y de edad de la planta. El efecto de la salinidad en las plantas, es compleja, en niveles bajos o elevados, en ocasiones se incrementa el rendimiento de la tasa fotosintética. Con salinidad media o alta, la fotosíntesis en la hoja es severamente inhibida, una posible razón de esta disminución en la fotosíntesis inducida por la sal podría ser la reducción en el contenido de clorofila, la cual está asociada a la clorosis en hojas (Shabala *et al.*, 2005).

En experimentos efectuados con *Scirpus*, la fotosíntesis se inhibió en la concentración de 150 mM de NaCl (Percy and Ustin, 1984), mientras que con arroz (*Oriza sativa*) disminuyó la fotosíntesis con 75 y 150 mM de NaCl (Moradi e Ismail, 2007). El contenido de clorofila es un indicador del proceso de fotosíntesis y el hecho

que la variedad *Sweet Genovese* haya disminuido la clorofila (Tabla 27) al incrementarse la salinidad, demuestra que la fotosíntesis se inhibió por el aumento de la salinidad (Cowan *et al.*, 1992) y existe una disminución de biomasa fresca y seca (Tabla 12) (Amotz y Avron, 1997). La estabilidad de la clorofila es un indicador de la capacidad de la planta a la tolerancia al estrés y su disminución en la variedad *Sweet Genovese*, indica que no es tolerante al estrés por cloruro de sodio.

La fotosíntesis, al igual que otros procesos biológicos, está determinada por diferentes factores y su incremento puede estar condicionado por una mayor concentración de CO₂ en el interior de las células, ello contribuiría la apertura y cierre de los estomas que permiten el intercambio de gases con el medio que rodea a las plantas (Taíz y Zeigler, 2003). También la vermicomposta mitiga el efecto inhibitorio de la salinidad en la fotosíntesis de plántulas de tamarindo (Oliva *et al.*, 2008). Por otra parte, pudiera estar favorecido también el proceso respiratorio, conllevando a un mejor flujo de la energía en las plantas tratadas con el humatos de vermicompost.

La transpiración se manifiesta por un incremento con la aplicación de humatos de vermicompost y presenta un decremento aproximadamente lineal, en función del incremento de los niveles de NaCl. No está claro si el efecto de la transpiración en la absorción de sales es directo o indirecto. Según Vázquez y Torres (1995) los efectos indirectos tienen mayor importancia que los directos. El mayor crecimiento de las raíces en las plantas tratadas con el humatos de vermicompost (Tabla 12) pudo favorecer también esta mayor absorción. Robinson *et al.* (1997) mencionaron que tanto en plantas halófitas como en plantas no halófitas, la transpiración generalmente tiende a declinar al incrementarse la salinidad, lo cuál se observó en los resultados obtenidos (Tabla 22). En experimentos efectuados con (*Pinus banksiana* Lamb), la transpiración se redujo con el incremento de la salinidad por NaCl (Franklin and Zwiazek, 2004), en arroz (*Oriza sativa*) la transpiración se redujo con 75 y 150 mM de NaCl (Moradi e Ismail, 2007) y en frijol yorimon (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) con 200 mM de NaCl (Cavalcanti *et al.*, 2004). Por otra parte, en experimentos efectuados con fresa (Variedad Camarosa), la transpiración se redujo con 8.55, 17.10 y 34.21 mol de NaCl (Turhan y Eris, 2007).

El aumento de la transpiración pudo haber favorecido la absorción de nutrientes contenidos en el humatos de vermicompost, lo que estaría íntimamente relacionado con los incrementos en las variables analizadas en las etapas de crecimiento. En correspondencia con lo anterior, Vaughan y Malcolm (1985) reportaron que las sustancias húmicas extraídas de un amplio rango de suelos son capaces de aumentar la respiración en plantas superiores, siendo los efectos de los ácidos fúlvicos más pronunciados que los de los ácidos húmicos. También la vermicomposta mitiga el efecto inhibitorio de la salinidad en la transpiración de plántulas de tamarindo (Oliva *et al.*, 2008).

Sánchez (1999) a partir de resultados encontrados expresa que los ácidos húmicos pueden influir en el balance del metabolismo del carbono, puesto que incrementan el nivel de clorofilas (fotosíntesis) y el consumo de oxígeno (respiración), aspectos estos coincidentes en parte con los resultados obtenidos en esta investigación al incrementarse la fotosíntesis y la transpiración en las plantas tratadas con el humatos de vermicompost.

Respuestas relativamente similares a las antes señaladas fueron documentadas por Berova y Karanatsidis (2009) al evaluar la fotosíntesis y la transpiración en dos cultivares de chile (*Capsicum annuum* L.) en respuesta a dosis de 50 y 100 mL de un fertilizante biológico derivado de lombriz roja californiana. Además, aunque estos autores observaron respuestas diferentes en los cultivares, encontraron que el biofertilizante incrementó los valores de la fotosíntesis y transpiración. Lo anterior permite suponer que la respuesta al biofertilizante y al estrés salino está modulada simultáneamente por factores como la especie, las condiciones climáticas, la etapa fenológica, la proporción y tipo de biofertilizante, el nivel de deshidratación que alcance el suelo, entre otros factores. Teniendo en cuenta estas consideraciones se pudiera sugerir que las plantas tratadas con el humatos de vermicompost utilizadas en este estudio, tienen un mejor balance energético que repercute en una mayor eficiencia de los procesos bioproductivos.

7.2.4 Relaciones hídricas

7.2.4.1 Potencial hídrico y contenido relativo de agua

Ambas variedades se vieron afectadas por el estrés salino (Tabla 24), los tratamientos de 50 y 100 mM de NaCl produjeron un descenso en la disponibilidad de agua que se vió reflejado en disminuciones del potencial hídrico de la hoja. El descenso del potencial hídrico foliar con el déficit de agua ocurrido por el estrés salino, es una respuesta común a otras especies de uso aromático con mayor o menor tolerancia a la salinidad, como *Cymbopogon martinii* (Fatima *et al.*, 1999) y *Cymbopogon winterianus* Jowit (Farooki *et al.*, 1998).

La respuesta observada se debe a que el rápido cierre de los estomas ante la deficiencia hídrica a causa del estrés salino, está en estrecha vinculación con la disminución del contenido hídrico de la planta, con el balance iónico dentro de la misma y con la disminución del contenido de agua en el sustrato. El órgano que recibe el estímulo del déficit hídrico en el suelo es la raíz, la cual sintetiza ácido abscísico (ABA), lo transporta vía xilema hasta las hojas y ahí induce cambios en la permeabilidad de las membranas de las células, las cuales liberan solutos (principalmente K^+ y Ca^{2+}) hacia el citoplasma de las células acompañantes, y con ella, disminuye el potencial de turgencia, que hace que los estomas se cierren parcialmente, lo que justifica la respuesta mostrada por las plantas desarrolladas en los tratamientos donde el suministro hídrico fue limitado. Según Alves y Setter (2000), Stoll *et al.* (2000), Zaharieva *et al.* (2001) y Maroco *et al.* (2002), ante condiciones estresantes por déficit hídrico, las plantas reducen rápidamente la apertura estomática, con lo que disminuyen así las pérdidas de agua por transpiración, a la vez que se ve reducida la entrada de CO_2 necesario para la fotosíntesis, se afectan los procesos enzimáticos, el transporte electrónico, el contenido de clorofila y decrece la eficiencia fotoquímica de la fotosíntesis y con ella la producción de asimilatos y su traslocación a los órganos de consumo de la planta, fenómeno que fue informado por Jiang y Huang, (2000).

También autores como Torrecillas *et al.* (2003) al trabajar con especies ornamentales silvestres en condiciones de salinidad, indicaron reducciones en los potenciales hídricos medidos al alba y al mediodía, así como en la conductancia

estomática foliar, debido quizás, a la reducción en la conductividad hidráulica de las raíces.

La concentración de humatos promovió el contenido relativo de agua (Tablas 25 y 26) y dicha dosis contrarrestó el estrés salino, toda vez que la dilución de 1/60 (v/v) mitigó el efecto negativo de la salinidad. Lo anterior coincide con (Albuzio *et al.*, 1994), los cuales muestran aumentos en el contenido relativo de agua por la aplicación de sustancias húmicas. El aumento de sales en la solución del suelo ocasiona disminución de los potenciales hídrico y osmótico del suelo, lo cual se refleja en el estado hídrico de la planta; es decir, la planta tiende a perder agua, por lo que la planta debe mantener un potencial hídrico más negativo que el sustrato para asegurar la absorción de agua (Buchanan *et al.*, 2000). También ante esta situación, está bien establecida la inducción de una señal (ABA) en la raíz, la cual alcanza las hojas debido a la transpiración para inducir el cierre de estomas (Wilkinson y Davies, 2002), reduciéndose así la pérdida de agua. De hecho, el estado hídrico foliar interactúa con la conductancia estomática y transpiración bajo deficiencia hídrica y una buena correlación ha sido a menudo observada entre el potencial hídrico foliar y la conductancia estomática (Medrano *et al.*, 2002). El estado hídrico de una planta puede establecerse mediante la estimación del contenido relativo de agua (CRA). En la presente investigación, se observó una disminución del CRA en las variedades *Napoletano* y *Sweet Genovese* cuando las plantas crecieron en sustratos con diferentes concentraciones de NaCl; es probable que a pesar de ser muy ligera la variación del CRA en las concentraciones de NaCl de 50 y 100 mM, la variación del CRA ha sido suficiente para que los tejidos pierdan turgencia. Los diferentes valores del CRA observados a la concentración de 100 mM en las dos variedades analizadas podrían estar relacionados con los mecanismos de respuesta de cada variedad a este factor. Como el estado hídrico de la planta se ve afectado por la exposición a concentraciones elevadas de sales, deben ocurrir cambios en el flujo de agua de tal manera que las células y los tejidos se adapten a esta situación. La absorción de agua se lleva a cabo gracias al mayor potencial osmótico de la raíz con respecto al suelo y que ocurre en cuanto las células dejan de estar turgentes (Rojas-Garcidueñas, 2003). En un sustrato con niveles elevados de NaCl, el ajuste

osmótico exitoso en las plantas, implica la toma de iones (Na^+ , Cl^-) del suelo independientemente de la toxicidad que estos iones puedan causar, con el fin de reducir el potencial osmótico a un nivel inferior al del medio, para lograr la entrada de agua; pero una vez que han podido tomar el agua necesaria, se almacenan estos iones en la vacuola, para evitar los efectos tóxicos (Shi y Zhu, 2002). Para mantener el estado hídrico, las acuaporinas, proteínas canales de membrana (PIP) juegan un papel dinámico clave en el control del movimiento del agua en las células de la raíz y las proteínas TIP a nivel del tonoplasto, son las responsables del control del agua transcelular, para restablecer y mantener la homeostasis celular de los cambios en el potencial osmótico celular ocasionado por las sales (Vera-Estrella *et al.*, 2004, Bartels y Ramanjulu, 2005). El acomodo osmótico y la regulación de estas proteínas podrían estar dando cuenta del estado hídrico de las variedades estudiadas. Aun cuando la variación de CRA en *Napoletano* y *Sweet Genovese*, no fue muy diferente cuando las plantas crecieron en 100 mM de NaCl, sugiere que *Napoletano* responde mejor al déficit de agua ocasionado por la salinidad conseguida con NaCl.

7.2.4.2 Pigmentos fotosintéticos

La medida del contenido de clorofila de la hoja por método de la extracción es un proceso lento, costoso, incómodo, laborioso, que no permite tomar decisiones inmediatas, y totalmente destructivo (Murillo-Amador *et al.*, 2004), específicamente cuando se trata de especies cultivadas que requiere, en la primera etapa, de almácigos o en cajas germinadoras para su posterior trasplante, como lo es la albahaca. De igual manera limita su uso como herramienta de diagnóstico en la investigación de especies vegetales en busca de un contenido más alto de la clorofila (Murillo-Amador *et al.*, 2004). La capacidad para predecir el contenido de la clorofila en la hoja, con base en las lecturas medidas de la clorofila fue demostrada para especies diferentes de plantas (Yadava, 1986; Marquard and Tipton, 1987; Yamamoto *et al.*, 2002).

