

## **Selección de Germoplasma de Maní (*Arachis hypogaea*) Tolerante a Estrés Hídrico**

**Paola C. Faustinelli<sup>1,2</sup>, Sara J. Soave<sup>1</sup>, Claudio Oddino<sup>1,3</sup>, Juan A. Soave<sup>1</sup>, Alberto Moresi<sup>1,4</sup>, Mario I. Buteler<sup>1</sup>.**

1-Criadero El Carmen, General Cabrera-Córdoba. 2- Universidad Católica de Córdoba. 3- Fac. de Agronomía y Veterinaria-UNRC. 4- Agrifood S.A.

Corre-e: [mbuteler@criaderoelcarmen.com.ar](mailto:mbuteler@criaderoelcarmen.com.ar)

### **Introducción**

En la último quinquenio, Argentina se ha consolidado como primer exportador mundial de maní (*Arachis hypogaea* L.) para consumo directo o “maní confitería” situándose actualmente por sobre los tradicionales competidores, China y Estados Unidos; se están exportando anualmente más de 600 mil toneladas en manufacturas de maní a más de 70 destinos (6). En el contexto de la producción nacional, Córdoba es la primera provincia productora con un aporte de más del 90% al total nacional, lo que la convierte actualmente en uno de los principales exportadores mundiales de maní.

El sector productivo se enfrenta a una diversidad de factores bióticos y abióticos con serios efectos sobre la producción con un estrecho panorama varietal disponible, lo que no le permite optar por variedades mejor adaptadas a cada una de las condiciones locales o a nuevas demandas o a otros nichos de mercado. Ampliar este panorama varietal e incorporar atributos que respondan a las condiciones locales, debe ser un objetivo prioritario y permanente. En la plantación de más del 70% de la superficie con maní en Córdoba y en el NOA se emplea solo una variedad alto oleico “Granoleico” obtenida en el 2003 (1).

El desarrollo normal y la alta productividad de las plantas muchas veces se ven afectados o interrumpidos por condiciones ambientales desfavorables. Dentro de los estrés abióticos, la sequía es el que especialmente más preocupa. En maní, afecta la producción y calidad de semillas cosechadas. La obtención de plantas con mayor tolerancia a la sequía no sólo aseguraría la estabilidad de los rendimientos en años de escasez hídrica, sino que permitiría extender la frontera productiva a regiones actualmente marginales.

El estrés hídrico tiene gran influencia en la fotosíntesis, nutrición mineral, metabolismo, crecimiento, rendimiento, entre otros. A su vez, influye sobre el crecimiento de malezas, manejo agronómico y en la intensidad de presión de plagas y enfermedades. El maní presenta una sensibilidad al estrés hídrico diferenciada según la etapa del cultivo en la que se encuentre. De allí que en épocas tempranas del crecimiento la cantidad de agua requerida es menor, la que aumenta paulatinamente hasta llegar a un valor máximo hacia la mitad del ciclo y para luego disminuir en la etapa de maduración. El momento más crítico es el de la formación de vainas, pudiendo el déficit hídrico poner en peligro el total de la producción (11). Fenotípicamente, este periodo inicia cuando las vainas comienzan a engrosarse (R3) y termina cuando el grano se separa del tejido interno de la vaina. Temporalmente este periodo ocurre, dependiendo del ciclo de cultivo del genotipo que se trate, entre los 30 y 90 días después de la emergencia de la planta (7). En los genotipos actualmente empleados en Argentina, este período se desarrolla entre los 60 y 90 días.

Fisiológicamente, las plantas que se encuentran en condiciones de estrés hídrico, pierden agua y por ende su potencial hídrico disminuye. Esto ocurre normalmente de forma simultánea con una disminución tanto del potencial de turgencia como del potencial osmótico, al implicar la pérdida de agua una mayor concentración de solutos. El crecimiento de las plantas se desacelera y se provoca la deshidratación celular al ser liberada parte del agua del citosol y de la vacuola al espacio extracelular; además de otros procesos metabólicos, se incrementa también la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y disminuye la actividad fotosintética. Esta limitación de la fotosíntesis, detectable ante un estrés hídrico moderado, se debe a una disminución de la disponibilidad de CO<sub>2</sub> como consecuencia del cierre estomático regulado por el ácido abscísico (ABA) (8).

