

Efecto de la inoculación con *Bradyrhizobium spp.*
sobre la biomasa aérea y radical de *Arachis pintoii*,
bajo dos condiciones de radiación y dos
tratamientos de suelo en el norte de la Provincia
de Misiones, Argentina.

Por

Germán Kimmich

Asesor: Ing. Agr. Santiago M. Lacorte

Trabajo de Intensificación presentado como requisito para la
obtención del título de Ingeniero Agrónomo.



Octubre de 2010

UNIVERSIDAD DEL SALVADOR
Facultad de Agronomía, Veterinaria e Ingeniería Forestal
Gdor. Virasoro, Corrientes
Argentina

Este trabajo es propiedad del autor y de la Facultad de Agronomía, Veterinaria e Ingeniería Forestal de la Universidad del Salvador, Campus San Roque González (Gdor. Virasoro, Ctes.) y no puede ser publicado en todo o en parte sin el consentimiento escrito del autor o dicha Institución.



Trabajo de Intensificación aprobado por:

Mesa examinadora:

Asesor de Tesis:

Firma.....

Ingeniero Agrónomo Santiago M. Lacorte

Fecha.....

Firma.....

Nombre.....

Fecha.....

Firma.....

Nombre.....

Fecha.....

Agradecimientos

Quiero comenzar agradeciendo a mi padres, Edgar y Felicita. Gracias por criarme, por estar siempre apoyándome y guiándome, por brindarme la oportunidad de estudiar. Gracias por quererme tanto.

Continúo con mi hermano y más que hermano mi amigo, muchas gracias Dionel por ayudarme siempre, cuando necesité consejos, opiniones, ayuda con la estadística, con el riego de las plantitas de mani forrajero, gracias por todo.

Al Ing. Agr. Santiago M. Lacorte le estoy muy agradecido por enseñarme y guiarme en esta tesis, por su paciencia y por estar siempre dispuesto a invertir tiempo en mi formación. Gracias también por ser un ejemplo como persona y profesional.

También quiero agradecer al Ing. Agr. Nahuel Pachas por su ayuda desinteresada y predisposición a contestar mis inquietudes. Gracias por ayudarme cuando no sabía por dónde continuar con la tesis.

Muchas gracias Profesora Analía Calligari por su ayuda en la corrección de esta tesis y las gratas charlas compartidas desde que comencé mi carrera.

Les agradezco a todos los profesores de la Universidad del Salvador por sus consejos y dedicación a la enseñanza de la agronomía.

Agradezco al Ing. Agr. Alejandro Perticari por proveer del inoculante para el ensayo y al Ing. Agr. Manuel Kimmich por proveer la ceniza del secadero de yerba mate.

Gracias al Sr. Alfredo Dreger por ayudarme con la construcción de la estructura de media sombra y el cerco y a Oscar Bravo más conocido como Tily por estar siempre dispuesto a ayudarme con los trabajos que había que hacer, sobre todo con el riego.

Muchas gracias a todas las personas que trabajan en la EEA – INTA Montecarlo que me abrieron las puertas de dicha institución, brindándome todo su apoyo e instalaciones. Muchas gracias a todos por ser tan amables. También agradezco al Sr. Tomás Häberle por facilitarme los datos meteorológicos.

Muchísimas gracias a todos mis amigos, por las palabras de aliento, por el ánimo que me transmitieron para a continuar y terminar con la tesis. Gracias por estar siempre dispuestos a prestar su ayuda. Quiero nombrar a aquellas personas que conocí en la Universidad y con las que formé una gran amistad en este período de mi vida universitaria y son el motivo por el cual no me arrepiento en lo más mínimo el haber ido a Gobernador Virasoro y estudiado en la Universidad del Salvador. Ellos son: Darío Bruera, Leila Di Filippo, Diego Caruza, Carla Trela y Guillermo Arndt. También quiero mencionar a otros amigos y compañeros, "personajes" de la facultad con los cuales pasé muy buenos momentos: Chapi, El Flaco, Hippie, Henge, Otto, Carlos, Marianita, Ale, Taty, Tatiana, Laura, Diego, Manuel, Germán, Felipe, Guille y la lista sigue...

Gracias Dios. Sos lo más importante. Gracias por tu guía en cada paso que di, que doy y que voy a dar. Muchas gracias por todas las personas que pusiste en mi camino y pude conocer. Gracias por todo lo que me permitiste vivir y por lo que vendrá. Gracias por tu amor.

Resumen

En Montecarlo, Misiones (Argentina) se llevó a cabo una experiencia con el objetivo de conocer y estudiar el efecto de la inoculación con *Bradyrhizobium spp.* sobre el crecimiento de *Arachis pintoi* implantado, modificando el porcentaje de radiación incidente, el contenido de fósforo del suelo y la acidez del mismo. Se empleó un diseño de parcelas principales, subparcelas y sub-subparcelas, con arreglo factorial (2x2x3) totalizando 12 tratamientos y 7 repeticiones de cada uno. Se implantaron estolones de *Arachis pintoi* en macetas de 3 litros de capacidad. Se trabajó sobre tres fuentes de variación: radiación, inoculación y suelo. A las parcelas principales se le asignó el factor radiación, a la subparcelas el factor inoculación y a las sub-subparcelas el factor suelo. En el primer caso se utilizaron dos niveles de radiación incidente, 100% y 50%. En cuanto a inoculación también se realizaron dos niveles de tratamientos, plantas inoculadas (I) con *Bradyrhizobium spp.* y plantas no inoculadas (0). El suelo contempló tres niveles de tratamientos: suelo sin modificar (0), con incorporación de ceniza (C) en los primeros 5 cm de suelo a dosis equivalente a 5000kg/ha y con aplicación de fertilizante fosfórico (P) en superficie a dosis equivalente a 100kg de P₂O₅/ha. Se comprobaron los supuestos de normalidad y homogeneidad previo Análisis de la Varianza. Se utilizó la prueba de Tukey para comparar medias al 99% de intervalo de confianza. Se utilizaron pruebas de contraste. La fecha de inicio del ensayo fue el 2 de septiembre de 2009 y finalizó el 8 de febrero de 2010. Al finalizar el ensayo se midieron y registraron los datos de la Biomasa Aérea (mgMS/maceta), Biomasa Radical (mgMS/maceta), Área foliar Específica [AFE] (cm²/g), Área foliar total [AF] (cm²/maceta), N° de nódulos (N°nod./maceta) y N° de nódulos blancos y rojos. No hubo interacción entre los factores (radiación, inoculación, suelo) y niveles. Fue significativa la diferencia (p<=0,01) para el factor radiación siendo superiores los tratamientos bajo sombra (41,8%) para todas las variables, salvo la Biomasa radical y N° de nódulos. No hubo diferencias significativas (p<=0,01) entre tratamientos inoculados y no inoculados para todas las variables. Los tratamientos con incorporación de ceniza y los que se aplicó fertilizante fosfórico fueron superiores (p<=0,01) para todas las variables menos para nódulos rojos y blancos y AFE. No hubo diferencias entre los tratamientos con ceniza y con fertilizante fosfórico.

Palabras clave: *Arachis pintoi*, inoculación, radiación, pH, fósforo.

Summary

In Montecarlo, Misiones (Argentina) was carried out an experience with the objective to know and study the effect of inoculation with *Bradyrhizobium spp.* on *Arachis pintoi* grow, modifying the percentage of radiation, the soil phosphorus concentration and its acidity. It was used a main plots, subplots and sub subplots design in factorial arrangement (2x2x3) totaling 12 treatments and 7 repetitions. Stem fragments of *Arachis pintoi* was planted in pots of 3 liters of capacity. The tree sources of variation were: radiation, inoculation and soil. The radiation factor was assigned to the main plot in two levels: 100% of radiation and 50% of radiation. Inoculation was assigned to the subplot in two levels: inoculation and non inoculation. The soil factor was assigned to the sub subplot in tree levels: soil without modification, soil with ash (5000kg/ha) and soil with diammonium phosphate (100kg P₂O₅/ha). The ANOVA assumptions were proved (normality and variance homogeneity). The Tukey's Test was used to compare means at 99% confidence limit. The experience started at 9/2/2009 and finished at 8/2/2010. At the end of the experience were measured and registered the data of aerial biomass (mgDM/pot), roots biomass (mgDM/pot), specific leave area [SLA] (cm²/g), total leave area [LA] (cm²/pot), number of nodules (N°nod./pot) and number of white and red nodules. There was no interaction between factors. It was found significantly differences (p<=0,01) between 100% radiation and 50% radiation levels for all variables measured except root biomass and N°nod./pot. It was any significant difference (p<=0,01) between inoculated and non inoculated treatments for all the variables. The treatments with ash and with diammonium phosphate were superior (p<=0,01) for all variables except for red and white nodules and SLA. There were no differences between treatments with ash and with diammonium phosphate.

Key words: *Arachis pintoi*, inoculation, radiation, pH, phosphorus.