La concentración de pigmentos disminuyó significativamente en las hojas de las plantas cultivadas en condiciones de estrés salino tanto a los 58 y 65 DDT (Tabla 27), destacándose una mayor afectación en el contenido de clorofilas.

Las investigaciones sobre el efecto que provoca la salinidad sobre la concentración de pigmentos son abundantes y coincidentes y tienden a revelar que tales afectaciones son fundamentalmente debidas a la destrucción de los cloroplastos y a un aumento de la actividad de la enzima clorofilasa, afectando la síntesis de clorofilas (Spyropoulus y Maurommatis, 1998).

Como consecuencia de las disminuciones en los valores del contenido de clorofilas se desprende la reducción del crecimiento y desarrollo de las plantas en tales condiciones dado por las afectaciones en la absorción y conversión de la luz solar, como primer proceso de la fotosíntesis y por consiguiente la fijación del carbono y la síntesis de carbohidratos (Taylor, 1996). Los resultados son comparables a los divulgados por Dwyer *et al.* (1991) y Murillo-Amador *et al.* (2004).

De igual manera, Pizzeghello *et al.* (2000) evaluando la influencia de tres fracciones húmicas (extracto húmico total, fracción húmica de baja y alta masa molecular) en plántulas de avena reportaron que todas estas fracciones estimularon el crecimiento, el contenido de clorofilas (Chl a y Chl b) y los contenidos de los nutrientes: P, K, Ca, Fe, Mn, Zn y Mg, siendo el extracto húmico total el que por tendencia alcanzó mejores resultados en estos indicadores, lo que se corresponde con el humus líquido empleado en este estudio.

Otro aspecto interesante a analizar y muy relacionado con los resultados sería la contribución que aportaría este humatos de vermicompost al ser aplicado, capaz de intervenir en la síntesis de pigmentos fotosintéticos. En este mismo sentido, Clapp *et al.* (2001) relacionan este incremento con la capacidad de acomplejamiento de las sustancias húmicas con micronutrientes (como el hierro y zinc) que facilitan la absorción de los mismos e influyen en la capacidad de síntesis de las clorofilas.

Los resultados entonces pudieran interpretarse como que las diferentes fracciones químicas presentes en el humatos establecerían algún tipo de estímulo, quizás de tipo hormonal desencadenante a nivel de las membranas de una cascada de respuestas, como la activación de sistemas enzimáticos participantes en la síntesis de las clorofilas o quizás de tipo nutricional, tanto por la presencia de nutrientes o la posible formación de complejos sistema húmico, nutrientes en este humatos de vermicompost, que influyen en la síntesis de pigmentos fotosintéticos.

Sería interesante establecer si las raíces de las plantas asimilan los complejos sistema húmico-metal completos, sobre todo siendo estos hidrolizados posteriormente y transportado vía xilema o si los complejos se hidrolizan en el exterior de las raíces, por la acción de moléculas orgánicas exudadas por las raíces de las plantas, las cuáles serían capaces de movilizar determinadas fracciones de las sustancias húmicas mediante la reducción de su masa molar al destruir las diferentes asociaciones macromoleculares.

El aumento del contenido de pigmentos (Tablas 28 y 29) ha sido relacionada con la inducción de la actividad enzimática de las clorofilasas (Yang *et al.*, 2004), es posible que en el presente estudio el aumento esté relacionado con la inducción de sistemas enzimáticos que aumenten estos pigmentos o la represión de enzimas encargadas de su síntesis. Lo encontrado a la dotación de pigmentos fotosintéticos en las plantas estudiadas no fue una limitante para la producción de biomasa, encontrándose estimulaciones en la producción de proteínas foliares. No obstante, se han encontrado discrepancias en cuanto al contenido de clorofilas en plantas tratadas con SH. Portuondo *et al.* (2009) trabajando con AH en plantas de frijol, reportaron diferencias en su contenido, efecto que pudo estar determinado por el tipo de cultivo. Autores como Pizzighello *et al.* (2000), Huelva *et al.* (2004), Martínez (2006) y Pflugmacher *et al.* (2008) han demostrado que la aplicación de extractos acuosos de SH estimula la producción de clorofilas y pigmentos accesorios.

Pflugmacher *et al.* (2008) demostraron que la aplicación de extractos acuosos de sustancias húmicas estimula la producción de clorofila y pigmentos fotosintéticos y que no necesariamente esto es indicativo de un aumento del proceso fotosintético. Resultados análogos fueron obtenidos por Calderín *et al.* (2012) quienes determinaron el contenido de pigmentos fotosintéticos (clorofilas y carotenoides) en plantas de arroz en condiciones de estrés hídrico tratadas foliarmente con un extracto de vermicompost. Las plantas tratadas alcanzaron medias significativas superiores para los contenidos de clorofilas y carotenoides, indicando finalmente que el efecto pudiera estar ligado a la combinación de las sustancias húmicas y otros componentes presentes en ese extracto.

7.2.5 Variables bioquímicas

7.2.5.1 Carbohidratos reductores foliares (CHO-RED)

El contenido de carbohidratos reductores en las plantas tratadas tiende a disminuir a medida que disminuyen las diluciones de humatos de vermicompost (Tablas 31 y 32). La disminución de los carbohidratos reductores estaría relacionada con una rápida y temporal utilización de los mismos, fundamentalmente la glucosa, la que al fosforilarse se incorporaría hacia otras vías metabólicas y/o traslocarse desde las hojas hacia otras partes de las plantas para su utilización, quizás en el proceso respiratorio para la obtención de energía bajo la estimulación producida por la composición química del humatos de vermicompost. Este resultado puede corresponderse con la acción equivalente de las sustancias húmicas como fitohormonas (especialmente tipo auxinas), pues el crecimiento inducido por las auxinas, se acompaña con un alto consumo de carbohidratos reductores (Echenagusía, 1998). La respuesta de los carbohidratos reductores foliares puede ser justificado por su movilización a las raíces u otros órganos de la planta y su incorporación a diferentes vías metabólicas para el crecimiento y desarrollo de las plantas. De manera general, a medida que aumenta la dilución del extracto disminuye el contenido de carbohidratos reductores. La disminución del contenido de carbohidratos reductores ha sido planteada por autores como Echenagusía (1999), Huelva *et al.* (2002 y 2004), Martínez (2006) quienes trabajaron con un extracto acuoso de SH obtenido a partir de vermicompost en plantas de plátano, maíz, soya y tomate. Resultados equivalentes fueron obtenidos por Huelva *et al.* (2004) quienes evaluando la bioactividad de humus líquido aplicado foliarmente en el cultivo de la soya encontraron una tendencia igual para este indicador.

7.2.5.2 Contenido de proteína

El contenido de proteína radical y foliar se manifiesta por un incremento con la aplicación de humatos de vermicompost (Tablas 31 y 32). El aumento del contenido radicular y foliar de proteínas puede estar relacionado con una mayor absorción de NO_3^- y una elevada actividad de la enzima nitrato reductasa de las plantas

asperjadas con el extracto y además esto pudiera favorecer la acumulación de biomasa. De acuerdo con Hernández-Saavedra y Ramírez-Serrano (2003), la exposición a un estrés moderado induce un mejoramiento en la resistencia a un estrés mucho más severo (tolerancia cruzada), por lo tanto, como respuesta a una condición de estrés la célula produjo una serie de proteínas adicionales a aquellas que se sintetizaban antes de la condición de estrés. Varios autores como Athiyeh *et al.* (2002), Steinberg *et al.* (2003), Steinberg *et al.* (2004), Timofeyev *et al.* (2006), Pinton *et al.* (2006); Steinberg *et al.* (2007), Carletti *et al.* (2008) han reportado con la aplicación de SH, aisladas de diferentes orígenes, estimulación de la biosíntesis proteica en plantas. Estos resultados para el contenido de proteína coinciden con Calderín *et al.* (2012) quien comprobó que distintas dosis de humatos de vermicompost ocasionaron un efecto marcado sobre el contenido de proteína en plantas de arroz en condiciones de estrés hídrico.

7.2.5.3 Contenido de prolina

La prolina se manifiesta por un incremento en las concentraciones de 50 y 100 mM de NaCl (Tablas 30 y 32) y presenta una disminución aproximadamente lineal con la aplicación de humatos de vermicompost (Tablas 31 y 32). Este incremento, principalmente de la prolina resulta una respuesta típica de esta especie en condiciones de salinidad, coincidiendo con los resultados reportados por Alarcón *et al.* (1994), Pérez-Alfocea *et al.* (1993a,b, 1994 y 1996) y Encarnación Cayuela (1996). Sin embargo, la mayoría de los casos no se corresponde el mayor contenido de prolina con las variedades más tolerantes a la salinidad y se ha señalado que la acumulación de prolina no ocurre solamente ante condiciones de estrés hídrico y salino, sino que también se presenta en otras condiciones estresantes, debido probablemente a la necesidad de las plantas de un mecanismo para eliminar el exceso de amonio del tejido foliar (Rabe, 1990), lo que pudiera explicar la carencia de relación entre la acumulación de prolina y la tolerancia a la salinidad de genotipos de tomate, como lo señala Pérez-Alfocea *et al.* (1993 b).

Este aumento de prolina en las altas concentraciones de NaCl (Tablas 30 y 32), significa que interviene un compuesto osmoprotector. Por otra parte, Tal *et al.* (1979) mencionaron que la acumulación de prolina durante el estrés corresponde a dos

funciones principales, que prolina puede ser la principal fuente de energía y de nitrógeno durante el metabolismo después del estrés y que puede actuar como un regulador osmótico durante el estrés salino.

En experimentos con arroz (*Oriza sativa*) con sensibilidad al estrés salino, el contenido de prolina en hoja se incrementó en 50 y 100 mM de NaCl (Lutts *et al.*, 1999) y con remolacha azucarera en diferentes concentraciones de NaCl, encontró resultados similares Gzik (1996). En ensayos llevados a cabo con *Quercus rugosa*, la prolina se incrementó al aumentar las concentraciones de NaCl (Zamacona y Moreno, 2005). Dracup (1991) mencionó que los niveles de prolina se incrementan al aumentar las concentraciones de sal. La acumulación de prolina en los tejidos de las plantas, se atribuye a que se incrementa su síntesis y disminuye su degradación debido al estrés salino (Kishor *et al.*, 2005). En experimentos con diferentes variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*) mostraron que la prolina no se relacionó con la tolerancia al estrés salino (Caplan *et al.*, 1990), mientras que con arroz (*Oriza sativa* L.), la prolina contribuyó a inhibir el crecimiento y a la disminución de la clorofila en condiciones de salinidad (García *et al.*, 1997).

Se ha demostrado que los niveles de prolina en las raíces, aunque un poco menores, son proporcionales a las concentraciones foliares (García y Medina, 2009). Las raíces pueden realizar ajuste osmótico mediante la acumulación de azúcares y aminoácidos, entre los que se destaca la prolina (Willadino y Camara, 2004; Romero *et al.*, 2004), lo cual disminuye el potencial osmótico de la raíz y de esta manera favorece la absorción del agua que es limitada por la salinidad. Sin embargo, Cramer *et al.* (2007) reportaron que en plantas de vid es más común el aumento de la prolina por efecto del estrés hídrico que por efecto de la salinidad.

La mayor acumulación natural del aminoácido en 'Villanueva' podría explicar la tendencia general de este material a superar en biomasa y longitud radical a 'Criolla Negra', ya que la prolina puede servir como sustrato respiratorio o actuar en el balance de nitrógeno (Hasegawa *et al.*, 2000). En esta variable no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque el contenido de prolina en las raíces se incrementó ligeramente a medida que aumentaron las concentraciones de NaCl. Entre los materiales vegetales sí hubo diferencias; los mayores valores se

detectaron en 'Villanueva' tanto a pie franco como injertado, en comparación con 'Criolla Negra', lo que refleja que el primer portainjerto acumuló mayores contenidos del aminoácido en condiciones naturales.