En general, en la respuesta de las plantas a la sequía se pueden reconocer en tres mecanismos:

- 1) *Mecanismo de escape*, definido como la habilidad que tiene la planta para completar su ciclo antes de que se produzca un déficit hídrico. Este mecanismo involucra un rápido desarrollo fenológico (floración y maduración temprana), buena plasticidad y removilización preanthesis de los asimilados a los granos (16).
- 2) *Mecanismo de aplazamiento o evitación de la deshidratación*, implica la habilidad de las plantas para mantener relativamente alto el potencial hídrico del tejido. El mecanismo para mantener la turgencia puede ser a través de una mayor eficiencia en la exploración del perfil del suelo, de un incremento de la conductividad hidráulica, y de una reducción de la pérdida de agua por evaporación (17).
- 3) *Tolerancia a la sequía*, es la habilidad de resistir al déficit de agua con bajo potencial hídrico del tejido. El mecanismo consiste en mantener la turgencia a través de ajustes osmóticos, aumentar la elasticidad, disminuir el tamaño de las células y tolerar la desecación por medio de la resistencia protoplásmica (18).

Hasta la fecha, la contribución más importante a la tolerancia/resistencia a la sequía proviene del mejoramiento por selección de rasgos fenotípicos como la madurez y floración temprana, que esencialmente favorecen al escape de la condición de estrés en lugar de inducir una resistencia real a la misma. La selección de poblaciones segregantes bajo condiciones de estrés hídrico ha sido un enfoque estándar para desarrollar cultivares con tolerancia/resistencia a la sequía. La selección directa por rendimiento bajo condiciones de estrés puede ser efectiva, pero las limitaciones de este recurso son la alta inversión de recursos y la pobre repetitividad de los resultados debido a la amplia interacción Genotipo/Ambiente, que resultan en un proceso lento del mejoramiento (19).

Un programa de mejoramiento más dinámico y rápido se podría conseguir mediante la selección conjunta de rasgos fisiológicos como el índice de cosecha (IC), eficiencia en el uso del agua (EUA), área foliar específica (SLA) y contenido de clorofila (SCMR); junto con rasgos bioquímicos, como la medición del estrés oxidativo (10, 15).

Dentro de los rasgos fisiológicos, Passioura (12) hipotetizó que el rendimiento (Y) sería función de la transpiración (T), la eficiencia de transpiración (ET) y el índice de cosecha (IC). En el maní, se demostró una variación genotípica significativa para dichos índices, tanto en condiciones bajo maceta como en campo. Sin embargo, la aplicación de este modelo fisiológico en programas de mejoramiento no ha sido posible debido a los inconvenientes en la medición de la T y ET bajo condiciones de campo.

Estudios realizados por Wright *et al.* (19) en maní, sugieren que el Área Foliar Específica (AFE) puede ser utilizada como sustituto en la medición de ET. Sin embargo, Nageswara Rao *et al.* (9) resaltan la importancia de estandarizar el método de muestreo para seleccionar por AFE y manifiesta que la medición de clorofila (SCMR) puede ser utilizado como una técnica rápida, de bajo costo y no destructiva para este tipo de programas de mejoramiento. El medidor de contenido de clorofila, fluorómetro CCM-200 usa la absorvancia de ciertas longitudes de onda para estimar el contenido de clorofila en el tejido foliar, que puede ser correlacionado directamente con la salud y condiciones de la planta (14).

Dentro de los rasgos bioquímicos, el estrés por sequía puede resultar en la acumulación de especies reactivas de oxígeno (ROS), que son especies químicas altamente reactivas y con poder oxidante, que pueden dañar diversos componentes celulares tales como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Estas pueden dar a lugar a reacciones de oxidación indeseadas, contra las cuales los organismos han desarrollado defensas antioxidantes. Por lo tanto, cuando se produce un desequilibrio entre el balance de ROS y las defensas antioxidantes es cuando tiene lugar el daño en los tejidos y el estrés oxidativo. Existen varios marcadores que indican el grado de daño oxidativo, entre ellos el malondialdehído (MDA) que es un subproducto de la peroxidación de lípidos en las membranas biológicas. El aumento en el contenido de esta molécula es indicativo de un incremento del daño oxidativo (2).

El objetivo de este trabajo fue evaluar y caracterizar por tolerancia/resistencia a estrés hídrico a genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.), provenientes de distintas regiones productoras del mundo, que conforman el banco activo de germoplasma del Criadero “El Carmen”, para emplearlos como progenitores en programas de mejoramiento para obtener nuevas variedades.

## **Materiales y métodos**

Los ensayos se llevaron a cabo en el campo experimental del Criadero “El Carmen”, ubicado en la localidad de General Cabrera, Departamento Juárez Célman, Provincia de Córdoba durante las campañas 2007/2008, 2008/2009 y 2009/2010.

