

N.º R. ALEPH 448220
N.º R. Bib. 4660
Signat. A/TFC-42

**ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD GENOTIPICA EN
ALGODONERO PARA CARACTERES
RELACIONADOS CON TOLERANCIA
A SEQUIA Y SALINIDAD.**



Amelia Rodríguez Jiménez

**IRNAS-CSIC
Febrero, 1.997**

**ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD GENOTIPICA
EN ALGODONERO PARA CARACTERES
RELACIONADOS CON TOLERANCIA
A SEQUIA Y SALINIDAD.**

Amelia Rodríguez Jiménez

**Director: Dr. Eduardo O. Leidi Montes
Departamento de Biología Vegetal
IRNAS-CSIC**

Febrero, 1.997



ANTEPROYECTO FIN DE CARRERA

NO REGISTRO.....

CURSO ACADÉMICO.....

ALUMNO D./a AMELIA RODRIGUEZ JIMENEZ.....

DIRECCION ACTUAL, c/Guadiato No. 17, Mairena del Aljarafe (Sevilla).....

TELEFONO 560 9568.....

DEPARTAMENTO QUE LO TUTORA Dpto. BIOLOGIA VEGETAL, IRNAS (CSIC).....

PROYECTO QUE PROPONE Estudio de la variabilidad genotípica en.....

algodonero para caracteres relacionados con tolerancia a sequía y salinidad.

En una colección de germoplasma de algodón se estudiarán caracteres relacio-

nados con tolerancia a condiciones de estrés hídrico y salino para su empleo

en programas de mejora. Conclusiones. —

SEVILLA 6 DE Noviembre 1.995

E. U. INGENIERIA TECNICA AGRICOLA "CORTIJO DE CUARTO" REGISTRO DE CORRESPONDENCIA	
SALIDA N.º: <u>X</u>	ENTRADA N.º: <u>1.174</u>
FECHA: <u>X</u>	FECHA: <u>2-2-96</u>

CONFORME EL TUTOR

EL ALUMNO

EL PROFESOR DE
TRABAJO FIN DE
CARRERA.

Se acompaña hoja de-protocolo y carta de presentación.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al Dr. Eduardo Oscar Leidi Montes, bajo cuya dirección y asesoramiento ha sido posible la realización de este proyecto fin de carrera, pues sin sus conocimientos, apoyo y entrega día a día, este trabajo no se hubiera llevado a cabo.

Al Dr. Juan C. Gutiérrez Más, por su colaboración y generosa aportación de las semillas de los genotipos de algodón empleados en este estudio.

A la Dra Carmen Mazuelos Vela y a Da. Asunción de Castro por su desinteresada ayuda en los análisis químicos en las muestras vegetales, así como a los demás miembros del Departamento de Biología Vegetal del Instituto de Recursos Naturales de Sevilla.

A Dr Carlos Carretero y a Dr Manuel Cantos por el afecto, amistad y colaboración que me han prestado en todo momento, pues son los que han hecho posible que este proyecto se haya realizado.

A D. Antonio Villalba, profesor titular de la E.U.I.T.A "Cortijo de Cuarto" por el interés y atención mostrada en cada momento en la realización del trabajo fin de carrera.

Al Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, perteneciente al C.S.I.C, y a su equipo directivo por haber puesto a mi alcance todos los medios necesarios para la elaboración de este estudio.

A Javi, mi marido, por haberme ayudado, animado y apoyado en todo momento.

A todos mi más sincero agradecimiento.

INDICE

RESUMEN.....	0
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Generalidades.....	2
1.2. Tolerancia a sequía y salinidad. Aspectos generales.....	3
1.3. Búsqueda de variedades tolerantes.....	6
1.4. Selección en ambientes controlados.....	7
1.5. Criterios de selección.....	8
1.6. Objetivos del estudio.....	14
2. MATERIALES Y METODOS.....	15
2.1. Material vegetal.....	16
2.2. Medios y sistemas de cultivo.....	16
2.3. Experimento 1. Estudio de variabilidad genotípica del crecimiento de raíces en plántulas.....	17
2.3.1. <i>Genotipos de algodón tipo Upland</i>	18
2.3.2. <i>Genotipos de algodón perenne</i>	19
2.4. Experimento 2. Estudio de germinación bajo condiciones de salinidad en variedades comerciales y genotipos de colección.....	19
2.4.1. <i>Selección de la concentración de NaCl</i>	19
2.4.2. <i>Efecto de la salinidad en la germinación de distintos genotipos</i>	20
2.5. Experimento 3. Estudio de tolerancia al estrés salino al estado vegetativo.....	20
2.5.1. <i>Variedades comerciales y genotipos de colección</i> ..	21
2.5.2. <i>Genotipos silvestres</i>	21
2.6. Preparación de muestras. Análisis químico.....	25
2.7. Diseño estadístico y análisis de resultados.....	25

3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
3.1. Experimento 1. Estudio de variabilidad genotípica del crecimiento de raíces en plántuas.....	27
3.1.1. Genotipos de algodón tipo Upland.....	27
3.1.2. Genotipos de algodón perenne.....	43
3.2. Experimento 2. Estudio de germinación bajo condiciones de salinidad en variedades comerciales y genotipos de colección.....	50
3.3. Experimento 3. Estudio de variables relacionadas con tolerancia al estrés salino en estado vegetativo.....	56
3.3.1. Efecto de la salinidad al crecimiento de plántuas y contenido de agua.....	56
3.3.1.1. Variedades comerciales y genotipos de colección.....	56
3.3.1.2. Genotipos silvestres.....	76
3.3.2. Absorción y distribución de potasio y sodio.....	94
3.3.2.1. Variedades comerciales y genotipos de colección.....	94
3.3.2.2. Genotipos silvestres.....	103
4. CONCLUSIONES.....	112
5. BIBLIOGRAFIA.....	114

RESUMEN

Este trabajo recoge los estudios realizados con cultivares de una colección de germoplasma de algodón para la búsqueda de variabilidad en caracteres relacionados con tolerancia a situaciones de estrés abiótico por sequía y salinidad.

En una primera fase se estudió el crecimiento de plántulas de distintos genotipos y su capacidad de enraizamiento (longitud de raíz primaria, número de raíces secundarias) en medios de distinto potencial osmótico bajo condiciones controladas. Se observaron diferencias entre genotipos en el peso de plántulas, longitud de raíz primaria, número de raíces secundarias y relación parte aérea/raíz tanto en condiciones de estrés osmótico como en ausencia del mismo.

En una siguiente fase se estudió el efecto de estrés salino en la germinación y crecimiento de plantas y la absorción y distribución de K^+ y Na^+ en hojas, tallos y raíces y la capacidad de retención de agua por los tejidos. En este trabajo se incluyeron, además de cultivares comerciales, genotipos silvestres de *Gossypium hirsutum* recolectados en áreas salinas de América Central.

Palabras clave: *Gossypium hirsutum* , potasio, raíz, salinidad, selección, sequía y sodio.

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1. GENERALIDADES

En Andalucía, Comunidad Autónoma productora del 90% del algodón nacional, se realiza el cultivo de esta especie fundamentalmente bajo condiciones de regadío. Esta producción está concentrada fundamentalmente en el Valle del Guadalquivir donde ocupa unas 80.000 ha. Uno de los problemas importantes para el cultivo del algodón es la disponibilidad de agua de riego, restringida durante las épocas de sequía. Otro de los problemas que inciden en su potencial productivo es el alto contenido en sales solubles en algunos de los suelos donde se le siembra (zonas recuperadas de las Marismas del Guadalquivir) o en el agua de riego de baja calidad procedentes de pozos (Arahal, Lantejuela, Puebla de Cazalla). Estas circunstancias ponen de manifiesto la necesidad de disponer de genotipos de algodón mejor adaptados a condiciones de menor suministro de riego o a situaciones (suelos o aguas de riego) con un alto contenido de sales solubles.

La mejora genética para obtener tolerancia a condiciones de estrés abiótico, tales como sequía y salinidad, podría beneficiarse con el empleo de caracteres fisiológicos (y/o bioquímicos) adecuados para la selección (Blum, 1988). A continuación describimos algunos de los caracteres señalados de interés para la obtención de algodón con mayor resistencia a condiciones de sequía y salinidad.

Ambos tipos de estrés están relacionados, en cuanto a que tienen algunos aspectos comunes: el déficit de agua y el exceso de sales solubles producen una reducción del potencial hídrico del medio (suelos) donde se desarrollan las raíces. Esta reducción del potencial hídrico, que en definitiva es una menor cantidad de agua disponible para el crecimiento, determina una respuesta en las plantas, con la que se adaptan a las cambiantes condiciones del medio para sobrevivir. Esta adaptación consiste fundamentalmente en una reducción del crecimiento de la parte aérea (que reduce la demanda evaporativa) y lleva a un aumento en la relación parte aérea/raíz (que en

términos relativos se traduce en mayor capacidad de captación y suministro de agua disponible para el crecimiento).

La principal diferencia entre estrés hídrico y salino está determinada por la existencia de altas concentraciones de sales solubles en este último tipo de estrés. Estos altos niveles de sales solubles (NaCl, Na₂SO₄ dependiendo de los suelos o aguas de riego) producen un problema adicional: los efectos tóxicos por altos niveles de los iones Na⁺ y Cl⁻, y potenciales desequilibrios nutritivos (deficiencias inducidas de Ca, antagonismo K/Na, deficiencia de N, etc.). A pesar de esta diferencia, las respuestas de las plantas son, en general, comunes a ambos tipos de estrés, al menos durante las etapas iniciales de adaptación.

1.2. Tolerancia a sequía y salinidad. Aspectos generales

En algodón se han propuesto distintos caracteres fisiológicos, como conductancia estomática, tasa de transpiración o tipo de enraizamiento (López y cols., 1993; Leidi y Gutiérrez, 1993) para la selección por tolerancia a sequía. Sin embargo, no siempre se ha observado relación entre los caracteres relacionados con tolerancia al estrés hídrico y rendimiento (López y cols., 1993) como consecuencia de no estudiar simultáneamente el efecto del estrés sobre los componentes del rendimiento (López y cols., 1995).

Entre los caracteres que mejor se han correlacionado con el rendimiento del algodón en secanos de Andalucía se encuentra el crecimiento de raíces en profundidad en experimentos de campo (López y cols., 1995). El crecimiento de raíces en campo y su evaluación en condiciones de laboratorio guardaba relación al menos para un grupo reducido de variedades de algodón (López y cols., 1995).

Una característica fundamental de las especies resistentes a la sequía es poseer un sistema radical muy ramificado y profundo (Kramer, 1969). Las raíces tienen gran importancia en la regulación del crecimiento bajo condiciones de estrés hídrico. Este órgano produciría señales capaces de modificar el crecimiento de la parte aérea afectando el área foliar y la apertura estomática (Davies y Zhang, 1991).

La capacidad de crecimiento de raíces se ha relacionado con la tolerancia a condiciones de sequía en varias especies como sorgo, trigo y algodón (ver Leidi y Gutiérrez, 1993). La introducción de líneas de enraizamiento profundo en los programas de mejora para zonas con importantes reservas de agua en el subsuelo podría ser una de las vías para mejorar la resistencia a sequía. La variación genotípica en las características de enraizamiento es amplia en muchos cultivos (Leidi y Gutiérrez, 1993). Ciertas diferencias anatómicas observadas en material exótico de algodón estarían asociadas con la tolerancia a sequía. Algunos autores han estudiado la heredabilidad de ciertas formas de enraizamiento que podrían estar relacionadas con la tolerancia (López, Gutiérrez y Leidi, en preparación).

La salinidad, como situación de exceso de sales solubles en el suelo, afecta el crecimiento de las plantas al disminuir el potencial osmótico de la solución del suelo, al interferir con la absorción de nutrientes y al inducir toxicidad iónica y desequilibrios nutritivos (Sáiz y Leidi, 1994).

La posibilidad de mejorar la tolerancia de los cultivos al estrés salino ha sido objeto de investigación en los últimos 30 años pero son escasos los ejemplos donde una variedad mejorada haya sido empleada para la producción económica en ambientes salinos. Probablemente esto podría deberse al desconocimiento de los factores que proporcionan resistencia, y a la ausencia de un cálculo económico del rendimiento esperado en los genotipos mejorados. Considerando la gran variabilidad que presentan los

suelos salinos, algunos investigadores indican que la mejor forma de mejorar la producción en ambientes salinos es elevando el potencial de producción y no mejorando la resistencia a salinidad (Richards, 1983). Esta conclusión se basa en el hecho de que la mayor proporción de producción en suelos salinos procede de las partes menos afectadas por salinidad. Richards (1992) observó que en suelos salinos con escaso riego, variedades comerciales de trigo, cebada y girasol tienen mayor productividad que las variedades más tolerantes, que sobreviven más pero producen menos en tales condiciones.

Si bien hay muchas y buenas razones para intentar la mejora por resistencia al estrés abiótico, también existen motivos para escoger otra solución debido a la elevada inversión en tiempo y alto costo del proceso (Blum, 1988). Cuando las condiciones limitantes afectan la productividad en una región determinada, la primera aproximación debería seleccionar el cultivo más tolerante, antes de iniciar la mejora de la resistencia de un cultivo sensible. Podría justificarse el inicio de un proyecto de mejora en resistencia cuando no quedaran otras alternativas económicas.

La selección es uno de los aspectos más importantes de la mejora genética para incrementar la producción de un cultivo en ambientes extremos. Es muy importante identificar el estado de crecimiento de la planta, en el cual una selección por tolerancia produzca individuos que sean más tolerantes para el resto de su ciclo de crecimiento (Blum, 1988).

La tolerancia de un cultivo expresa generalmente la disminución de producción esperada a un nivel determinado de estrés en el medio comparado con la producción bajo condiciones no limitantes. Por lo tanto, la tolerancia es un valor relativo basado en las condiciones de crecimiento del cultivo. La producción es un carácter cuantitativo que está influenciado por otros muchos factores aparte del déficit de agua o salinidad. Para el mejorador, la producción es un carácter fenotípico y el estrés se considera un componente del ambiente. Pero hay dos tipos de interacción que pueden complicar esta relación

aparentemente sencilla: otros factores ambientales pueden modificar positiva o negativamente el efecto del estrés, y por otro lado, la interacción genotipo-ambiente, por lo que el mejor genotipo para unas condiciones determinadas puede no ser el mejor en otras condiciones (Shannon, 1985).