8. CONCLUSIONES

Se observó una respuesta diferencial de las variables morfométricas entre variedades en condiciones de estrés salino, destacándose las variedades *Sweet Dani*, *Red Rubin*, *Genovese Italian*, *Mrs Burns*, *Cinnamon*, *Emily* y *Dolly* como las de mejor respuesta en las variables germinación, tasa de germinación, longitud de la radícula, altura de plántula, biomasa fresca y seca de radícula y parte aérea.

La variedad con mayor porcentaje de emergencia fue *Thai*, mientras que *Sweet Genovese* y *Napoletano* exhibieron los porcentajes menores. En relación a la tasa de emergencia mostró diferencias significativas entre variedades siendo la variedad *Thai* la de mayor tasa de emergencia, mientras que la variedad con menor tasa fue *Sweet Genovese*.

En la etapa de emergencia las variedades *Sweet Dani*, *Thai*, *Italian Large Leaf* y *Red Rubin* presentaron mayor longitud de radícula, mientras que *Sweet Dani*, *Italian Large Leaf*, *Dolly* y *Emily* mostraron mayor biomasa fresca y seca de radícula. Las variedades *Sweet Dani*, *Licorice*, *Genovese* y *Napoletano* exhibieron mayor altura de plántula y las variedades *Sweet Genovese*, *Thai* y *Dolly* presentaron mayor biomasa fresca y seca de parte aérea.

En la etapa de crecimiento vegetativo inicial las variedades *Sweet Dani* y *Dolly* presentaron mayor longitud de tallo y raíz, mientras que *Napoletano* mostró mayor biomasa fresca y seca de raíz, biomasa fresca y seca de tallo, biomasa fresca y seca de hoja. La variedad *Sweet Dani* mostró mayor área foliar en la concentración de 0 mM de NaCl.

Se observó una gran diversidad en la respuesta del crecimiento de las distintas variedades de albahaca al someterlas a diferentes niveles de salinidad en la etapa de germinación, emergencia y crecimiento vegetativo inicial, por lo que no se presentaron patrones claros que permitan la agrupación de las diferentes

variedades dependiendo de su respuesta. Sin embargo, dentro de los indicadores más significativos para la producción agrícola está la producción de biomasa fresca y seca de parte aérea ya que representa la parte de la planta que se comercializa. En este sentido se observó que para todas las variables morfométricas medidas en cada una de las etapas, se encontraron diferencias significativas entre las variedades, la salinidad y la interacción de variedades x salinidad, lo cual podría representar un cultivo alternativo para condiciones de salinidad.

Existe una variabilidad considerable para la tolerancia a la salinidad de las variedades en estudio en cada una de las variables morfométricas, destacándose la variedad *Napoletano* como la más tolerante y la variedad *Sweet Genovese* como la más sensible al estrés salino en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento vegetativo inicial.

El índice de tolerancia, calculado a partir de las variables morfométricas, resultó una variable eficaz para describir la mejor respuesta de las variedades de albahaca ante el estrés salino en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento.

Las variedades de albahaca clasificadas como tolerantes a la salinidad en germinación, también se clasificaron como tolerantes en emergencia y crecimiento inicial, esto determina que la selección de materiales tolerantes y sensibles a la salinidad en estas etapas, puede efectuarse exitosamente y proporcionar una técnica efectiva para realizar tamizados, selecciones y clasificaciones rápidas de material genético para tolerancia a este estrés.

Se observó una respuesta diferencial entre variedades de albahaca para tasa, porcentaje de germinación, emergencia y variables morfométricas en condiciones de estrés salino y la aplicación de humatos de vermicompost, destacándose la variedad *Napoletano* como la más tolerante, mostrando los valores mayores en todas las variables con la aplicación del bioestimulante en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento vegetativo.

El uso de humatos de vermicompost estimuló la tasa, porcentaje de germinación, emergencia y variables morfométricas de variedades de albahaca en condiciones de salinidad, permitiendo que la variedad tolerante mejore su germinación, emergencia y crecimiento y la variedad sensible incremente su tolerancia al estrés salino.

Se determinó que existe una respuesta diferencial entre variedades para las variables fotosíntesis, transpiración, potencial hídrico, contenido relativo de agua, contenido de clorofila a, clorofila b, clorofila total y proteína en condiciones de estrés salino y la aplicación del humatos de vermicompost, destacándose la variedad *Napoletano* como la más tolerante, exhibiendo los valores mayores en todas las variables con la aplicación del bioestimulante.

Los humatos de vermicompost tienen efecto bioestimulantes sobre las variables fotosíntesis, transpiración, potencial hídrico, contenido relativo de agua, contenido de clorofila a, clorofila b, clorofila total y proteína de variedades de albahaca en condiciones de salinidad.

La concentración de carbohidratos reductores foliares se incrementó en las plantas control, con respecto a las plantas tratadas con el humatos de vermicompost en variedades de albahaca en condiciones de salinidad.

La aplicación de humatos de vermicompost incrementó la concentración de proteína en hoja y raíz de variedades de albahaca en condiciones de salinidad.

En este estudio se observó una respuesta distinta entre ambas variedades con respecto a la acumulación en los niveles de prolina en las concentraciones de 50 y 100 mM de NaCl a las que fueron sometidas las plantas, lo cuál sugiere una diferencia en la sensibilidad que presentan a la tolerancia al estrés salino, destacándose la variedad *Napoletano* con una mayor resistencia y la *Sweet*

Genovese incrementando su tolerancia a este estrés, para lo cuál los dos cultivares estudiados tienden a incrementar sus niveles iniciales.

El humatos de vermicompost actúa como agente mitigador de la salinidad, permitiendo en la variedad *Napoletano* mejorar su crecimiento y en la *Sweet Genovese* aumentar su tolerancia a través de variables morfométricas, bioquímicas y fisiológicas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrisqueta JM, Hernández-Sáez A, Alarcón JJ, Lozano MA. 1991. Root growth dynamics of two tomato genotypes under saline conditions. *Suelo y Planta* 1:351-361.
- Acevedo E. 2003. Resistense to abiotic stresses. *Producción y Protección vegetal* 12:133-145.
- Acosta, Lerida.1998.Proporciones, cultive plantas medicinales. La Habana. Editorial Científico- técnico, p. 28-31.
- Ahmad R, Jabbeen N. 2009.Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus annus* L) by the use of organic fertilizers under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany* 41:1373-1384.
- Alarcón, JJ, Sánchez-Blanco Ma de Jesús ,Bolarín Ma del Carmen, Torrecillas A.1994. Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline stress. *Plant and Soil* 166: 75-82.
- Albacete A, Martínez-Andújar C, Ghanem ME, Acosta M, Sánchez-Bravo J, Asins MJ, Cuartero J, Lutts S, Dodd IC, Pérez-Alfocea F. 2009.Rootstock-mediated changes in xylem ionic and hormonal status are correlated with delayed leaf senescence and increased leaf area and crop productivity in salinised tomato. *Plant Cell Environment* 32:928-938.
- Albuzio A, Concheri G, Nardi S, Dell'Agnola G. 1994. Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedlings grown in varied nutritional conditions. In N. Senesi, T. M. Miano (Eds.) *Humic substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- Alexandrova IV. 1977. Soil organic matter and the nitrogen nutrition of plants. *Sov. Soil Sci* 9: 293-301.
- Alfonso S. 1995.Plantas Medicinales. *Fitomed* 1:20-35.
- Aliev SA. 1989. Paramagnetic properties and physiological activity of humous substances. In *Teoriya deystviya fiziol ogicheski aktivnykh veshchstv*. Dnepropetrovsk 8:78-80.
- Al-Karaki GN. 2000. Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. *J Plant Nutrition* 23:369-379.
- Amotz B, Avron M. 1997. On the factor which determine the massive B-caroteno accumulation in the halotolerant algae *Dunaliella bardawil*. *Plant Physiology* 72:593-597.
- Allen GJ, Wyn Jones RG, Leigh RA. 1995.Sodium transport measured in plasma membrane vesicles isolated from wheat genotypes with different K⁺/Na⁺ discrimination traits. *Plant Cell Environ* 18:105-115.
- Almansouri M, Kinet J, Lutts S. 2001.Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil* 231:243-254.
- Alves AC, Setter T. L. 2000. Response of cassava to water deficit. Leaf area and abscisic acid. *Crop Science* 40:131-137.
- Amor FM, Martínez V, Cerdá A. 2001. Optimización del manejo de aguas salinas en el cultivo del tomate en invernadero. *Agrícola Vergel* 239: 588-592.

- Apse MP, Blumwald E. 2007. Sodium transport in plants. *FEBS Lett* 581: 2247-2254.
- Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Welch C, Metzger JD. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93:145-153.
- Arteaga, Mayra. 2003. Resultados de la aplicación del Liplant sobre un suelo Ferralítico Rojo al evaluar algunos indicadores biológicos y productivos de tres cultivos. Tesis en opción al título de Master en Ciencias de la Química Agrícola. Dpto. Química. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de la Habana. 80 p.
- Arteaga, Mayra. 2004. Potencialidades de sustancias bioactivas obtenidas de fuente naturales reciclables en la germinación del rábano rosado. XIV Congreso Internacional del INCA. CD ROM ISBN 959- 16- 03177. La Habana, Cuba.
- Ashford AE, Gubler F. 1984. Mobilization of polysaccharide reserves from endosperm. In 'Seed physiology' (Ed. Murray DR). New York, Academic Press, USA 2:117-162.
- Aslam M, Qureshi RH, Ahmad N. 1993. A rapid screening technique for salt tolerance in rice (*Oriza sativa* L.). *Plant Soil* 150: 99-107.
- Atiyeh RM, Lee S, Edwards CA, Arancon NQ, Metzger JD. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores Technol* 84: 7-14.
- Atlántica Agrícola SA. 2002. Informe Técnico Biocat-15. España. 35 p.
- Aydin A, Kant c, Turan M. 2012. Humic acid application alleviates salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research* 7: 1073-1086.
- Azarmi R, Torabi GM, Dibar TR. 2008. Influence of vermicomposts on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology* 7:2397-2401.
- Bachman GR, Metzger JD. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology* 99: 3155-3166.
- Balibrea M. 1996. Sucrolytic activities in relation to sink strength and carbohydrate composition in tomato fruit growing under salinity. *Plant Science* 118:47-55.
- Balibrea ME, Cayuela E, Artés F, Pérez-Alfocea F. 1997. Salinity effects on some postharvest quality factors in a commercial tomato hybrid. *Journal of Horticultural Science* 72:885-892.
- Bardford MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-Dye binding. *Analytical Biochemistry* 72:248-254.
- Barón R, Benítez IC, González JL. 1995. Influencia de la dosis creciente de un abono orgánico en un cultivo de trigo. *Agroquímica* 34: 280-289.
- Barros DL, Pascualoto CL, López OF, Oliveira AN, Eustáquio PL, Azevedo M, Spaccini R, Piccolo A, Facanha AR. 2010. Bioactivity of chemical transformed humic matter from vermicomposts on plant root growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 3681-3688.
- Bartels D, Ramanjulu S. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Plant Science* 24: 23-58.

