

## INOCULACIÓN DE MANÍ (*Arachis hipogaea* L.) CON DIFERENTES CEPAS DEL GÉNERO *Bradyrhizobium* Y SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO

### INOCULATION OF PEANUT (*Arachis hipogaea* L.) WITH DIFFERENT *Bradyrhizobium* STRAINS AND THEIR EFFECT ON CROP GROWTH AND YIELD

Nelson Zapata<sup>1\*</sup>, Marisol Vargas<sup>1</sup>, Macarena Gerding<sup>1</sup>, Marco Chandía<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

\* Autor para correspondencia: E-mail: nzapata@udec.cl.

#### RESUMEN

El maní es una interesante alternativa productiva para los agricultores de la zona central de Chile. Sin embargo, en esta zona no existe disponibilidad de inoculantes para promover la fijación biológica de nitrógeno en el cultivo. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de tres diferentes cepas del género *Bradyrhizobium* sobre el crecimiento y el rendimiento de maní tipo Valencia. Para ello se estableció un experimento de campo, en la Estación Experimental el Nogal de la Universidad de Concepción, empleando un diseño de bloques completos al azar. Las cepas evaluadas fueron C-145, SEMIA 6144 y una aislación del inoculante comercial, las cuales fueron aplicadas en medio líquido; además se consideraron dos tratamientos, con y sin fertilización nitrogenada. Cada unidad experimental estuvo compuesta por parcelas de 9,6 m<sup>2</sup>. A inicios de floración se cuantificó contenido de clorofila, número de nódulos por planta, porcentaje de nódulos activos. A cosecha se determinó distribución de la biomasa y rendimiento de vainas, semilla, residuo no cosechable y el peso de 1000 semillas. Los inoculantes evaluados promovieron un aumento significativo del crecimiento de plantas de maní, comparadas con plantas sin aplicación de nitrógeno y no inoculadas; esto se expresó principalmente en el contenido de clorofila presente en las hojas, en la acumulación y distribución de biomasa en la planta y en el rendimiento y peso de la semilla obtenidos. La cepa aislada del inoculante comercial mostró el mejor desempeño.

**Palabras clave:** leguminosas, oleaginosas, fijación biológica de nitrógeno, inoculantes.

#### ABSTRACT

Groundnut has emerged as an interesting productive alternative for farmers in the central zone of Chile. However, there are no available bacterial inoculants in this area, to promote biological nitrogen fixation in this crop. The aim of this study was to determine the effect of three different *Bradyrhizobium* strains on Valencia type groundnut growth and yield. A field experiment was conducted at the experimental station "El Nogal" at the University of Concepción, using a completely randomized block design. The evaluated strains were C-145, SEMIA 6144 and an isolate from the commercial inoculant, which were applied as liquid inoculants. Two uninoculated treatments were included: one with and one without nitrogen fertilization. Each experimental unit consisted of plots of 9.6 m<sup>2</sup>. At early bloom, chlorophyll content was measured, and nodule number and nodule activity were also recorded. At harvest, the biomass distribution and pod yield, seed, foliage and 1000 kernel dry weight were determined. The inoculants induced a significant increase on plant growth in comparison to uninoculated plants without nitrogen. This was expressed as leaf chlorophyll content, ac-

**cumulation and distribution of plant biomass, and in seed yield and dry weight. The strain isolated from the commercial inoculant showed the best performance.**

**Key words:** pulses, oil crops, biological nitrogen fixation, inoculants

## INTRODUCCIÓN

El nitrógeno se encuentra en la naturaleza fundamentalmente como gas (79% de la atmósfera), pero de esta forma no es útil para las plantas ya que son incapaces de aprovecharlo directamente. Sin embargo, existen microorganismos que son capaces de fijarlo y transformarlo en formas fácilmente asimilables para las plantas, lo que se denomina fijación biológica de nitrógeno (FBN) (Moreira y Siqueira, 2002). La FBN corresponde al proceso por el cual algunos microorganismos reducen el nitrógeno contenido en el aire por medio de la actividad enzimática de la nitrógenasa dejándolo disponible para las plantas (Masson-Boivin et al., 2009).

Entre los microorganismos fijadores de nitrógeno destacan por su eficiencia las bacterias asociadas a leguminosas, del género *Rhizobium*, comúnmente llamadas rizobios. Los rizobios se pueden asociar a una leguminosa específica y vivir en simbiosis con ésta; así los rizobios proveen a la planta de nitrógeno en su forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), y la planta provee a la bacteria de la energía requerida para el proceso de fijación de nitrógeno, proveniente de la fotosíntesis (Urzúa, 2005).