ÍNDICE GENERAL

Página de Advertencia	II
Página de Aprobación	III
Agradecimiento	IV
Resumen	V
Índice General	VI
Índice de Cuadros y Figuras	VII
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
I. A. Antecedentes.....	1
I.A.1. Taxonomía y morfología.....	1
I.A.2. Requerimientos edafoclimáticos y características agronómicas y productivas	2
I.A.3. Radiación.....	3
I.A.4. Inoculación	3
I.A.5. Suelo.....	4
CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS	6
II. A. Materiales.....	6
II.A.1. Localización del ensayo	6
II.A.2. Macetas	6
II.A.3. Suelo.....	6
II.A.4. Ceniza	6
II.A.5. Fertilizante.....	6
II.A.6. Malla de polietileno	7
II.A.7. Material vegetativo	7
II.A.8. Inoculación	8
II.A.9. Riego.....	8
II.A.10. Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación	8
II.A.11. Medición de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)	9
II.A.12. Labores culturales	9
II. B. Diseño experimental.....	9
II. C. Variables medidas.....	10
II.C.1. Biomasa aérea	10
II.C.2. Área foliar	10
II.C.3. Biomasa radical	10
II.C.4. Nodulación	10
II. D. Hipótesis	10
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
III. A. Variables Atmosféricas	11
III.A.1. Temperatura	11
III.A.2. Humedad Relativa	11
III.A.3. Precipitaciones	12
III. B. Análisis de Suelo	13
III. C. Ceniza	14
III. D. Sombra	14
III. E. Biomasa Aérea, de tallos y de hojas	14
III. F. Área Foliar Específica (AFE) y Área foliar (total)	17
III. G. Biomasa Radical	18
III. H. Nº de Nódulos, nódulos rojos y blancos	19
CAPÍTULO IV CONCLUSIÓN	20

ANEXO 1	21
ANEXO 2	24
Supuestos de ANAVA.....	24
Normalidad.....	24
Gráficos Q-Q plot.....	24
Homogeneidad de Varianzas.....	25
ANEXO 3	28
Análisis de Varianza (ANAVA) y Pruebas de Tukey.....	28
BIBLIOGRAFÍA	33

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro II.1. Historia del lote donde se extrajo el suelo	6
Cuadro II.2. Tratamientos y su denominación abreviada de las tres fuentes de variación: radiación, inoculación y suelo	9
Cuadro II.3. Descripción de las etapas y fecha de realización	10
Cuadro III.1. Precipitación media mensual histórica para la localidad de Montecarlo	12
Cuadro III.2. Análisis de suelo de los 12 tratamientos al finalizar el ensayo. La primera columna (testigo) corresponde al suelo utilizado al inicio del ensayo para todos los tratamientos	13
Cuadro III.3. Medición de la radiación fotosintéticamente activa (RFA)	14
Cuadro III.4. Biomasa total, tallo y hojas, promedio de cada factor y nivel	15
Cuadro III.5. Área Foliar Específica (AFE) promedio y Área Foliar (AF) promedio	17
Cuadro III.6. Biomasa Radical promedio de cada factor y nivel	18
Cuadro III.7. Nº de Nódulos, nódulos rojos y blancos, promedio de cada factor y nivel	19
Cuadro 1.1. Precipitaciones y Riegos	22
Cuadro 2.1. Prueba de Shapiro-Wilks utilizando los residuos de cada variable medida en la experiencia	24
Figura II.1. Vista aérea de la estructura para la malla de polietileno	7
Figura II.2. Vista lateral de la estructura para la malla de polietileno	7
Figura II.3. Vista frontal de la estructura para la malla de polietileno	8
Figura III.1. Temperatura media mensual máxima y mínima registrada con sensores (HOBO) en el sitio del ensayo desde el 6 de noviembre de 2009 hasta el 8 de febrero de 2010	11
Figura III.2. Humedad Relativa media mensual máxima y mínima registrada con sensores (HOBO) en el sitio del ensayo desde el 6 de noviembre de 2009 hasta el 8 de febrero de 2010	12
Figura III.3. Precipitaciones acumuladas (mm) en los meses de duración del ensayo y Riego Mensual (mm). Febrero contiene datos hasta el día 8	13
Figura III.4. Biomasa Aérea promedio (mgMS/maceta) por tratamiento	17
Figura III.5. Biomasa Radical promedio (mgMS/maceta) por tratamiento	18
Figura 1.1. Temperaturas máximas y mínimas (°C) registradas en el lugar del ensayo y en la Estación Meteorológica del Campo Anexo Laharrague del INTA Montecarlo	21
Figura 1.2. Humedad Relativa máxima y mínima (%) registrada en el lugar del ensayo y en la Estación Meteorológica del Campo Anexo Laharrague del INTA Montecarlo	21
Figura 2.1. Gráficos QQ plot	24
Figura 2.2. Gráficos QQ plot	25
Figura 2.3. Gráficos de homogeneidad de varianzas	26
Figura 2.4. Gráficos de homogeneidad de varianzas	27

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El *Arachis pintoi* (maní forrajero, amendoim forrajero o pinto peanut) es una leguminosa forrajera tropical que se considera de interés para su uso en pasturas de zonas tropicales y subtropicales (Fisher y Cruz, 1995). Varios investigadores, citados por Dall'Agnol (2002), trabajaron desde 1981 en Brasil en la recolección de especies silvestres de *Arachis* con buen potencial forrajero entre las cuales sobresalió *A. pintoi*.

En Argentina, Goldfarb y Altuve (2002) describen los antecedentes de utilización de leguminosas y las perspectivas futuras de las mismas en sistemas de producción en la Zona Campos¹ y mencionan a *Arachis pintoi* como una especie tropical promisoría. Sin embargo, aclaran que el análisis de los resultados obtenidos hasta esa fecha sugiere que la mayoría de las leguminosas evaluadas mostraron escasa adaptación y características agronómicas poco relevantes para la región. Por último señalaron que existen vacíos de información y enfatizaron la urgente necesidad de profundizar la investigación en la materia, dada la importancia de las leguminosas en el incremento de la calidad de la dieta de los animales (Pérego, 2009). Dentro de la Zona Campos, específicamente al sur de la provincia de Misiones, Lacorte et al. (2006) identificaron a *Chamaecrista rotundifolia* y *Arachis pintoi* diploide y triploide como las más destacadas dentro de un grupo de leguminosas forrajeras, en términos de adaptación y persistencia en sistemas silvopastoriles (SSP) y recomiendan continuar la investigación sobre el uso de inoculantes específicos entre otros temas. Autores de otras partes del mundo (Dall'Agnol, 2002 en Brasil; Argel, 1995 en América Central y México; Cook et al., 1995 en Australia; Stür y Ndikumana, 1995 en Asia) también señalan que *Arachis pintoi* está adaptada a los SSP, explicando que esta característica se debe a su alto grado de tolerancia a la sombra. Cabe destacar que esta especie produce mayor biomasa aérea bajo condiciones sombreadas (30, 50 y 70% de sombra) que a cielo abierto (Fisher y Cruz, 1995).

Las bases de técnicas de manejo para los SSP en Misiones comenzaron a fundamentarse a partir de mediados de la década de 1980, pero recién se difundieron aceleradamente en esa provincia a fines de la década de 1990 (Esquivel et al., 2004), alcanzando una superficie estimada de 15000has (Lacorte y Esquivel, 2009). Como lo señalan Lacorte et al. (2006), la información existente sobre leguminosas de "nueva generación"² adaptadas a los SSP es escasa y dispersa en comparación con la referida a las gramíneas.

La estructura agraria de Misiones está compuesta principalmente por pequeños productores (CNA, 2002)³ con escasa o nula capacidad financiera, para ellos el costo de la semilla de *Arachis pintoi* es elevado (aprox. US\$ 40/kg, Lacorte, 2009 com. pers.). Sin embargo, dada la capacidad de la especie de multiplicarse en forma vegetativa (Asakawa y Ramírez, 1989; Fisher y Cruz, 1995; Feltan, 2007), es una estrategia que se adapta a sus sistemas de producción.

Los SSP son una alternativa productiva para ese sector, que por otro lado constituyen una actividad ambiental, social y económicamente viable (Peri, 2009), donde *Arachis pintoi* se presenta como una opción realizable para los mismos. Como se manifestó anteriormente en evaluaciones agronómicas, *Arachis pintoi* presentó un desarrollo interesante en SSP pero sin haber sido inoculado. La presente experiencia tiene por objetivo evaluar el efecto de la inoculación con *Bradyrhizobium spp.* sobre el crecimiento de *Arachis pintoi* implantado, medido en términos de biomasa aérea y radical producida, modificando el porcentaje de radiación incidente, el contenido de fósforo del suelo y la acidez del mismo.