- Bates LS, Waldren RP, Teare ID .1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* 39: 205-207.
- Beauchamp C, Fridovich I.1971.Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal Biochem* 44:276-287.
- Bellapart C. 1996. Nueva Agricultura Biológica en equilibrio con la Agricultura Química. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. pp. 298.
- Beltrán MF, Fenech L, Ruiz FH, Zamora S, Murillo B, García JL, Troyo E. 2004.Tópicos Selectos de Agronomía. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. y Universidad Autónoma de Baja California Sur. 260 p.
- Belver A, Travis RL.1990. Effect of NaCl and mannitol on plasma membrane proteins in corn roots. *Protoplasma* 155: 76-84.
- Bermúdez GI. 2005. Planes Rectores, Sistemas Productos Estratégicos de Baja California Sur. Sistema Producto Orgánicos: Albahaca. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), La Paz, Baja California Sur, México 74p.
- Bernstein N, Silk WK, Läuchli A. 1993. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress. Spatial and temporal aspects of leaf growth inhibition. *Planta* 191:433–439.
- Berova M, Karanatsidis G. 2009. Influence of bio-fertilizer, produced by *Lumbricus rubellus* on growth, leaf gas-exchange and photosynthetic pigment content of pepper plants (*Capsicum annum*). *Acta Horticulturae* 830:447-452.
- Besú Darling y Ruisanchez Y. 2005. Efectos de diferentes concentraciones de Liplant en el cultivo del Rábano Rosado. Taller de Investigación Científica Estudiantil en Ciencias Agropecuarias, Universidad Agraria de la Habana. CAG 04: 56- 68. La Habana, Cuba.
- Bewley JD, Black M. 1978. Physiology and biochemistry of seeds. New York, Springer-Verlag 1: 177-244.
- Biasutti CAY, Galiñares, VA. 2005. Influencia del ambiente de selección sobre la germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L) bajo estrés hídrico. Relaciones entre caracteres de plántulas con el rendimiento en campo. *Agriscientia* 28: 37-44.
- Bittner M, Hilscherová K, Gies Y. 2007. Changes of AhR-mediated activity of humic substances after irradiation. *Environ Intern* 3: 812-816.
- Bollo E.1999. Lombricultura, una Alternativa de Reciclaje. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. pp. 150.
- Borges O, Gell P, Linares T, Piedra C, Lobaina P. 1998. Posibilidades de explotación de la Albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) en suelos salinos. Agrinfor. MINAGRI. La Habana, Cuba, 15 p.
- Botella MA, Rosado A, Bressan RA, Hasegawa A. 2005. Plant adapttive to salinity stress. In *Plant Abiotic Stress* MA Jenks and PM Hasegawa (eds). pp. 37-70. Blacwell Publishing Ltd. Oxford.
- Boyer JS. 1995. Measuring the water status of plants and soils. 178 p. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Brown DJ, Dupont FMC.1989.Lipid composition of plasma membranes and endomembranes prepared from root of barley (*Hordeum vulgare* L.). Effect of salt. *Plant Physiology* 90: 955-961.

- Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL. 2000. Biochemistry & Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists. Rockville, Maryland. USA, 1367 p.
- Cabrera C. 1997. Albahaca contra los malos espíritus. Se puede vivir en Ecopolis 9: 39-40.
- Calderín A, Louro R, Portuondo Liane, Guridi F, Hernández O, Hernández R, Castro Rosane. 2012. Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress. African Journal of Biotechnology 11:3125-3134.
- Calderín GA, Portuondo FL, Hernández GOL, Guridi F. 2009. Ácidos húmicos de vermicompost estimulan la actividad de peroxidasas en plántulas de arroz (*oryza sativa* L. Var. *lacuba-30*)". En: Congreso AgroCiencias (Julio 8-10, 2009, La Habana, Cuba) Memorias. CD-ROM. Agrotrop,. ISBN: 978-959-16-1054-6.
- Camejo D, Torres W. 2001. La salinidad y su efecto en los estados iniciales del desarrollo de los cultivares de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Cultivos Tropicales 21:23-26.
- Campos G, García Marina, Pérez Delvis, Ramis Catalina. 2011. Respuesta de 20 variedades de caraota (*Pahaseolus vulgaris*, L) ante el estrés por NaCl durante la germinación y fase plantular. Bioagro 23:215-224.
- Canellas LP, López OF, Okorokova-Façanha NA, Rocha FA. 2002. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H-ATPase Activity in Maize Roots. Plant Physiology 130:1951-1957.
- Canellas LP, Façanha AR. 2004. Chemical nature of soil humified fractions and their activity. Pesquisa Agropecuaria brasileira 39: 233-240.
- Canellas PC, Santos AG, Busato GJ, Soaccini R, Piccolo A, Martin-Neto L. 2008. Bioactivity and chemical characteristic of humic acids from tropical soils. Soil Science 173: 624-637.
- Canellas PL, Picolo A, Dobbss LB, Spaccini R, Olivares FL, Zandonadi DB, Facanha AR. 2010. Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid. Chemosphere 78: 457-466.
- Capaldi RA, Aggeler R. 2002. Mechanism of F1 Fo-type ATP synthase, a biological rotary motor. Trend Biochem Science 127: 154-160.
- Caplan A, Claes B, Dekeyser R, Van Montagu M. 1990. Salinity and drought stress in rice. The impact of biotechnology in agriculture. Kluwer Academic Publishers pp 391-402.
- Carlsen L, Lassen P, Warwick P, Randall A. 1994. Radio-labelled humic and fulvic acids: a new approach to studies on environmental fate of pollutants. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) Humic substances in the global environment and implications on human health. Elsevier Science B.V. Amsterdam 320 p.
- Caro I. 2004. Caracterización de algunos parámetros químico-físicos del Liplant, humus líquido obtenido a partir del vermicompost de estiércol vacuno. Tesis presentada en opción al Título de Master en Ciencias de la Química Agraria. Universidad Agraria de la Habana (UNAH). La Habana, Cuba 86 p.
- Casierra-Posada F, Hernández HL. 2006a. Evapotranspiración y distribución de materia seca en plantas de mora (*Rubus* sp.) con estrés salino. Revista

- U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica 9: 85-95.
- Casierra-Posada F, Rodríguez SY. 2006b. Tolerancia de plantas de Feijoa [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret] a la salinidad por NaCl. *Agronomía Colombiana* 24: 258 - 265.
- Casierra-Posada F, García N. 2005. Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) con estrés salino. *Agronomía Colombiana* 23: 83-89.
- Cavagnaro JB, Ponce MT, Guzmán J, Cirrincione MA. 2006. Argentinean cultivars of *Vitis vinifera* grow better than european ones when cultures in vitro under salinity. *Biocell* 30:1-7.
- Cayuela Encarnación, Pérez-Alfocea F, Caro M, Bolarín Ma del Carmen. 1996. Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plant growth under salt stress. *Physiologia Plantarum* 96:231-236.
- Cavalcanti FR, Abreu Oliveira JT, Martin AS, Viegas R, Gómez J. 2004. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed coupea leaves. *New Phytologist* 163: 563-571.
- Cowan AK, Rose PD, Horne LG. 1992. *Dunaliella* saline: A model system for studying the response of plant cell to stress. *Journal of Experimental Botany* 43:1535-1547.
- Chaminade R. 1986. Humus et fertilité des sols. 6 Congr. Du sol. Paris, 4p.
- Chance B, Maehly AC. 1955. Assay of catalases and peroxidases. In: *Methods Enzymol* 2:764-775.
- Channabasanagowda NK, Patil BN, Awaknavar JS. 2008. Effect of organic manure on growth, seed yield and quality of wheat. *Journal of Agricultural Sciences* 29: 366-368.
- Chartzoulakis KS, Loupassaki MH. 1997. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agricultural Water Management* 32:215-225.
- Cheeseman JM. 1988. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology* 87:547-550.
- Chen Y, Aviad T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. En *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. MacCarthy, P., Clapp, C.E., Malcolm, R.L., Blom, P.R. pp.161-186.
- Chen Y, Stevenson FJ. 1986. Soil organic matter interaction with trace elements. En *The role of organic matter in modern agriculture*. Eds. Martinus Nijhoff Pub. Dordrecht, pp. 73-116.
- Chen Z, Shabala S, Mendham N, Newman I, Zhang G, Zhou M. 2008. Combining ability of salinity tolerance on the basis of NaCl-induced K⁺ flux from roots of barley. *Crop Science* 48: 1382-1388.
- Cheping N. 1993. *Plantas Medicinales*. MINSAP. La Habana, Cuba. 165 p.
- Chilo G, Vacca M, Carbajal R, Ochoa M. 2009. Efecto de la temperatura y salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*. *Agriscientia* 26:15-22.
- Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu JK. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science* 45: 437-448.
- Chukov SN, Talishkina VD, Nadporozhskaya MA. 1996. Physiological activity of

- growth stimulators and of soil humic acids. *Eurasian Soil Science* 28:30-39.
- Clapp CE, Chen Y, Hayes, MHB, Cheng HH. 2001. Plant growth promoting activity of humic substances. In: Swift RS, Sparks KM. eds. *Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters*. Madison, WI: IHSS, p: 243.
- Colla G, Roupheal Y, Leonardi Ch, Bie Z. 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae* 127:147-155.
- Colmer TD, Voesenek L. 2009. Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments. *Functional Plant Biology* 36:665–681.
- Cooper A. 1998. Influence of humic substance on Rooting and Nutrient Content of Creeping Bentgrass. *Crop Science* 38: 1639-1644.
- Cramer GR, Bowman DC .1991. Short-term leaf elongation kinetics of maize in response to salinity are independent of the root. *Plant Physiology* 95:965-967.
- Cramer GR, Epstein E, Lauchli A. 1988. Kinetics of root elongation of maize in response to short-term exposure to NaCl and elevated calcium concentrations. *Journal of Experimental Botany* 39: 1513-1522.
- Cruz V, Cuartero J.1990. Effects of salinity at several developmental stages of six genotypes of tomato (*Lycopersicon* spp.). In: Cuartero, J., Gomez-Guillamon, M.L., Fernández-Muñoz, R. (Eds.), *Eucarpia Tomato 90*, Proc. XI th Eucarpia Meeting on Tomato Genetics and Breeding, Málaga, Spain, pp. 81-86.
- Cuartero J, Fernández-Muñoz R.1999. Tomato and salinity. *Sci Hort* 78: 83-125.
- Cucci G, Cantore V, Boari F, De Caro A. 2000. Water salinity and influence of SAR on yield and quality parameters in tomato. *Acta Hort* 537: 663-670.
- Cuesta A. 1994. Aplicación a suelos calizos de fertilizantes fosforados en combinación con ácidos húmicos. Tesis Doctoral. Departamento de Agroquímica y Bioquímica. Universidad de Alicante. Alicante. 350 p.
- Cussaianoviich P. 2001. Una aproximación a la agricultura orgánica. *Agricultura Orgánica* 1:23-26.
- Dantas B, Ribeiro L, Aragao C. 2007. Germinacao, crescimento inicial e teor de proteína nos cotilédones de feijao em estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes* 29:106-110.
- Dantas BF, De S Ribeiro L, Arago CA. 2005. Physiological response of cowpea seeds to salinity stress. *Revista Brasileira de Sementes* 27:144-148.
- Davies WJ, Zhang J .1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Plant Mol Biol* 42: 55-76.
- De Araujo, SAM. 2006. Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. *Rev Bras Eng Agric Ambient* 10: 848-854.
- De Boer AH, Volkov V. 2003. Logistics of water and salt transport through the plant: structure and functioning of the xylem. *Plant Cell and Environment* 26:87-101.
- Del Amor F M, Martínez V, Cerda A. 2001. Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development. *Hort Science* 36:1260-1263.
- Demidchik V, Tester M . 2002. Sodium fluxes through non selective cation in the plasma membrane of protoplasts from *Arabidopsis* roots. *Plant Physiology* 128: 379-387.
- Deschauer H, Hartmann R, Kogel-Knaber I, Zech W. 1994. The influence of dissolved organic matter on the transport of polycyclic aromatic hydrocarbons in a forest soil under *Pinus sylvestris*. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) *Humic*