La fijación biológica presenta múltiples beneficios para un sistema productivo y para el suelo, por ser un proceso natural que no genera un impacto ambiental negativo. Este proceso, en términos generales, es responsable del 65% del nitrógeno incorporado por las plantas, y el potencial de fijación a nivel mundial es de 175 millones de toneladas de  $\text{N}_2$  año<sup>-1</sup>, gran parte del cual es generado por leguminosas en asociación con rizobios, según lo que describen Moreira y Siqueira (2002).

La asimilación de nitrógeno en plantas leguminosas puede ocurrir por dos vías: la asimilación directa de nitrógeno desde el suelo, en donde la absorción de fertilizante o materia orgánica nitrificada ocurre a través de las raíces, o vía fijación de nitrógeno atmosférico, la que ocurre en los nódulos radiculares inducidos por la acción de los rizobios. De esta forma, el nitrógeno fijado es incorporado de forma estructural en aminoácidos y proteínas, además de participar en otras funciones metabólicas tales como fotosíntesis y división celular (Masson-Boivin et al., 2009).

La FBN se considera uno de los componentes críticos para la producción con altos rendimientos en cultivos de leguminosas (Valetti et al., 2008).

Los rizobios del género *Bradyrhizobium* establecen interacciones simbióticas con soya (*Glycine max* L.), lupino (*Lupinus albus* L.), caupí (*Vigna unguiculata* L.) y maní *Arachis hypogaea* L.), entre otras plantas leguminosas (Howieson y Ballard, 2004). Algunas prácticas de inoculación de leguminosas (como el maní) con bacterias del género *Bradyrhizobium* pueden aumentar la capacidad de la planta para fijar nitrógeno del aire y reducir así la necesidad de fertilizantes nitrogenados (Bogino et al., 2006). La asociación *Bradyrhizobium*-leguminosa puede alcanzar una capacidad fijadora de nitrógeno de 500 kg de N ha año<sup>-1</sup>, y en particular el maní fija entre 33 y 297 kg de  $\text{N}_2$  ha año<sup>-1</sup> (Moreira y Siqueira, 2002). Un cultivo de maní con rendimiento del orden de 3.000 kg de frutos por hectárea extrae aproximadamente 190 kg de nitrógeno (Bonadeo y Moreno, 2006), produciéndose la mayor absorción transcurridos dos meses desde su establecimiento (Cholaky et al., 1984), por lo cual la fijación biológica podría suplir una parte importante de esta demanda.

A pesar de las ventajas que conlleva la simbiosis *Bradyrhizobium*-leguminosa, estos microorganismos no siempre están presentes en el suelo, y si lo están, su población es baja o en algunos casos de baja efectividad. En estos casos existe la posibilidad de adicionar rizobios de manera artificial a través de la semilla, práctica conocida como inoculación. La inoculación de semillas tiene un bajo costo para el agricultor, no representa más de un 5% del costo total de la semilla (Urzúa, 2005).

El cultivo de maní abarca unos 20 millones de hectáreas en todo el mundo (FAPRI, 2012). En Chile la superficie alcanzaba 15 hectáreas el año 2007 (INE, 2007). Puede ser sembrado desde la Región del Bío-Bío hacia el norte, aunque tradicionalmente se ha concentrado en explotaciones distribuidas en la Provincia del Cachapoal (INE, 2007). El maní podría ser una excelente alternativa productiva para los agricultores de la zona central y centro-sur de Chile, sin embargo, existe escasa información técnica para su manejo agronómico lo que limita su desarrollo. Tampoco se conocen bien los beneficios de la inoculación con rizobios y sus posibilidades reales de ser implementada como práctica apropiada para este cultivo. Es por ello que el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la inoculación de semillas de maní con cepas de bacterias del género *Bradyrhizobium* sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación geográfica y características edafoclimáticas del sitio experimental

Este estudio se realizó en la Estación Experimental "El Nogal" dependiente de la Universidad de Concepción, la cual se ubica en la Provincia de Ñuble, Región del Biobío, Chile (36°35' S, 72°04' W y 140 m.s.n.m.). El suelo del sitio experimental corresponde a la Serie Arrayán (medial, amorphous, thermic Humic Haploxerands), con topografía plana con pendientes simples de 0 a 1% (Stolpe, 2006). El clima de esta localidad es mediterráneo templado con temperaturas mínimas y máximas anuales de 6,9 y 20,2°C, respectivamente, con un período libre de heladas de 5-6 meses y con una precipitación anual promedio de 1.200 mm (Del Pozo y Del Canto, 1999).