Las condiciones ambientales pueden modificar de un modo importante la tolerancia: temperatura, precipitaciones y humedad relativa pueden afectar directamente la acumulación de iones o las relaciones hídricas del cultivo. Alta humedad relativa y temperaturas medias disminuyen los daños por salinidad en los cultivos al reducirse en estas condiciones el gradiente de potencial hídrico suelo-planta-atmósfera y la concentración iónica en la parte aérea. La fertilidad del suelo también puede afectar la respuesta del cultivo a la salinidad. El estrés salino inhibe la absorción y el transporte de nitrógeno y otros nutrientes (ver Leidi y cols., 1991, 1992).

1.3. Búsqueda de variedades tolerantes

Las disponibilidad hídrica en el suelo depende, entre otras variables, de las propiedades físico-químicas de los mismos, la tasa de evapotranspiración durante el período determinado, el momento de la imposición de limitación del riego por restricciones, etc. Del mismo modo, la salinidad del suelo puede ser muy variable, en sentido horizontal y vertical del mismo, y cambia temporalmente entre estaciones y dentro de una misma estación, según las lluvias y la evaporación, y verse modificada además por riego. Debido a esta variabilidad es muy difícil evaluar líneas de germoplasma en condiciones de campo. La variación de la concentración salina en el campo y las interacciones entre los factores ambientales pueden determinar grandes errores estándar e impedir las comparaciones entre individuos de generaciones segregantes y entre poblaciones con alta variabilidad natural o inestabilidad ambiental.

Para el caso de salinidad, un método alternativo es el de ensayos a campo bajo condiciones relativamente controladas, empleando suelos franco-

arenosos no salinos que se riegan con distintos niveles de agua salinizada (por adición de NaCl y CaCl₂), generando distintos niveles de salinidad de un modo relativamente uniforme. Con riegos frecuentes y aplicando volúmenes altos se evita la acumulación de sales, y se emplea un control sin salinidad para cada genotipo para determinar diferencias de crecimiento y producción potencial. De este modo, los genotipos pueden estudiarse a diferentes niveles de salinidad en base al rendimiento relativo al control.

1.4. Selección en ambientes controlados

Para una prueba más rigurosa, con control de las condiciones ambientales, se puede hacer el estudio en cámaras de cultivo o en invernaderos, aunque esto suele llevar a reducir el número de líneas a estudiar. Pero un estricto control del medio de cultivo nos permite minimizar la varianza ambiental al tiempo que podemos maximizar la expresión de la varianza genética.

El cultivo de las plantas se realiza en contenedores (bandejas, cubos, etc.) con medios salinizados, donde la concentración de sal depende de la sensibilidad del cultivo, variando entre 50 mM de NaCl para arroz hasta 300 mM para cebada (Blum, 1988). En experimentos de gran escala para seleccionar germoplasma se puede emplear un sistema hidropónico, en el que se deben cuidar importantes detalles como: aireación adecuada, balance de nutrientes, control de pH y de la concentración salina a lo largo del período, e incremento paulatino de la salinización hasta llegar a la concentración deseada, para evitar un choque osmótico. En alfalfa, McKimmie y Dobrenz (1987) emplearon un método de selección basado en tolerancia a salinidad durante germinación, emergencia y crecimiento de plantas (hasta 6 semanas) empleando cajas con vermiculita e irrigadas con solución nutritiva salinizada. Se han empleado distintos sistemas controlados para la selección por tolerancia a salinidad en arroz, cultivos forrajeros (ver Sáiz y Leidi, 1994).

1.5. Criterios de selección

En mejora vegetal, los criterios más empleados para la selección son: producción, estabilidad y adaptabilidad. Sin embargo, para un mayor progreso en el proceso de mejora se requieren parámetros fácilmente cuantificables que estén relacionados con la producción final bajo condiciones de estrés (Leidi y Gorham, 1996). En el proceso de mejora para tolerancia a sequía, López y cols. (1995) han observado que medidas de parámetros fisiológicos como temperatura foliar fotosíntesis y conductancia estomática, o de parámetros de crecimiento como crecimiento de raíces se correlacionan con la producción bajo condiciones de estrés.

Uno de los principales problemas de la mejora genética para condiciones de salinidad es la búsqueda de caracteres de selección apropiados. Los parámetros relacionados con tolerancia al estrés salino, que permitirían una evaluación rápida de material durante el proceso de selección son distintos según las especies.

La selección del material vegetal por tolerancia a condiciones de estrés salino debe hacerse observando y midiendo algún parámetro que represente, de la mejor forma, la tolerancia del cultivo en términos productivos. Se puede medir inhibición de la germinación, evaluar daño foliar, determinar supervivencia, o cuantificar crecimiento vegetativo y/o producción. Los caracteres de comportamiento agronómico como producción y supervivencia integran los distintos mecanismos fisiológicos responsables de la tolerancia. Muchos mecanismos fisiológicos como exclusión o acumulación de iones, producción de solutos compatibles y ajuste osmótico se han asociado con tolerancia, pero no han podido emplearse satisfactoriamente en mejora. Los criterios agronómicos ofrecen generalmente la aproximación más rápida e integrada para el desarrollo de la selección y la mejora por tolerancia, pero los criterios fisiológicos pueden ofrecer más posibilidades en la mejora si identifican mecanismos bien relacionados con la tolerancia a estrés. Una

dificultad que pueden presentar al momento de ser empleados es el tiempo necesario para su evaluación y los recursos necesarios para su medida.

La selección basada en análisis de germinación puede que no sea muy provechosa para mejorar la tolerancia de un cultivo en estadíos de crecimiento posteriores. Pero podría ser útil en un supuesto en el que la concentración de sales en el suelo sea el factor crítico y se debe obtener un adecuado número de plantas.

El criterio de supervivencia a altos niveles salinos, sin considerar la tasa de crecimiento y la productividad a niveles moderados, fue propuesto como criterio de selección en tomate, cebada y trigo (ver Sáiz y Leidi, 1994). En este caso se trataría de detectar tolerancia separándola de la capacidad de producción, considerando que son caracteres independientes. La capacidad de supervivencia de un genotipo, completando su ciclo en condiciones de alta salinidad, independientemente de su producción potencial en salinidades moderadas, se considera como tolerancia en sentido estricto. El rendimiento está regulado por un conjunto de factores genéticos que no contribuyen directamente a la tolerancia. Así, una vez identificado un alto grado de tolerancia, podría intentarse combinarse este carácter con alto potencial productivo a través de métodos tradicionales de mejora.

Por encima de un nivel de salinidad, se manifiesta el efecto de daño en hojas, como una necrosis o blanqueado, por efecto de toxicidad iónica, acumulación excesiva de iones tóxicos (Cl^- y/o Na^+). La selección contra la presencia de daño foliar permitiría identificar genotipos con mayor eficiencia en la absorción, transporte y compartimentación iónica, junto a otros mecanismos que contribuyen a proporcionar mayor tolerancia.

Normalmente, la tolerancia de un cultivo se determina en base a crecimiento y/o rendimiento en términos absolutos o relativos. El rendimiento en términos absolutos, bajo condiciones de salinidad, tiene valor práctico, pero

puede llevar a conclusiones erróneas si es el único parámetro que se considera. Si existen diferencias genotípicas en tasas o hábitos de crecimiento, esta circunstancia no permite determinar de forma válida la tolerancia relativa expresándola en términos absolutos de crecimiento o producción. Por ejemplo, un genotipo puede sufrir una severa disminución de la producción por efecto de la salinidad, pero todavía producir más que otro genotipo cuyo rendimiento no resulta afectado por el estrés salino.

La comparación entre los comportamientos de un genotipo bajo condiciones de salinidad y un control no salinizado permite una determinación de tolerancia libre de factores interfirientes. Esta forma de expresión nos permite comparar además tolerancias de cultivos muy diferentes, o cuya producción es expresada de un modo distinto. De todos modos, la validez de los datos de tolerancia relativa dependerán del grado de influencia de otros factores: si las reducciones en crecimiento relativo son independientes de las diferencias en crecimiento absoluto causadas por el riego, el clima, la fertilidad, u otras variables, entonces, la relación crecimiento-salinidad constituye una expresión real de la tolerancia del cultivo a salinidad.

La respuesta de un cultivo (R) a la salinidad puede describirse por la siguiente función:

$$R/R_{\max} = 1 - b(CE_e - a)$$

siendo:

R , rendimiento

R_{\max} , rendimiento del control no salino

b , pendiente de la recta, o reducción producida por aumento unitario de la salinidad desde el valor umbral.

CE_e , conductividad eléctrica de extracto de saturación ($dS\ m^{-1}$).

a, valor umbral de salinidad, en unidades de conductividad eléctrica (dS m^{-1}), que representa el máximo nivel de salinidad que la planta puede soportar sin reducir el rendimiento en relación al R_{max} .

Maas y Hoffman (1977) clasificaron a los cultivos más importantes en una escala de sensibles a tolerantes basándose en los valores del umbral (a), de la pendiente (b) y de la concentración en la cual no se obtiene crecimiento ($R=0$).

Los genotipos de una especie particular podrían evaluarse según este modelo de respuesta lineal, pero se necesitan muchos valores por encima y por debajo del nivel umbral para definir este valor con cierta exactitud y determinar la pendiente. Pero el valor umbral es especialmente sensible a la interacción con otros factores ambientales.

El modelo lineal de Maas y Hoffman podría constituir el marco conceptual para la mejora genética en la tolerancia a salinidad. Para mejorar el comportamiento del cultivo en condiciones de salinidad, es necesario aumentar el umbral al máximo, reducir la pendiente para dar estabilidad en el comportamiento del cultivo frente a un rango de concentraciones salinas, y aumentar la concentración en la que la producción es nula ($R=0$). Cada uno de estos atributos sería independiente, ya que se refieren a la respuesta en niveles determinados de salinidad. Si esto se asume, se debería mejorar independientemente para cada atributo. Una vez identificadas las fuentes de tolerancia para cada atributo, podrían combinarse en un genotipo por cruzamientos. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que esta vía necesita de mucho tiempo y es muy laboriosa, y además sólo se puede mejorar la tolerancia hasta un cierto grado. El nivel de mejora va a depender de la disponibilidad de variabilidad genética en las colecciones de germoplasma y la tolerancia ya presente en el cultivo. Hay que ser realista a la hora de estimar las ventajas potenciales de la mejora. El aumentar la resistencia a estrés puede llevarnos probablemente a genotipos sólo para suelos salinos, ya que

su capacidad de producción sería baja, que no podrían competir con genotipos comerciales en condiciones no salinas.

Antes de iniciar un programa de mejora genética deberían tenerse en cuenta varios aspectos, como definir el ambiente para el que se va a mejorar un genotipo, el grado de mejora que se pretende, y el estado de crecimiento más crítico para el ambiente determinado. Ya definidos esos aspectos comenzaría la búsqueda de germoplasma y el elegir la metodología de selección de germoplasma más apropiada, buscando caracteres para la selección e identificando fuentes de genes para los distintos caracteres asociados a tolerancia. El conocimiento de la base genética de los caracteres y la estima de la heredabilidad de los caracteres, nos permitiría iniciar el programa de mejora, en el que se podrían combinar caracteres procedentes de distintas fuentes en una variedad local bien adaptada. La prueba final consistiría en la prueba del genotipo obtenido en varias localidades, en un rango de suelos salinos, para estimar la adaptabilidad del genotipo.

La definición del ambiente para el que se va a mejorar tiene extraordinaria importancia, ya que de esto dependerá en gran parte la aplicabilidad del resultado final. El tipo de salinidad, determinado por las sales predominantes en el suelo, y la variabilidad en tiempo y espacio durante la estación de crecimiento del cultivo deben conocerse *a priori* para saber los solutos a emplear y estimar las concentraciones necesarias para la determinación experimental de la tolerancia. Existen diferencias entre sales en cuanto al nivel en que producen daño en los tejidos, y además, la toxicidad relativa de una sal en particular puede variar entre cultivos.

La selección de germoplasma debe realizarse empleando criterios adecuados de selección. Los criterios para evaluar la tolerancia de un cultivo a salinidad varían dependiendo del nivel de estrés salino. En salinidad baja ó moderada, la capacidad de producción del genotipo sería el carácter más importante, mientras que para alta salinidad, el criterio de supervivencia

prevalecería. Es probable que los mecanismos fisiológicos que juegan un papel importante en mantener la capacidad de producción bajo ciertas condiciones de estrés no sean los mismos a los que dan mayor capacidad de supervivencia a altas concentraciones de sal.

Estudiando la variabilidad genética para el carácter de selección de interés en una colección de germoplasma podremos determinar el grado de mejora que cabe de esperar. Las pruebas de tolerancia entre variedades suelen detectar poca variabilidad, como se ha observado en lechuga, melón, vid y algodón (ver Sáiz y Leidi, 1994). Se debe intentar, por tanto, recurrir a un banco de germoplasma donde esté representada la máxima diversidad genética de la especie a mejorar.

La evaluación de genotipos desde germinación a madurez empleando sistemas hidropónicos en gran escala podría ser la mejor opción para identificar material tolerante a salinidad en todos los estados de crecimiento. Si los genotipos responden de un modo diferente según el estado de crecimiento, esto indicaría que la tolerancia está bajo distinto control genético y deben considerarse por tanto como caracteres independientes. Si se considera la tolerancia para un estado de crecimiento específico habría menos componentes genéticos para analizar (Jones y Qualset, 1984) facilitándose el análisis genético, al reducir el número de loci segregantes, y la identificación de las bases fisiológicas de la tolerancia. Identificados los mecanismos de tolerancia para cada estado de crecimiento específico posibilitaría la incorporación de tolerancia a un cultivar con alto potencial de producción.

El algodón, si bien es un cultivo considerado tolerante a salinidad (Maas, 1986), también se afecta por concentraciones crecientes de sales en el medio, con disminución de germinación y crecimiento vegetativo (Leidi y cols., 1992) e inhibición en la absorción de nutrientes (Leidi y cols., 1991), efectos que finalmente se traducen en una disminución en la producción y calidad de la fibra (Thomas, 1980). Existen pocas referencias sobre diferencias genotípicas

en respuesta al estrés salino (Leidi, 1994) por lo que resulta de gran interés evaluar comparativamente los comportamientos de genotipos señalados como tolerantes o sensibles con otras variedades introducidas a la colección de germoplasma, con el propósito adicional de detectar mecanismos fisiológicos que puedan explicar las diferencias de tolerancia al estrés salino. Recientemente se han descrito caracteres fisiológicos relacionados con tolerancia al estrés salino (Leidi y Sáiz, 1996) que pueden ser de utilidad para el avance de la mejora genética en este cultivo.

1.6. Objetivos del estudio.

En este trabajo se analiza la capacidad de enraizamiento de distintos genotipos bajo condiciones controladas, con el objeto de detectar material de interés para el programa de mejora genética del algodón para condiciones de déficit hídrico. Otro de los objetivos planteados es la búsqueda de variabilidad genotípica para distintos caracteres relacionados con tolerancia al estrés salino.