En las campañas 2007/2008 y 2008/2009 se sembraron 25 semillas de un tamaño uniforme por cada genotipo a probar en un surco de 2,5 metros de longitud dentro de una parcela que se sometió a estrés hídrico. Se repitió el mismo esquema en otra parcela que se mantuvo a capacidad de campo; mientras que en la campaña 2009/10 se sembraron dos líneas de 25 semillas por cada genotipo seleccionado bajo el mismo esquema. En todos los casos las ubicaciones de cada genotipo dentro de cada parcela fue determinada al azar.

Para la campaña 2007/2008 se eligieron 50 genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.) pertenecientes al banco activo de germoplasma del Criadero El Carmen. Los criterios para seleccionar estos 50 genotipos iniciales fueron: *i)* origen, ya que además de evaluar variedades élite locales, se incluyeron genotipos provenientes de otras regiones donde se cultiva el maní en secano susceptibles a sufrir periodos relativamente prolongados de sequía; *ii)* características morfológicas propias de la especie; *iii)* ciclo de cultivo para una fácil adaptación a las condiciones agroecológicas regionales; y *iv)* comportamiento sanitario óptimo bajo las condiciones regionales evaluadas. El análisis preliminar de estos genotipos (datos no mostrados) permitió reducir el número de materiales a evaluar durante la campaña siguiente, 2008/09, a 23 genotipos, que se sembraron y evaluaron para llegar a 13 genotipos a evaluar en la campaña 2009/10, resultados que se informan en este trabajo.

A partir de los 60 días de la siembra, una de las parcelas sembradas con la totalidad de los genotipos se cubrió completamente mediante un túnel de polietileno cada vez que se producían precipitaciones—tratamiento Sequía—lo que permitió lograr el potencial mátrico objetivo,  $-100$  kPa en los primeros 30 cm de suelo en alrededor de los 15-20 días después de iniciado el tratamiento de cobertura. El tratamiento Control se mantuvo siempre a capacidad de campo mediante riego, según se requiriera.

A los 15 días luego de alcanzar un potencial mátrico de  $-100$  kPa, se realizó un muestreo sobre la segunda hoja totalmente expandida—4 folíolos—en cinco plantas por línea sembrada y por tratamiento. Se registro el contenido de clorofila utilizando el fluorómetro CCM-200. Luego se extrajeron estos mismos folíolos para la determinación en el laboratorio del contenido de MalonDiAldehído (MDA).

El contenido de MDA se determinó de acuerdo a una técnica modificada en base a la de Heath & Packer (1968). El extracto se obtuvo moliendo discos foliares con Tri Cloro Acético (TCA) 0,1% y centrifugando durante 30 minutos a 14.000 rpm. A 0,5 ml del sobrenadante, se le agregó 0,5 ml de TCA/TBA (ácido TioBArbitúrico) (TCA/TBA=0.25%) y se lo calentó a 95 C durante 30 minutos. La concentración de peróxidos de lípidos fue cuantificada en términos de concentración de MDA expresándolo como mMol/mg de peso fresco.

El índice de cosecha (IC) y el rendimiento total de vainas se registraron luego que la planta alcanzara la madurez de cosecha. El primero se calculo como la relación entre peso seco total de la planta y el peso seco de las vainas producidas.

Para cada genotipo y para cada planta se calculo la diferencia entre los valores registrados para cada variable en la parcela control menos los valores registrados en la parcela bajo condiciones de estrés hídrico. Estas diferencias fueron sometidas a análisis de componentes principales y construcción de gráficos “biplot”, análisis de conglomerados, y análisis de árbol de recorrido mínimo.

Debido a que el ensayo de sequía implantado en la campaña 20010-2011 se perdió por un contratiempo en el manejo de la cobertura plástica empleada para generar las condiciones de estrés hídrico, se analizaron los resultados de los Ensayos Comparativos de Rendimiento (E.C.R) del Criadero “El Carmen” de las campañas 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011, realizados en la localidad de General Cabrera, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas consistieron en dos surcos de 12 m de longitud distanciados a 0,70 m, lo que integró una superficie útil de 16,80 m<sup>2</sup> que fue cosechada, trillada y pesada en el laboratorio para obtener el rendimiento total de granos, que se expresa en este informe en kilogramos por hectárea. Luego, para esta variable se validaron los supuestos del análisis de la varianza (normalidad y homocedasticidad) y se realizó un Análisis de la Varianza con el programa estadístico InfoStat (3). Se emplearon como testigos a las variedades Granoleico (AO) y Don Pepe (INTA) y las prácticas de cultivo que se emplearon fueron las habituales para el cultivo del maní en esta región.