### Cepas de *Bradyrhizobium*

Para este estudio se contó con tres cepas diferentes de bacterias del género *Bradyrhizobium*. Estas cepas fueron cedidas por la Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina, y correspondían a C-145 (INTA-Castelar, Argentina); SEMIA 6144 (MIRCEN, Brasil) y un inoculante comercial, (Adhere® Maní, Becker Underwood, Argentina). Las cepas fueron cultivadas en medio extracto de levadura manitol. Para el caso del inoculante comercial, dado que las bacterias se encontraban en medio turba, se efectuó el aislamiento de las bacterias y posterior cultivo en el medio antes señalado, sin determinar si había más de una cepa presente en el inoculante.

### Establecimiento y manejo agronómico del experimento

Se estableció un experimento con cinco tratamientos, consistentes en tres tratamientos de inoculación de las semillas con el inoculante comercial y las cepas C-145 y SEMIA 6144, y dos tratamientos sin inoculación; uno con fertilización nitrogenada (N+) y otro tratamiento sin fertilización nitrogenada (N-). El experimento fue dispuesto en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental correspondió a una parcela de 9,6 m<sup>2</sup> establecida en sistema de hileras simples espaciadas a 60 cm (4 hileras de 4 m de largo). La siembra se realizó el 15 de noviembre de 2010.

El suelo se preparó secuencialmente con arado vertedera, rastra de discos y vibro-cultivador, luego se abrieron surcos de siembra manualmente con binador hasta 8 cm de profundidad. En base al análisis químico del suelo correspondiente al lugar en donde se realizó el experimento se aplicó en el fondo del surco una fertilización base general equivalente a 150 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triple, 100 kg ha<sup>-1</sup> de muriato de potasio y 100 kg ha<sup>-1</sup> de cal.

Una vez incorporado el fertilizante se distribuyeron las semillas en los surcos a una distancia sobre hilera de 5 cm y profundidad de 3-4 cm. La semilla de maní que se utilizó en este experimento correspondió a una línea experimental del tipo Valencia, seleccionada en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción (L-20), la cual fue previamente desinfectada con Thiuram a razón de 160 g cada 100 kg de semilla. En los tratamientos de inoculación, cada cepa e inoculante comercial fueron aplicados en medio líquido a razón de 1,5 L ha<sup>-1</sup> (1 × 10<sup>9</sup> unidades formadoras de colonias (UFC) mL<sup>-1</sup>) diluida en 50 litros de agua. Cada dilución se aplicó a chorro continuo sobre las semillas dispuestas en los surcos, los cuales posteriormente fueron tapados. En los tratamientos en que no correspondía la aplicación de inoculantes se aplicó agua destilada. Transcurridas ocho semanas desde su establecimiento (prefloración), y sólo en el tratamiento N+, se aplicó 120 kg ha<sup>-1</sup> de urea. Durante todo el ciclo de crecimiento el experimento fue mantenido libre de malezas. A partir de diciembre y hasta fines de febrero se proporcionaron riegos homogéneos al cultivo, con una frecuencia semanal. Para facilitar la formación de frutos se realizaron dos aporcas durante el periodo de cultivo (1<sup>ra</sup> semana de enero y 1<sup>ra</sup> semana de febrero). La cosecha se efectuó el 15 de abril de 2011, es decir, 151 días después de la siembra (DDS).

### Evaluaciones a inicios de floración (67 DDS)

**Índice de clorofila.** Se empleó un medidor de clorofila portátil (SPAD 502 Minolta). En plantas situadas en las hileras centrales de cada parcela se efectuaron 10 determinaciones al azar en hojas del tercio superior de la planta. Los valores obtenidos dentro de cada repetición fueron promediados y el valor obtenido fue considerado para el análisis estadístico.

**Número de nódulos por planta.** Desde cada parcela se extrajeron dos plantas y en cada una se contabilizó el número total de nódulos presentes en las raíces. El valor promedio fue considerado para el análisis estadístico.

**Porcentaje de nódulos activos por planta.** Los nódulos previamente contabilizados fueron seccionados transversalmente con escalpelo y mediante observación visual fueron clasificados como activos o no activos. Se consideró como nódulos activos a aquellos que presentaban coloración rosada en su interior. Los datos fueron expresados en porcentaje.