Ambos objetivos son de gran importancia como parte integrante del programa de mejora genética del algodón tipo Upland para condiciones de estrés hídrico (**Proyecto INIA SC95-084**). Los genotipos más destacados por su capacidad de enraizamiento o por la tolerancia al estrés salino, se emplearán en el programa de cruzamientos en la búsqueda de algodón resistente a sequía y en los ensayos de invernadero y de campo bajo condiciones de salinidad previstos para la próxima campaña agrícola.

2. MATERIALES Y METODOS.

2.1. Material vegetal

En el desarrollo de este trabajo se emplearon semillas de algodón (*Gossypium hisutum* L.) de los cultivares indicados en la Tabla 1 cedidas por el Dr Juan C. Gutiérrez Más, procedentes de la colección de variedades del CIFA Las Torres-Tomejil (Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía), de cultivares de algodón perenne (*G. hirsutum* L. raza Marie Galante)(Tabla 2) suministrados por el Ing. José Gomes de Souza, Centro Nacional de Investigación de Algodón (CNPA-EMBRAPA-MAARA) de Campiña Grande (Brasil) y genotipos silvestres (Tabla 3) proporcionados por el Prof. Dr. James MacStewart del Departamento de Agronomía, Universidad de Arkansas (EE.UU.).

2.2. Medios y sistema de cultivo

Las plantas se cultivaron en una solución nutritiva similar a la indicada por Hewitt (1966). La solución, que fue modificada para dar menor nivel de N y mayor de Ca, contiene los siguientes macronutrientes: 4 mM NO_3^- ; 4 mM K^+ ; 1 mM H_2PO_4^- ; 7,5 mM Ca^{2+} ; 1 mM Mg^{2+} ; y 2,5 mM SO_4^{2-} . Los micronutrientes se suministran a la siguiente concentración: 4 ppm Fe (como FeEDDHA); 0,55 ppm Mn; 0,064 ppm Cu; 0,065 ppm Zn; 0,54 ppm B; 0,048 ppm Mo; y 0,012 ppm Co.

La preparación de las soluciones stock se hizo diluyendo las sales que figuran a continuación en 1 litro de volumen total:

(1) Solución madre de macro y micronutrientes:

- KH_2PO_4	13,61	g/l
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	36,90	"
- $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,249	"
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,024	"

- ZnSO ₄ .7 H ₂ O	0,0296	"
- H ₃ BO ₃	0,186	g/l
- (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4 H ₂ O	0,0035	"
- CoSO ₄ .7 H ₂ O	0,0028	"
- 138Fe (Sequestrene)	4,0	"
(2) Solución 1 M (NO ₃) ₂ Ca:	236,1	g/l
(3) Solución 0,5 M SO ₄ K ₂ :	87,1	g/l
(4) Solución 1 M CaCl ₂ :	147,0	g/l

La solución nutritiva se preparó con 10 ml de solución (1), 2 ml de solución (2), 3 ml de solución (3) y 5,5 ml de solución (4), completándose a 1 l con agua.

Las plántulas se cultivaron en cámaras de condiciones de luz y temperatura controladas para evitar el efecto ambiental en las variables estudiadas. Los sistemas de germinación (placas Petri) y de cultivo (bolsas plásticas, bandejas) empleados se dispusieron al azar para minimizar los posibles gradientes de luz, temperatura y humedad relativa.

2.3. Experimento 1. Estudio de variabilidad genotípica del crecimiento de raíces en plántulas

Para la determinación de caracteres relacionados con enraizamiento en condiciones controladas se utilizó la metodología de Leidi y Gutiérrez (1993) con las modificaciones que se indican más abajo.

Para la germinación y cultivo de plántulas se empleó solución de Hewitt ya indicada (potencial osmótico -0,03 MPa) para el tratamiento control y de estrés. Este último tratamiento incluía NaCl a una concentración final de 200 mM (potencial osmótico aproximado: -0,92 MPa) en lugar de polietilenglicol para evitar los efectos tóxicos producidos por este agente osmótico (Leidi y Gutiérrez, 1993). Las semillas germinaron entre dos hojas de papel de filtro humedecido con solución nutritiva, colocadas en una bolsa de polietileno y mantenidas en posición vertical a 30°C durante 24 horas. Se seleccionaron plántulas por uniformidad de longitud radical (1-1,5 cm) que se colocaron sobre un papel de filtro plegado y perforado para permitir la elongación de la raíz. El conjunto quedaba encerrado en una bolsa plástica a la que se añadían 50 ml de medio. Se dispusieron 6 plántulas por bolsa y se mantuvieron en posición vertical en una cámara de germinación (25 ± 0,5 °C, 80% humedad relativa, en oscuridad). A los 7 días se midió la longitud de la raíz primaria y de la parte aérea y se registró el número de raíces secundarias y el peso fresco de raíces y parte aérea (hipocótilo y cotiledones).

Se colocaron seis bolsas por genotipo y tratamiento y seis plántulas por bolsa. Se efectuó el análisis de la varianza de los datos obtenidos según un diseño completamente aleatorizado.

Los estudios se efectuaron en genotipos de algodón comerciales y de colección (2.3.1) y genotipos de la raza Marie Galante (2.3.2).

2.3.1. Genotipos de algodón tipo Upland

Se seleccionaron 28 genotipos de *Gossypium hirsutum* L. de la colección del Departamento del Algodón (CIFA Las Torres-Tomejil, DGIEA, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía). La relación de genotipos empleados se presenta en la Tabla 1. Este material está siendo evaluado en condiciones de campo para el estudio de parámetros fisiológicos y producción en condiciones de

sequía (Finca de Tomejil, DGIA, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía) por lo que resulta de interés conocer el potencial de producción de raíces al estado de plántula.

2.3.2. Genotipos de algodón perenne

Un estudio similar al anterior se realizó con cuatro genotipos de algodón perenne (*Gossypium hirsutum* L. raza Marie Galante) denominados SV-BA4, CNPA-5M, AA4 y SC-AA4. Estos genotipos, de comportamiento fotoperiódico y de floración muy tardía en nuestras condiciones, se caracterizan por la acumulación de importantes reservas de hidratos de carbono en las raíces, y podrían constituir una fuente de genes para la mejora del algodón cultivado.

2.4. Experimento 2. Estudio de germinación bajo condiciones de salinidad en variedades comerciales y genotipos de colección

2.4.1. Selección de la concentración de NaCl

Para estudiar el efecto de la salinidad en la germinación se hizo un pequeño experimento previo empleando sólo una variedad (Cre111) con el objeto de seleccionar una concentración apropiada de NaCl, de modo de no reducir de modo drástico el proceso germinativo. Así, se pusieron a germinar semillas en placas Petri entre discos de papel de filtro humedecido con soluciones nutritivas conteniendo distintos niveles de NaCl (0, 100, 200 y 300 mM) (6 repeticiones). A los 3 y 7 días de incubación en cámara de ambiente controlado (25°C) se hizo el recuento de semillas germinadas.

2.4.2. Efecto de salinidad en la germinación de distintos genotipos

Los 26 genotipos citados en la Tabla 2 se pusieron a germinar en las mismas condiciones a las descritas en el experimento anterior empleando sólo dos medios: control (0 mM NaCl) y estrés (100 mM NaCl) contando el número de semillas germinadas a los 3 y 7 días. Se emplearon 3 placas Petri con 25 semillas cada una por cada variedad y tratamiento.

2.5. Experimento 3. Estudio de tolerancia al estrés salino al estado vegetativo

Para el estudio de la tolerancia al estrés salino al estado vegetativo temprano, se pusieron semillas de los genotipos correspondientes en condiciones de germinación similares a las descritas (Sección 2.3.). Cuando los hipocotilos tenían una longitud de aproximadamente 2 cm, las plántulas se transplantaron a bandejas de plástico conteniendo 6 litros de solución nutritiva de composición similar a la indicada (Hewitt, 1.966), manteniéndolas en posición con espuma de goma en una tapa perforada. Los tratamientos fueron: control (0 mM NaCl) y salinidad (200 mM NaCl). El tratamiento salino se conseguía con adiciones sucesivas (2-3 días) de una solución 4 M NaCl hasta alcanzar la molaridad del tratamiento para evitar muerte por shock salino. Se suministraba burbujeo continuo con una bomba de pecera para aireación y agitación continua de la solución nutritiva. Las plantas se dejaron crecer por 7 días en una cámara de ambiente controlado con un periodo de luz de 14 horas y una irradiancia de $150 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La temperatura durante el periodo de iluminación fue de 23°C y 20°C en el periodo de oscuridad. Al cabo de los 7 días, las plantas se cosechaban, separándose en hojas, tallos y raíces. Las diferentes partes se pesaban para la obtención de peso fresco, y tras posterior secado a 70°C durante 48 horas, se volvían a pesar para determinación de peso seco.

2.5.1. Variedades comerciales y genotipos de colección

Las variedades citadas en la Tabla 2 se emplearon para el estudio de variabilidad de caracteres relacionados con tolerancia a salinidad (Sáiz y Leidi, 1994).

2.5.2. Genotipos silvestres

Se disponía de semilla de genotipos silvestres de *Gossypium hirsutum* procedente de la colección de germoplasma de la Universidad de Arkansas (ver 2.1.). El interés de este material silvestre era por la procedencia del mismo, ya que fue recogido en zonas afectadas por salinidad. Los genotipos estudiados se indican en la Tabla 3.

Tabla 1. Genotipos empleados para estudios de variabilidad en el crecimiento de raíces.

Variedad	Origen	Variedad	Origen
Navbakhor (NAVVB)	Uzbekistan	Garant (GARA)	Bulgaria/CIFA
McNair 220 (MN220)	Comercial	Acala1517/77BR(AC77)	CIFA/EE.UU.
María del Mar (MMAR)	CIFA*	Acala1517/E2 (ACE2)	id.
Victoria (VICTO)	CIFA	Tamcot CD3H (TCD3H)	id.
DeltaAcala90 (DELTAC)	Comercial	Taskent 7 (TASK7)	Uzbekistan/CIFA
Sicala 33 (SIC33)	id.	Tashkent 9 (TASK9)	id.
Sicala 34 (SIC34)	id.	CNPA3H	Brasil/CIFA
Coker 310 (CK310)	id.	Precoce 1 (PREC1)	id.
Aria	id.	SV-PI4 (SVPI4)	id.
Siokra	CIFA	Zaire407/1157 (Z407)	Bélgica/CIFA
Paymaster792 (PYM792)	Comercial	NC8	id.
TamcotSP-21 (TCSP21)	CIFA/EE.UU.	Marchub (MARCH)	EE.UU./CIFA
Aleppo 1 (ALEP1)	CIFA/Siria	Crema 111 (CRE111)	Comercial
71046	CIFA/Grecia	Nazilli 84 (NZL84)	Turquía/CIFA

*CIFA, Colección de germoplasma del Depto. de Algodón, Centro de Investigación y Formación Agraria Las Torres-Tomejil, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

Tabla 2. Genotipos empleados en estudios de variabilidad de caracteres relacionados con tolerancia a salinidad.

Variedad	Denominación	Observaciones.
Coker 310	CK310	Comercial
Experimental 35	EXP35	id.
Corona	CORO	id.
Stoneville 506	STV506	id.
Experimental 24	EXP24	id.
Sicala 33	SIC33	id.
Aria	ARIA	id.
Delta Acala	DELTAC	id.
Maria del Mar	MMar	id.
Alegria	ALEG	id.
Saeta	SAETA	id.
Experimental 33	EXP33	id.
Guazuncho INTA	GINTA	CIFA
Tabladilla 16	TAB16	Comercial
Zaire 407/1157	ZAI407	CIFA
Acala 1517-88	AC88	id.
Albor	ALBOR	Comercial
Victoria	VICTO	id.
Precoce 1	PREC1	CIFA
Acala 1517-SR-2	ACSR2	id.
Paymaster 792	PYM792	Comercial
Stoneville 825	STV825	id.
Deltapine 50	DP50	id.
Experimental 34	EXP34	id.
Crema 111	CRE111	id.
Vulcano	VULCA	id.

*CIFA, Colección de germoplasma del Depto. de Algodón, Centro de Investigación y Formación Agraria Las Torres-Tomejil, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

Tabla 3. Relación de genotipos silvestres de *Gossypium hirsutum* L. empleados en estudios de variabilidad para caracteres relacionados con tolerancia a salinidad.

Genotipo	Procedencia
T-1875	Six Mens Bay, Barbados
T-871	Friar's Bay, St. Kitts
T-2237	Runaway Bay, St. Ann, Jamaica
T-1874	Maycocks Bay, Barbados
T-2322	México
T-832	Turtle Beach, Trinidad & Tobago
T-2093	NE Merida, Yucatán, México
T-2290	Bahia Ballena, Puerto Rico
T-996	Jamaica
T-2248	West Bay, Islas Caimán
T-833	Staubles Bay, Trinidad & Tobago
T-1625	Pointe des Chateaux, Guadeloupe
T-2296	Playa Salinas, Cabo Rojo, Puerto Rico
T-1465	Jackson Bay, Jamaica
T-2200	Fuik Baai, Curaçao.

2.6. Preparación de muestras. Análisis químico

Al final del período de crecimiento, las plantas se separaron en hojas, tallos y raíces y se pesaron individualmente (peso fresco). Cada parte se secó en estufa (70°C) durante 48 horas y se pesó para la determinación del peso seco. El contenido de agua por unidad de peso seco se calculó por la diferencia entre peso fresco y seco dividido por el peso seco de la muestra.

Una vez pesadas, las distintas muestras secas de cada submuestra (por cada variedad y tratamiento) se reunieron y se molieron conjuntamente. Se emplearon cantidades proximas a 0,1 g para la extracción con agua (aproximadamente 30 ml de volumen de extracción) del K y Na en placa calefactora (90°C, 2 horas). Luego de filtrado con papel de filtro, se llevó a volumen con agua destilada (50 ml) y se determinó la concentración de K y Na por fotometría de llama.

2.7. Diseño estadístico y análisis de resultados

El diseño estadístico empleado consistió en un modelo completamente aleatorizado. Los análisis estadísticos se realizaron con un programa para ordenador personal (Statistix) de los datos previamente introducidos mediante una hoja de cálculo (QuattroPro).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Experimento 1. Estudio de variabilidad genotípica del crecimiento de raíces en plántulas

3.1.1. Genotipos de algodón tipo Upland

Los resultados correspondientes a este experimento en el que se estudiaron 28 genotipos se presentan en las Tablas 4-10 y los Anexos correspondientes. Se puede observar que existió variabilidad genotípica para los parámetros morfológicos analizados (longitud de raíz, número de raíces secundarias, etc) tanto en condiciones de ausencia de estrés (Tablas 4 y 5) como en condiciones de estrés (Tablas 6 y 7).