En los E.C.R. se emplearon algunas de la líneas y variedades probadas en los ensayos con tratamiento de sequía, y considerando que los registros pluviométricos tomados entre el 01 de noviembre y el 30 de abril de las tres campañas para General Cabrera—Campaña 2008/09: **653 mm**; Campaña 2009/10: **454 mm**; Campaña 2010/11: **647 mm**—muestran que en la campaña 2009/2010 se registró una escases precipitaciones, es posible validar con otra metodología de trabajo algunas de las conclusiones de los ensayos con sequía.

### **Análisis estadísticos**

El análisis de componentes principales (ACP) y los gráficos biplot son técnicas generalmente utilizadas para estudiar conjuntamente la respuesta de las distintas variables en un espacio bidimensional. Con el ACP se construyen dos ejes artificiales—componentes principales—que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretación de la variabilidad y covariabilidad subyacente. Los gráficos “biplot” permiten visualizar observaciones y variables en un mismo espacio, así es posible identificar asociaciones entre observaciones, entre variables y entre variables y observaciones.

En el programa InfoStat graficó las observaciones como puntos y las variables como vectores desde el origen en un espacio bidimensional definido por las dos primeras componentes principales (CP1 y CP2). La distancia entre símbolos representando observaciones y símbolos representando variables no tiene interpretación directa, pero las direcciones tomadas por los símbolos a partir del origen pueden ser interpretadas. Así, las observaciones que se ubican gráficamente en la misma dirección que una variable podrían tener valores relativamente altos para esa variable y valores bajos para variables que se ubican en dirección opuesta. Por otro lado, los ángulos entre los vectores que representan las variables pueden interpretarse en términos de correlaciones entre variables. Ángulos de 90° o 270° entre dos variables indican que ambas variables no están correlacionadas. Valores intermedios entre estos dos, tanto menores como mayores a 90°, implican correlación positiva o negativa, respectivamente. Cuando las longitudes de los vectores son similares, el gráfico sugiere contribuciones similares de cada variable en la representación realizada.

El Análisis de Conglomerados es utilizado frecuentemente como método exploratorio de datos con la finalidad de obtener un mayor conocimiento sobre la estructura de las relaciones entre las observaciones y/o variables en estudio. El dendrograma que se obtiene corresponde a la evolución del agrupamiento en función de la distancia seleccionada, que en este caso fueron distancias euclidianas.

Los Árboles de Recorrido Mínimo (ARM) se construyen uniando puntos que representan observaciones multivariadas y que se proyectan en un plano como resultado de alguna técnica de reducción de dimensión, como un gráfico biplot. Los puntos son conectados con segmentos de líneas rectas tal que todos los puntos queden unidos directa o indirectamente sin “*loops*” o bucles. El ARM es un árbol de recorrido con segmentos conectados de manera que la suma de las longitudes de todos los segmentos es mínima.

Este análisis proporciona información sobre similitudes de las observaciones en otras dimensiones no directamente representadas en el plano.

## Resultados

### **Campaña 2008 - 2009**

En primera instancia, se realizó un análisis de las Componentes Principales y un gráfico “biplot” (Fig. 1) de las variables objeto de estudio: diferencias en el Contenido de MDA (Dif\_MDA), en el Contenido de Clorofila (Dif\_CC), en el Índice de Cosecha (Dif\_IC) y en el Rendimiento (Dif\_Rto). Esto permite analizar que a mayor valor de por ejemplo Dif\_Rto, indicó una mayor diferencia en rendimiento entre ambos tratamientos, lo que implicaría una menor tolerancia al stress hídrico provocado. Los puntos que se alejen de esas diferencias y se concentren alrededor del punto de origen del gráfico representarían al grupo de genotipos más resistentes/tolerantes a las condiciones de sequía. También, se observó que hay una correlación positiva entre las variables Dif\_CC, Dif\_Rto e Dif\_IC, las cuales se correlacionan negativamente con el contenido de MDA. La variable Dif\_CC forma un ángulo cercano al ángulo llano con la variable Dif\_MDA lo que indica que ambas muestran una fuerte correlación negativa. Esto es teóricamente correcto, ya que si el contenido de clorofila en la hoja es alto implica una casi nula peroxidación de lípidos, por lo tanto el contenido de MDA es bajo o nulo. Esta línea permite dividir el plano en dos sectores. Los puntos que se hallen por debajo de la misma y cercanos al origen nos indicarían que estamos en presencia de materiales cuyo comportamiento frente a sequía es superior al de otros más sensibles.