### Evaluaciones a cosecha (151 DDS)

**Distribución de biomasa en la planta.** Se extrajeron dos plantas al azar desde cada parcela. Cada planta fue separada en hojas, tallos, raíces y frutos. Cada sección fue deshidratada a 65°C por 72 horas

para luego registrar su peso seco. El valor promedio fue considerado para el análisis estadístico. Adicionalmente se cosecharon las plantas contenidas en los dos metros lineales de las dos hileras centrales de cada parcela (2,4 m<sup>2</sup>) y se determinó:

**Peso seco de frutos.** Los frutos obtenidos fueron secados y deshidratados en estufa a 65°C por 72 horas y posteriormente fueron pesados. Los datos fueron expresados en kg ha<sup>-1</sup>.

**Peso seco de semilla.** Una vez secos los frutos fueron descascarados y se pesó el total de semillas obtenidas, los datos obtenidos fueron expresados en kg ha<sup>-1</sup>.

**Peso de 1000 semillas.** De la semilla cosechada se obtuvieron al azar tres lotes de 1000 semillas por parcela los cuales fueron pesados. Los valores obtenidos para cada parcela fueron promediados y el valor obtenido fue considerado para el análisis estadístico.

**Peso seco del residuo.** El residuo no cosechable fue secado en estufa a 65°C por 72 horas y posteriormente fue pesado. Los datos obtenidos fueron expresados en kg ha<sup>-1</sup>.

#### Análisis de datos

Los datos obtenidos en este experimento fueron sometidos a análisis de varianza, previa comprobación de los supuestos de dicho análisis, y sus medias fueron comparadas mediante el test DMS ( $p \leq 0,05$ ). Para realizar todos los análisis se empleó el software Statgraphics Plus® versión 4.0 (Llovet et al., 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Índice de clorofila

A inicios de floración, el índice de clorofila expresado como unidades SPAD, varió significativamente en los distintos tratamientos (Fig. 1). Los tratamientos N+ e inoculante comercial alcanzaron los mayores niveles de clorofila, 36,90 y 36,23 unidades SPAD, respectivamente. En tanto que el tratamiento control (N-) registró 31,26 unidades SPAD siendo el valor más bajo. Estas mediciones reflejan el nivel de clorofila a inicios de la floración de esta leguminosa, período en el cual la planta presenta la mayor demanda de nitrógeno ya que marca el inicio de la fase reproductiva (Fernández et al., 2006).

Si se considera que existe una relación directa entre el índice de clorofila y el contenido de nitrógeno en la hoja, es posible señalar que la FBN producto de la inoculación con la cepa proveniente del inoculante comercial fue capaz de suministrar similar cantidad de nitrógeno a la planta que la fertilización nitrogenada (120 kg ha<sup>-1</sup> de urea). El nitrógeno absorbido directamente desde el suelo o el proveniente de la FBN (en asociación con *Bradyrhizobium*), es utilizado y traslocado por la planta, con el objetivo de continuar su actividad fotosintética y para completar su desarrollo fenológico, incrementándose la cantidad de nitrógeno utilizado en la etapa reproductiva de la misma (Nageswara et al., 2001; Bonadeo y Moreno, 2006).

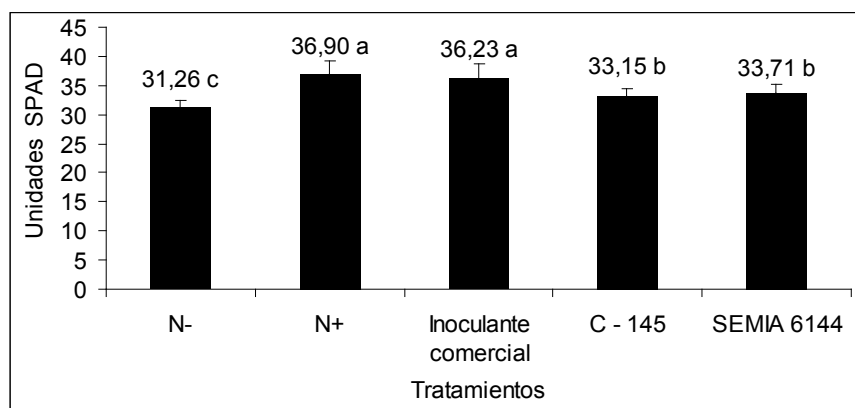


Fig. 1. Contenido de clorofila (unidades SPAD) en estado de inicios de floración para diversos tratamientos de inoculación aplicados en maní tipo Valencia.

Fig. 1. Chlorophyll content (SPAD units) at early flowering state to different inoculation treatments applied to Valencia type groundnut.