I. A. Antecedentes

I.A.1. Taxonomía y morfología

El *Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg. es originario de los Estados de Bahía, Goiás y Minas Gerais (Cerrado), en Brasil. Perteneció a la familia de las Fabáceas, tribu *Aeshynomeneae*, subtribu *Stylosanthinae* y sección *Caulorrhizae*. Fue recolectado por Geraldo C. P. Pinto en 1954, en el valle del Río Jequitinhonha, en el estado de Bahía, Brasil (Grof, 1985).

¹ Zona Campos: según Goldfarb comprende la superficie ubicada entre los paralelos 30 y 26 Sur y entre los meridianos 56 y 60 Oeste. En este marco geográfico se encuentran las provincias integrantes de la Región del NEA: Chaco, Formosa, Corrientes y Misiones (parte sur corresponde a la Zona Campos)

² Cook (citado por Lacorte et al., 2005): denominadas así por su crecimiento rastrero o erecto y de bajo porte.

³ Censo Nacional Agropecuario 2002: 54,4% de Explotaciones agropecuarias (EAPs) pertenece al estrato de 0-25 has; 26,3% al de 25,1-50 has; 12,1% al de 50,1-100 has, 7,8% al de 100,1-1000 has y 0,6 < 1000,1 has.

El hábito de crecimiento de esta planta herbácea perenne es rastrero y estolonífero, pudiendo alcanzar una altura de hasta 50cm dependiendo del ambiente y el origen. Posee una raíz pivotante y corona y los estolones forman raíces libremente. *Arachis pintoi*, en simbiosis, produce nódulos tanto en la raíz principal como en las laterales; éstos poseen forma redondeada y pueden encontrarse individual o agrupadamente (Van Schai, 1992). Khtelmalas y Bal (2005) clasifican a los nódulos en tres tipos según la etapa de desarrollo en que se encuentren y el tamaño: pueden ser inmaduros-pequeños-blancos (1-1,5mm), maduro-mediano-rosado (1,5-2mm) y maduro-grande-rojo (>2mm), pudiendo los tres tipos estar presentes en el sistema radical al mismo tiempo.

Las hojas son compuestas, con cuatro folíolos ovoides, de color verde claro a oscuro. Tienen tricomas en el envés de las hojas y a lo largo de los pecíolos (Valls y Simpson, 1995). Presenta una floración continua a través de la estación de crecimiento; las flores son amarillas, de corola papilionoidea y están en un corto racimo axilar. Se marchitan inmediatamente después de ser fecundadas; a continuación se forma una estructura denominada carpóforo o "clavo", que es una prolongación del ovario y contiene al embrión. A medida que el clavo ingresa en el suelo (crecimiento geocárpico) el embrión se va desarrollando al igual que la vaina indehisciente que contendrá una semilla (a veces dos). Detenido el crecimiento del clavo, las vainas se separan a la madurez del mismo. El tamaño y la profundidad en la que se encuentran las semillas dependen del origen de *A. pintoi* que se considere; más del 95% de los frutos se concentran en los primeros 10 cm de suelo (Ferguson, 1992; Cook et al., 2005; Castelán et al., 2002). La producción de semillas es de 1 a 4tn/ha, cosechada a los 15 meses de la siembra y el número de semillas varía entre 4000 y 9000sem./kg (Cook et al., 2005). Las mismas presentan alto nivel de dormancia o letargo (60-80%) que puede continuar por 6 a 8 meses. Esta dormancia puede reducirse secando las semillas a 40°C durante 10 a 14 días antes de la siembra (Ferguson, 1995).

I.A.2. Requerimientos edafoclimáticos y características agronómicas y productivas.

Rao y Kerridge (1995) resumen los requerimientos nutritivos de *Arachis pintoi*. Presenta buena adaptación a suelos con pH entre 4,5 a 7,2, aunque a pH menores de 5,4 se limita su crecimiento. Al comparar las demandas nutricionales de *A. pintoi* con los de otras leguminosas forrajeras tropicales se concluye que éstas son bajas en cuanto a Cu, Mo y Ca y moderadas de P, K y Zn. Sin embargo, esta especie no utiliza los nutrientes tan eficientemente como otras leguminosas y gramíneas en términos de materia seca producida por unidad de absorción de un nutriente dado. Presenta baja a moderada tolerancia a la salinidad (Keating et al., 1986 citado por Rao y Kerridge, 1995) y es tolerante a altos niveles de Manganeso y Aluminio (hasta 70% de saturación) (Cook et al., 2005).

Es relativamente tolerante al déficit hídrico, sobrevive a períodos de sequía de hasta 15 semanas durante las cuales pierde gran parte de sus hojas (Fisher y Cruz, 1995). Asimismo, el exceso de agua produce la pérdida de hojas en esta especie; si bien no crece en condiciones de anegamiento permanente, se la señala como tolerante a períodos de inundación (Fisher y Cruz, 1995; Cook et al., 2005). Crece mejor con precipitaciones promedio anuales mayores de 1500mm y un rango de temperaturas de 22 a 28°C; no resiste heladas y se regenera a partir de puntos de crecimiento de la corona y por germinación de semillas (Cook et al., 2005).

Esta especie es utilizada en sistemas de pastoreo intensivo y como cobertura del suelo en condiciones de cielo abierto y bajo árboles y en algunos países se la emplea como planta ornamental. Posee una alta tasa de crecimiento que se destaca dentro de un gran número de leguminosas forrajeras perennes. La tasa de rebrote, medida cada 30-40 días, es de aproximadamente 80kg de materia seca (MS)/ha/día (Cruz et al., 1995). Cook et al. (2005) presentan datos de producción primaria de *Arachis pintoi* como cultivo puro en Australia subtropical de 6,5tnMS/ha/año cortado a nivel del suelo cada 4 semanas. En Sudamérica (Brasil, Colombia) el rendimiento se halla entre 3 y 13tnMS/ha/año (Pizarro y Rincón, 1995).

La digestibilidad de la materia seca es del 60 al 70%, el contenido de proteína bruta es del 13 al 25% y posee niveles relativamente bajos de taninos; esto permite que el incremento anual de peso vivo en las pasturas con *Arachis pintoi* sean de 160 a 200kg/UA y de 250 a 600kg/ha, dependiendo de la especie de gramínea acompañante, la carga y el estrés ocasionado por la época seca (Lascano, 1995). En Colombia y Costa Rica se comparó el desempeño de animales en pastoreo con *Arachis pintoi* asociado con gramíneas (entre 30 y 60% de leguminosa) y en pasturas de gramíneas puras (Lascano, 1995). En pasturas puras de *Brachiaria brizantha* el incremento de peso vivo (IPV) por animal en un año en Colombia fue de 155kg (por superficie: 155kg/ha/año) y en asociación con *Arachis* fue de 190kg/UA/año (190kg/ha/año) y en Costa Rica

140kg/UA/año (320kg/ha/año) y 185kg/UA/año (390kg/ha/año) respectivamente. En la experiencia que se utilizó *Brachiaria humidicola* la diferencia fue mayor, 75kg/UA/año (150kg/ha/año) de la gramínea pura y 160kg/UA/año (320kg/ha/año) en asociación. En la experiencia de Colombia el aumento de producción por animal por año en la asociación de *Arachis pintoi* con *Brachiaria brizantha* fue del 22 al 32% y en asociación con *Brachiaria humidicola* fue de 53%.

En una experiencia llevada a cabo en Carimagua (Colombia) se concluyó que la asociación entre *A. pintoi* y gramíneas C4 puede tender a un cierto equilibrio. Esto se demostró en un ensayo en el cual se asoció *Brachiaria dictyoneura* (CIAT 6133) y *Arachis pintoi* (CIAT 17434) donde se probaron tres niveles de composición de la pastura, relación gramínea/leguminosa alta, media y baja. Se instaló la asociación a principios de la estación de crecimiento en 1986 y en junio de 1987 ingresaron los animales a pastorear durante 6 meses. Todos los tratamientos lograron un equilibrio en la relación, que varió entre 30 a 50% de la leguminosa en la asociación (Fisher y Cruz, 1995).

Como se indicó, el establecimiento puede realizarse a través de semillas y material vegetativo (estolones). En ambos casos es lento, pero las plantas obtenidas de semilla desarrollaron más rápidamente el sistema radical que las que provienen de estolones produciendo mayor biomasa aérea en menor tiempo (Fisher y Cruz, 1995).

Las enfermedades citadas para esta especie son *Cercospora spp.* y *Periconia spp.* (mancha foliar), *Colletotrichum gloeosporioides* (lesiones en hojas y estolones), *Leptosphaerulina arachidicola* (mancha pimienta), *Rhizoctonia solani* (daños foliares) y virus del enanismo del maní y del moteado del maní (Kelemu et al., 1995), pero según Cook et al. (2005) ninguna de estas enfermedades causan serios daños en *A. pintoi*. Kelemu et al. (1995) mencionan que existe poca información disponible sobre daños de artrópodos. Por otro lado, no se registraron daños significativos por plagas durante el proceso de evaluación en las estaciones experimentales y por medio de la Red Internacional de evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). De todas formas, las plagas registradas fueron el *Aphis craccivora* (áfido del maní), *Caliothrips brasiliensis* (trips), *Empoasca spp.* (chicharrita), *Spodoptera spp.* (gusano blanco) y exclusivamente de Sudamérica, *Atta spp.* (hormigas cortadoras o minera).