El Análisis de Conglomerados distingue asociaciones posibles entre los valores de las variables y los genotipos estudiados. El dendograma seleccionado (datos no mostrados) distinguió 4 grupos en función de la distancias euclidianas entre los distintos genotipos. Las líneas I-03-78 y 13103-3-B (AO) fueron tratamientos donde se perdieron muestras debido a contaminaciones con *Sclerotinia sp.* por lo que a estas observaciones fueron tratadas como “outliers” ya que no proceden de un grupo de valores estadísticamente confiables.

El gráfico del Árbol de Recorrido Mínimo (Fig. 1) muestra sobre un gráfico “biplot” las uniones entre los puntos que representan a los genotipos mediante vectores de distancias mínimas dentro del espacio multivariado. Se observó que los materiales genéticos que se unen con trazos más cortos verifican los resultados de los otros análisis. En el grupo de genotipos encerrados por un polígono encontramos materiales que se alejan de las variables Dif\_Rdto y Dif\_IC, e inclusive se concentran por debajo de la recta Dif\_MDA – Dif\_CC en la cercanía del punto origen. Esto nos permite relacionar los resultados obtenidos en los distintos análisis y determinar que estos genotipos son los que presentaron una resistencia/tolerancia a sequía superior, los que fueron seleccionados para el ensayo de la campaña 2009/2010.

### **Campaña 2009 - 2010**

El gráfico “biplot” obtenido mostró las asociaciones entre las variables y genotipos, observándose una correlación positiva entre todas las variables, excepto una correlación negativa con el contenido de MDA. La variable dif\_CC formó un ángulo obtuso con la variable dif\_MDA coincidente con la correlación negativa observada en la campaña anterior, lo que ratifica que si el contenido de clorofila en la hoja es alto la peroxidación de lípidos es baja y consecuentemente el contenido de MDA es bajo o nulo.

El dendograma construido en base al Análisis de Conglomerados (datos no mostrados) permitió definir una serie de agrupamientos. El conformado por los genotipos I.99-25, I.03-79, I.03-81, 8199-1-F (AO), 13201-1-1, incluye a aquellos materiales asociados a mayores diferencias en el Rendimiento e Índice de Cosecha, lo que implicaría mayor sensibilidad a condiciones de estrés hídrico. Por otro lado, en el grupo conformado por 12601-2-B-II (AO), I.99-11, EC-48, Pronto (AO), 7698-7-A(AO) y 17104-2-A (AO) encontramos genotipos que se alejan de esas variables e inclusive se concentran por debajo de la recta dif\_MDA – dif\_CC. Esto permite inferir que estos genotipos son los que presentaron una

resistencia/tolerancia a sequía superior. Este resultado es coincidente con los materiales que se unen con trazos más cortos en el Árbol de Recorrido Mínimo (Fig. 2).

### **Ensayos Comparativos de Rendimiento (E.C.R.)**

Luego de comprobar que la prueba de F señalaba la existencia de diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ( $\alpha = 0,05$ ) de los E.C.R., se empleó la prueba de Tukey para comparaciones múltiples entre medias, resultado que no se muestra, y una prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) entre la línea **7698-7-A (AO)** y los respectivos testigos según la campaña de que se tratase. Ambos tipos de comparaciones se realizaron con un nivel  $\alpha = 0.05$ . Los resultados mostraron a las variedades Granoleico y, Don Pepe (INTA) y a la línea **7698-7-A (alto oleico)** entre las de mayor rendimiento en todos los casos y, aunque se detectan diferencias significativas ( $\alpha = 0,05$ ) entre estos materiales, estas diferencias no son consistentes a través de todos los ensayos (Tabla 1).

Sin embargo, cabe destacar el contraste entre el rendimiento total en caja o vaina y el rendimiento total en grano. Comparando ambos rendimientos en las tres campañas se observa una tendencia clara de un mejor comportamiento en cuanto a rendimiento en grano de la línea **7698-7-A (AO)** sobre los otros dos testigos. Se puede afirmar que la línea en selección avanzada **7698-7-A (AO)** rinde consistentemente a un nivel equivalente y aún superior a las mejores variedades alto oleico bajo cultivo, Granoleico y, Don Pepe (INTA), particularmente en los años en los que se presenta mayor estrés hídrico como en la campaña 2009-2010.