### Número de nódulos por planta

Se observó diferencias en la cantidad de nódulos por sistema radical entre los tratamientos inoculados y no inoculados (Fig. 2). Los tratamientos inoculados con inoculante comercial y C-145 presentaron mayor número de nódulos por planta, aunque esto no necesariamente se relaciona con mayor fijación ya que también hay que considerar su capacidad de fijación. A su vez, la cepa SEMIA 6144 registró el menor número de nódulos por planta en comparación con el inoculante comercial.

La presencia de nódulos en los tratamientos sin inoculación fue inesperada para una especie que no se cultiva habitualmente en estos suelos. Esto indica que en el suelo utilizado para este estudio existían cepas naturalizadas de *Bradyrhizobium* sp. o de otros géneros, las cuales fueron capaces de interactuar simbióticamente con maní. Al respecto, esta especie ha sido catalogada por algunos autores como una especie que puede establecer simbiosis con diferentes especies de *Bradyrhizobium* (Alwi et al., 1989; Bogino et al., 2008) y con algunas del género *Rhizobium* (El-Akhal et al., 2008), las que podrían haber estado presentes en el suelo.

### Porcentaje de nódulos activos

Los nódulos activos fueron aquellos que presentaron una coloración rojiza en su interior. Esta coloración es indicador de la presencia de la proteína leghemoglobina, que es generada por la propia planta, con el propósito de proteger la en-

zima nitrogenasa de la inactivación por oxígeno y así permitir la fijación o reducción de nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) y transformarlo en nitrógeno mineral ( $NH_3^-$ ) por acción de la misma enzima nitrogenasa, dejando el nitrógeno disponible y en la cantidad necesaria para la síntesis proteica (Urzúa, 2005). La ausencia de coloración rojiza en algunos de los nódulos examinados, indicó que el nódulo no estaba aportando nitrógeno a la planta, lo que puede muchas veces transformarse en un parasitismo (Djordjevic et al., 1987; Boogerd y Van Rossum, 1997).

El porcentaje de nódulos activos fue variable entre los tratamientos (Figura 3). Los tratamientos inoculados presentaron mayor porcentaje de nódulos activos que los no inoculados (N- y N+). No se observó diferencias significativas en el porcentaje de nódulos activos entre las distintas cepas evaluadas (Inoculante comercial, C-145 y SEMIA 6144), los cuales variaron entre 69,71 y 80,15%. La cepa SEMIA 6144 sólo alcanzó 69,71% de nódulos activos, lo cual puede estar relacionado con su lenta capacidad de reacción para adaptarse a condiciones ambientales desfavorables, tales como alta temperatura y salinidad (Medeot et al., 2007).

### Distribución de biomasa en la planta

La planta acumuló biomasa de forma diferenciada según cada órgano, independiente del tratamiento. La mayor proporción de biomasa se concentró en los frutos (41 a 56%, según tratamiento), luego en tallos, hojas y en una propor-

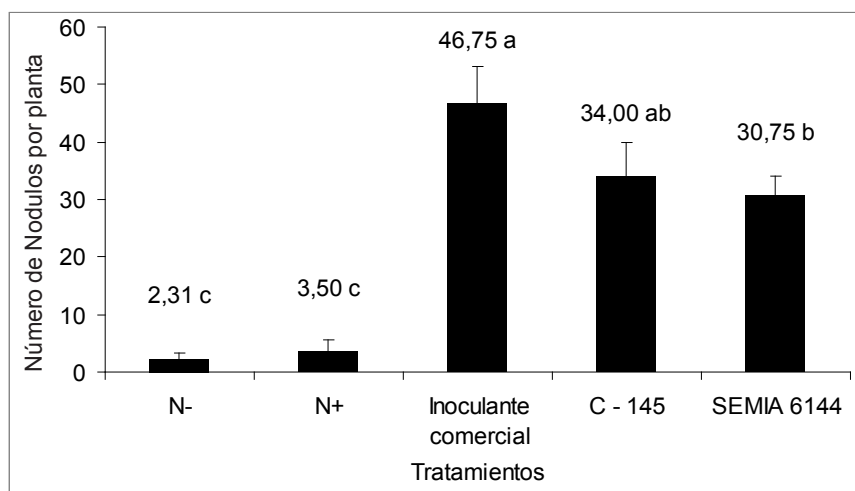


Fig. 2. Número de nódulos presentes en plantas de maní en estado de inicios de floración para diversos tratamientos de inoculación aplicados en maní tipo Valencia.