Los contenidos de agua en parte aérea y raíces (Tablas 8 y 9), parámetros derivados de los pesos fresco y seco, muestran también una variabilidad entre genotipos, con la excepción de las raíces en condiciones de estrés, donde el efecto debido a genotipos no fue significativo.

Otros parámetros derivados de relacionar parámetros morfológicos (Tabla 10), como el número de raíces secundarias por unidad de longitud de la raíz principal (NRS/LRP) o un indicativo del grosor (PFR/LRP) también mostraron significación estadística para el factor genotipo.

Estos resultados muestran que se dispone de variabilidad en la colección de germoplasma del CIFA Las Torres para caracteres relacionados con crecimiento de raíces. El carácter mejor relacionado con tolerancia a sequía terminal en algodónero ha sido la longitud de la raíz principal (López y cols., 1995), pero otros caracteres como el número de raíces secundarias, pueden tener importancia para otros tipos de sequía, como la intermitente o de aparición irregular, o para la resistencia de la planta en otros estadios de crecimiento, por lo que pueden ser importantes para otros programas de mejora de tolerancia al estrés hídrico.

En futuros estudios se podría evaluar la relación entre la morfología de raíces en condiciones controladas y la desarrollada en sustratos (suelo, arena) con restricción en el aporte de riegos para determinar los parámetros de plántulas mejor relacionados con acumulación de biomasa y producción bajo condiciones de estrés.

Tabla 4. Longitud de la raíz principal (LRP), altura de hipocótilo (LPA) y número de raíces secundarias (NRS) en 28 genotipos de algodón (control).

Var	LRP (cm)	LPA (cm)	NRS
NAVB	14,29	14,23	19,72
MN220	20,65	12,70	28,33
MMAR	22,07	13,86	33,24
VICTO	22,98	14,98	25,39
DELTAC	17,35	12,55	32,04
SIC33	19,86	13,61	35,89
SIC34	18,71	12,84	48,03
CK310	20,41	14,63	31,04
ARIA	25,27	15,05	32,54
SIOKRA	23,32	16,59	38,56
PYM792	25,57	16,12	27,94
TCSP21	22,87	15,19	21,31
ALEP1	22,70	16,83	32,71
71046	20,42	15,88	16,71
GARA	21,38	15,11	15,63
AC77	23,25	16,19	25,45
ACE2	22,59	16,19	22,74
TCD3H	20,50	15,44	27,97
TASK7	22,58	16,99	31,45
TASK9	23,36	17,06	43,56
CNPA3H	20,55	17,43	42,09
PREC1	20,51	14,38	27,26
SVPI4	24,35	16,73	28,82
Z407	20,29	14,39	29,86
NC8	19,10	15,55	25,00
MARCH	17,46	14,58	27,28
CRE111	14,98	15,01	20,61
NZL84	19,63	15,16	25,28
MDS 0,05	0,23	0,16	1,12

**Anexo Tabla 4. Analisis de la Varianza:
Longitud raíz (control).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	6.740	249,6	27,76	0,0000
Error	884	7.951	8,994		
Total	911	14.690			

Altura de hipocótilo (control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	1.497	55,460	13,09	0,0000
Error	884	3.744	4,235		
Total	911	5.242			

Número de raíces secundarias (control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	52.470	1.943	9,25	0,0000
Error	884	185.700	210,0		
Total	911	238.100			

Tabla 5. Peso fresco de parte aérea (PFPA) y de raíces (PFR) y relación parte aérea/raíces (R) de 28 genotipos de algodón (control).

Var	PFPA (g)	PFR (g)	R
NAVB	0,37	0,14	3,09
MN220	0,45	0,13	3,44
MMAR	0,48	0,14	3,62
VICTO	0,54	0,17	3,84
DELTAC	0,38	0,10	3,92
SIC33	0,50	0,13	3,86
SIC34	0,37	0,11	3,30
CK310	0,48	0,13	3,77
ARIA	0,48	0,15	3,14
SIOKRA	0,55	0,15	3,70
PYM792	0,57	0,18	3,19
TCSP21	0,57	0,14	4,18
ALEP1	0,55	0,16	3,43
71046	0,51	0,14	3,72
GARA	0,51	0,13	4,04
AC77	0,59	0,15	3,92
ACE2	0,57	0,15	3,89
TCD3H	0,50	0,15	3,36
TASK7	0,64	0,18	3,48
TASK9	0,61	0,18	3,51
CNPA3H	0,59	0,15	4,01
PREC1	0,44	0,14	3,17
SVPI4	0,60	0,18	3,35
Z407	0,45	0,15	3,13
NC8	0,51	0,14	3,65
MARCH	0,47	0,13	3,63
CRE111	0,50	0,12	4,09
NZL84	0,46	0,16	2,96
MDS 0,05	0,008	0,003	0,044

**Anexo Tabla 5. Análisis de la varianza.
Peso fresco de raíces (control).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	0,3546	0,01313	8,78	0,0000
Error	884	1,322	0,001495		
Total	911	1,677			

Peso fresco parte aérea (control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	4,372	0,16190	15,18	0,0000
Error	884	9,428	0,01067		
Total	911	13,80			

Relación parte aérea/raíces (control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	102,6	3,7990	11,44	0,0000
Error	884	293,5	0,3320		
Total	911	396,0			

Tabla 6. Longitud de la raíz principal (LRP), altura de hipocótilo (LPA) y número de raíces secundarias (NRS) en 28 genotipos de algodón (200 mM NaCl).

Var	LRP (cm)	LPA (cm)	NRS
NAVB	14,79	6,07	6,94
MN220	13,93	5,48	9,87
MMAR	16,41	6,08	10,08
VICTO	15,23	5,45	6,81
DELTAC	14,75	6,45	8,74
SIC33	16,98	5,74	8,69
SIC34	15,72	6,05	10,06
CK310	15,84	5,64	8,83
ARIA	15,77	4,86	6,00
SIOKRA	15,78	5,61	8,53
PYM792	16,64	5,43	7,56
TCSP21	16,66	5,38	11,09
ALEP1	18,14	5,39	8,26
71046	17,96	5,82	5,69
GARA	16,53	5,77	6,00
AC77	17,91	6,52	10,03
ACE2	15,63	4,85	12,21
TCD3H	15,20	5,85	8,28
TASK7	15,86	5,09	7,09
TASK9	14,90	4,92	14,15
CNPA3H	15,54	6,27	15,57
PREC1	16,03	5,14	6,52
SVPI4	18,22	5,83	9,89
Z407	16,64	5,69	5,59
NC8	15,68	5,31	9,72
MARCH	13,16	4,99	3,64
CRE111	12,45	5,61	2,40
NZL84	16,14	5,45	12,35
MDS 0,05	0,25	0,11	0,56

Anexo Tabla 6. Análisis de la varianza.**Longitud raíz (200mM NaCl).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	1.691	62,63	5,94	0,0000
Error	893	9.410	10,54		
Total	920	11.100			

Altura de hipocótilo (200 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	187,7	6,953	3,22	0,0000
Error	893	1.928	2,159		
Total	920	2.116			

Número de raíces secundarias (200 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	7.704	285,30	5,39	0,0000
Error	893	47.240	52,90		
Total	920	54.940			

Tabla 7. Peso fresco de parte aérea (PFPA) y de raíces (PFR) y relación parte aérea/raíces (R) de 28 genotipos de algodón (200 mM NaCl).

Var	PFPA (g)	PFR (g)	R
NAVB	0,23	0,10	2,36
MN220	0,22	0,11	2,19
MMAR	0,27	0,13	2,17
VICTO	0,24	0,11	2,33
DELTAC	0,24	0,11	2,27
SIC33	0,27	0,12	2,42
SIC34	0,25	0,11	2,26
CK310	0,28	0,12	2,31
ARIA	0,22	0,12	1,94
SIOKRA	0,24	0,12	2,01
PYM792	0,25	0,12	2,10
TCSP21	0,26	0,11	2,31
ALEP1	0,23	0,13	2,21
71046	0,25	0,12	2,09
GARA	0,24	0,12	2,12
AC77	0,27	0,12	2,23
ACE2	0,26	0,13	2,02
TCD3H	0,26	0,13	2,07
TASK7	0,26	0,13	2,09
TASK9	0,24	0,12	2,04
CNPA3H	0,28	0,12	2,49
PREC1	0,26	0,11	2,28
SVPI4	0,26	0,13	1,97
Z407	0,25	0,12	2,19
NC8	0,24	0,11	2,15
MARCH	0,21	0,10	2,16
CRE111	0,25	0,10	2,53
NZL84	0,22	0,13	1,75
MDS 0,05	0,004	0,002	0,051

Anexo Tabla 7. Análisis de la varianza.**Peso fresco de raíces (200 mM NaCl).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	0,0846	0,0031320	4,70	0,0000
Error	893	0,5956	0,0006670		
Total	920	0,6802			

Peso fresco de la parte aérea (200 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	0,3000	0,011110	5,05	0,0000
Error	893	1,9670	0,002202		
Total	920	2,2670			

Relación parte aérea/raíces (200 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	27,23	1,0090	2,29	0,0002
Error	893	392,7	0,4397		
Total	920	419,9			

Tabla 8. Contenido de agua parte aerea (CAPA) y en raíces (CAR) en 28 genotipos de algodón (control).

Var	CAPA	CAR
NAVB	11,21	23,08
MN220	9,66	12,95
MMAR	9,79	13,03
VICTO	10,36	17,47
DELTAC	8,52	12,10
SIC33	8,87	12,59
SIC34	8,31	11,64
CK310	9,46	12,89
ARIA	10,95	18,68
SIOKRA	11,55	14,90
PYM792	10,26	15,53
TCSP21	11,75	15,15
ALEP1	10,88	16,21
71046	11,81	16,89
GARA	10,13	15,30
AC77	10,04	15,85
ACE2	10,03	15,94
TCD3H	10,44	16,60
TASK7	11,37	17,19
TASK9	11,29	16,62
CNPA3H	10,44	14,87
PREC1	8,81	16,44
SVPI4	11,53	20,56
Z407	10,59	17,59
NC8	11,22	16,55
MARCH	10,71	15,48
CRE111	9,06	15,95
NZL84	10,32	17,49
MDS 0,05	0,18	0,37

Anexo Tabla 8. Análisis de la varianza.**Contenido de agua de la parte aérea (control).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	848,6	31,43	5,69	0,0000
Error	883	4.877	5,523		
Total	910	5.725			

Contenido de agua raíces (control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	5.165	191,3	8,17	0,0000
Error	884	20.670	23,41		
Total	911	25.830			

Tabla 9. Contenido de agua parte aerea (CAPA), contenido de agua en raíz (CAR) en 28 genotipos de algodón (200 mM NaCl).

Var	CAPA	CAR
NAVB	5,83	12,99
MN220	4,61	12,60
MMAR	4,40	13,17
VICTO	4,04	12,47
DELTAC	4,07	12,93
SIC33	3,89	12,08
SIC34	4,13	12,59
CK310	4,67	12,87
ARIA	4,27	11,73
SIOKRA	4,63	12,75
PYM792	4,24	12,77
TCSP21	4,25	12,01
ALEP1	3,85	13,03
71046	4,51	12,75
GARA	4,45	12,50
AC77	4,04	13,13
ACE2	3,72	12,11
TCD3H	4,37	12,60
TASK7	4,05	11,49
TASK9	3,72	10,77
CNPA3H	4,95	11,57
PREC1	4,02	12,79
SVPI4	3,99	11,09
Z407	4,68	12,05
NC8	4,14	11,97
MARCH	4,34	12,29
CRE111	3,69	11,71
NZL84	4,27	12,37
MDS 0,05	0,08	n.s.

n.s., no significativo.

Anexo Tabla 9. Análisis de la varianza.**Contenido de agua de la parte aérea (200 mM NaCl).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	177,0	6,554	6,32	0,0000
Error	884	926,0	1,037		
Total	911	1.103			

Contenido de agua raíces (200 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	319,7	11,84	1,39	0,0879
Error	893	7.583	8,492		
Total	920	7.903			

Tabla 10. Relación entre el número de raíces secundarias y longitud raíz principal (NRS/LRP), entre el peso fresco de raíces y la longitud (PFR/LRP) y entre el peso fresco parte aérea y la altura de hipocótilo (PFPA/LPA) en 28 genotipos de algodón (200 mM NaCl).

Var	NRS/LRP	PFR/LRP	PFPA/LPA
NAVB	0,48	0,0067	0,038
MN220	0,70	0,0081	0,045
MMAR	0,59	0,0076	0,046
VICTO	0,47	0,0075	0,048
DELTAC	0,59	0,0073	0,038
SIC33	0,50	0,0070	0,048
SIC34	0,62	0,0073	0,043
CK310	0,57	0,0079	0,050
ARIA	0,39	0,0075	0,046
SIOKRA	0,53	0,0080	0,045
PYM792	0,46	0,0077	0,049
TCSP21	0,63	0,0069	0,049
ALEP1	0,49	0,0073	0,048
71046	0,31	0,0069	0,044
GARA	0,36	0,0072	0,044
AC77	0,57	0,0069	0,042
ACE2	0,82	0,0087	0,055
TCD3H	0,54	0,0085	0,046
TASK7	0,42	0,0081	0,064
TASK9	0,90	0,0083	0,052
CNPA3H	0,93	0,0075	0,046
PREC1	0,41	0,0072	0,050
SVPI4	0,57	0,0074	0,045
Z407	0,33	0,0071	0,045
NC8	0,62	0,0078	0,047
MARCH	0,28	0,0081	0,044
CRE111	0,18	0,0085	0,046
NZL84	0,78	0,0086	0,042
MDS 0,05	0,0351	0,0002	0,0012

Anexo Tabla 10. Análisis de la Varianza.**Relación número de raíces secundarias/longitud raíz principal.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	28,74	1,0650	5,11	0,0000
Error	893	185,9	0,2082		
Total	920	214,6			

Relación peso fresco raíz/longitud raíz principal.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	0,0002973	0,0000110	3,61	0,0000
Error	893	0,0027210	0,0000031		
Total	920	0,0030180			

Relación peso fresco parte aerea/altura de hipocótilo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	27	0,02280	0,0008445	3,53	0,0000
Error	893	0,21360	0,0002392		
Total	920	0,23640			

3.1.2. Genotipos de algodón perenne.

Los estudios realizados con variedades de algodón perenne (Tablas 11-15) no detectaron variabilidad entre genotipos para longitud pero si para número de raíces secundarias. Se observaron sin embargo diferencias en el peso fresco de las plántulas (Tabla 12) y en el contenido de agua de la parte aérea (Tabla 13). En medidas relativas como el número de raíces secundarias por unidad de longitud de la raíz principal, o la relación parte aérea/raíces (Tabla 14), el factor genotipo también fue estadísticamente significativo.