### **Discusión y conclusiones**

Los ensayos con tratamientos de sequía inducida permitieron discriminar genotipos con atributos de resistencia/tolerancia a este estrés. Si bien dos campañas con este tipo de ensayos son aún insuficientes para tomar decisiones a mediano o largo plazo, como selección de progenitores, los E.C.R. demostrarían que genotipos detectado en los ensayos de sequía como tolerantes al estrés, se comportan de manera semejante bajo condiciones de cultivo con escasez hídrica, como la campaña 2009/2010 con precipitaciones en General Cabrera de solo 454 mm durante la época de cultivo, mientras que la precipitación normal es de alrededor de 650 mm.

Irigoyen *et al.* (4) mostraron que la cuantificación del contenido de MDA en hoja fue un buen parámetro para estimar la resistencia o susceptibilidad de un genotipo al estrés hídrico, ya que su incremento resultó ser producto de la peroxidación de lípidos causados por el estrés. Así mismo, el contenido de clorofila en el tejido foliar se puede correlacionar directamente con la salud y condiciones de la planta de allí que, una correlación positiva entre las variables dif\_CC, dif\_Rto y dif\_IC permitió agrupar materiales con comportamientos diferenciales frente al estrés hídrico. La selección de genotipos considerando estos atributos fue también postulada por autores como Reddy y Rao (13) quienes informaron que los niveles de clorofila se ven disminuidos al producirse la inhibición de la síntesis de clorofila y por ende, lo consideraron un parámetro de susceptibilidad y Janamatti *et al.* (5) que informaron que un déficit durante el desarrollo de la vaina o de la semilla, reduce el peso de ellas, lo que impacta negativamente sobre el rendimiento potencial del cultivo y su índice de cosecha.

Estos ensayos a lo largo de las tres campañas, permitió conformar un grupo de 6 genotipos que muestran características de resistencia/tolerancia al estrés hídrico aplicado, integrado por: 7698-7-A (AO), I.99-11, EC-48 (AO), PRONTO (AO), 17104-2-A (AO), 12601-2-B-I (AO).

Las técnicas empleadas en este trabajo han sido utilizadas con éxito por autores como Songsri *et al.* (15) debido a la baja interacción Genotipo x Ambiente y la alta heredabilidad de los atributos empleados, lo que ratifica su utilidad para seleccionar progenitores para la obtención de nuevas variedades. Se demuestra que es posible evaluar un número notable de materiales genéticos con una infraestructura sencilla.

Concluyendo, los ensayos realizados constituyen un avance de relevancia para el mejoramiento genético de maní en Argentina, ya que se demuestra que con métodos relativamente rápidos es posible detectar genotipos con resistencia/tolerancia al estrés hídrico. Durante el desarrollo de este trabajo se identificó un genotipo—línea 7698-7-A—que reúne condiciones de calidad y rendimiento como para reemplazar a las mejores variedades actualmente bajo cultivo, y que además muestra tolerancia a las condiciones de estrés hídrico.

### **Bibliografía**

1. Buteler M.I. and J.H. Soave. 2011. Current status and objectives of Nursery El Carmen peanut breeding program. IN: 5th International Conference of the Peanut Research Community on Advances in Arachis through Genomics and Biotechnology. Brasilia, Brazil, June 2011. p. 35.
2. Hossain Z., López-Climent M.F., Arbona V., Pérez-Clemente R.M., Gómez-Cadenas, A. 2009. Modulation of the antioxidant system in citrus under waterlogging and subsequent drainage. *Journal of plant Physiology*. 166(13): 1391-1404.
3. InfoStat 2009. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
4. Irigoyen J.J., Emerich D.W., Sánchez-Díaz M., 1992. Alfalfa leaf senescence induced by drought stress: photosynthesis, hydrogen peroxide metabolism, lipid peroxidation and ethylene evolution. *Physiologia Plantarum*. 84: 67-72.
5. Janamatti V.S., Sashidhar V.R., Prasad I.G. and Sastry K.S.K. 1986. Effect of cycles of moisture stress on flowering pattern, flower production, gynophore length and their relationship to pod yield in bunch types of groundnuts. *Narendra Deva Journal Agriculture Research*. 1(2): 136-142.
6. López G. M. 2011. Serie de estudios sectoriales: Caso del maní y derivados del maní. IN: Fundación INAI (Coord.). Programa de Inserción Agrícola. Apoyo a los procesos de apertura e integración al comercio internacional ATN/ME-9565-RG BID/FOMIN. 128 pp.
7. Mazzani B., 1983. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Oleaginosas. Caracas.
8. McAinsh M.R., Clayton H., Mansfield T.A., Hetherington A.M. 1996. Changes in stomatal behavior and guard cell cytosolic free calcium in response to oxidative stress. *Journal of Plant Physiology* 111 (4): 1031 – 1042.
9. Nageswara Rao R.C., M. Udaykumar G.D. Farquhar H.S. Talwar and T.G. Prasad. 1995. Variation in carbon isotope discrimination and its relationship to specific leaf area and ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase content in groundnut genotypes. *Aust. J. Plant Physiol*. 22:545–551.
10. Nigam S.N., Chandra S., Rupa Sridevi K., Manoha Bhukta A., Reddy G.S., Nageswara Rao R.C., Wright G.C., Reddy P.V., Deshmukh M.P., Mathur R.K., Basu M.S., Vasundhara S., Vindhiya Varman P., and Nagda A.K. 2005. Efficiency of physiological trait-based and empirical selection approaches for drought tolerance in groundnut. *Ann. Appl. Biol*. 146:433–439.
11. Pallas J.E. Jr., Stansell J. R., and Koske T.J., 1979. Effects of drought on Florunner peanuts. *Agron. Journal*. 71: 853-858.
12. Passioura J.B. 1977. Grain yield, harvest index and water use of wheat. *Journal of Australian Institute of Agricultural Science* 43: 117–120.
13. Reddy A.J. and Rao I.M. 1968. Influence of induced water stress on chlorophyll components of proximal and distal leaflets of groundnut plants. *Curr. Science*. 5(3):118-121.
14. Sheshshayee M. S., Bindumadhava H., Rachaputi N.R., Prasad T.G., Udayakumar M., Wright G.C. & Nigam S.N. 2006. Leaf chlorophyll concentration relates to transpiration efficiency in peanut. *Ann Appl Biol* 148, 7–15.
15. Songsri P., Jogloy S., Holbrook C.C., Kesmla T., Vorasoot N., Akkasaeng C. and Patanothai A. 2008. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agricultural Water Management* 96: 790 – 798.