I.A.3. Radiación

La Universidad de Queensland, Australia, llevó adelante un proyecto a gran escala de selección de especies forrajeras por tolerancia a la sombra y clasificó a *A. pintoi* como extremadamente tolerante a la sombra (Cook et al., 1995).

Fisher y Cruz (1995) citan un trabajo publicado por el CIAT en 1991, en donde se cultivaron plantas de *Arachis pintoi* en macetas de 3,5 litros bajo distintos niveles de radiación solar (0, 30, 50 y 70% de sombra) mediante el uso de telas de diferentes densidades para proporcionar sombra. Los tratamientos bajo sombra produjeron mayor cantidad de biomasa aérea que el testigo (0% de sombra), asimismo el área foliar de las plantas bajo sombra fue mayor. Sin embargo, la biomasa subterránea (raíces) no varió en forma significativa entre tratamientos. Este ensayo evidenció la tolerancia de *Arachis pintoi* a la sombra y además se demostró que tuvo mayor crecimiento bajo sombra que a cielo abierto.

Por otro lado, en Australia no se obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento en kg MS/ha de *A. pintoi* CIAT 17434 entre áreas sombreadas y no sombreadas (Rao y Kerridge, 1995 citan a Cook). No obstante se observó diferencias de coloración de las hojas, eran verdes bajo sombra y amarillentas a cielo abierto.

El límite de tolerancia a la sombra se encuentra entre el 80 y 85% según un trabajo citado por Stür y Ndikumana (1995) en Malasia, donde se evaluaron varios orígenes de *Arachis* como cobertura del suelo en plantaciones de *Hevea brasiliensis* (caucho). A partir de 85% de sombra desaparecieron todos los orígenes.

En el trabajo de Lacorte et al. (2006) las leguminosas forrajeras más adaptadas y persistentes en los SSP fueron *Chamaecrista rotundifolia* y *Arachis pintoi*. Los autores destacan que las condiciones en que se desarrolló la experiencia fueron severas, entre las cuales, la sombra tuvo un incremento sustantivo.

I.A.4. Inoculación

Thomas (1995), citando a varios autores, afirma que se conoce desde hace mucho tiempo la capacidad del género *Arachis* de nodular con rizobios de diferentes especies de plantas hospedantes, pero que relativamente pocas cepas de *Rhizobium* son capaces de lograr altos niveles de fijación de nitrógeno atmosférico. Sin embargo, ciertas experiencias confirman que puede fijar hasta el 80% de sus requerimientos de nitrógeno (N) en suelos ácidos de baja fertilidad y que la tasa de fijación de N fue entre 1 y 12 kg/ha luego

de 16 semanas, en una pastura compuesta por *Brachiaria dictyoneura* (89% de MS) – *Arachis pintoi* (11% de MS) (Thomas, 1995). Según este investigador, la variación en la tasa de fijación de N depende de la composición de la pastura, puesto que a mayor proporción de leguminosa mayor tasa de fijación.

Los resultados de ensayos de selección de cepas de rizobio para inoculación de leguminosas forrajeras, llevado a cabo por Sylvester-Bradley et al. (1988), revelan que la inoculación de *A. pintoi* con algunas de las 30 cepas específicas de *Rhizobium* utilizadas, en un oxisol que contenía *Rhizobium* nativo, puede llegar a triplicar el contenido de N en la parte aérea de las plantas en comparación con el testigo sin inocular. Cabe destacar que estas últimas presentaban nódulos abundantes y aparentemente activos (interior de los nódulos era de color rojo). No se encontró correlación entre el número de nódulos formados y el contenido de nitrógeno en la parte aérea de las plantas (mg de N/maceta). Thomas (1995), citando el trabajo de Sylvester-Bradley et al. (1988) y otros más, destaca que así como existen cepas sumamente efectivas medidas en términos de contenido de N en la biomasa aérea, hay otras que muestran un desempeño significativamente inferior, tanto del género *Rhizobium* como *Bradyrhizobium* en comparación con el testigo sin inocular.

Varios factores limitan la Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN) en la simbiosis rizobio-leguminosa. Aquellos que perjudican la sobrevivencia de la bacteria en el suelo y los factores que afectan la formación de los nódulos son decisivos en el éxito de la nodulación y FBN (Danso, 1977; Thomas, 1995; Frioni, 1999).

Entre los factores que afectan esta simbiosis se encuentran un bajo pH, alta concentración de elementos tóxicos como Al y Mn, deficiencia de Ca, salinidad, altas temperatura, baja o excesiva humedad del suelo, presencia de depredadores microbianos y altos niveles de mineralización del nitrógeno. Thomas (1995) sugiere que cualquier factor que limite el crecimiento de *A. pintoi*, como una enfermedad o estrés por sequía, afectará en forma similar a la FBN.

Se encontró que en un subsuelo ácido (pH 4,3) con ausencia de N mineral, la nodulación y la FBN en *Arachis pintoi* cv. amarillo aumentaron gradualmente con la mayor aplicación de cal (Rao y Kerridge, 1995). Además, aplicaciones menores a 50kg de N/ha no perjudica la nodulación, pero dosis mayores a 100kg de N/ha la inhibe (Thomas, 1995). En el primer caso los autores explican que ese resultado puede deberse al aumento del contenido de calcio (Ca) en el suelo o a una reducción del Al soluble (tóxico) o a ambos factores. También señalan que el crecimiento de *Arachis pintoi* está limitado por la efectividad de la nodulación y FBN a un pH inferior a 5,4.

Fisher y Cruz (1995) describen los resultados de dos experimentos que intentaron validar la hipótesis de que la inoculación con *Bradyrhizobium spp.* utilizando una suspensión de suelo tomada de una población sana y vigorosa de *Arachis pintoi* aumentaría la biomasa aérea producida por las plantas en comparación con las no inoculadas. Uno de los ensayos consistió en cultivar *A. pintoi* en macetas con tierra que estaba almacenada (seca) durante varios meses y por lo tanto su actividad biológica era baja. Los rendimientos, en términos de biomasa aérea y radical de las macetas inoculadas con la suspensión de suelo, fueron superiores a las no inoculadas. Se probó la misma hipótesis a campo y los resultados revelaron que no hubo diferencia significativa entre los inoculados y los no inoculados. Los investigadores explican que la inoculación en el campo, rara vez produce resultados positivos y por lo tanto no deben considerarse como concluyente.

En la provincia de Misiones son escasos los antecedentes del uso de inoculantes específicos en el cultivo de leguminosas anuales o perennes. Un ensayo, realizado en Andrésito (Misiones), contempló el uso de inoculantes específicos en *Leucaena leucocephala*, donde la inoculación no tuvo impacto en el rendimiento de biomasa aérea (kg MS/ha) del cultivo (Oszurkiewicz, 2006).

1.A.5. Suelo

Se hizo mención a la buena adaptación de *Arachis pintoi* a suelos ácidos y de baja fertilidad. En este sentido, Rao y Kerridge (1995), citando a varios autores, señalan que los orígenes estudiados de esta especie, han demostrado ser productivos y persistentes en un rango de Oxisoles y Ultisoles de bajo pH y bajo nivel de bases intercambiables. Estos autores explican que los factores que afectan al crecimiento de las plantas en suelos ácidos son las deficiencias de Ca y Mg y a la toxicidad causada por una alta concentración de Al y Mn. Además se pueden presentar deficiencias de macronutrientes (P y S) y de micronutrientes (Mo, Zn, Cu y B). Mencionan que, tanto *A. pintoi* como *A. glabrata* poseen la capacidad de absorber fósforo de suelos con bajo contenido del mismo y citan un trabajo en el cual se relacionó esta capacidad con el desarrollo intensivo de finas raíces en un suelo de textura fina y con una gran actividad de micorrizas vesículo-arbusculares en un suelo de textura gruesa.

Góis et al. (1997) efectuaron tres ensayos a campo para evaluar el efecto individual del fósforo (P), el potasio (K) y la cal en la producción de materia seca (MS) de *Arachis pintoi*. Las dosis evaluadas en el primer ensayo para determinar la curva de respuesta de fósforo fueron 0 (testigo), 40, 80 y 120 kg de P₂O₅/ha. En el

ensayo de curva de respuesta de cal fueron estudiadas las dosis de 0 (testigo); 1,6; 3,6 y 5,7tn/ha de dolomita y los porcentajes de saturación de bases estimadas al que se debería llegar con la dosis respectiva fueron 25, 50 y 75%. Con relación al potasio las dosis evaluados fueron 0, 30, 60 y 120 kg de K_2O /ha. Los autores concluyeron que la aplicación de K no afectó la producción de MS acumulada, debido a la alta proporción de este elemento en el suelo (50 ppm) y que la fertilización con P tuvo mayor impacto en la producción de MS que la cal. Señalan que se alcanzó el 90% del rendimiento máximo (kg MS/ha) con la dosis de 80 kg de P_2O_5 /ha y que en el caso de la cal con 1,6 tn/ha se llegó al 80%. Rao y Kerridge (1995) afirman que *A. pintoi* CIAT 17434 presenta buena respuesta a la fertilización potásica cuando el K intercambiable del suelo es menor que 0,06 cmol/kg.