Bajo las condiciones de ensayo empleadas, y con las reservas de ser experimentos independientes, la longitud de la raíz principal (Tabla 11) no se destacó particularmente en estos genotipos en comparación a los estudiados previamente (Tabla 4). Uno de los posibles factores podría ser el mayor requerimiento térmico de los genotipos de la raza Marie Galante para alcanzar tasas de crecimiento de raíces similares a las observadas en los genotipos comerciales y de colección.

Tabla 11. Longitud de la raíz principal (LRP), longitud de la parte aérea (LPA) y número de raíces secundarias (NRS) en cuatro genotipos de algodón perenne (raza Marie Galante).

Var	LRP(cm)	LPA(cm)	NRS
SV-BA4	21,47	13,03	15,06
CNPA-5M	20,11	12,61	26,94
AA-4	20,58	12,25	31,27
SV-AA4	18,84	14,01	13,11
MDS 0,05	n.s.	n.s.	10,07

n.s., no significativo.

Análisis de la varianza. Longitud de la raíz principal.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	64,450	21,48	1,21	0,3145
Error	65	1.158	17,81		
Total	68	1.222			

Análisis de la varianza. Longitud de la parte aérea.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	29,30	9,767	2,07	0,1113
Error	65	306,70	4,719		
Total	68	336,00			

Análisis de la varianza. Número de raíces secundarias.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	3.971	1.324	5,75	0,0016
Error	65	14.970	230.3		
Total	68	18.940			

Tabla 12. Peso fresco de raíces (PFR) y de la parte aérea (PFPA) en cuatro genotipos de algodón perenne (raza Marie Galante).

Var	PFR (g)	PFPA (g)
SV-BA4	0,18	0,55
CNPA-5M	0,13	0,45
AA-4	0,14	0,43
SV-AA4	0,13	0,52
MDS 0,05	0,018	0,054

Análisis de la varianza. Peso fresco de raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	0,03453	0,011510	16,51	0,0000
Error	65	0,04532	0,000697		
Total	68	0,07984			

Análisis de la varianza. Peso fresco de la parte aérea.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	0,1617	0,05390	8,27	0,0001
Error	65	0,4238	0,00652		
Total	68	0,5855			

Tabla 13. Contenido de agua en raíces (CAR) y en parte aérea (CAPA) de cuatro genotipos de algodón perenne (raza Marie Galante) (en g H₂O/g materia seca).

Var	CAR (g)	CAPA (g)
SV-BA4	16,08	10,52
CNPA-5M	14,34	8,99
AA-4	13,82	10,34
SV-AA4	14,47	9,41
MDS 0,05	n.s.	1,17

n.s., no significativo.

Análisis de la varianza. Contenido de agua en raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	49,11	16,370	2,04	0,1160
Error	65	522,5	8,039		
Total	68	571,7			

Análisis de la varianza. Contenido de agua en la parte aérea.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	28,27	9,423	3,04	0,0345
Error	65	201,2	3,095		
Total	68	229,5			

Tabla 14. Relación entre número de raíces secundarias, longitud raíz principal (NRS/LRP) y peso fresco parte aérea peso fresco raíz (PFPA/PFR).

Var	NRS/LRP	PFPA/PFR
SV-BA4	0,83	3,08
CNPA-5M	1,28	3,65
AA-4	1,48	3,18
SV-AA4	0,73	3,88
MDS 0,05	0,52	0,40

Análisis de la varianza. Relación entre número de raíces secundarias y longitud de la raíz primaria (NRS/LRP).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	6,386	2,1290	3,45	0,0213
Error	65	40,070	0,6164		
Total	68	46,450			

Análisis de la varianza. Relación entre peso fresco parte aérea y peso fresco de raíces (PFPA/PFR).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	7,675	2,558	7,01	0,0004
Error	65	23,72	0,365		
Total	68	31,40			

Tabla 15. Relación entre longitud raíz principal, peso seco raíces(LRP/PSR) y longitud raíz principal / peso fresco raíces (LRP/PFR).

Var	LRP/PSR	LRP/PFR
SV-BA4	2.002	120,6
CNPA-5M	2.432	160,1
AA-4	2.177	149,2
SV-AA4	2.178	141,4
MDS 0,05	n.s.	18,51

n.s., no significativo.

Análisis de la varianza. Relación entre longitud raíz primaria y peso seco de raíces (LRP/PSR).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	1.686	562.100	2,63	0,0567
Error	65	13.900	213.900		
Total	68	15.590			

Análisis de la varianza. Relación entre longitud de la raíz primaria y peso fresco de raíces (LRP/PFR).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	3	14.910	4.969	6,38	0,0008
Error	65	50.610	778,6		
Total	68	65.520			

3.2. Experimento 2. Estudio de germinación bajo condiciones de salinidad en variedades comerciales y genotipos de colección.

Los porcentajes de germinación de las variedades empleadas en este experimento se presentan en las Tablas 16 y 17. Con la excepción de algunas variedades que presentaron porcentajes de germinación relativamente bajos, como DP50, Stv825 y Victo (Tabla 16), el resto fue bastante uniforme y en condiciones de ser estudiado bajo condiciones de estrés. En la Tabla 17 se observa como la presencia de salinidad en el medio de germinación produjo una reducción del porcentaje de germinación respecto al control en algunas variedades; en otras variedades, sin embargo, la inhibición de la germinación fue mínima, o incluso se incrementó respecto al control. A este respecto, se necesitaría realizar nuevos experimentos para comprobar este efecto. Así, la tolerancia media del proceso germinativo del algodón bajo condiciones de salinidad (Maas, 1986) podría modificarse de forma importante si los resultados obtenidos en este trabajo se confirman en estudios posteriores. Además, daría lugar a la posibilidad de seleccionar genotipos cuya germinación fuera resistente a la salinidad, que podrían ser empleados en aquellas situaciones donde la limitante principal es una alta concentración de sales solubles al momento de la siembra.

Son importantes los resultados obtenidos en cuanto a las diferencias genotípicas en germinación, tanto en condiciones de estrés como sin estrés por las implicaciones que tiene el establecimiento rápido de plantas para el mejor aprovechamiento del agua disponible en el caso de déficit hídrico. Desde el punto de vista del estrés salino, la sensibilidad del proceso germinativo es un aspecto de gran interés, dado que determinaría el número final de plantas establecidas en suelos afectados por salinidad.

Un aspecto a evaluar en estudios futuros, que excede a los objetivos de esta memoria, es la relación existente entre la tolerancia de la germinación al estrés salino y la de la planta al estado vegetativo. Este estudio tendría enorme interés por la facilidad que supondría para el proceso de selección de genotipos tolerantes en programas de mejora.

Tabla 16. Porcentaje de germinación a los tres (%G1F) y siete días (%G2F) en tratamiento control.

VAR	%G1F	%G2F
MMAR	88,0	88,0
VICTO	66,7	66,7
TAB16	96,0	98,7
CK310	85,3	85,3
SAETA	96,0	96,0
EXP 33	98,7	98,7
EXP 34	97,3	97,3
CRE111	96,0	96,0
EXP 35	98,7	98,7
STV 506	96,0	97,3
ALEGRIA	93,3	94,7
ARIA	86,7	93,3
DELTA AC90	98,7	98,7
CORONA	100,0	100,0
VULCANO	100,0	100,0
EXP 24	94,7	98,7
ALBOR	82,7	84,0
GUAINTA	77,3	78,7
SIC33	100,0	100,0
DELTA 50	56,0	60,0
STV 825	57,3	60,0
AC 1517 88	81,3	85,3
AC 1517 SR 2	98,7	98,7
PREC1	100,0	100,0
Z407	74,7	89,3
PYM792	85,3	86,7
MDS 0,05	6,20	6,04

Anexo Tabla 16. Análisis de la varianza.**Porcentaje de germinación en 1ª fecha. Tratamiento control.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	25,410	1.017	34,22	0,0000
Error	130	3,861	29,70		
Total	155	29,270			

Porcentaje de germinación en 2ª fecha. Tratamiento control.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	21,760	870,40	30,8	0,0000
Error	130	3,669	28,23		
Total	155	25,430			

Tabla 17. Porcentaje de germinación a los tres (%G1F) y siete días (%G2F) en tratamiento salino con 100 mM NaCl.

VAR	%G1F	%G2F
MMAR	84,0	89,3
VICTO	49,3	57,3
TAB16	70,7	80,0
CK310	60,0	70,7
SAETA	61,3	82,7
EXP33	42,7	80,0
EXP34	62,7	85,3
CRE111	93,3	100,0
EXP35	69,3	84,0
STV506	62,7	84,0
ALEGRIA	70,2	90,2
ARIA	49,3	78,7
DACALA90	88,0	93,3
CORONA	96,0	97,3
VULCANO	97,3	98,7
EXP24	58,7	72,0
ALBOR	60,0	68,0
GUAINTA	44,0	57,3
SIC33	85,3	96,0
DELTA50	48,0	54,7
STV825	34,7	34,7
AC1517 88	65,3	74,7
AC1517 SR 2	70,7	78,7
PREC1	85,3	92,0
Z407	52,0	66,7
PYM792	66,7	70,7
MDS 0,05	10,41	9,44

Anexo Tabla 17. Análisis de la varianza.

Porcentaje de germinación en 1ª fecha. Tratamiento salino (100 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	45.050	1.802	21,50	0,0000
Error	130	10.900	83,82		
Total	155	55.950			

Porcentaje de germinación en 2ª fecha. Tratamiento salino (100 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	36.780	1.471	21,36	0,0000
Error	130	8.955	68,89		
Total	155	45.740			

3.3. Experimento 3. Estudio de variables relacionadas con tolerancia al estrés salino en estado vegetativo.

3.3.1. Efecto de la salinidad en el crecimiento de plántulas y contenido de agua.

3.3.1.1. Variedades comerciales y genotipos de colección.

Las Tablas 18 a 27 presentan los resultados obtenidos en el análisis del comportamiento de 26 variedades comerciales y de la colección de germoplasma frente a condiciones de estrés salino. Los datos correspondientes al estudio de crecimiento en condiciones control son necesarios para evaluar el potencial de crecimiento bajo condiciones óptimas y poder calcular el porcentaje de inhibición correspondiente (Tablas 26 y 27) dadas las diferencias en tasa de crecimiento observadas entre los genotipos (Tablas 18 y 19).

Una de las variables de gran interés en lo que hace a tolerancia al estrés salino es la capacidad relativa de acumular agua en los tejidos en las plantas estresadas por la concentración salina del medio. Así, se puede observar como el contenido de agua en hojas, tallos y raíces de las plantas cultivadas en solución control (Tabla 21) se ve reducido por efecto del tratamiento salino (Tabla 25). En ambos tratamientos (control y salinidad) se observó variabilidad genotípica para el contenido de agua en cada uno de los órganos (hoja, tallo, raíz) considerados. El estudio pormenorizado de esta variable, y la contribución relativa de cada órgano al crecimiento final puede ser de gran valor para la determinación de un índice de tolerancia que permita comparar distintos genotipos entre sí. En un trabajo previo, Leidi y Sáiz (1996) observaron la importancia del contenido de agua en tejidos en la respuesta de tolerancia, íntimamente relacionada con la acumulación de iones y la capacidad de ajuste osmótico.

Los porcentajes de inhibición del crecimiento respecto al control (Tablas 26 y 27) permiten observar diferencias de tolerancia entre órganos, siendo las hojas el órgano más sensible al estrés salino. Estos porcentajes varían según la base de expresión del crecimiento (peso fresco o seco).

Tabla 18. Peso fresco de hojas (PFH), de tallos (PFT) y de raíces en variedades de algodón (tratamiento control)(g).

VAR	PFH	PFT	PFR
CORO	1,10	0,40	0,49
STV506	1,03	0,29	0,40
EXP 35	0,90	0,30	0,36
EXP24	0,98	0,26	0,43
SIC33	0,91	0,28	0,42
CK310	0,95	0,25	0,41
ARIA	0,82	0,25	0,37
DELTAC	1,00	0,31	0,42
MMAR	1,06	0,28	0,47
ALEG	1,18	0,35	0,54
SAETA	1,28	0,44	0,48
EXP33	1,32	0,44	0,54
GINTA	1,06	0,30	0,46
TAB16	1,03	0,34	0,27
Z407	0,90	0,27	0,36
AC88	1,10	0,33	0,46
ALBOR	0,76	0,18	0,35
VICTO	0,90	0,33	0,45
PREC1	0,94	0,36	0,48
ACSR2	1,08	0,38	0,46
PYM792	1,05	0,50	0,60
STV825	0,86	0,28	0,34
DP50	0,87	0,23	0,38
EXP34	0,97	0,39	0,46
CRE111	1,00	0,42	0,51
VULCA	1,10	0,50	0,74
MDS 0,05	0,22	0,09	0,12

Anexo Tabla 18. Análisis de la varianza.**Peso fresco de hojas (tratamiento control).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	2,378	0,09146	2,88	0,0001
Error	108	3,424	0,03170		
Total	134	5,802			

Peso fresco de tallos (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	0,8575	0,032980	6,67	0,0000
Error	108	0,5336	0,004941		
Total	134	1,391			

Peso fresco de raíces (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	1,117	0,042950	4,48	0,0000
Error	108	1,036	0,009593		
Total	134	2,153			

Tabla 19. Peso seco de hojas (PFH), de tallos (PFT) y de raíces en variedades de algodón (tratamiento control)(g).

VAR	PSH	PST	PSR
CORO	0,090	0,021	0,024
STV506	0,086	0,019	0,020
EXP 35	0,073	0,018	0,07
EXP24	0,083	0,018	0,024
SIC33	0,060	0,018	0,023
CK310	0,068	0,018	0,023
ARIA	0,055	0,017	0,063
DELTAC	0,067	0,021	0,023
MMAR	0,073	0,020	0,025
ALEG	0,072	0,025	0,027
SAETA	0,077	0,026	0,023
EXP33	0,078	0,029	0,026
GINTA	0,065	0,021	0,023
TAB16	0,062	0,021	0,016
Z407	0,054	0,018	0,017
AC88	0,062	0,020	0,025
ALBOR	0,050	0,014	0,018
VICTO	0,063	0,021	0,021
PREC1	0,058	0,024	0,026
ACSR2	0,067	0,024	0,027
PYM792	0,060	0,030	0,032
STV825	0,053	0,020	0,02
DP50	0,061	0,021	0,022
EXP34	0,061	0,024	0,024
CRE111	0,062	0,025	0,029
VULCA	0,073	0,030	0,041
MDS 0,05	0,015	0,006	n.s.

n.s., no significativo.