16. Turner N. C. 1979. Drought resistance and adaptations to water deficits in crop plants. *Stress Physiology in Crop Plants* (eds Mussell, H. and Staples, R. C.), Wiley, New York. Pags.: 343–372.
17. Turner N. C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13, 175–190.
18. Ugherughe P. O. 1986. Drought and tropical pasture management. *Journal of agronomy and Crop Science*. Vo.: 157: 13–23.
19. Wright G.C., Nageswara Rao R.C. and Basu M.S. 1996. A physiological approach to the understanding of genotype by environment interactions -A case study on improvement of drought adaptation in peanut. In: Cooper, M. and Hammer, G.L. (eds.) *Plant Adaptation and Crop improvement*. CAB International, Wallingford, UK: 365–381.



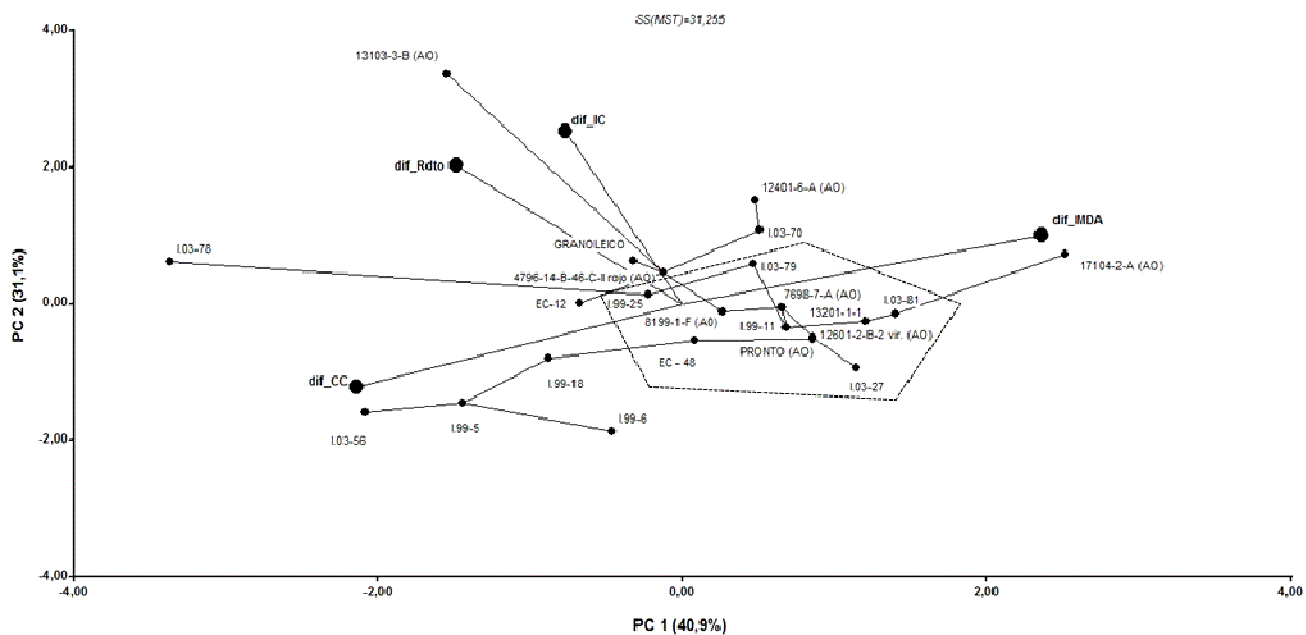


Figura 1: “Biplot” con Árbol de Recorrido Mínimo campaña 2008/09.