En un ensayo similar, Vasconcellos *et al.* (1998) observaron la respuesta de *Arachis pintoi* a la aplicación individual de fósforo y calcáreo y a la interacción entre éstos en un suelo Hapludox Rojo Oscuro en Mato Grosso, Brasil. El calcáreo se aplicó en dosis crecientes (0, 3, 6 y 12 tn/ha) con el objetivo de aumentar el valor de pH, disminuir el tenor de Al y Mn a concentraciones no tóxicas para las plantas y además proveer Ca a éstas. El fósforo presenta baja disponibilidad en estos suelos debido a una alta capacidad de adsorción de fosfatos y también fue aplicado en dosis crecientes (0, 50, 100, 200 y 400 kg de P_2O_5 /ha). En base a la productividad de la parte aérea de los resultados evidenciaron que no hubo interacción significativa (P-calcáreo) y la mayor respuesta se obtuvo con la aplicación de P. Con la dosis de 50 kg de P_2O_5 /ha se obtuvo el 80% del rendimiento máximo, igual respuesta se obtuvo con la biomasa radical. En el caso del calcáreo, el rendimiento máximo se obtuvo con la dosis de 3 tn/ha y no hubo respuesta significativa en cuanto a biomasa radical. Los autores destacan que la baja o nula respuesta de *A. pintoi* a la aplicación de calcáreo demuestra su rusticidad y la posibilidad de ser utilizada en suelos degradados.

En la sección anterior se hizo referencia a una experiencia (Rao y Kerridge, 1995) que examinó los efectos de diferentes niveles de acidez del suelo en el crecimiento de las plantas y en la simbiosis (nodulación y fijación de N). *A. pintoi* cv. amarillo se cultivó con y sin adición de N (200 kg/ha) y la aplicación basal de P, S, K, Zn, Cu, Mo y B en un subsuelo ácido (pH 4,3) y 72% de saturación de Al. Para corregir el pH se utilizó cal en dosis crecientes de 100 (pH 4,6), 500 (pH 4,8), 1000 (pH 5,0), 2000 (pH 5,4) y 4000 kg/ha (pH 5,9). Los resultados indicaron que hubo una moderada respuesta de rendimiento (g de MS/maceta) al encalamiento y esta respuesta se amplió en ausencia de N (Rao y Kerridge, 1995). Agregan que la nodulación (Nº de nódulos/maceta) y FBN aumentaron gradualmente con la mayor aplicación de cal.

Oszurkiewicz (2006) evaluó el efecto de la aplicación de dosis crecientes de ceniza vegetal en el suelo sobre la producción de *Lecuaena leucocephala* sembrada con y sin inoculante específico. El objetivo de la incorporación de ceniza vegetal fue elevar el pH. La mayor producción se alcanzó con la dosis más alta de ceniza (5000kg/ha) y sin inoculante, aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos. El pH del testigo (sin aplicación de ceniza) fue 5,17 llegando a pH 6,05 con 5000 kg de ceniza/ha. El autor atribuye que la baja respuesta de *L. leucocephala* a la aplicación de ceniza se debe al momento de aplicación (junto con la siembra), sugiriendo que las reacciones químicas no llegaron a estabilizarse en el suelo. Oszurkiewicz (2006) cita a Gambaudo y Micheloud (2003), quienes determinaron el momento de incorporación de dolomita a los efectos de obtener la mejor eficiencia de respuesta en el rendimiento de grano de soja (kg/ha) y concluyeron que la incorporación anticipada (50 días previos a la siembra) de la enmienda granulada mejora considerablemente la eficiencia de utilización en términos de rendimiento.

El uso de ceniza vegetal con el fin de disminuir la acidez del suelo es aplicada con éxito en otros países, como en Chile donde se emplea la ceniza proveniente de calderas dendroenergéticas (Grez *et al.*, 1992). En Estados Unidos ya se encuentra legislado su uso (Rise, 2002).

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS

II. A. Materiales

II.A.1. Localización del ensayo

El ensayo se realizó en el departamento de Montecarlo, provincia de Misiones, a 26° 34.204' de Latitud Sur y 54° 43.534' Longitud Oeste, 219 msnm.

II.A.2. Macetas

Se utilizaron macetas de tres litros de capacidad de polietileno "soplado", con un diámetro de 15 cm y 17 cm de altura. Se llenaron con tierra y se colocaron sobre una tarima de madera a una altura de 40 cm del suelo, para evitar que las raíces tomen contacto con el suelo del terreno y para un mejor control del ensayo. Luego se regó cada maceta con 500 ml de agua que se asiente el contenido de las mismas. Esta instancia se consideró como el día de inicio de la experiencia o día 0.

II.A.3. Suelo

El mismo provino de una chacra localizada en la zona de Aguas Blancas (26° 47,524' Latitud Sur y 54° 43,477' Longitud Oeste), en el municipio de Caragatatay, a 45km al sur este de la ciudad de Montecarlo. Se extrajo el suelo con pala de punta y se cargó cada una de las macetas tratando de no invertir el pan de tierra. Se realizó un análisis del suelo utilizado al inicio del ensayo. Posteriormente, al finalizar la experiencia, se analizaron muestras compuestas por las 7 repeticiones para cada tratamiento para observar la variación de los factores del suelo analizados debido a los tratamientos impuestos. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelo del INTA Cerro Azul. La historia del lote se resume en el Cuadro II.1.

Cuadro II. 1. Historia del lote donde se extrajo el suelo.

Año	Uso previo del suelo
Hasta 2004	Monte nativo
2004/2005	Desmonte total
Abril-Mayo 2005	Plantación de pino (<i>Pinus taeda</i> L. origen Marion)
2005/2006	*Cultivo de maíz
2006/2007	*Cultivo de mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)
2007/2008	*Cultivo de mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)
2008/2009	Control mecánico de malezas (rastra de discos)
Septiembre 2009	Extracción del suelo

* entre líneas de la forestación.

II.A.4. Ceniza

Se obtuvo ceniza de un secadero de yerba mate que utiliza madera de monte nativo y se envió una muestra a laboratorio (INTA – EEA Cerro Azul) para determinar su composición química. La dosis utilizada fue de 8,83g/maceta incorporada en los primeros 5cm de suelo, equivalente a 5000kg/ha. La aplicación de la ceniza se realizó el día 1 en los tratamientos respectivos. Para otorgar suficiente tiempo de reacción de la ceniza con el suelo y de esta manera lograr una utilización eficiente de este tipo de enmienda, la plantación se realizó a los 55 días de la aplicación de la ceniza (Gambaudo y Micheloud, 2003; Oszurkiewicz, 2006; Rise, 2002). Se envió una muestra de ceniza al Laboratorio de Suelo del INTA Cerro Azul para el análisis correspondiente.

II.A.5. Fertilizante

Se empleó fosfato diamónico (PDA) como fuente de fósforo y nitrógeno. La dosis de fertilizante fue de 384mgPDA/maceta, equivalente a una dosis de 100kg de P₂O₅ y 39kg de N por hectárea. El PDA fue aplicado en superficie en los respectivos tratamientos, el día 1. Para permitir la solubilización del fosfato diamónico se siguió con el mismo criterio que con la ceniza, aplicándolo 55 días antes de la plantación.

II.A.6. Malla de polietileno

Se utilizó una malla de polietileno negro que proporciona 50% de sombra. La malla de polietileno se conoce en el mercado como "media sombra". Está confeccionada con hilo plástico tejido a máquina y es posible conseguir diferentes tipos según la proporción de sombra que se desee obtener. Se colocó a una altura de 2,5 m sobre el nivel del suelo. La estructura carecía de paredes perpendiculares al suelo para permitir la libre circulación del aire. Las dimensiones y el diseño de la estructura de sombra puede observarse en las Figuras II.1, II.2 y II.3.