- substances in the global environment and implications on human health. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Díaz MM, Winston E, Germain G, Graces N. 2002. Efecto de humus líquido sobre el cultivo de la acelga. 9no Seminario Científico Internacional. AGROTOP/2002. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 221 p.
- Dionisio-Sese ML, Tobita S. 1998. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. *Plant Science* 135:1-9.
- Dracup M. 1991. Increasing salt tolerance of plants through cell culture requires greater understanding of tolerance mechanisms. *Aust Journal of Plant Physiology* 18:1-15.
- Dubbini G. 1995. Interés de los bioestimulantes. *Hortoinformación* 9:50-51.
- Dudley LM. 1994. Salinity in the soil environment. In M. Pessarakli (Ed.) *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, Inc. New York. 13-30.
- Dumbroff EB, Cooper A. 1974. Effects of salt stress applied in balanced nutrient solutions at several stages during growth of tomato. *Bot Gaz* 135:219-224.
- Durán- Umaña L, Henríquez-Henríquez C. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta de la planta. *Agronomía Mesoamericana* 21:85-93.
- Dwyer LM, Tollenaar M, Houwing L. 1991. A nondestructive method to monitor leaf greenness in com. *Canadian Journal of plant science* 71:505-6509.
- Ebert G, Casierra F, Ludders P. 1999. Influence of NaCl salinity on growth and mineral uptake of lulo (*Solanum quitoense*). *Angewandte Botanik* 73:31-33.
- Elena A, Diane L, Eva B, Marta F, Roberto B, Garcia-Mina J. 2009. The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in cucumber plants. Elsevier. *Science Direct. Plant Physiology and Biochemistry* 27:29-39.
- Enéas-Filho J, Oliveira JOB, Prisco JT, Gomes-Filho E, Nogueira CM. 1995. Effects of salinity in vivo and in vitro on cotyledonary galactosidases from *Vigna unguiculata* (L.) Walp. during germination and seedling establishment. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 7:134-142.
- Ewe SML, Sternberg L, Da SL. 2005. Growth and gas exchange responses of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius*) and native South Florida species to salinity. *Trees* 19: 119-128.
- Facanha AR, Facanha ALO, Olivares FL, Guridi F, Santos GA, Velloso ACX, Rumjanek VM, Brasil F, Schripsema J, Braz-Filho R, Oliveira MA, Canellas LP. 2002. Bioatividade de ácidos húmicos: efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37:1301-1310.
- FAO. 2010. Report on the agriculture based on wheat production along the world. Perspectiva for the next five years. Methodology and results. Plant production and protection paper. World soils resources reports.
- Farhatula RM, Raziuddin F. 2002. In vitro effect of salt on the vigot of potato (*Solanum tuberosom* L) plantlets. Agricultural University, Peshawar, Pakistan. *Biotechnology* 1:737-777.
- Farooqi AHA, Ansari SR, Kumar R, Sharma S, Fatima S. 1998. Response of different genotypes of Citronella Java (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) to water stress.

- Plant Physiology Biochemistry 25: 172-175.
- Fatima S, Farooqi AHA, Ansari AH, Sharma S. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* cultivars. *Journal Essent. Oil Res* 11:491-496.
- Fenech LL. 2003. El efecto de los Ácidos Húmicos en las plantas cultivadas. Monografía. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz Baja California Sur. México. 25 p.
- Fernández-Luqueño F, Reyes VV, Martínez SC, Salomon HG, Yañez MJ, Ceballos RJM, Dendooven L. 2010. Effect of different nitrogen source on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Bioresource Technology* 101:396-403.
- Ferrandiz VL. 1974. Medicina vegetal. Barcelona, 415 p.
- Figuroa V, Lama J. 2000. Las plantas de nuestro huerto. 1 Condimentos y medicinales. Proyecto comunitario, La Habana. 243 p.
- Flowers TJ, Gaur PM, Laxmipathi Gowda CL, Krishnamurthy L, Samineni S, Siddique KHM, Turner NC, Vadez V, Varshney RK, Colmer TD. 2010. Salt sensitivity in chickpea. *Plant Cell and Environment* 33:490-509.
- Flowers TJ. 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal Experimental of Botany* 55:307-319.
- Foolad MR. 2007. Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato. *International Journal of Plant Genomics* ID 64358, 52 p.
- Frias I, Caldeira MT, Pérez CJR, Navarro AJP, Culianez MFA, Kuppinger O, Fuentes V. 1999. Estudios sobre la flora medicinal y condimenticia de Cuba. *Agricultura Orgánica* 5: 7-9.
- Gallardo J F. 1980. El Humus. *Investigación y ciencia* 46: 8-16.
- Garcés N, Marbot R, Ramos R, García Lidia. 2004. Sustancias con actividad biológica sobre las plantas en el producto Liplant (Humus Líquido). V Encuentro de la Agricultura Orgánica de la ACTAF, Resúmenes. La Habana, Cuba, pp: 71.
- García M, García G, Zanabria M. 2010. Efecto de la salinidad sobre el crecimiento, daño oxidativo y acumulación foliar de metabolitos secundarios en dos variedades de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia*.35:840-846.
- García AB, Almeida J, Iyer S, Gerants T, Van Montagu M, Caplan AB. 1997. Effects of osmoprotectant upon NaCl stress in rice. *Plant Physiology* 115:159-169.
- Ghanem ME, Albacete A, Martínez-Andujar C, Acosta M, Romero-Aranda R, Dodd IC, Lutts S, Pérez-Alfocea F. 2008. Hormonal changes during salinity-induced leaf senescence in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal Experimental of Botany* 10:1021-1043.
- Gomes-Filho E, Prisco JT, Campos FAP, Enéas-Filho J. 1983. Effects of NaCl salinity in vivo and in vitro on ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. *Physiologia Plantarum* 59:183-188.
- Gomes-Filho E, Prisco JT. 1978. Effects of NaCl salinity in vivo and in vitro on the proteolytic activity of *Vigna sinensis* (L.) Savi cotyledons during germination. *Revista Brasileira de Botânica* 1:83-88.
- Gómez- Cadena A. 2001. Alteraciones en la fisiología de los cítricos inducidas por salinidad. *Levante Agrícola* 356:187-193.
- Gondar D, Lopes R, Fiol S, Antelo MJ, Arce J. 2005. Characterization and acid-base

- properties of fulvic and humic acids isolated from two horizons of an ombrotrophic peat bog. *Geoderma* 126:367-374.
- González Giner, Fernández JF, Arciniega L. 2004. "Agrícola Vergel" 269:264-269.
- González LM, Zamora A, Céspedes N. 2000a. Tolerancia a la salinidad en cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp durante las etapas iniciales del crecimiento de las plantas. *Alimentaria* 314: 105-108.
- González LM, Zamora A, Céspedes N. 2000b. Análisis de la tolerancia a la salinidad en variedades de *Vigna unguiculata* (L.) sobre la base de caracteres agronómicos, la acumulación de iones y el contenido de proteína. *Cultivos Tropicales* 21:47-52.
- González LM, Ramírez R. 1998. Correlation of some varietal characteristics with grain yield and stress tolerance index under saline conditions. *IRRI Notes*, 23:19-20.
- González LM, Ramírez R. 1999. Respiración, relaciones hídricas y concentración de pigmentos en plántulas de arroz cultivadas en condiciones salinas. *Cultivos Tropicales* 20: 35-37.
- González LM, Ramírez R. 2002. Los suelos salinos y su utilización en la Producción agrícola. *Alimentaria* 339:103-107.
- González LM, Torres W, González MC. 2002. Apuntes sobre la fisiología de las plantas cultivadas bajo estrés de salinidad. *Cultivos Tropicales* 23:312-315.
- González LM. 1992. Influencia de diferentes tipos de sales sobre el crecimiento de las plántulas de arroz durante la germinación. *Ciencias Biológicas* 25:137-139.
- González LM. 2002. Reflexiones sobre los mecanismos generales de adaptación de las plantas a la salinidad y a otros tipos de estrés. *Alimentaria* 339:99-102.
- González LM, Argente L, Zaldivar Nircia, Ramírez R. 2005. Efecto de la sequía simulada con PEG-6000 sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas de dos variedades de trigo. *Cultivos tropicales* 26: 45-49.
- González Sara, Franco O, Ramírez C, Ortega H, Quero A, Trejo C. 2011. Germinación y crecimiento de alfalfa bajo condiciones salinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2:169-174.
- Gough C, Hobson GE. 1990. A comparison of the productivity, quality, shelf-life characteristics and consumer reaction to the crop from cherry tomato plants grown at different levels of salinity. *Journal of Horticultural Science* 65: 431-439.
- Greenway H, Munns R. 1980. Mechanisms of salt-tolerance in non-halophytes. *Annu Rev Plant Physiol* 31:149-190.
- Grupo Nacional de Agricultura Urbana. 2001. Informe. La Habana. Cuba, pp. 4.
- Guerrero A. 1999. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi-Prensa, Bilbao, España. pp. 206.
- Gupta SK, Sharma SK. 1990. Response of crops to high exchangeable sodium percentage. *Irrigation Science* 11:173-179.
- Gutiérrez-Miceli F, Moguel-Zamudio AB, Abud-Archila M, Gutiérrez-Oliva VF, Dendooven L. 2008. Sheep manure vermicomposts supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Technology* 99: 7020-7026.
- Gzik A. 1996. Accumulation of proline and pattern of amino acids in sugar beet plants in response to osmotic, water and salt stress. *Environmental an*

- Experimental Botany 36:29-38.
- Hartung W, Sauter A, Hose E. 2002. Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where does it go to? *Journal of Experimental Botany* 53:27-32.
- Hartwigsen J, Evans MR. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *Hort Science* 35:1231-1233.
- Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu JK, Bohnert HJ. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 52: 463-499.
- Hernández-Saavedra NY, Ramírez-Serrano R. 2004. Differential expression and function of copper-zinc superoxide dismutases under metal stress in the marine yeast *Debaryomyces hansenii*. *Journal of Marine Biotechnology* 6:S1-S5.
- Hernández AF. 2000. Plaguicidas naturales. La Habana. INCA, Cuba. 63 p.
- Hernández JA, Corpas FJ, Gómez M, Del Río LA, Sevilla F. 1993. Salt induced oxidative stress mediated by activated oxygen species in pea leaf mitochondria. *Plant Physiology* 89:103-110.
- Hernández M. 1991. Algunos apuntes sobre la medicina verde en provincia Habana. La Habana. Cuba. 23 p.
- Heuer B, Nadler A. 1994. Osmoregulatory role of proline in water and salt stressed plants. In M. Pessarakli (Ed.) *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, Inc. New York. 363-381.
- Heuer B, Nadler A. 1998. Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit. *Plant Science* 137: 43-51.
- Hoque A, Akhter N, Nakamura Y, Shimoishi Y, Murata Y. 2008. Proline and glycinebetaine enhance antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems and reduce NaCl-induced damage in cultured tobacco cells. *Journal of Plant Physiology* 16: 813-824.
- Horst GL, Taylor RM. 1983. Germination and initial growth of Kentucky bluegrass in soluble salts. *Agronomy Journal* 75:679.
- Hu Yuncai, Schimdhalter U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal Plant Nutrition Soil Science* 168: 541-549.
- Huelva R, García Y, Pimentel J. 2006. Evaluación del uso del humus de lombriz líquido y el vermicompost en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, variedad: Lignon). Programa y resúmenes. XV Congreso Científico. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.
- Huelva R, Garcés N, Ramos Amarilys, León P. 2004. Evaluación de la bioactividad del humus líquido obtenido a partir de vermicompost y sus fracciones húmicas en el cultivo de soya (*Glycine max*; var: INCASOY-24). XIII Congreso del INCA, Cuba. CD-ROM, ISBN 959-7023-22-9.
- Hunchak-Kariou K, Suffet IH. 1994. Binding of organic pollutants to dissolved organic matter in anoxic pore waters. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) *Humic substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Hunt R. 1978. *Plant Growth Analysis*. The Institute of Biology's studies in biology No. 96. Ed. Edward Arnold, London.
- Hurkman WJ .1992. Effect of salt stress on plant gene expression: a review. *Plant*