Fig. 2. Number of nodules present in plants at early flowering state for different inoculation treatments applied to Valencia type ground nut.



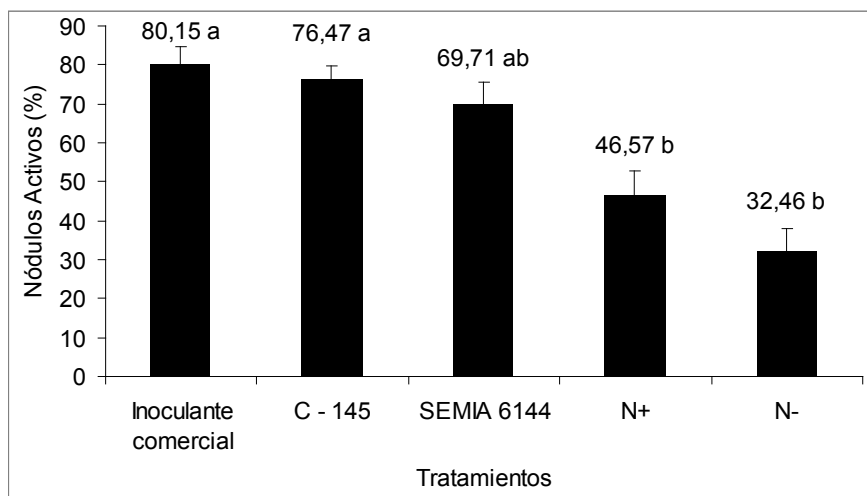


Fig. 3. Porcentaje de nódulos activos en plantas a inicios de floración para diversos tratamientos de inoculación aplicados en maní tipo Valencia.

Fig. 3. Percentage of active nodules in early flowering plants for different inoculation treatments applied to Valencia type ground nut.

ción menor en las raíces (Tabla 1). Ello responde a que las plantas de maní, durante su desarrollo reproductivo, destinan principalmente nutrientes a los frutos, en desmedro de las demás secciones de la planta (Fernández et al., 2006). La fertilización nitrogenada (N+) y la inoculación con las tres diferentes cepas demostraron igual eficacia ya que las plantas acumularon la misma proporción de biomasa en hojas y frutos. Comparando la biomasa contenida en tallos y raíces, ésta no fue diferente entre plantas inoculadas con las tres diferentes cepas. La biomasa total acumulada en todos los tratamientos varió entre 20,96 y 40,94 g planta<sup>-1</sup>, el inoculante comercial permitió un crecimiento de las plantas significativamente mayor al resto de los tratamientos. Las cepas SEMIA 6144 y C-145, alcanzaron la misma eficacia que la fertilización nitrogenada. El maní tiene altos requerimientos de nitrógeno para alcanzar un buen desarrollo y adecuada acumulación de biomasa, particularmente en los frutos y las semillas, pero no siempre es capaz de suplir sus requerimientos a partir del nitrógeno captado sólo en la FBN (Lanier et al., 2005).

#### Producción de biomasa por unidad de superficie

La producción de materia seca por unidad de superficie fue analizada considerando producción de vainas, semillas, residuo no cosechable y peso de mil semillas (Tabla 2). El peso de vainas, fluctuó entre 1.446 kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento con el inoculante comercial y 913 kg ha<sup>-1</sup> para el tratamiento N-. En cuanto a producción de semilla se alcanzaron valores, máximos y mínimos para el

tratamiento con inoculante comercial 895 kg ha<sup>-1</sup> y para el tratamiento control 616 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. El tratamiento inoculado con la cepa SEMIA 6144, a pesar de ser una cepa de lento desarrollo y nodulación (Medeot et al., 2007), logró el equivalente a 729 kg ha<sup>-1</sup> siendo estadísticamente superior al control sin nitrógeno (N-).

En maní, así como para otras leguminosas, el residuo no cosechable o cantidad de follaje acumulado tiene directa relación con el suministro de nitrógeno (Fageria, 2009). En este estudio, el tratamiento fertilizado con nitrógeno alcanzó la mayor producción de materia seca, llegando a generar 2.548 kg ha<sup>-1</sup>, superando ampliamente al tratamiento donde se empleó el inoculante comercial (1.819 kg ha<sup>-1</sup>). A su vez, el tratamiento control (N-) acumuló tan sólo 1.382 kg ha<sup>-1</sup> de material residual. La inoculación con el inoculante comercial también permitió la obtención de semillas de mayor peso (0,521 g) en comparación con el resto de los tratamientos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio resultan muy interesantes, ya que las cepas fijadoras de nitrógeno comparadas con un nivel de fertilización nitrogenada relativamente normal para el cultivo de maní, fueron capaces de promover rendimientos iguales o superiores al obtenido con la aplicación de nitrógeno. Ello tiene gran importancia ambiental y económica, ya que permitiría reducir los costos al agricultor dedicado a este cultivo, por concepto de uso de fertilizante nitrogenado, lo que a su vez reduce la presión por fertilizante nitrogenado sintético y elimina el riesgo de contaminación ambiental.