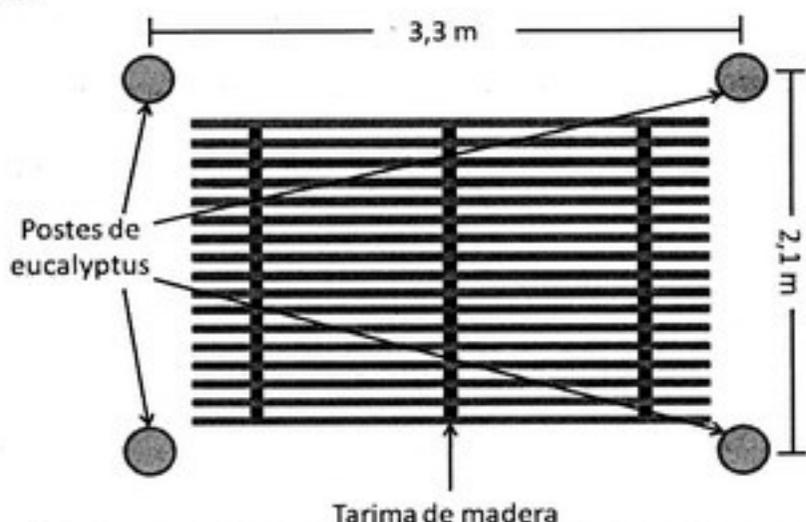


Figura II.1. Vista aérea de la estructura para la malla de polietileno

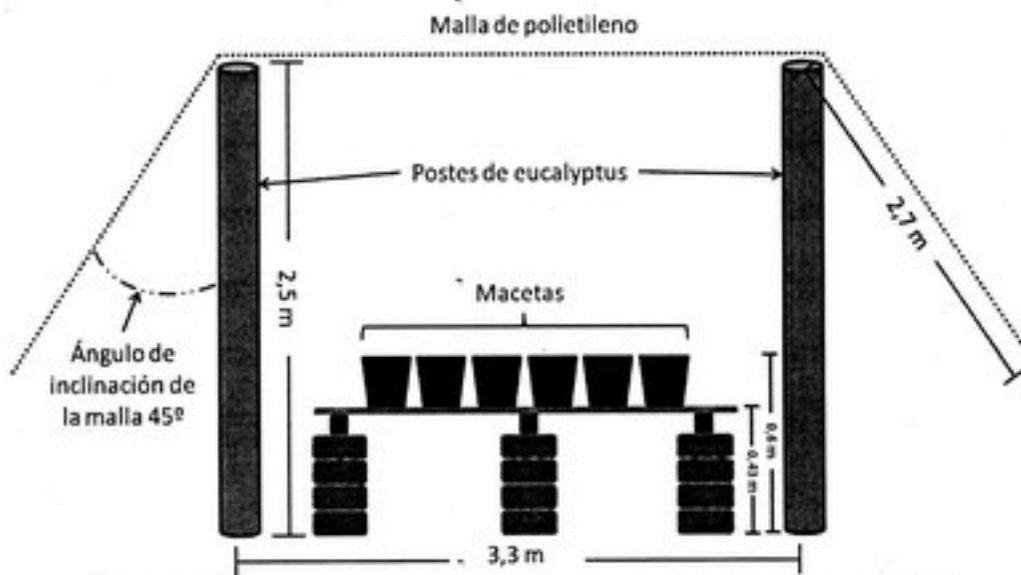


Figura II.2. Vista lateral de la estructura para la malla de polietileno

II.A.7. Material vegetativo

Se utilizaron estolones de *Arachis pintoi* obtenidos del INTA - EEA Montecarlo, Campo Anexo Laharrague. La plantación se realizó el mismo día en que se cosechó el material vegetativo para evitar su deshidratación y muerte (Asakawa y Ramírez, 1989). En cada maceta se plantaron 3 estolones de aproximadamente 12 cm de longitud, con un mínimo de dos nudos cada uno y un máximo de 4 nudos. Éstos se enterraron hasta una profundidad de 8 cm, quedando mínimamente un nudo sobre la superficie del suelo y el/los otros debajo de la misma. La plantación se realizó a los 55 días de la aplicación del PDA y la ceniza. A los 47 días de la plantación se practicó la poda de plantas dejando sólo una por maceta.

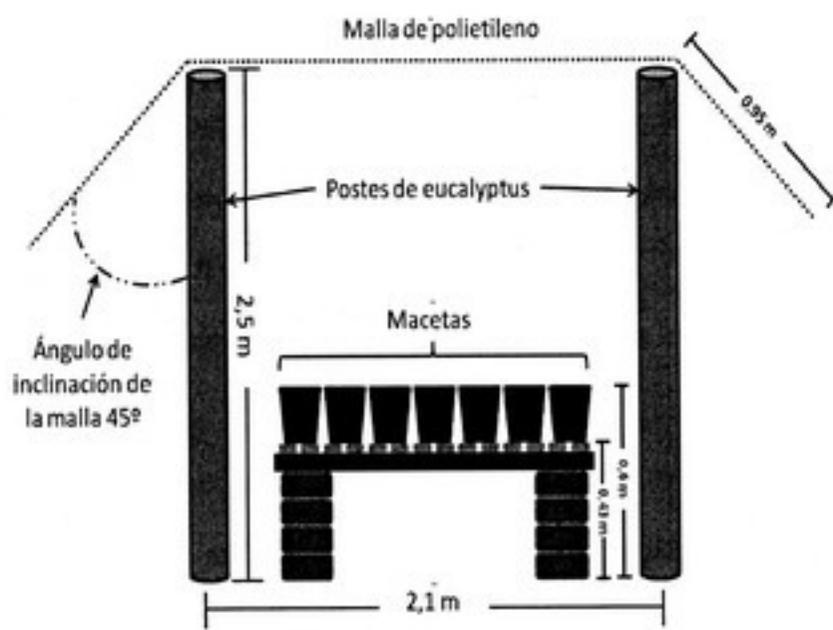


Figura II.3. Vista frontal de la estructura para la malla de polietileno

II.A.8. Inoculación

La cepa bacteriana utilizada para la inoculación fue *Bradyrhizobium spp. (Arachis pinto)*⁴. El inoculante en turba se mezcló a razón de 10g por cada litro de agua. La inoculación se realizó a los 12 días de la plantación, regando cada maceta con 200ml de la mezcla. Asakawa y Ramírez (1989) recomiendan que la preparación del inoculante se haga con agua y un adherente y se aplique sobre el material vegetativo previa plantación, utilizando 0,05g de turba por sitio de plantación. El criterio utilizado en la preparación del inoculante empleado en el presente trabajo (dosis 40 veces superior a la recomendada por Asakawa y Ramírez, 1989), responde a asegurar una alta concentración de bacterias por punto de crecimiento y una nodulación eficiente (Pachas y Peticari, 2009 com. pers.). Vincent y Waters (1954), citado por Danso (1977), incrementaron la nodulación en suelos ácidos aumentando la dosis de inoculante.

II.A.9. Riego

Todas las macetas se regaron a capacidad de campo en forma diaria en horarios de 17 a 20hs, saltando los días con precipitaciones. El riego abarcó el período comprendido desde el llenado de las macetas hasta la finalización del ensayo. Para determinar la cantidad de agua a regar se dispuso tres macetas con tierra ubicadas a cielo abierto, las cuales se mantuvieron sin vegetación durante todo el ensayo. Se procedió a regar la primera de ellas con una cantidad conocida de agua y cuando ésta comenzaba a salir por los orificios ubicados en la base de la maceta se detenía el riego. Luego se calculó el agua utilizada mediante la diferencia entre el agua total y el agua sobrante. Este procedimiento se repitió en las otras dos macetas, promediándose los tres datos y de acuerdo a éste se regaron todas las macetas. Se empleó agua de lluvia recolectada de un techo de zinc de una construcción vecina y almacenada en un tanque de fibrocemento. El riego se realizó por aspersión como lo recomienda Felton (2007). Cada maceta fue regada en forma individual. El elemento de riego utilizado para regar por aspersión consistió en una botella plástica de 2,25 litros de capacidad en la cual se practicaron cinco perforaciones en la base de la misma con una aguja calentada al rojo vivo.

II.A.10. Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación

Se instaló un dispositivo de medición (HOBO) de Humedad Relativa (HR %) y temperatura (T °C) bajo la estructura de sombra a una altura de 1,5m del suelo. Se fabricó un pequeño techo a partir de un envase de tetrabrik, el cual permitía la libre circulación del aire y protegía al sensor de las precipitaciones. La fecha de

⁴ Provista por el Ingeniero Agrónomo Alejandro Peticari (investigador especializado en inoculantes y promotores del crecimiento del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola INTA Castelar).

instalación fue el 6 de noviembre de 2009 y se registraron los datos hasta el 8 de febrero de 2010. Estos registros fueron comparados con los de la Estación Meteorológica del Campo Anexo Laharrague del INTA Montecarlo distante a unos 10km en línea recta del sitio del ensayo. El registro de precipitaciones también corresponde a dicha Estación Meteorológica.

II.A.11. Medición de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)

Para conocer el porcentaje de sombra de la malla artificial, se midió la radiación fotosintéticamente activa (RFA) utilizando un ceptómetro de barras integradoras del flujo de fotones de 1 metro de longitud (Decagon Devices, Inc.). Las mediciones fueron realizadas en un día diáfano en el momento en que el sol se encontraba en el cenit. Se tomaron 100 muestras a cielo abierto y 100 muestras bajo la malla de polietileno a una altura de 1,3m. Luego se calculó la relación porcentual entre ambas para determinar la RFA interceptada por dicha malla. La medición se efectuó el 22 de Noviembre de 2009 entre las 12 y 12:30hs realizando dos repeticiones para obtener un valor promedio.