- Soil 146: 145-151.
- INEGI. 2011. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. www.inegi.org.mx. Consultado el 1 de junio del 2011.
- ISTA. 1999. (International Seed Testing Association) International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland. 321 p.
- Jana V, Barot S, Blowin M, Lavelle P, Laffra D, Repellin A. 2010. Earthworms influence the production of above and belowground biomass and the expression of genes involved in cell proliferation and stress responses in *Arabidopsis thaliana*. *Soil Biology and Biochemistry* 42: 244-252.
- Jeschke WD. 1984. K⁺ -Na⁺ exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations, and salt tolerance. In *Salinity Tolerance in Plants. Strategies for Crop Improvement*. Staples RC, Toenniessen GH (ed. Wiley-Interscience. New York.), pp. 37-66.
- Jiang Y, Huang B. 2000. Effects of drought or heat stress Alone and in Combination on Kentucky bluegrass. *Crop Science* 40:1358-1362.
- Jones RA, Qualset CO. 1984. Breeding crops for environmental stress tolerance. In: 'Applications of genetic engineering to crop improvement' (Collins GB, Petolino JG. Eds.) M Nijhoff/W Junk, Dordrecht, pp. 305-340.
- Jones RA. 1986. High salt tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination. *Euphytica* 35:575-582.
- Kalantari S, Hatani H, Ardalan MM, Alikhani HA, Shorofa M. 2010. The effect of compost and vermicomposts of yar leaf manure on growth of corn. *African Journal of Agricultural Research* 5: 1317-1323.
- Karasyova AT, Klose OE, Menzel R, Steinberg CEW. 2007. Impact of dissolved humic materials on growth of two closely related coccal green algal species. *Env Sci Poll Res* 14, 88–93.
- Kaya M, Kaya G, Kaya MD, Atak M, Saglam S, Khawar KM, Ciftci CY. 2008. Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Zhejiang University-Science B* 9: 371–377
- Kaymakanova M. 2009. Effect of salinity on germination and seed physiology in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnol and Biotechnol Eq* 23:326-329.
- Khan MA, Ungar IA. 1991. Seed polymorphism and germination responses to salinity stress in *Atriplex triangularis* Willd. *Bot Gaz* 145:487-494.
- Kishor KPB, Sangam S, Amrutha RN, Srilaxmi P, Naidu KR, Rao KR, Rao S, Reddy KJ, Theriappan P, Screenivasuhu N. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plants growth and abiotic stress tolerance. *Current Science* 88:424-438.
- Knap E. 2004. Modification of carotene contain and structure in tomato using a combination of molecular and traditional methods. REDBIO'2004. Conferencia V Encuentro Latinoamericano y del Caribe de Biotecnología Agrícola. República Dominicana.
- Kozlowski TT. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph* 1:12-17
- Krishna Moorthy S. 1991. Aceites esenciales de la India; Avances actuales y aplicaciones en perfumeria. *CIDA. Plantas Medicinales y Floricultura* 1:14-16.

- Kulikova NA, Veselovskaya MM, Lebedeva GF, Perminova IV. 2006. Humic substances decrease water deficiency stress of wheat seedlings. In: Frimmel FH, Abbt-Braun G (eds), Humic Substances – Linking Structure to Functions. Proc. 13th IHSS Meeting, Karlsruhe, Germany, pp 437–440.
- Läuchli A, Epstein E. 1990. Plant responses to saline and sodic conditions In Agricultural Salinity Assessment and Management. Tanji KK (ed), pp. 113-137. American Society of Civil Engineers, New York.
- Lazof D, Läuchli A. 1991. The nutritional status of the apical meristem of *Lactuca sativa* as affected by NaCl salinization: an electron-probe microanalytic study. *Planta* 184:334-342.
- Little TM, Hills FJ. 1989. 'Statistical methods in agricultural research'. Versión en español. 'Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura'. Ed. Trillas. México. 270p.
- Llanes A, Reinoso H, Luna V. 2005. Germination and early growth of *Prosopis strombulifera* seedlings in different saline solutions. *World Journal of Agricultural Sciences* 1:120-128.
- Longstreth DJ, Novel P. 1979. Salinity effects on leaf anatomy. *Plant Physiology* 63:700-703.
- López R. 2007. Comportamiento de plantas horticolas con diferentes dosis de Fitomas E en condiciones edafoclimáticas de Guantánamo. Informe al proyecto ramal del MINAZ La Habana, Cuba. 271 p.
- Lorduy E, Mache R. 1991. Plantas medicinales, un potencial poco aprovechado, CIDA. *Plantas Medicinales y Floricultura* 1:17-18.
- Lutts S, Majerus V, Kinet JM. 1999. NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oriza sativa*) seedlings. *Physiologia Plantarum* 105: 450-458.
- Lynch J, Läuchli A. 1988. Salinity affects intracellular Ca²⁺ in corn root protoplasts. *Plant Physiol* 87:351-356.
- Lynch J, Polito VS, Läuchli A. 1989. Salinity stress increases cytoplasmic Ca²⁺ activity in maize root protoplasts. *Plant Physiol* 90:1271-1274.
- Maas EV, Grieve CM. 1990. Salt tolerance of plants at different growth stages. In: 'Proceedings of the International Conference', Tando Jam, Pakistan, January 7-11, 27 p.
- Maas EV, Hoffman GJ. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division American Society of Civil Engineers* 103:115-134.
- Maas EV. 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research* 1:12-26.
- Maas EV. 1990. Crop salt tolerance. In: 'Agricultural Salinity and Assessment Management'. (Ed. Tanji KK), Am Soc Civil Eng, Manuals and Reports on Engineering No. 71. ASCE, NY, pp. 262-304.
- MacCarthy P, Clapp CE, Malcolm RL, Bloom PR. 1990. Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Reading. Amer. Soc. Agron. Madison, pp. 281.
- Machado da Rosa Carla, Vargas Rosa María, Vahl LC, Dufech D, Spinelli LF, Oliveira Elisandra, Leal O. A. 2009. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potasio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 33: 45-58.
- Machado PLOA, Guimaraes CM, Torres E, Mccarty GW. 2009b. Mid- and near-infrared spectroscopic assessment of soil compositional parameters and

- structural indices in two Ferralsols. Elsevier Science Direct. *Geoderma* 136: (1-2), 245–259.
- Mackowiak CL, Bugbee BG. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of American Journal* 65: 1744-1750.
- Madrigal LP, Wiegand CL, Zavaleta CR, Neck JS. 1996. Las imágenes de satélite como una alternativa para identificar la salinidad del suelo en los distritos de riego. TEKTRAN, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Maggio A, Hasegawa PM, Bressan RA, Consiglio MF, Joly RJ. 2001. Unravelling the functional relationship between root anatomy and stress tolerance. *Australian Journal of Plant Physiology* 28:999-1004.
- Maguire JD. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.
- Mahajan S, Girdhar KP, Tuteja N. 2008. Calcium and salt-stress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway. *Arch Biochem Biophys* 471: 146–158.
- Mahdavi B, Modarres Sanavy. 2007. Germination and seedling growth in grasspea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10:273-279.
- ManoY, Takeda K. 2001. Genetic resources of salt- tolerance at germination and the seedling stage in wheat. *Journal of Crop Science* 70: 215-220.
- Mantovani JR, Barenwaldt A, Steinberg CEW. 2005. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40:53-59.
- Maroco JP, Rodríguez ML, Lopes C, Chaves MM. 2002. Limitations to leaf photosynthesis in grapevine under drought-metabolic and modelling approaches. *Functional Plant Physiol* 29:1-9.
- Marquard RD, Tipton JL. 1987. Relationship between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. *Hortscience* 22:1327.
- Martínez D. 2006. Evaluación del efecto del Liplant en indicadores bioquímicos fisiológicos en el cultivo del maíz (*Zea mays* L). Tesis de Maestría en Ciencias de la Química Agraria. La Habana. 80 p.
- Mathuis FJM, Amtmann A. 1999. K⁺ nutrition and Na⁺ toxicity: the basis of cellular K⁺/Na⁺ ratios. *An Bot* 84:123-133.
- Maurel C, Chrispeels MJ. 2001. Aquaporins. A molecular entry into plant water relations. Elsevier. Science Direct. *Plant Physiology* 125:135-138.
- Mayer AM, Poljakoff-Mayber A. 1963. The germination of seeds. New York, Pergamon Press. pp. 198-199.
- Medina N. 2004. La biofertilización como alternativa dentro de la agricultura sostenible. En: VII Taller de Biofertilización en los Trópicos, INCA, La Habana, Cuba. Pp. 207.
- Medrano H, Escalona JM, Bota J, Gulias J, Flexas J. 2002. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany* 89: 895-905.
- Mejía CJ. 1995. Manual de alelopatía básica y productos botánicos. 1ed. Santa Fé de Bogotá. Editorial KinggrafL, 83 p.
- Meloni DA, Oliva MA, Ruiz HA, Martinez CA. 2001. Contribution of proline and

- inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 24:599-612.
- Mesa D. 2003. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Ciencia Agrícola* 37:217-226.
- Milanés I, González LM. 1999. Cambios en la actividad de las enzimas peroxidasa, catalasa y alfa-amilasa en semillas de arroz durante la germinación en condiciones salinas. *Centro Agrícola* 262:73-76.
- MINAGRI. 1995. El cultivo de las plantas medicinales. Recomendaciones preliminales de algunos aspectos agrotécnicos. CIDA, Cuba. 142 p.
- MINAGRI. 1998. Resumen anual del cultivo de las plantas medicinales, Cuba. 52 p.
- Mizrahi Y, Taleisnik E, Kagan-zur U, Zohar Y, Offenbach R, Matan E, Golan R. 1998. A Saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 113:202-205.
- Mohammad M, Shibli R, Ajouni M, Nimri L. 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition* 21:1667-1680.
- Montano, R. 2006. FitoMas-E. Estimulante de estimulantes. ICIDCA La Habana, Cuba 4 p.
- Montano R. 2007. FitoMas-E. Bioestimulante derivado de la Industria Azucarera. ICIDCA. La Habana, Cuba .10 p.
- Mora-Aguilar R, Rodríguez-Pérez JE, Peña-Lomelí A, Campos-Ángeles DA. 2004. Osmotic conditioning of potato (*Solanum tuberosum* L.) seed with saline solutions. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10:15-21.
- Moradi F, Ismail AM. 2007. Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice. *Annals of Botany* 99:1161-1173.
- Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annu Rev Plant Biol* 59:651-681.
- Munns R. 1993. Physiological processes limiting plant-growth in saline soils. Some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ* 16:15-24.
- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ* 25:239-250.
- Munns R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol* 167:645–663.
- Munns R, Rawson HM. 1999. Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J Plant Physiol* 26: 459-469.
- Munns R, James R.A, Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57: 1025-1043.
- Murillo AB, Avila SN, García HJL, Lopez AR, Troyo DE, Kaya C. 2004. Relationship between a nondestructive and an extraction method for measuring chlorophyll contents cowpea in leaves. *Journal Plant Nutrition Soil Science* 35: 162-167.
- Murillo E, Viña A. 1999. Determinación de constituyentes volátiles de la albahaca (*Ocimum* spp) mediante dos métodos de extracción. *Revista Colombiana de Química* 28: 9-13.
- Murillo-Amador B, López-Aguilar, R, Kaya C, Larrinaga-Mayoral JA, Flores-Hernández, A. 2002. Comparative Effects of NaCl and Polyethylene Glycol on