**Tabla 1. Partición de biomasa al momento de cosecha para diversos tratamientos de inoculación aplicados en maní tipo Valencia.****Table 1. Biomass partitioning at harvest for different inoculation treatments applied to Valencia type groundnut.**

Tratamientos	Partición de biomasa				
	Hojas	Tallos	Raíces	Frutos	Total
	g MS <sup>-1</sup> pl <sup>-1</sup>				
Control (N-)	3,58 ± 1,15 b	4,81 ± 1,39 c	0,81 ± 0,11 b	11,76 ± 2,62 b	20,96 ± 2,12 a
Fertilizante (N+)	5,27 ± 1,61 ab	7,51 ± 2,44 bc	1,02 ± 0,26 b	14,33 ± 2,62 ab	28,13 ± 3,00 b
Inoculante comercial	8,41 ± 2,96 a	12,41 ± 5,12 a	2,01 ± 0,91 a	18,11 ± 7,67 a	40,94 ± 4,17 c
C-145	6,19 ± 1,88 ab	9,04 ± 2,34 abc	1,61 ± 0,68 ab	16,05 ± 3,87 ab	32,89 ± 1,88 b
SEMIA 6144	7,17 ± 3,44 a	11,11 ± 4,21 ab	1,51 ± 0,46 ab	14,02 ± 2,83 ab	33,81 ± 2,01 b

Letras distintas en la misma columna indican que los valores difieren significativamente. ANDEVA, test DMS ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 2. Rendimiento a cosecha para diversos tratamientos de inoculación aplicados en maní tipo Valencia.****Table 2. Yields at harvest time for different inoculation treatments applied to Valencia type groundnut.**

Tratamiento	Vaina	Semilla	Residuo	Peso 1000 semillas
	kg ha <sup>-1</sup>			g
Control (N-)	913 ± 86 c	616 ± 54 c	1.382 ± 64 c	495 ± 31 b
Fertilizante (N+)	1.142 ± 74 b	719 ± 31 b	2.548 ± 118 a	464 ± 41 b
Inoculante comercial	1.446 ± 55 a	895 ± 72 a	1.819 ± 54 b	521 ± 53 a
C-145	1.103 ± 46 b	714 ± 34 b	1.542 ± 44 b	495 ± 51 b
SEMIA 6144	1.083 ± 49 b	729 ± 86 b	1.545 ± 56 b	498 ± 51 b

Letras distintas en la misma columna indican que los valores difieren significativamente. ANDEVA, test DMS ( $p \leq 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

Los inoculantes evaluados promovieron un aumento significativo del crecimiento de plantas de maní, comparadas con plantas sin aplicación de nitrógeno. Esto se expresó principalmente en el contenido de clorofila presente en las hojas, en la acumulación y distribución de biomasa en la planta y en el rendimiento y peso de la semilla obtenidos. La cepa aislada del inoculante comercial mostró el mejor desempeño.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Doctora Stella Castro de la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto por cedernos las cepas SEMIA 6144 (MIRCEN, Brasil) y C-145 (INTA-Castelar, Argentina) empleadas en este estudio. Esta investigación fue financiada por la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción, proyecto DIUC N° 211.122.022-1.0.

## LITERATURA CITADA

- Alwi, N., J.C. Wynne, J.O. Rawlings, T.J. Schneeweis, and G.H. Elkan. 1989. Symbiotic relationship between *Bradyrhizobium* strains and peanut. *Crop. Sci.* 29(1):50-54.
- Bogino, P., E. Banchio, L. Rinaudi, G. Cerioni, C. Bonfiglio, and W. Giordano. 2006. Peanut (*Arachis hypogaea*) response to inoculation with *Bradyrhizobium* sp. in soils of Argentina. *Ann. Appl. Biol.* 148(3):207-212.
- Bogino, P., E. Banchio, C. Bonfiglio, and W. Giordano. 2008. Competitiveness of a *Bradyrhizobium* sp. strain in soils containing indigenous Rhizobia. *Curr. Microbiol.* 56(1):66-72.
- Bonadeo, E., e I.S. Moreno. 2006. Nutrición mineral. p. 113-120. En E.M. Fernández y O. Giayetto (Comp.). El cultivo del maní en Córdoba. Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.
- Boogerd, F.C., and D. van Rossum. 1997. Nodulation of groundnut by *Bradyrhizobium*: a simple infection process by crack entry. *FEMS*