Anexo Tabla 19. Análisis de la varianza.**Peso seco de hojas (tratamiento control).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	0,01350	0,000519	3,78	0,0000
Error	108	0,01483	0,000014		
Total	134	0,02833			

Peso seco de tallos (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	0,002248	0,000087	4,45	0,0000
Error	108	0,002098	0,000019		
Total	134	0,004346			

Peso seco de raíces (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	0,01055	0,000406	0,99	0,4887
Error	108	0,04430	0,000410		
Total	134	0,05485			

Tabla 20. Relación parte aérea/raíces en base a peso fresco (RPF) y en base a peso seco (RPS) de los genotipos cultivados en solución control.

VAR	RPF	RPS
CORO	3,09	4,61
STV506	3,31	5,13
EXP 35	3,32	5,38
EXP24	2,89	4,25
SIC33	2,83	3,49
CK310	3,00	3,75
ARIA	2,93	3,27
DELTAC	3,15	3,83
MMAR	2,89	3,69
ALEG	2,85	3,56
SAETA	3,70	4,66
EXP33	3,27	4,05
GINTA	2,94	3,73
TAB16	3,00	5,28
Z407	3,45	4,56
AC88	3,16	4,02
ALBOR	2,72	3,48
VICTO	2,78	3,42
PREC1	2,73	3,12
ACSR2	3,20	3,47
PYM792	2,57	2,80
STV825	3,28	3,50
DP50	2,98	3,75
EXP34	3,05	3,61
CRE111	2,83	3,13
VULCA	2,17	2,58
MDS 0,05	n.s.	0,59

Anexo Tabla 20. Análisis de la varianza.

Relación parte aerea/raíces (peso fresco, tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	245,5	9,788	1,56	0,0604
Error	108	679,4	6,291		
Total	134	933,9			

Relación parte aerea/raíces (peso seco, tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	70,05	2,6940	12,23	0,0000
Error	108	23,79	0,2203		
Total	134	93,85			

Tabla 21. Contenido de agua en hojas, tallos y en raíces en tratamiento control (g H₂O/g materia seca).

VAR	Hojas	Tallos	Raíces
CORO	11,16	18,09	19,09
STV506	10,98	14,33	18,56
EXP 35	11,36	15,89	20,42
EXP24	10,80	13,27	17,02
SIC33	13,96	15,25	17,54
CK310	12,79	12,46	16,25
ARIA	13,96	14,12	15,79
DELTAC	13,95	13,81	17,18
MMAR	13,75	13,30	17,68
ALEG	15,21	13,02	18,54
SAETA	15,84	16,26	20,33
EXP33	16,18	14,38	19,61
GINTA	15,29	13,60	19,11
TAB16	15,60	14,78	15,50
Z407	16,13	14,10	20,90
AC88	16,54	14,20	20,56
ALBOR	14,58	11,94	18,09
VICTO	13,44	15,10	17,11
PREC1	15,18	13,94	17,06
ACSR2	14,98	14,85	16,24
PYM792	16,50	15,34	17,58
STV825	14,28	13,29	15,00
DP50	13,18	9,68	15,69
EXP34	14,87	15,26	17,87
CRE111	15,21	15,50	17,02
VULCA	14,08	15,43	17,30
MDS 0,05	1,22	1,92	3,18

Anexo Tabla 21. Análisis de la varianza.**Contenido de agua en hojas (tratamiento control).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	370,7	14,26	14,92	0,0000
Error	108	103,2	0,956		
Total	134	473,9			

Contenido de agua en tallos (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	332,5	12,790	5,42	0,0000
Error	108	255,1	2,362		
Total	134	587,6			

Contenido de agua en raíces (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	351,0	13,500	2,10	0,0044
Error	108	694,4	6,430		
Total	134	1.045			

Tabla 22. Peso fresco de hojas (PFH), tallos (PFT) y raíces (PFR) de 26 variedades de algodón cultivadas en solución nutritiva conteniendo 200 mM NaCl (g).

VAR	PFH	PFT	PFR
CORO	0,39	0,14	0,23
STV506	0,28	0,12	0,19
EXP 35	0,33	0,14	0,27
EXP24	0,32	0,14	0,21
SIC33	0,60	0,18	0,30
CK310	0,62	0,22	0,30
ARIA	0,52	0,16	0,33
DELTAC	0,58	0,19	0,35
MMAR	0,60	0,19	0,42
ALEG	0,57	0,19	0,39
SAETA	0,63	0,23	0,37
EXP33	0,65	0,23	0,38
GINTA	0,50	0,15	0,29
TAB16	0,58	0,17	0,37
Z407	0,60	0,21	0,48
AC88	0,55	0,22	0,30
ALBOR	0,51	0,14	0,33
VICTO	0,48	0,22	0,31
PREC1	0,35	0,26	0,29
ACSR2	0,43	0,22	0,31
PYM792	0,34	0,25	0,32
STV825	0,38	0,21	0,28
DP50	0,35	0,16	0,23
EXP34	0,49	0,35	0,34
CRE111	0,39	0,28	0,28
VULCA	0,49	0,33	0,38
MDS 0,05	0,12	0,06	0,09

Anexo Tabla 22. Análisis de la varianza.**Peso fresco de hojas (tratamiento 200mM NaCl).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	1,6790	0,06458	7,63	0,0000
Error	108	0,9146	0,00847		
Total	134	2,594			

Peso fresco de tallos (tratamiento 200mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	0,5102	0,01962	7,86	0,0000
Error	108	0,2697	0,00250		
Total	134	0,7799			

Peso fresco de raíces (tratamiento 200mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	0,6223	0,02394	4,88	0,0000
Error	108	0,5293	0,00490		
Total	134	1,1520			

Tabla 23. Peso seco hojas (PSH), tallos (PST) y raíces (PSR) en 26 variedades de algodón cultivadas en solución nutritiva conteniendo 200 mM NaCl (g).

Var	PSH	PST	PSR
CORO	0,043	0,013	0,013
STV506	0,037	0,011	0,011
EXP 35	0,040	0,013	0,015
EXP24	0,042	0,014	0,015
SIC33	0,053	0,017	0,017
CK310	0,059	0,020	0,018
ARIA	0,048	0,014	0,018
DELTAC	0,052	0,018	0,019
MMAR	0,055	0,016	0,020
ALEG	0,052	0,020	0,022
SAETA	0,054	0,021	0,022
EXP33	0,060	0,021	0,021
GINTA	0,050	0,015	0,020
TAB16	0,056	0,017	0,020
Z407	0,053	0,050	0,027
AC88	0,050	0,020	0,018
ALBOR	0,054	0,015	0,021
VICTO	0,054	0,020	0,019
PREC1	0,030	0,020	0,017
ACSR2	0,046	0,020	0,018
PYM792	0,037	0,010	0,058
STV825	0,042	0,018	0,015
DP50	0,038	0,017	0,012
EXP34	0,049	0,028	0,019
CRE111	0,038	0,022	0,015
VULCA	0,047	0,028	0,019
MDS 0,05	0,009	0,015	n.s.

Anexo Tabla 23. Análisis de la varianza.**Peso seco de hojas (tratamiento 200 mM NaCl).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	0,006709	0,00026	4,64	0,0000
Error	108	0,006004	0,00006		
Total	134	0,012710			

Peso seco de tallos (tratamiento 200 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	0,00706	0,00027	1,89	0,0127
Error	108	0,01554	0,00014		
Total	134	0,02260			

Peso seco de raíces (tratamiento 200mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	0,009560	0,00037	1,04	0,04271
Error	108	0,038260	0,00035		
Total	134	0,047820			

Tabla 24. Relación parte aérea/raíces en base a peso fresco (RPF) y en base a peso seco (RPS) de los genotipos cultivados en solución nutritiva conteniendo 200 mM NaCl.

Var	RPF	RPS
CORO	2,26	4,40
STV506	2,10	4,34
EXP 35	1,73	3,62
EXP24	2,21	3,85
SIC33	2,57	4,05
CK310	2,83	4,31
ARIA	2,06	3,49
DELTAC	2,19	3,65
MMAR	1,93	3,53
ALEG	1,94	3,30
SAETA	2,30	3,37
EXP33	2,30	3,87
GINTA	2,23	3,65
TAB16	2,10	3,87
Z407	1,70	3,65
AC88	2,53	3,95
ALBOR	2,04	3,48
VICTO	2,36	4,17
PREC1	2,31	3,67
ACSR2	2,06	3,92
PYM792	1,81	2,74
STV825	2,10	4,05
DP50	2,24	4,56
EXP34	2,48	4,16
CRE111	2,37	4,03
VULCA	2,15	3,91
MDS 0,05	0,30	0,84

Anexo Tabla 24. Análisis de la varianza.

Relación parte aérea/raíces (peso fresco, tratamiento 200 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	8,936	0,34370	5,86	0,0000
Error	108	6,335	0,05866		
Total	134	15,270			

Relación parte aérea/raíces (peso seco, tratamiento 200mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	22,81	0,8773	1,94	0,0099
Error	108	48,92	0,4530		
Total	134	71,73			

Tabla 25. Contenido de agua en hojas, tallos y en raíces en plantas cultivadas en soluciones nutritivas conteniendo 200 mM NaCl (g H₂O/g materia seca).

Var	Hojas	Tallos	Raíces
CORO	8,02	9,65	17,32
STV506	6,68	9,49	16,26
EXP35	7,13	9,83	17,34
EXP24	6,58	9,37	13,38
SIC33	10,25	9,50	16,61
CK310	9,53	9,97	15,31
ARIA	9,77	10,04	17,39
DELTAC	10,11	9,66	17,28
MMAR	9,78	11,46	19,49
ALEG	9,93	8,81	17,11
SAETA	10,65	9,72	15,74
EXP33	9,89	10,05	17,35
GINTA	8,84	8,64	14,62
TAB16	9,14	9,13	17,20
Z407	10,45	6,26	16,73
AC88	10,03	9,75	16,05
ALBOR	8,32	8,11	14,82
VICTO	7,85	9,86	15,57
PREC1	8,30	11,84	15,91
ACSR2	8,21	10,05	17,70
PYM792	7,90	10,92	14,44
STV825	8,00	10,36	17,75
DP50	8,05	8,91	18,06
EXP34	8,85	11,67	17,23
CRE111	9,23	11,90	18,07
VULCA	9,54	10,94	19,22
MDS 0,05	0,95	1,40	3,16

Anexo Tabla 25. Análisis de la varianza.

Contenido de agua en hojas (tratamiento 200 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	186,60	7,178	12,53	0,0000
Error	108	61,87	0,573		
Total	134	248,50			

Contenido de agua en tallos (tratamiento 200 mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	191,2	7,355	5,85	0,0000
Error	108	135,8	1,258		
Total	134	327,1			

Contenido de agua en raíces (tratamiento 200mM NaCl).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	26	278,9	10,73	1,69	0,0334
Error	108	687,3	6,363		
Total	134	966,1			

Tabla 26. Porcentaje de crecimiento respecto al control de hojas (%H), tallos (%T) y raíces (%R) en 26 variedades de algodón cultivadas en soluciones conteniendo 200 mM NaCl (base peso fresco).

Var	%H	%T	%R
CORO	35,5	35,0	46,0
STV506	28,0	40,0	47,5
EXP35	36,7	46,7	67,5
EXP24	32,0	46,7	52,5
SIC33	66,7	60,0	75,0
CK310	68,9	110,0	75,0
ARIA	65,0	80,0	82,5
DELTAC	59,0	63,3	87,5
MMAR	54,5	63,3	84,0
ALEG	47,5	47,5	78,0
SAETA	48,5	57,5	74,0
EXP33	50,0	57,5	76,0
GINTA	45,5	50,0	58,0
TAB16	58,0	56,7	123,3
Z407	66,7	70,0	120,0
AC88	50,0	73,3	60,0
ALBOR	67,1	70,0	110,0
VICTO	55,2	73,3	67,5
PREC1	38,9	65,0	58,0
ACSR2	39,1	55,0	62,0
PYM792	39,1	50,0	53,3
STV825	47,5	70,0	93,3
DP50	38,9	80,0	57,5
EXP34	49,0	87,5	68,0
CRE111	39,0	70,0	56,0
VULCA	44,5	66,0	54,3

Tabla 27. Porcentaje de crecimiento respecto al control de hojas (%H), tallos (%T) y raíces (%R) en 26 variedades de algodón cultivadas en soluciones conteniendo 200 mM NaCl (base peso seco).

Var	%H	%T	%R
CORO	44,4	50,0	50,0
STV506	44,4	50,0	50,0
EXP35	57,1	50,0	50,0
EXP24	50,0	50,0	50,0
SIC33	83,3	100,0	100,0
CK310	85,7	100,0	100,0
ARIA	83,3	50,0	33,3
DELTAC	71,4	100,0	100,0
MMAR	85,7	100,0	66,7
ALEG	71,4	66,7	66,7
SAETA	62,5	66,7	100,0
EXP33	75,0	66,7	66,7
GINTA	71,4	100,0	100,0
TAB16	100,0	100,0	100,0
Z407	100,0	250,0	150,0
AC88	83,3	100,0	100,0
ALBOR	100,0	50,0	100,0
VICTO	91,7	100,0	58,4
PREC1	66,7	100,0	66,7
ACSR2	71,4	100,0	66,7
PYM792	66,7	66,7	200,0
STV825	80,0	100,0	50,0
DP50	66,7	100,0	50,0
EXP34	83,3	150,0	100,0
CRE111	66,7	66,7	66,7
VULCA	71,4	100,0	50,0

3.3.1.2. Genotipos silvestres.

El estudio realizado con genotipos silvestres de algodón (Tablas 28-37) permitió también observar diferencias intergenotípicas en condiciones óptimas y en la respuesta a salinidad del crecimiento (Tablas 28-30 y 32-34) y contenido de agua en cada organo analizado (Tabla 31 y 35).

Tabla 28. Peso fresco de hojas (PFH), tallos (PFT) y raíces en 10 genotipos silvestres cultivados en soluciones nutritivas (control).