- Germination, Emergence and Seedling Growth of Cowpea. *Journal Agronomy and Crop Science* 188:235-247.
- Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, Jones HG, Ayala-Chairez F, Tinoco-Ojanguren CL, López-Cortés A. 2000. Screening and classification of cowpea genotypes for salt tolerance during germination. *PYTON. Int J Exp Bot* 67:71-84.
- Murillo-Amador, B, Yamada S, Yamaguchi T, Rueda-Puente E, Ávila-Serrano N, García-Hernández JL, López-Aguilar R, Troyo-Diéguez E, Nieto-Garibay A. 2007. Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. *Journal Agronomy Crop Science* 193:413-421.
- Murray DR. 1984. Axis-cotyledon relationships during reserve mobilization. In: Murray DR (Ed.) *Seed physiology*. New York, Academic Press, 2: 247-280.
- Muscolo A, Diallo D, Michaelsen TE, Nardi S. 2007a. The auxin-like activity of humic substances is related to membrane interactions in carrot cell cultures. *J Elsevier. Science Direct. Chem Ecol* 33: 115-129.
- Muscolo A, Sidari M, Attina E, Francioso O, Tugnoli V, Nardi S. 2007b. Biological Activity of Humic Substances Is Related to Their Chemical Structure. *Elsevier. Science Direct. Soil Chemistry*. 71 1:75-81.
- Nardi S, Concheri G, Dell'Agnola G. 1996. Biological activity of humus. In: *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Piccolo, A. Ed. Elsevier, Amsterdam, pp: 361-406.
- Nardi S, Pizzeghello D, Muscolo A, Vianello A. 2002a. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527-1536.
- Nardi S, Pizzeghello C, Ferrarese L, Trainotti L, Casadoro G. 2002b. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 415-419.
- Nerson H, Paris HS. 1984. Effects of salinity on germination, seedling growth, and yield of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. *Turrialba* 20:177-184.
- Netondo GW, Onyango JC, Beck E. 2004. Sorghum and salinity. II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science* 44:806-811.
- Neumann PM, Van Volkenburgh E, Cleland RE. 1988. Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility. *Plant Physiology* 88: 233-237.
- Nieman RH, Shannon MC. 1976. Screening plants for salinity tolerance. In: 'Plant adaptation to mineral stress in problem soils'. Wright MJ (Ed.). A special publication of Cornell Univ. Agric Exper Station, Cornell Univ. Ithaca, NY, pp. 359-367.
- Nishi T, Forgac M. 2002. The vacuolar H⁺-ATPase nature's most versatile proton pumps. *Nature Rev. Mol. Cell Biol* 3: 94-103.
- Niu X, Bressau RA, Hasegawa PM, Pardo JM. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology* 109:735-742.
- Noriega CM. 1998. Aplicación de bioestimulante en el cultivo de la fresa En: *Programas y Resúmenes. XI Seminario Científico del .INCA*. La Habana, Cuba. 156 p.
- Ocio JA and Brookes PC. 1990. *Soil Biological Biochemistry* 22:685.
- Oliva María, Rincón R, Zenteno E, Pinto A, Dendooven L, Gutiérrez F. 2008. Rol del

- vermicompost frente al estrés por cloruro de sodio en el crecimiento y fotosíntesis en plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L). *Gayana Botánica* 65:10-17.
- Oliva TA. 1998. Evaluación morfoagronómica de 10 variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), plantado en período temprano de siembra. Trabajo de Diploma. UNAH. 105 p.
- Pacheco MJ. 1992. Plantas aromáticas y medicinales en la escuela taller. En: Jornada Ibérica de plantas medicinales, aromáticas y de aceites esenciales. Madrid, p. 483.
- Pardossi AF, Malorgio D, Oriolo R, Gucci G, Serra, Tognoni F. 1998. Water relations and osmotic adjustment in *Apium graveolens* during long-term NaCl stress and subsequent relief. *Plant Physiology* 102:369-376.
- Pearcy RW, Ustin SL. 1984. Effects of salinity on growth and photosynthesis of three California tidal marsh species. *Oecologia* 62: 68-73.
- Paredes M. 1998. Hierbas aromáticas y medicinales. Periódico ABC color Paraguay. Miércoles 25 de febrero, pp. 5.
- Pérez-Alfocea F, Santa-Cruz Ana, Guerrier G, Bolarín Ma del Carmen. 1994. NaCl Stress-induced organic solute changes on leaves and calli of *Lycopersicon esculentum*, *L. pennellii* and their interspecific hybrid. *Journal of Plant Physiology* 143:106-111.
- Pérez-Alfocea F, Santa Cruz Ana, Balibrea Ma Encarnación and Están Ma Teresa. 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant and Soil* 180:251-257.
- Pérez-Alfocea F, Balibrea ME, Santacruz A, Estan MT. 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant and Soil* 180:251-257.
- Pérez-Alfocea F, Están Ma Teresa, Caro M, Guerrier G. 1993a. Osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *L. pennellii* under NaCl and Polyethylen glycol 6000 iso-osmotic stresses. *Physiologia Plantarum* 87:493-498.
- Pérez-Alfocea F, Están Ma Teresa, Santa Cruz Ana, Bolarín Ma del Carmen. 1993b. Effects of salinity on nitrate, total nitrogen, soluble protein and free amino acid levels in tomato plants. *J. Hort. Sci* 68:1021-1027.
- Pessarakli M. 1994. Handbook of plant and crop stress. University of Arizona. Tucson. Arizona. 697 p.
- Pflugmacher S, Pietsch C, Rieger W, Steinberg CEW. 2008. Influence of structural moieties of dissolved organic matter on the photosynthetic oxygen production of aquatic plants. *Science Total Environmental* 357, 169–175.
- Piccolo A, Mbagwu JSC. 1997. Exogenous humic substances as conditioners for the rehabilitation of degraded soils. *Agro-Food-Industry Hi-Tech*. 25 p.
- Pio VA, Horst Bruckner C, Prieto Martínez HE, Martínez CA, Huaman PR. 2001. Características fisiológicas de porta-enxertos de videira em solução salina. *Scientia Agricola* 58:139–143.
- Pizzeghello D, Nicolini G, Nardi S. 2000a. Hormone-like activity of humic substances in *Fagus sylvatica* forests. Elsevier. *Science Direct. New Phytologist* 151:647–657.
- Pizzeghello D, Sessi E, Gessa C, Nardi S. 2000b. Humics Fractions: Impacts on growth and metabolism of plant (II). Proceedings at 10th International Meeting

- of the International Humic Substances Society (IHSS 10), 24-28 July 2000, Toulouse, France.
- PNMTN. 1997. Programa Nacional para el Desarrollo y la Generalización de la Medicina Tradicional MINSAP, Cuba.
- Ponce, G. 1993. Fitoterapia (plantas medicinales). El Libro de la Familia. La Habana. Verde Olivo. Cuba. pp. 160-201.
- Portuondo FL, Calderín GA, Hernández GOL, Guridi IF. 2009. Componentes del metabolismo del nitrógeno en la fase vegetativa del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) modificados por la aplicación de ácidos húmicos. En: Congreso AgroCiencias (Julio 8-10, 2009, La Habana, Cuba) Memorias. CD-ROM. Agrotrop, ISBN: 978-959-16-1054-6.
- Prazak R. 2001. Salt-tolerance of *Triticum monococum* L., *Triticum dicocum* (s. chank) Schubl., *Triticum durum* Desf and *Triticum eastivum* L. seedlings. Journal of Applied Genetics 42: 289-292.
- Prisco JT, O'Leary JW. 1970. Osmotic and toxic effects of salinity on germination of seeds. American Journal of Botany 33:278-285.
- Prisco JT, Vieira GHF. 1976. Effect of NaCl salinity on nitrogenous compounds and proteases during germination of *Vigna sinensis* seeds. Physiologia Plantarum 36:317-320.
- Prisco JT, Enéas-Filho J, Gomes-Filho E. 1981. Effect of NaCl salinity on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. seeds. Revista Brasileira de Botanica 4:63-71.
- Prisco JT. 1987. Contribucao ao estudo da fisiologia do estresse salino durante a germinacao e estabelecimento da plantula de uma glicófita [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. Tesis de professor titular, 65 p.
- Quaggiotti S, Ruperti B, Pizzaghello D, Francioso O, Tugnoli V, Nardi S. 2004. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). Journal of Experimental Botany 55: 803-813.
- Rabe E. 1990. Stress physiology: The functional significance of the accumulation of nitrogen containing compounds. J. Hort. Sci 65:231-243.
- Ramírez CJ, Moreno B, Murillo E. 2001. Evaluación agronómica e industrial de siete variedades de albahaca en la zona cafetalera colombiana. Cenicafé 52: 117-126.
- Ramos R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como producto de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante. España. 349 p.
- Ranaje GS. 1991. Aromaterapia. Plantas Medicinales y Floricultura 1: 10-11.
- Reinhardt DH, Rost TL. 1995. Salinity accelerates endodermal development and induces an exodermis in cotton seedling roots. Environmental Experimental Botany 35:563-574.
- Rengel Z. 1992. The role of calcium in salt-toxicity. Plant Cell Environmental 15: 625-632.
- Rhoades A, Loveday J. 2004. Potencial problems of salinity on the hearth in the next five year. SIG. Journal of Faculty of Agriculture 42: 273-280.
- Robinson MF, Sanders D, Mansfield TA. 1997. How can stomata contribute to salt

- tolerance? *Annals of Botany* 80:387-393.
- Rodda MRC, Canellas LP, Facanha AR, Zandonadi DB, Guerra JGM, Almeida D, Santos GA. 2006b. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto I. Efeito de doses de humatos. Elsevier. Science Direct. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 30:649-656.
- Rodríguez AT. 1999. Plantas medicinales ¿solo para humanos?. *Se Puede Vivir Ecopolis*. 16: 5-7.
- Rodríguez-Rosales PM, Kerkeb L, Bueno P, Donaire JP. 1999. Changes induced by NaCl in lipid content and composition, lipoxygenase, plasma membrane H⁺-ATPase and antioxidant enzyme activities of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Calli. *Plant Science* 143: 143-150.
- Roig JT. 1975. Plantas medicinales aromáticas o venenosas de Cuba. La Habana. Pueblo y Educación. 939 p.
- Rojas Garcidueñas M. 2003. La resistencia a la sequía. *Ciencia UANL* 3:326-331.
- Romero-Aranda RT, Soria J, Cuartero F. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science* 160: 265-272.
- Royo A, Abió D. 2003. Salt tolerance in *T. durum* wheat cultivars. *Journal of Crop Science* 63: 158-163.
- Ruiz EFH. 1993. Respuesta de genotipos de frijol "chícharo de vaca" [*Vigna unguiculata* (L.)Walp.] con diferentes diluciones de agua de mar. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. 70 p.
- Ruiz C, Russian T, Tua D. 2007. Effect of the organic fertilization in the cultivation of the onion (*Allium cepa* L.). *Agronomía Tropical* 24:15-24.
- Sallaku G, Babaj I, Kaw S, Balliu A. 2009. The influence of vermicomposts on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7: 869-872.
- Samburova V, Didenko T, Kunekov E, Zenobi R. 2007. Functional group analysis of high-molecular weight compounds in the water-soluble fraction of organic aerosols. Elsevier. Science Direct. *Atmospheric Environment* 41:4703-4710.
- Samperio RG. 1997. Hidroponía Básica. Editorial Diana. 176 p.
- Sánchez E. 1980. Diccionario de plantas agrícolas. Madrid. Ministerio de la Agricultura, 467 p.
- Sánchez-Conde MP, Ortega CB. 1968. Effect of humic acid on the development and the mineral nutrition of the pepper plant. pp. 745-755. In *Control de la Fertilización de las Plantas Cultivadas*, 2º Coloquio Evr. Medit. Cent. Edafol. Biol. Aplic. Cuarto, Sevilla. *Science* 167:120-123.
- Senesi N, Plaza C, Brunetti G, Polo A. 2007. A comparative surveys of recent results on humic-like fractions in organic amendment and effect on native soil humic substances. Elsevier. Science Direct *Soil Biol. Biochemistry* 39, 1244-1262.
- Serrano R, Gaxiola R. 1994. Microbial models and salt-stress tolerance in plants. *Plant Science* 13: 121-138.
- Serrano R. 1996. Salt tolerance in plants and microorganisms: toxicity targets and defense responses. *Int Rev Cytol* 165: 1-52.
- Serrano R, Mulet JM, Rios G, Marquez JA, de Larrinoa IF, Leube MP, Mendizabal I, Pascual-Ahuir A, Proft M, Ros R, Montesinos C. 1999. A glimpse of the