II.A.12. Labores culturales

Se controlaron malezas en forma manual en todos los tratamientos. También se realizó control de plagas, principalmente caracoles domésticos con meta acetaldehído (molusquicida) e isoca medidora y otras larvas de lepidópteros con endosulfán (insecticida) a dosis recomendadas según marbete del producto comercial.

II. B. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de parcelas principales, subparcelas y sub-subparcelas, con arreglo factorial (2x2x3) totalizando 12 tratamientos y 7 repeticiones de cada uno. Se trabajó sobre tres fuentes de variación: radiación, inoculación y suelo. A las parcelas principales se le asignó el factor radiación, a la subparcelas el factor inoculación y a las sub-subparcelas el factor suelo. En el primer caso se utilizaron dos niveles de radiación incidente, 100% (0) y 50% (S). En cuanto a inoculación también se realizaron dos niveles de tratamientos, plantas inoculadas (I) y plantas no inoculadas (0). El suelo contempló tres niveles de tratamientos: suelo sin modificar (0), con aplicación de ceniza (C) incorporada en los primeros 5 cm de suelo y con aplicación de fertilizante fosfórico (P) en superficie. Esto resultó en un total de doce tratamientos como puede apreciarse en el Cuadro II.2.

Cuadro II.2. Tratamientos y su denominación abreviada de las tres fuentes de variación: radiación, inoculación y suelo.

Trat	Denominación			Tratamientos
	Sombra	Inoc	Suelo	
1	0	0	0	Cielo abierto, no inoculado, suelo sin modificación
2	0	0	C	Cielo abierto, no inoculado, con ceniza
3	0	0	P	Cielo abierto, no inoculado, con fertilización fosfórica
4	0	I	0	Cielo abierto, inoculado, suelo sin modificación
5	0	I	C	Cielo abierto, inoculado, ceniza
6	0	I	P	Cielo abierto, inoculado, fertilización fosfórica
7	S	0	0	50% de sombra, no inoculado, suelo sin modificación
8	S	0	C	50% de sombra, no inoculado, ceniza
9	S	0	P	50% de sombra, no inoculado, fertilización fosfórica
10	S	I	0	50% de sombra, inoculado, suelo sin modificación
11	S	I	C	50% de sombra, inoculado, ceniza
12	S	I	P	50% de sombra, inoculado, fertilización fosfórica

Para el análisis estadístico se utilizó el software estadístico INFOSTAT (2009). Con éste se realizó el Análisis de la Varianza (ANAVA) y se compararon las medias empleando la prueba de Tukey. Previo al análisis se comprobaron el supuesto de Normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks y gráficos QQPlot, el supuesto de Homogeneidad de Varianzas con gráficos de dispersión de residuos en función de los predichos de cada variable. Se utilizó la prueba de contrastes para analizar las diferencias entre tratamientos y grupos de

tratamientos. La duración del ensayo fue de 159 días. En el Cuadro II.3 se describen las actividades y la fecha de ejecución de las mismas.

Cuadro II.3. Descripción de las etapas y fecha de realización.

Descripción	Fecha	Días entre etapas	Días acumulados
Carga de macetas	02/09/2009	0	0
Aplicación de fertilizante y ceniza	03/09/2009	1	1
Plantación	28/10/2009	55	56
Inoculación	09/11/2009	12	68
Poda de plantas	14/12/2009	35	103
Finalización del ensayo	08/02/2010	56	159

II. C. Variables medidas

II.C.1. Biomasa aérea

Para determinar la biomasa aérea se cortó cada planta a la altura del cuello, se separaron hojas y tallos para obtener la biomasa de cada fracción. Una vez separado el material se secó en estufa a 60°C y se obtuvo el peso seco (mg MS/planta).

II.C.2. Área foliar

De las hojas separadas de cada planta, se extrajeron 10 al azar, las cuales fueron colocadas sobre un papel de color blanco con un cuadrado pintado de negro de referencia de 1cm², se fotografió cada muestra con una cámara digital colocada en un soporte. Luego se procesó la información con el programa Hoja 1.1 (INTA, 2001) para obtener la superficie de 10 hojas. Se pesaron y secaron para obtener el peso seco de las mismas y así calcular el Área foliar específica (AFE = cm²/g) y también el área foliar total por planta (AF = cm²/maceta).

II.C.3. Biomasa radical

Para determinar la biomasa radical se lavaron las raíces con agua sobre una malla tipo mosquitero y se observó la ausencia o presencia de nódulos. Se los contabilizaron previo al secado en estufa a 60°C para obtener el peso seco (mg MS/planta). El método para el lavado de raíces es similar al implementado por Lacorte (1974) y empleado por Felton (2006).

II.C.4. Nodulación

Se contabilizó la cantidad de nódulos (Nº de nód./maceta) presentes en las raíces, previo secado de las mismas. Asimismo, se tomó una muestra al azar de 20 nódulos de los primeros 15cm de la raíz principal de cada planta, luego se seccionó, clasificó y contabilizó en nódulos rosados-rojos (Nº de nód.rojos/maceta) y nódulos blancos (Nº de nód.blancos/maceta). Para que estos datos cumplan con el supuesto de normalidad fue necesario realizar la transformación de los mismos. Para ello se calculó el Arco Seno de la raíz cuadrada de cada dato. En los casos de datos con el valor 0 (cero) se aplicó la siguiente fórmula $[1/(12 \cdot 20) = 0,00417]$.

II. D. Hipótesis

Se parte de las siguientes hipótesis nulas:

La modificación del porcentaje de radiación fotosintéticamente activa (RFA) que reciben las plantas de *Arachis pintoi* no incidirá en forma significativa entre tratamientos sobre las variables medidas (biomasa de tallos, hojas y raíces; área foliar específica y área foliar total; Nº total de nódulos, Nº de nódulos blancos y rojos de la muestra).

La inoculación de *Arachis pintoi* con *Bradyrhizobium spp.* no modificará las respuestas de las variables medidas (biomasa de tallos, hojas y raíces; área foliar específica y área foliar total; Nº total de nódulos, Nº de nódulos blancos y rojos de la muestra) en forma significativa entre tratamientos.

Tanto la aplicación de fosfato diamónico (para aumentar la disponibilidad de fósforo) y ceniza (para reducir la acidez) al suelo no provocarían diferencias significativas en las variables medidas entre tratamientos (biomasa de tallos, hojas y raíces; área foliar específica y área foliar total; Nº total de nódulos, Nº de nódulos blancos y rojos de la muestra).

No habría interacción de ningún orden (doble y triple) entre los distintos niveles de un factor a través de los niveles de los otros factores manifestado a través de las variables medidas (biomasa de tallos, hojas y raíces; área foliar específica y área foliar total; Nº total de nódulos, Nº de nódulos blancos y rojos de la muestra).

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III. A. Variables atmosféricas

III.A.1. Temperatura (°C)

En la Figura III.1 se observa la variación de la temperatura media mensual máxima y mínima desde el 6 de noviembre de 2009 (instalación del sensor de temperatura y humedad) hasta el 8 de febrero de 2010 (finalización del ensayo) en el lugar del ensayo. La temperatura media durante el período expresado fue de 26,76°C, la máxima media de 36°C y la mínima media de 20,2°C. Las temperaturas medias mensuales mínima y máxima fueron incrementándose levemente en los primeros tres meses, siendo el del último mes sensiblemente mayor (sólo se registraron 8 días del mes de febrero).

En el Anexo 1 se encuentra la Figura 1.1 con un gráfico detallado de la variación de la temperatura diaria máxima y mínima y la comparación entre los datos registrados en el sitio del ensayo y en la Estación Meteorológica del Campo Anexo Laharrague (CAL) INTA Montecarlo.