Var	PFH(g)	PFT(g)	PFR(g)
T-1875	0,73	0,25	0,37
T-2237	0,77	0,26	0,31
T-2322	1,77	0,67	0,71
T-832	0,75	0,37	0,32
T-2290	0,82	0,33	0,34
T-996	0,59	0,21	0,25
T-2248	0,53	0,22	0,20
T-833	0,72	0,23	0,39
T-1625	0,76	0,23	0,34
T-2296	0,76	0,25	0,31
MDS 0,05	0,10	0,04	0,06

Anexo Tabla 28. Análisis de la varianza.**Peso fresco de hojas.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	5,224	0,58040	17,74	0,0000
Error	30	0,982	0,03272		
Total	39	6,205			

Peso fresco tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,8385	0,093170	16,23	0,0000
Error	30	0,1722	0,005739		
Total	39	1,0110			

Peso fresco raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,8072	0,089690	9,55	0,0000
Error	30	0,2817	0,009391		
Total	39	1,0890			

Tabla 29. Peso seco de hojas (PSH), tallos (PST) y raíces (PSR) en 10 genotipos silvestres cultivados en soluciones nutritivas (control).

Var	PSH(g)	PST(g)	PSR(g)
T-1875	0,055	0,017	0,019
T-2237	0,056	0,018	0,017
T-2322	0,120	0,043	0,037
T-832	0,053	0,023	0,017
T-2290	0,051	0,020	0,018
T-996	0,043	0,014	0,016
T-2248	0,038	0,014	0,015
T-833	0,057	0,017	0,023
T-1625	0,050	0,014	0,019
T-2296	0,040	0,017	0,018
MDS 0,05	0,007	0,003	0,003

Anexo Tabla 29. Análisis de la varianza.**Peso seco hojas.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,02247	0,002497	16,94	0,0000
Error	30	0,004423	0,000147		
Total	39	0,002690			

Peso seco tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,003342	0,000371	14,69	0,0000
Error	30	0,000758	0,000025		
Total	39	0,004100			

Peso seco raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,00169	0,0001878	6,30	0,0001
Error	30	0,000894	0,0000298		
Total	39	0,002584			

Tabla 30. Relación parte aérea/raíces en base a peso fresco (RPF) y a peso seco (RPS) en 10 genotipos silvestres cultivados en soluciones nutritivas (control).

Var	RPF	RPS
T-1875	2,66	3,75
T-2237	3,31	4,41
T-2322	3,48	4,50
T-832	3,55	4,59
T-2290	3,46	3,97
T-996	3,23	3,65
T-2248	3,67	3,42
T-833	2,57	3,52
T-1625	2,91	3,46
T-2296	3,29	3,98
MDS 0,05	0,17	0,23

Anexo Tabla 30. Análisis de la varianza.**Relación parte aerea/raíces en base a peso fresco.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	4,320	0,4800	5,52	0,0002
Error	30	2,610	0,0870		
Total	39	6,930			

Relación parte aerea/raíces en base a peso seco.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	7,399	0,8221	5,36	0,0002
Error	30	4,604	0,1535		
Total	39	12,00			

Tabla 31. Contenido de agua en hojas (CAH), en tallos (CAT), y en raíces (CAR) de genotipos silvestres cultivados en solución control (en g H₂O/g materia seca).

Var	CAH	CAT	CAR
T-1875	12,24	13,60	18,08
T-2237	12,61	13,77	17,47
T-2322	13,81	14,66	18,39
T-832	13,25	15,30	18,25
T-2290	14,86	15,30	17,32
T-996	12,67	13,60	14,88
T-2248	12,95	14,64	12,48
T-833	11,64	12,65	16,34
T-1625	14,14	15,74	17,36
T-2296	13,17	13,74	16,29
MDS 0,05	0,40	0,75	0,71

Anexo Tabla 31. Análisis de la varianza.**Contenido de agua en hojas.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	31,12	3,45800	7,13	0,0000
Error	30	14,54	0,04847		
Total	39	45,66			

Contenido de agua en tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	33,64	3,738	2,22	0,0487
Error	30	50,41	1,680		
Total	39	84,05			

Contenido de agua en raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	124,00	13,78	9,20	0,0000
Error	30	44,93	1,498		
Total	39	169,00			

Tabla 32. Peso fresco hojas (PFH), tallos (PFT) y raíces (PFR) de 10 variedades silvestres cultivadas en soluciones salinizadas con 200 mM NaCl.

Var	PFH(g)	PFT(g)	PFR(g)
T-1875	0,42	0,11	0,23
T-2237	0,41	0,14	0,22
T-2322	0,73	0,25	0,43
T-832	0,45	0,21	0,26
T-2290	0,48	0,14	0,27
T-996	0,28	0,10	0,16
T-2248	0,30	0,17	0,15
T-833	0,52	0,16	0,31
T-1625	0,46	0,15	0,27
T-2296	0,46	0,18	0,26
MDS 0,05	0,06	0,03	0,03

Anexo Tabla 32. Análisis de la varianza.**Peso fresco hojas.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,6326	0,07028	6,84	0,0000
Error	30	0,3082	0,01027		
Total	39	0,9407			

Peso fresco tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
9	9	0,08437	0,009375	4,68	0,0006
30	30	0,06005	0,002002		
39	39	0,1444			

Peso fresco raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,23260	0,02585	7,82	0,0000
Error	30	0,09920	0,003307		
Total	39	0,33180			

Tabla 33. Peso seco hojas (PSH), tallos (PST) y raíces (PSR) de 10 variedades silvestres cultivadas en soluciones salinizadas con 200mM NaCl.

Var	PSH(g)	PST(g)	PSR(g)
T-1875	0,037	0,012	0,015
T-2237	0,036	0,013	0,013
T-2322	0,066	0,023	0,025
T-832	0,037	0,018	0,014
T-2290	0,038	0,012	0,015
T-996	0,025	0,095	0,011
T-2248	0,026	0,013	0,0094
T-833	0,042	0,014	0,019
T-1625	0,035	0,014	0,014
T-2296	0,036	0,017	0,016
MDS 0,05	0,004	0,002	0,002

Anexo Tabla 33. Análisis de la varianza.**Peso seco hojas.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,005193	0,000577	11,43	0,0000
Error	30	0,001515	0,000051		
Total	39	0,006708			

Peso seco tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,0006727	0,000076	5,09	0,0003
Error	30	0,0004409	0,000015		
Total	39	0,0011140			

Peso seco raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,0007116	0,000079	9,34	0,0000
Error	30	0,0002539	0,000009		
Total	39	0,0009656			

Tabla 34 . Relación parte aérea/raíces en base a peso fresco (RPF) y en base a peso seco (RPS) de 10 genotipos silvestres cultivados en soluciones salinizadas con 200 mM NaCl.

Var	RPF	RPS
T-1875	2,32	3,27
T-2237	2,49	3,74
T-2322	2,33	3,61
T-832	2,49	4,03
T-2290	2,34	3,32
T-996	2,34	3,20
T-2248	3,13	4,13
T-833	2,20	2,89
T-1625	2,22	3,38
T-2296	2,44	3,22
MDS 0,05	0,11	0,15

Anexo Tabla 34. Análisis de la varianza.**Relación parte aerea/raíces (base peso fresco).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	2,043	0,22700	5,84	0,0001
Error	30	1,167	0,03891		
Total	39	3,211			

Relación parte aerea/raíces (base peso seco).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	5,018	0,55750	7,76	0,0000
Error	30	2,156	0,07188		
Total	39	7,174			

Tabla 35. Contenido de agua en hojas (CAH), en tallos (CAT), y en raíces (CAR) de genotipos silvestres cultivados en soluciones salinizadas con 200 mM NaCl (en g H₂O/g materia seca).

Var	CAH	CAT	CAR
T-1875	10,61	8,64	14,69
T-2237	10,37	9,99	15,89
T-2322	10,13	9,90	16,13
T-832	11,37	10,45	18,47
T-2290	11,74	10,73	16,71
T-996	10,30	9,87	14,21
T-2248	10,45	11,95	14,8
T-833	11,27	10,51	14,78
T-1625	11,88	10,25	17,96
T-2296	11,46	9,77	14,73
MDS 0,05	n.s.	0,47	0,89

Anexo Tabla 35. Análisis de la varianza.**Contenido de agua en hojas.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	17,01	1,890	1,55	0,1766
Error	30	36,63	1,221		
Total	39	53,64			

Contenido de agua en tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	20,21	2,2460	3,33	0,0062
Error	30	20,25	0,6749		
Total	39	40,46			

Contenido de agua en raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	86,48	9,609	4,05	0,0018
Error	30	71,19	2,373		
Total	39	157,7			

Tabla 36. Porcentaje de crecimiento respecto al control en hojas (%H), tallos (%T) y raíces (%R) de plantas de 10 genotipos de algodón silvestre cultivadas en medio salino (en base a peso fresco).

Var	%H	%T	%R
T-1875	57,1	33,3	50,0
T-2237	50,0	33,3	66,7
T-2322	38,9	42,9	57,1
T-832	57,1	50,0	100,0
T-2290	62,5	33,3	100,0
T-996	50,0	50,0	100,0
T-2248	60,0	100,0	50,0
T-833	71,4	100,0	75,0
T-1625	62,5	100,0	100,0
T-2296	62,5	66,7	100,0

Tabla 37. Porcentaje de crecimiento respecto al control en hojas (%H), tallos (%T) y raíces (%R) de plantas de 10 genotipos de algodón silvestre cultivadas en medio salino (base a peso seco).

Var	%H	%T	%R
T-1875	66,7	50,0	50,0
T-2237	66,7	50,0	50,0
T-2322	70,0	50,0	50,0
T-832	80,0	100,0	50,0
T-2290	80,0	50,0	100,0
T-996	75,0	90,0	50,0
T-2248	75,0	100,0	45,0
T-833	66,7	50,0	100,0
T-1625	80,0	100,0	50,0
T-2296	80,0	100,0	100,0

3.3.2. Absorción y distribución de potasio y sodio.

3.3.2.1. Variedades comerciales y genotipos de colección.

Aparte del efecto de la salinidad sobre el crecimiento, otros caracteres relacionados con tolerancia a este tipo de estrés es la absorción de iones como K^+ y Na^+ . El estudio realizado con los genotipos comerciales y material de colección permitió detectar variabilidad genotípica en los contenidos de estos iones en hojas, tallos y raíces. Estos resultados aparecen recogidos en las Tablas 38 a 41.

En las Tablas 40 y 41 se puede observar cómo la salinidad reduce en diferente magnitud el contenido de potasio en las hojas de los distintos cultivares. Otro aspecto muy importante en los resultados obtenidos a tener en cuenta para futuros estudios, es el contenido de sodio en hojas y tallos (Tablas 39 y 41).

De la Tabla 41 se puede extraer el distinto comportamiento de algunos genotipos, por ejemplo PYM792, que presenta una acumulación de sodio en tallo que no llega finalmente a las hojas, o los genotipos SIC33 y TAB16, que presentan la mayor acumulación de sodio en hojas.

La acumulación de sodio en hojas ha sido correlacionada con mayor acumulación de agua y mayor tolerancia a la salinidad (Leidi y Sáiz, 1996) por lo que las variaciones intergenotípicas observadas en este trabajo pueden ser de gran valor para estudios más amplios de los parámetros relacionados con tolerancia.

Tabla 38. Contenido de K en hojas, tallos y de raíces de variedades de algodón cultivadas en solución control(μ moles/planta).

Var	Hojas	Tallos	Raíces
CORONA	0,136	0,062	0,075
STV506	0,130	0,038	0,057
EXP35	0,102	0,042	0,051
EXP24	0,121	0,041	0,072
SIC33	0,065	0,047	0,059
CK310	0,123	0,037	0,047
ARIA	0,078	0,042	0,171
DELTAC	0,075	0,055	0,062
MMAR	0,084	0,044	0,066
ALEGRIA	0,065	0,063	0,074
SAETA	0,087	0,069	0,061
EXP33	0,083	0,072	0,075
GUAINTA	0,072	0,050	0,064
TAB16	0,079	0,051	0,038
Z407	0,075	0,040	0,037
AC88	0,062	0,053	0,057
ALBOR	0,043	0,021	0,049
VICTO	0,067	0,046	0,057
PREC1	0,090	0,055	0,054
ACSR2	0,097	0,057	0,058
PYM792	0,090	0,064	0,071
STV825	0,085	0,042	0,045
DP50	0,102	0,045	0,051
EXP34	0,103	0,061	0,055
CRE111	0,093	0,054	0,059
VULCA	0,107	0,075	0,073
MDS 0,05	0,013	0,009	n.s.

Anexo Tabla 38. Análisis de la varianza.**Contenido de K en hojas (tratamiento control).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,06446	0,0025780	11,89	0,0000
Error	109	0,02365	0,0002169		
Total	134	0,08810			

Contenido de K en tallos (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,01913	0,0007652	7,15	0,0000
Error	109	0,01166	0,0001069		
Total	134	0,03079			

Contenido de K en raíces (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,07504	0,003002	1,01	0,4624
Error	109	0,32420	0,002975		
Total	134	0,39930			

Tabla 39. Contenido de Na en hojas, tallos y de raíces de variedades de algodón cultivadas en solución control ($\mu\text{moles/planta}$).

Var	Hojas	Tallos	Raíces
CORONA	0,018	0,005	0,007
STV506	0,016	0,156	0,009
EXP35	0,012	0,004	0,007
EXP24	0,012	0,004	0,007
SIC33	0,014	0,004	0,005
CK310	0,017	0,004	0,004
ARIA	0,008	0,004	0,016
DELTAC	0,006	0,004	0,004
MMAR	0,009	0,004	0,005
ALEGRIA	0,014	0,005	0,006
SAETA	0,018	0,006	0,005
EXP33	0,020	0,007	0,005
GUAINTA	0,011	0,004	0,005
TAB16	0,011	0,004	0,006
Z407	0,010	0,005	0,007
AC88	0,011	0,005	0,007
ALBOR	0,007	0,004	0,006
VICTO	0,013	0,004	0,006
PREC1	0,013	0,005	0,007
ACSR2	0,014	0,005	0,006
PYM792	0,014	0,006	0,008
STV825	0,010	0,003	0,005
DP50	0,012	0,003	0,006
EXP34	0,015	0,004	0,006
CRE111	0,013	0,004	0,007
VULCA	0,012	0,004	0,010
MDS 0,05	0,002	0,002	n.s.

Anexo Tabla 39. Análisis de la varianza.**Contenido de Na en hojas (tratamiento control).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,0014130	0,0000565	9,75	0,0000
Error	109	0,0006319	0,0000058		
Total	134	0,0020450			

Contenido de Na en tallos (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,1102000	0,0044070	971,46	0,0000
Error	109	0,0004945	0,0000045		
Total	134	0,1107000			

Contenido de Na en raíces (tratamiento control).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,0006678	0,0000267	1,04	0,4218
Error	109	0,0027940	0,0000256		
Total	134	0,0034620			

Tabla 40. Contenido de K en hojas, tallos y de raíces de variedades de algodón cultivadas en tratamiento de salinidad (200 mM NaCl)(μ moles/planta).