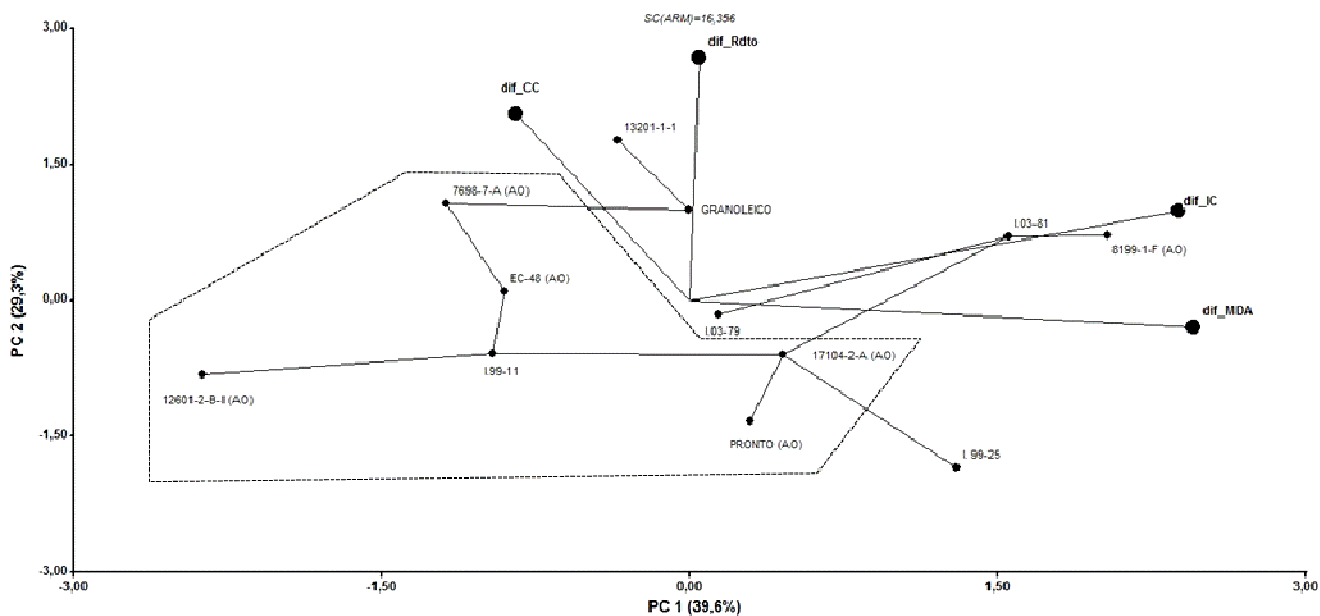


Figura 2: “Biplot” con Árbol de Recorrido Mínimo campaña 2009/10.

**Tabla 1:** Cuadro de Análisis de varianza (SC tipo III) del rendimiento en caja y en grano (kg/hectárea) en los E.C.R. de las campañas 2008/2009 (653 mm), 2009/2010 (454 mm) y 2010/2011 (647 mm). Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

E.C.R.	2008/2009		2009/2010		2010/2011	
Genotipo	Rendimiento en caja (kg/ha)	Rendimiento en grano (Kg/ha)	Rendimiento en caja (kg/ha)	Rendimiento en grano (Kg/ha)	Rendimiento en caja (kg/ha)	Rendimiento en grano (Kg/ha)
Don Pepe	6726,19 A	4026,30 A	3750,00 AB	1983,00 B	4603,17 A	2698,38 A
7698-7-A	6531,74 AB	4062,74 A	4067,46 A	2311,54 A	4484,13 A	2802,58 A
Granoleico	5841,27 B	4312,03 A	3630,95 B	1960,71 B	4007,94 A	2496,94 A