- (Fed. Eur. Microbiol. Soc.) Microbiol. Rev. 21(1):5-27.
- Cholaky, L., A. Cantero, I. Moreno y E. Bonadeo. 1984. Acumulación de materia seca y absorción y distribución de N, P, K, Ca, Mg, Na y C en maní (*Arachis hypogaea* L.). Revista Universidad Nacional de Río Cuarto 4(1):13-40.
- Del Pozo, A. del, y P. del Canto. 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos en la VII y VIII regiones. Serie Quilamapu N°113. INIA Quilamapu, Chillán, Chile.
- Djordjevic, M.A., D.W. Gabriel, and B.G. Rolfe. 1987. *Rhizobium* - the refined parasite of legumes. Annu. Rev. Phytopathol. 25:145-168.
- El-Akhal, M.R., A. Rincón, F. Arenal, M.M. Lucas, N. El Mourabit, S. Barrijal, and J.J. Pueyo. 2008. Genetic diversity and symbiotic efficiency of rhizobial isolates obtained from nodules of *Arachis hypogaea* in northwestern Morocco. Soil Biol. Biochem. 40(11):2911-2914.
- Fageria, N.K. 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida, USA.
- FAPRI. 2012. U.S. and world agricultural outlook. Iowa: Food and Agricultural Policy Research Institute. Iowa State University. University of Missouri, Columbia, USA.
- Fernández, E., O. Giayetto, y L. Cholaky. 2006. Crecimiento y desarrollo. p. 73-85. En E.M. Fernández y O. Giayetto (Comp.). El cultivo de maní en Córdoba. Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.
- Howieson, J., and R. Ballard. 2004. Optimizing the legume symbiosis in stressful and competitive environments within southern Australia - some contemporary thoughts. Soil Biol. Biochem. 36(8):1261-1273.
- INE. 2007. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal: Resultados Preliminares 2006-2007. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Santiago, Chile.
- Lanier, J.E., D.L. Jordan, J.F. Spears, R. Wells, and P.D. Johnson. 2005. Peanut response to inoculation and nitrogen fertilizer. Agron. J. 97(1):79-84.
- Llovet, J., D. Delgado, y J. Martínez. 2000. Statistics Plus 4: guía práctica para usuarios. Ediciones Anaya Multimedia, Madrid, España.
- Masson-Boivin, C., E. Giraud, X. Perret, and J. Bantut. 2009. Establishing nitrogen-fixing symbiosis with legumes: how many rhizobium recipes? Trends Microbiol. 17(10):458-466.
- Medeot, D.B., M.A. Bueno, M.S. Dardanelli, and M. García de Lema. 2007. Adaptational changes in lipids of *Bradyrhizobium* SEMIA 6144 nodulating peanut as a response to growth temperature and salinity. Curr. Microbiol. 54(1):31-35.
- Moreira, F., e J. Siqueira. 2002. Microbiologia e bioquímica do solo. Universidad Federal de Lavras, Lavras, Brasil.
- Nageswara, R.C., H.S. Talwar, and G.C. Wright. 2001. Rapid assessment of specific leaf area and leaf nitrogen in peanut (*Arachis hypogaea* L.) using a chlorophyll meter. J. Agron. Crop Sci. 186(3):175-182.
- Stolpe, N. 2006. Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Chillán, Chile.
- Urzúa, H. 2005. Beneficios de la fijación simbiótica de nitrógeno en Chile. Cien. Investig. Agrar. 32(2):133-150.
- Valetti, L., J. Angelini, G. Cerioni, y A. Fabra. 2008. Desarrollo y evaluación a campo de un inoculante para maní elaborado a partir de aislamientos rizobianos nativos de la zona manicera de la Provincia de Córdoba. En XXIII Jornada Nacional de Maní. Centro de Ingenieros Agrónomos General Cabrera y Zona Córdoba. 18 de septiembre de 2008. General Cabrera, Córdoba, Argentina.
- Yang, W.-H., S. Peng, J. Huang, A.L. Sanico, R.J. Buresh, and C. Witt. 2003. Using leaf color charts to estimate leaf nitrogen status of rice. Agron. J. 95(1):212-217.