Var	Hojas	Tallos	Raíces
CORONA	0,060	0,020	0,017
STV506	0,051	0,013	0,015
EXP35	0,057	0,017	0,022
EXP24	0,054	0,016	0,022
SIC33	0,053	0,043	0,023
CK310	0,067	0,035	0,027
ARIA	0,059	0,021	0,028
DELTAC	0,072	0,034	0,027
MMAR	0,090	0,025	0,036
ALEGRIA	0,080	0,039	0,048
SAETA	0,082	0,048	0,047
EXP33	0,094	0,045	0,046
GUAINTA	0,047	0,020	0,041
TAB16	0,060	0,025	0,047
Z407	0,057	0,099	0,065
AC88	0,071	0,042	0,038
ALBOR	0,047	0,021	0,042
VICTO	0,051	0,029	0,030
PREC1	0,054	0,037	0,026
ACSR2	0,049	0,037	0,025
PYM792	0,072	0,025	0,078
STV825	0,036	0,023	0,022
DP50	0,039	0,018	0,018
EXP34	0,052	0,051	0,042
CRE111	0,040	0,043	0,022
VULCA	0,048	0,060	0,027
MDS 0,05	0,009	0,021	n.s.

Anexo Tabla 40. Análisis de la varianza.**Contenido de K en hojas (tratamiento salinidad).**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,02935	0,0011740	12,53	0,0000
Error	109	0,01021	0,0000937		
Total	134	0,03956			

Contenido de K en tallos (tratamiento salinidad).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,04114	0,0016460	2,81	0,0001
Error	109	0,06387	0,0005860		
Total	134	0,10500			

Contenido de K en raíces (tratamiento salinidad).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,02830	0,0011320	1,71	0,0307
Error	109	0,07197	0,0006603		
Total	134	0,10030			

Tabla 41. Contenido de Na en hojas, tallos y de raíces de variedades de algodón cultivadas en tratamiento de salinidad (200 mM NaCl)(μ moles/planta).

Var	Hojas	Tallos	Raíces
CORONA	0,063	0,026	0,036
STV506	0,046	0,027	0,036
EXP35	0,062	0,030	0,042
EXP24	0,055	0,031	0,047
SIC33	0,099	0,036	0,041
CK310	0,079	0,068	0,043
ARIA	0,074	0,033	0,040
DELTAC	0,075	0,032	0,070
MMAR	0,070	0,028	0,072
ALEGRIA	0,066	0,027	0,079
SAETA	0,076	0,030	0,082
EXP33	0,076	0,031	0,076
GUAINTA	0,061	0,025	0,075
TAB16	0,082	0,032	0,077
Z407	0,075	0,064	0,100
AC88	0,066	0,030	0,041
ALBOR	0,061	0,026	0,080
VICTO	0,058	0,032	0,061
PREC1	0,043	0,034	0,041
ACSR2	0,052	0,031	0,044
PYM792	0,020	0,040	0,014
STV825	0,044	0,033	0,036
DP50	0,035	0,027	0,034
EXP34	0,054	0,048	0,069
CRE111	0,049	0,038	0,039
VULCA	0,055	0,042	0,043
MDS 0,05	0,008	0,015	n.s.

Anexo Tabla 41. Análisis de la varianza.

Contenido de Na en hojas (tratamiento salinidad).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,034520	0,0013810	15,51	0,0000
Error	109	0,009701	0,0000890		
Total	134	0,044220			

Contenido de Na en tallos (tratamiento salinidad).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,01464	0,0005855	2,10	0,0047
Error	109	0,03036	0,0002785		
Total	134	0,04500			

Contenido de Na en raíces (tratamiento salinidad).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	25	0,07956	0,003182	1,48	0,0864
Error	109	0,23420	0,002149		
Total	134	0,31380			

3.3.2.2. Genotipos silvestres.

En los genotipos silvestres, la variabilidad genotípica fue estadísticamente significativa para los contenidos de K^+ y Na^+ en hojas, tallos y raíces de las plantas cultivadas en soluciones control (Tablas 42 Y 43) y soluciones salinizadas (Tablas 44 Y 45). Algunos genotipos se comportan como incluidores de Na^+ en hojas (T-2322 y T-833) y otros como excluidores (T-996).

Los resultados descritos permitirán diseñar experimentos más detallados incluyendo los genotipos de comportamiento extremo (en crecimiento y absorción iónica) para evaluar el peso de los caracteres analizados en la respuesta de tolerancia al estrés salino y ampliar los resultados obtenidos previamente con genotipos cultivados (Leidi y Sáiz, 1996).

Tabla 42. Contenido de potasio en hojas, tallos y raíces de genotipos silvestres cultivados en solución control ($\mu\text{moles/planta}$).

Var	Hojas	Tallos	Raíces
T-1875	63,97	26,58	53,10
T-2237	79,24	34,19	42,59
T-2322	135,20	99,16	107,20
T-832	57,62	53,13	37,35
T-2290	57,61	56,26	42,73
T-996	44,88	30,42	27,25
T-2248	64,94	28,03	24,85
T-833	97,07	31,30	40,39
T-1625	78,94	24,11	43,01
T-2296	89,60	43,97	32,29
MDS 0,05	0,0088	0,0064	0,0071

Anexo Tabla 42. Análisis de la varianza.**Contenido potasio en hojas.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,02863	0,003181	12,48	0,0000
Error	30	0,007645	0,000255		
Total	39	0,03627			

Contenido potasio en tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,02150	0,002388	17,42	0,0000
Error	30	0,004114	0,000137		
Total	39	0,02561			

Contenido potasio en raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,02370	0,002634	15,67	0,0000
Error	30	0,005041	0,000168		
Total	39	0,02874			

Tabla 43. Contenido de sodio en hojas, tallos y raíces en genotipos silvestres cultivados en solución control ($\mu\text{moles/planta}$).

Var	Hojas	Tallos	Raíces
T-1875	9,95	12,35	10,01
T-2237	9,55	7,35	12,35
T-2322	25,12	6,94	8,06
T-832	8,46	6,38	7,30
T-2290	12,36	4,02	5,32
T-996	9,40	4,70	6,58
T-2248	6,85	6,25	7,6
T-833	10,80	6,50	9,23
T-1625	13,58	4,70	5,42
T-2296	12,97	6,63	7,18
MDS 0,05	0,0014	0,0006	0,0009

Anexo Tabla 43. Análisis de la varianza.**Contenido sodio en hojas.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,0010990	0,000122	16,87	0,0000
Error	30	0,0002171	0,000007		
Total	39	0,0013160			

Contenido sodio en tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,0001281	0,000014	9,76	0,0000
Error	30	0,0000437	0,000002		
Total	39	0,0001718			

Contenido sodio en raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,0001208	0,000013	4,18	0,0014
Error	30	0,0000963	0,000003		
Total	39	0,0002171			

Tabla 44. Contenido de potasio en hojas, tallos y raíces de genotipos silvestres cultivados en solución salina ($\mu\text{moles/planta}$).

Var	Hojas	Tallos	Raíces
T-1875	40,03	14,35	21,95
T-2237	54,56	22,63	26,93
T-2322	88,56	37,08	47,36
T-832	55,10	35,58	16,17
T-2290	42,00	17,85	20,69
T-996	28,68	14,47	17,14
T-2248	26,68	16,07	13,30
T-833	73,85	24,19	31,09
T-1625	55,52	22,27	22,12
T-2296	36,27	20,29	25,58
MDS 0,05	0,0053	0,0034	0,0028

Anexo Tabla 44. Análisis de la varianza.**Contenido potasio en hojas.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,0145300	0,001614	17,94	0,0000
Error	30	0,0026990	0,000090		
Total	39	0,01723			

Contenido potasio en tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,0026740	0,000297	8,10	0,0000
Error	30	0,0011000	0,000037		
Total	39	0,0037750			

Contenido potasio en raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Genotipos	9	0,0038790	0,000431	17,47	0,0000
Error	30	0,0007399	0,000025		
Total	39	0,0046180			

Tabla 45. Contenido de sodio en hojas, tallos y raíces en genotipos silvestres cultivados en solución salina ($\mu\text{moles/planta}$).

Var	Hojas	Tallos	Raíces
T-1875	70,70	31,17	54,80
T-2237	57,10	24,70	43,03
T-2322	88,56	38,24	89,60
T-832	52,14	28,06	43,02
T-2290	64,50	27,74	40,76
T-996	31,94	22,42	35,06
T-2248	49,73	44,17	42,00
T-833	72,20	26,60	55,00
T-1625	58,70	25,98	34,56
T-2296	69,30	47,07	49,87
MDS 0,05	0,0058	0,0039	0,0055

4. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos en este trabajo tienen gran importancia para el desarrollo del proyecto de mejora del algodón Upland para condiciones de estrés hídrico (Proyecto INIA SC95-084). El análisis de la variabilidad observada en los genotipos permitirá seleccionar los parentales de los cruzamientos a realizar a próxima campaña. Los mismos estudios deberán realizarse con individuos de F1 y F2 para estudios de heredabilidad de los caracteres descritos. Otro aspecto de gran importancia que se derivará de los resultados obtenidos serán los estudios fisiológicos para la determinación de resistencia a sequía y salinidad en condiciones de invernadero y de campo. Estos estudios sólo son posibles a través de la caracterización previa del material llevada a cabo en esta memoria.

Las conclusiones que se derivan de este trabajo pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. La colección de genotipos de algodón estudiada en este trabajo presentó variabilidad genotípica para caracteres como longitud de la raíz primaria, número de raíces secundarias y relación parte aérea/raíces, entre otros caracteres, tanto bajo condiciones de ensayo óptimas como en condiciones de estrés osmótico.

2. Se observaron diferencias en la capacidad germinativa de los genotipos bajo condiciones de estrés salino. Sin embargo, se requiere una evaluación más exhaustiva con semillas de poder germinativo similar para llegar a conclusiones válidas en cuanto a la inhibición de la germinación por salinidad.

3. Las diferencias en el crecimiento de hojas, tallos y raíces en la distribución y acumulación de potasio y sodio, detectadas entre los genotipos estudiados, demuestran una variabilidad en la respuesta a la salinidad. Esta variabilidad debería ser estudiada en detalle para precisar los caracteres mejor relacionados con tolerancia al estrés salino en condiciones de campo.

5. BIBLIOGRAFÍA.

- BLUM A. (1988)** Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- DAVIES W.J., ZHANG J. (1991)** Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 55-76.
- HEWITT E.J. (1966)** Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. (2nd rev. ed.) Commonwealth Agriculture Bureau, Farnham Royal, Great Britain.
- JONES R.A., QUALSET C.O. (1984)** Breeding crops for environmental stress tolerance. En: *Application of Genetic Engineering to Crop Improvement* (G.B. Collins, J.G. Petolino, eds.) pp. 305-340. Martinus Nijhoff-Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, The Netherlands.
- KRAMER P.J. (1983)** Plant and Soil Water Relationships. A Modern Synthesis. McGraw-Hill, New York.
- LEIDI E.O. (1994)** Genotypic variation of cotton in response to stress by NaCl or PEG. En: *Cotton Biotechnology, REUR Technical Series 32* (M.C. Peeters, ed.) pp. 67-73. FAO-Rome.
- LEIDI E.O., GORHAM J. (1996)** Salt and water stress tolerant cotton. En: *Biotechnology in Agriculture and Forestry, Springer-Verlag* (en prensa).
- LEIDI E.O., GUTIERREZ J.C. (1993)** Nota sobre la variabilidad en el crecimiento de raíces de algodón en estado de plántula: Efecto de genotipo y estrés osmótico. *Invest. Agr.: Prod. Prot. veg.* 8: 165-169.

- LEIDI, E.O., LOPEZ J.M., LOPEZ M., GUTIERREZ J.C. (1993) Searching for tolerance to water stress in cotton genotypes: photosynthesis, stomatal conductance and transpiration. *Photosynthetica* 28: 383-390.
- LEIDI E.O., NOGALES R., LIPS S.H. (1991) Effect of salinity on cotton plants grown under nitrate or ammonium nutrition at different calcium levels. *Field Crops Res.* 26: 35-44.
- LEIDI E.O., SÁIZ J.F. (1996) Is salinity tolerance related to Na accumulation in Upland cotton seedlings? *Plant Soil* (en prensa).
- LEIDI E.O., SILBERBUSH M., SOARES M.I.M., LIPS S.H. (1992) Salinity and nitrogen nutrition studies on peanut and cotton plants. *J. Plant Nutr.* 15: 591-604.
- LOPEZ, J.M., E.O. LEIDI, M. LOPEZ, J.C. GUTIERREZ. (1993) Fotosíntesis, conductancia estomática, eficiencia en el uso del agua y temperatura foliar en cultivares de algodón en respuesta al estrés hídrico. *Invest. Agr.: Prod. Prot. veg.* 8: 17-27.
- LOPEZ M., GUTIERREZ J.C., LEIDI E.O. (1995) Selection and characterization of cotton cultivars for dryland production in the South West of Spain. *Eur. J. Agron.* 4: 119-126.
- MAAS E.V. (1986) Salt tolerance of plants. *Appl. Agric. Res.* 1: 12-26.
- MAAS E.V., HOFFMAN G.J. (1977) Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig. Drain. Div.* 103: 115-134.
- McKIMMIE T., DOBRENZ A.K. (1987) A method for evaluation of salt tolerance during germination, emergence, and seedling establishment. *Agron. J.* 79: 943-945.

- NOBLE C.L., ROGERS M.E. (1992)** Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant Soil* 146: 99-107.
- RICHARDS R.A. (1983)** Should selection for yield in saline regions be made on saline or non-saline soils ? *Euphytica* 32: 431-438.
- RICHARDS R.A. (1992)** Increasing salinity tolerance of grain crops: Is it worthwhile? *Plant Soil* 146: 89-98.
- SAIZ J.F., LEIDI E.O. (1994)** Caracteres fisiológicos relacionados con tolerancia a salinidad en algodón. En: *Bases Fisiológicas, Bioquímicas y Moleculares de la Nutrición Mineral de las Plantas*, pp. 38-45. Consejería de Agricultura y Comercio (ed.) Junta de Extremadura.
- SHANNON M.C. (1985)** Principles and strategies in breeding for higher salt tolerance. *Plant Soil* 89: 227-241.
- THOMAS J.R. (1980)** Osmotic and specific salt effects on growth of cotton. *Agron. J.* 72: 407-412.