- mechanisms of ion homeostasis during salt stress. *Journal Experimental of Botany* 50:1023-1036.
- Shabala S, Shabala L, Van Volkenburg E, Newman I. 2005. Effects of divalent cations on ion fluxes and leaf photochemistry in salinized barley leaves. *Journal of Experimental of Botany* 56: 1369-1378.
- Shabala S, Demidchik V, Shabala L, Cuin TA, mith SJ, Miller AJ, Davies JM, Newman IA. 2006. Extracellular Ca²⁺ ameliorates NaCl-induced K⁺ loss from Arabidopsis root and leaf cells by controlling plasma membrane K⁺-permeable channels. *Plant Physiology* 141: 1653–1665.
- Shabala S, Cuin TA. 2007. Potassium transport and plant salt tolerance. *Physiologia Plantarum* 133:651-669.
- Shani U, Ben-Gal A. 2005. Long-term response of grapevines to salinity: osmotic effects and ion toxicity. *American Journal Enology Viticulture* 56:148-154.
- Shannon MC, Grieve CM, Francois LE. 1994. Whole-Plant to salinity. In: Wilkinson, R.E., Ed. *Plant-Environment Interactions*. Nueva York: Marcel Dekker. pp. 199-244.
- Shannon MC. 1997. Genetics of salt tolerance in higher plants. In: *Strategies for improving salt tolerance in higher plants*. Jaiwal PK, Singh RP, Gulati A (Eds) pp. 265-288. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.
- Shi H, Zhu JK. 2002. Regulation of expression of the vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter gene AtNHX1 by salt stress and abscisic acid. *Plant Molecular Biology* 50: 543-550.
- Sinha GK, Gulati BC. 1991. Propiedades antibacterianas de algunos aceites esenciales y sus constituyentes. *Plantas Medicinales y Floricultura* 1:10-11.
- Smith PT, Comb BG. 1991. Physiological and enzymatic activity of pepper seeds (*Capsicum annuum*) during priming. *Physiologia Plantarum* 82:433-439.
- Snapp SS, Shennan C. 1992. Effects of salinity on roots growth and death dynamics of tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *New Phytol* 121: 71-79.
- Sokal RP, Sneath PHA. 1993. *Principles of numerical taxonomy*. San Francisco, USA. 359 p.
- Spyropoulos CG and Maurommatis M. 1998. Effect of water stress on pigment formation in *Quercus* species. *Journal Experimental Botany* 29:273-477.
- Stark C. 1992. Adaptation of rice to salt stress as manipulated by a biorregulator. *Beitr. Landwirtsch. Vet. Med* 30: 363-372.
- StatSoft Inc. 2011. *Statistica*. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 p.
- Steel GDR, Torrie JH. 1995. 'Bioestadística. Principios y procedimientos'. Ed. McGraw Hill. México. 622p.
- Stoll M, Loveys B, Dry P. 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal Experimental of Botany* 51:1627-1634.
- Storey R, Walker R. 1999. Citrus and salinity. *Scientia Horticulturae* 78:39-81.
- Strain HH, Svec WA. 1966. Extraction, separation, estimation, and isolation of the chlorophylls. In: VERNON, L. P. and SEELY, G. R. (Eds.): *The Chlorophylls*, 21-66. Academic Press, London.
- Stransky H, Pages M, Hager A, Serrano R. 1996. A major isoform of the maize plasma membrana H⁺-ATPase: Characterization and induction by auxin in coleoptiles. *Plant Cell* 8: 1533-1544.

- Sun D, Dickinson GR. 1995. Survival and growth responses of a number of Australian tree species planted on a saline site in tropical north Australia. *Journal of Applied Ecology* 32: 817-826.
- Swift RS. 1999. Effects of humic substances and polysaccharides on soil aggregation. In: *Advances in Soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment*. (Wilson, W.S, editor). The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House, Cambridge. pp. 153-162.
- Syed S, Khan NA. 2004. Activities of carbonic anhydrase, catalase and ACC oxidases of mung bean (*Vigna radiata*) are differentially affected by salinity stress. *Journal of Food Agriculture and Environment* 2: 241-249.
- Szalbocs I. Soils and salinization. 1994. En: *Handbook of Plant Crop Stress*. New York: M. MarcelDekker, p. 3-11.
- Tadeo FR, Gómez-Cadena A. 2008. Fisiología de las plantas y el estrés. In: *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. J Azcón-Bieto, M Talón (eds). McGraw-Hill Interamericana. Madrid. pp. 577-597.
- Taiz L. 1984. Plant cell expansion: Regulation of cell wall mechanical properties. *Plant Physiology* 35:585-657.
- Tal M, Rosental I, Abramovitz R, Forti M. 1979. Salt tolerance in *Simmondsia chinensis*: Water balance and accumulation of chloride, sodium and proline under low and high salinity. *Annals of Botany* 43:701-708.
- Tal M. 1985. Genetics of salt tolerance in higher plants: theoretical and practical considerations. *Plant and Soil* 89:199-226.
- Távora FJAF, Ferreira R.G, Hernández FFF. 2001. Crescimento y relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estrés salino com NaCl. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23: 441-446.
- Taylor CB. 1996. Control of cyclic carotenoid biosynthesis: no lutein, no problem. *Plant Cell* 8: 1447-1450.
- Terry E, Leyva A. 2006. Evaluación agrobiológica de la co-inoculación micorrizas arbusculares-rizobacterias en tomate. *Agronomía Costarricense* 30:65-73.
- Tester M, Davenport R. 2003. Review: Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany* 91:503-527.
- Thiel G, Lynch J, Läuchli A. 1988. Short term effects of salinity stress on the turgor and elongation of growing barley leaves. *Journal of Plant Physiology* 132: 38-44.
- Torrecillas A, Rodríguez P, Sánchez-Blanco MJ. 2003. Comparison of growth, leaf water relations and gas exchange of *Cistus albidus* and *C. monspeliensis* plants irrigated with water of different NaCl salinity levels. *Scientia Horticulturae* 97:353-368.
- Torres W, Echevarría I. 1994. Germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) at different NaCl concentrations. *Cultivos Tropicales* 15: 44-47.
- Turhan E, Eris A. 2007. Growth and stomatal behavior of two strawberry cultivars under long-term salinity stress. *Turk J Agric For* 31:55-61.
- Tuteja N. 2008. Mechanisms of High Salinity Tolerance in Plants *Meths in Enzymol* 428: 419-438.
- Udovenko GV. 1976. Métodos de evaluación de la resistencia de plantas a los factores adversos del medio. Editorial Kolos, Leningrado, 318 pp.
- Udovenko GV. 1985. Vías para la elevación de la productividad de las plantas

- cultivadas en suelos salinizados. *Ciencias de la Agricultura* 25: 77-84.
- Uhvits R. 1946. Effect of osmotic pressure on water absorption and germination of alfalfa salinity in vivo and in vitro on cotyledonary galactosidases from *Vigna unguiculata* (L.) Walp. during germination and seedling establishment. *Revista Brasileira de Fisiología Vegetal* 7:134-142.
- Ungar IA. 1967. Influence of salinity and temperature on seed germination. *Ohio Journal of Science* 167:120-123.
- Urrestarazu G de M. 2004. *Tratado de Cultivos sin Suelo*. Ed. Mundi Prensa Libros, S.A. 3era edición. 914 p.
- Van de Venter HA, Furter M, Dekker J, Cronje IJ. 1991. Simulation of seedling root growth by coal-derived sodium humate. *Plant Soil* 137: 17-21.
- Varanini Z, Pinton R. 1994. Humic substances and plant nutrition. *Progress in Botany* 56: 97-117.
- Varanini Z, Pinton R. 1995. Humic substances and plant nutrition. *Progress in Botany* 56: 97-116.
- Vargas C, Suarez FE. 2008. Influence of microbial inoculation and co-compostqwing material on the evolution of humic-like substances during composting of horticultural wastes. *Biochemistry* 41:1438–1443.
- Vaughan D, Malcolm RE. 1985. Influences of humic substances growth and physiological processes. En *Soil Matter and Biological Activity*. Vaughan, D., Malcolm, R.E. Eds. Martinus Nijhoff Pub., Dordrecht. pp. 37-76.
- Velazco Ana, F. Fernández. 2002. Caracterización microbiológica del desecho de la lombriz de tierra. *Cultivos Tropicales* 11: 95-97.
- Vera-Estrella R, Barkla B, Bohnert H, Pantoja O. 2004. Novel regulation of aquaporins during osmotic stress. *Plant Physiology* 135: 2318-2329.
- Villafañe R. 1997. Efecto de la salinidad del suelo sobre el crecimiento de la batata. *Agronomía Tropical* 47:131-139.
- Vinocur B, Altman A. 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Curr. Op Biotechn* 16: 1-10.
- Wahome PK. 2003. Mechanisms of salt (NaCl) stress tolerance in horticultural crops. *Acta Horticulturare* 609: 127–131.
- Waid A, Rasul E, Rao AR. 1999. Germination of seeds and propagules under salt stress. In: 'Handbook of plant and crops stress'. 2nd Ed. Pessarakli M (Ed.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA. pp. 153-167.
- West DW, Francois LE. 1982. Effects of salinity on germination, growth and yield of cowpea. *Irrigation Science* 3:169-175.
- Westgate ME, Boyer JS. 1985. Osmotic adjustment and the inhibition of leaf, root, stem and silk growth at lower potentials in maize. *Planta* 164: 540-549.
- Whitaker JR. 1995. Polyphenol Oxidase. In: D. W. S. Wong, In: *Food Enzymes: Structure and Mechanism* (pp. 271-307). New York: Chapman and Hall.
- Wiegand C, Meems N, Timofeyev M, Steinberg CEW, Pflugmacher S. 2004. More evidence for humic substances acting abiogeochemicals on organisms. In: Ghabbour EA, Davies G (eds), *Humic Substances: Nature's Most Versatile Materials*. Taylor and Francis, New York, pp 349–363.
- Wilkinson S, Davies WJ. 2002. ABA-based chemical signaling: the co-ordination of responses to stress in plants. *Plant, Cell and Environment* 25: 195-210.
- Willadino L, Camara T. 2004. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: La

- Ecofisiología Vegetal, Una Ciencia de Síntesis. M Reigosa, N Pedrol, A Sánchez (eds). Thomson Editores España. Madrid. pp. 303-300.
- Yadava U. 1986. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. Hortscience 21:1449-61450.
- Yamamoto A, Nakamura T, AduGyami JJ, Saigusa M. 2002. Journal Plant Nutrition 25: 2295-62301.
- Yamasaki Simone, Dillenburg Lucia. 1999. Measurements of leaf relative water content in araucaria angustifolia. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 11:69-75.
- Yang CM, Chang IF, Lin SJ, Chou CH. 2004. Effects of three allelopathic phenolics on the chlorophyll accumulation of rice (*Oryza sativa*) seedlings: II. Stimulation of consumption orientation. Bot. Bull. Acad. Sin.
- Yeo AR. 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. Journal of Experimental Botany 49: 915-929.
- Yeo AR. 2007. Salinity. In Plant Solute Transport. AY Yeo and TJ Flowers eds. p.p. 340-370. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.
- Zaharieva M, Gaulin E, Havaux M, Acevedo E, Monneveux P. 2001. Drought and heat responses in the wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth. Crop Science 41:1321 - 1329.
- Zaller JG. 2007. Vermicomposts in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Journal of Soil Biology 43: 332-336.
- Zamacona D, Moreno SG. 2005. Efecto de la salinidad en la captación de cationes, síntesis de prolina y eventos fotoquímicos primarios del fotosistema II en *Quercus rugosa*. Primer foro de experiencias PAEA.UNAM. Facultad de Estudios Superiores Iztacalpa. Sria Gral Académica pp: 1-7.
- Zandonadi DB. 2005. Atividade da H⁺-ATPase e Oxiredutases de membrana plasmática e H⁺-PPase e H⁺-ATPase de tonoplasto isolados de raízes de plântulas de milho tratadas com ácidos húmicos. Laboratório de solos CCTA e Laboratório de biologia celular e tecidual-CBB, UENF, Brasil. Tese metrado. 155 p.
- Zekril M. 1993. Salinity and calcium effects on emergence, growth and mineral composition of seedlings of eight citrus rootstocks. J. Hortic. Sci 68: 53-62.
- Zhu JK. 2002. Salt and drought stress signal transduction in Plants. Annu. Plant Biology 53:247-73.
- Zoppo del ML, Galleschi A, Onnis A, Pardossi F, Saviozzi A.1999. Effect of salinity on water relations, sodium accumulation, chlorophyll content and proteolytic enzymes in a wild wheat. Biología Plantarum 42: 97-104.