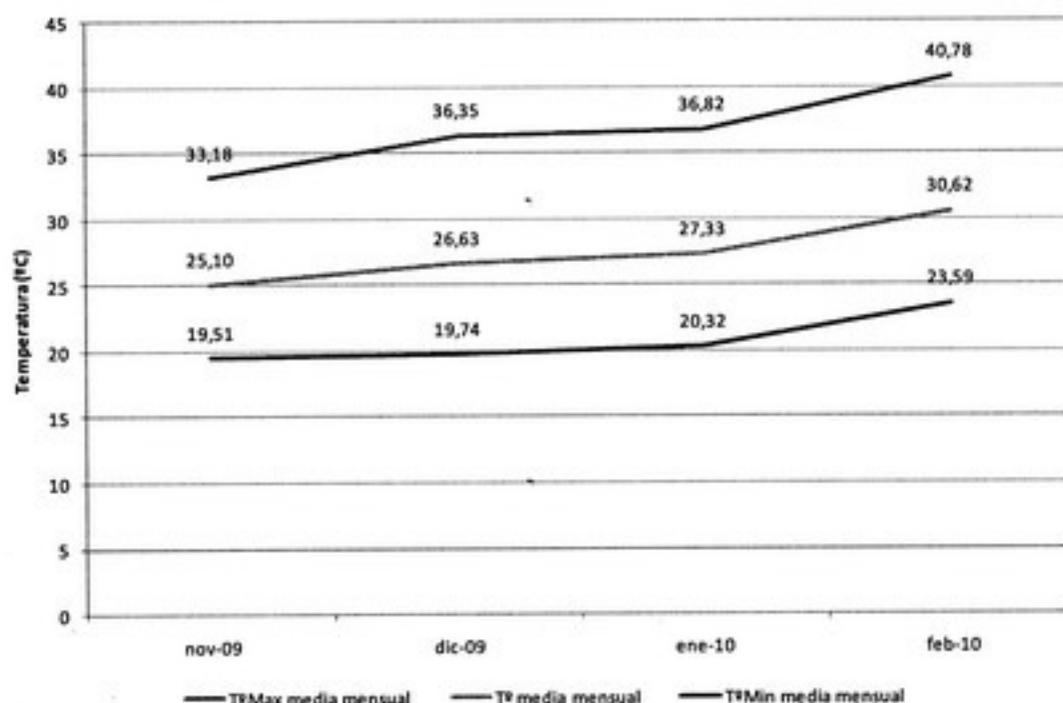


Figura III.1. Temperatura media mensual máxima y mínima registrada con sensores (HOBO) en el sitio del ensayo desde el 6 de noviembre de 2009 hasta el 8 de febrero de 2010.

III.A.2. Humedad Relativa (%)

En la Figura III.2 se puede observar la variación de la Humedad Relativa (HR) media mensual máxima y mínima desde el 6 de noviembre de 2009 (instalación del sensor de temperatura y humedad) hasta el 8 de febrero de 2010 (finalización del ensayo) en el lugar del ensayo. La Humedad Relativa media en el período expresado fue de 78,14%, HR media máxima fue de 99% y la HR media mínima fue de 45,5%. La HR máxima media mensual se mantuvo constante los primeros tres meses y disminuyó el último mes, en cambio la HR mínima media mensual sufrió un marcado descenso durante los cuatro meses.

En el Anexo 1 se encuentra la Figura 1.2 con un gráfico detallado de la variación de la Humedad Relativa diaria máxima y mínima y la comparación entre los datos registrados en el sitio del ensayo y en la Estación Meteorológica del Campo Anexo Laharrague (CAL) INTA Montecarlo.

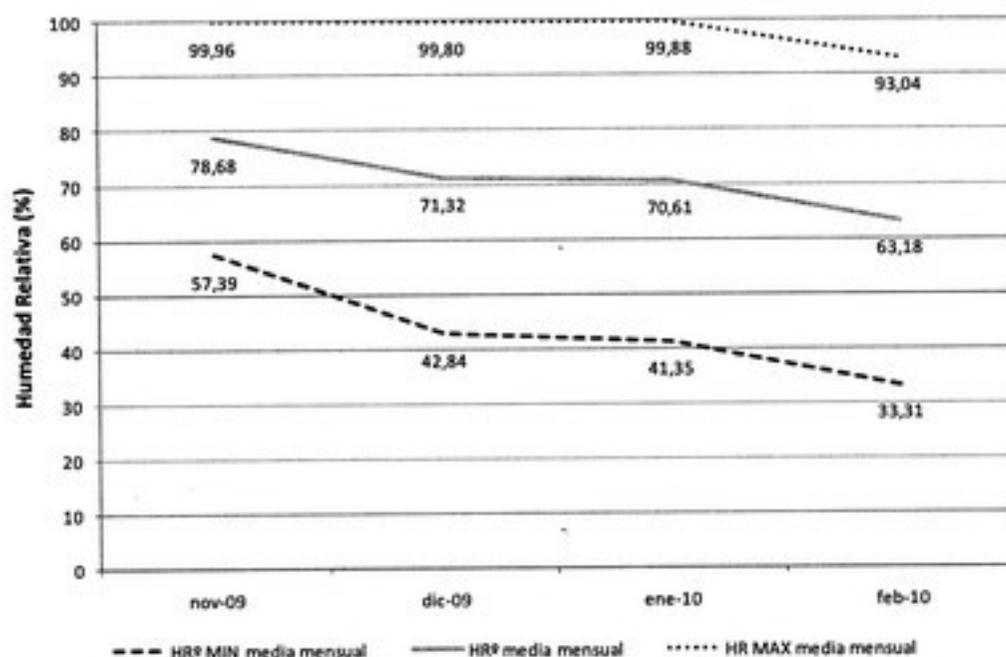


Figura III.2. Humedad Relativa media mensual máxima y mínima registrada con sensores (HOBO) en el sitio del ensayo desde el 6 de noviembre de 2009 hasta el 8 de febrero de 2010.

III.A.3. Precipitaciones (mm)

Los meses durante los que transcurrió el ensayo fueron lluviosos y la precipitación acumulada desde el mes de septiembre de 2009 hasta el 8 de febrero de 2010 fue 32% superior a la precipitación promedio acumulada para ese mismo período de tiempo para la localidad de Montecarlo. Los meses de mayor precipitación fueron septiembre, octubre, noviembre y diciembre; enero registró menor precipitación acumulada que el promedio histórico y los datos de febrero corresponden sólo hasta el día 8.

La precipitación total en el período de duración del ensayo fue de 1280,1mm y el riego totalizó 661mm sumando entre ambos 1941,1mm en 159 días (aprox. 5 meses).

Cuadro III.1. Precipitación media mensual histórica para la localidad de Montecarlo, Precipitación Mensual (mm) registrada durante el ensayo y Diferencia (mm) entre el promedio mensual histórico y las precipitaciones mensuales acumuladas durante el ensayo. (Fuente: INTA Montecarlo)

Mes	Precipitación Media Mensual (mm)	Precipitación Mensual (mm)	Diferencia (mm)
sep-09	148,6	233,0	84,4
oct-09	205,2	263,0	57,8
nov-09	152,1	389,6	237,5
dic-09	152,9	270,5	117,6
ene-10	165,2	121,0	-44,2
feb-10	144,3	3,0	-141,3

En la Figura III.3 puede verse la proporción de precipitaciones y riegos de cada mes. Para mantener la humedad de las macetas en Capacidad de Campo (CC) durante los primeros dos meses fue necesario riegos de poca cantidad de milímetros de agua, una vez establecido el cultivo (28 de octubre) se incrementó la demanda de agua. En Febrero se registraron los datos de precipitación y riego hasta el día 8 (fecha de finalización del ensayo). En el Anexo 1 se encuentra el Cuadro 1.1 que contiene una tabla detallada con los datos de precipitación y riego por día durante el transcurso del ensayo.

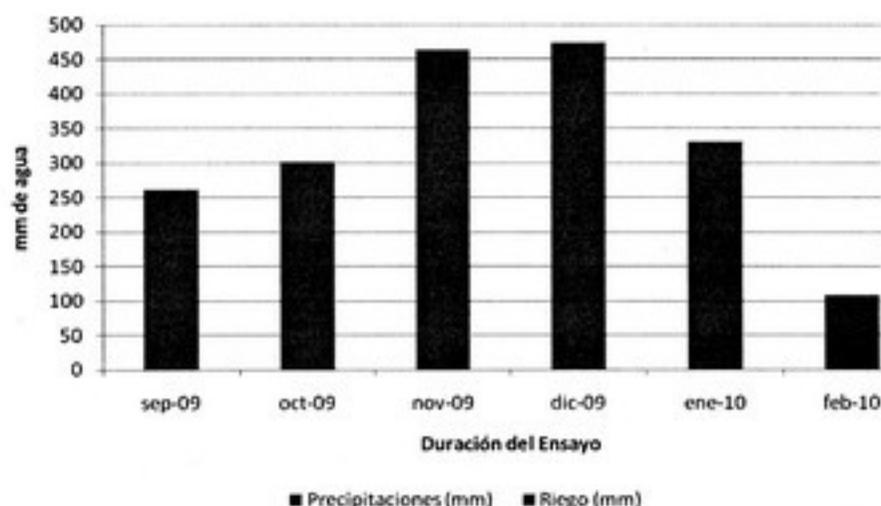


Figura III.3. Precipitaciones acumuladas (mm) en los meses de duración del ensayo y el Riego Mensual (mm). Febrero contiene datos hasta el día 8.

III. B. Análisis de suelo

Cuadro III.2. Análisis de suelo de los 12 tratamientos al finalizar el ensayo. La primera columna (testigo) corresponde al suelo utilizado al inicio del ensayo para todos los tratamientos.

	testigo	OOO	OOC	OOP	OIO	OIC	OIP	SOO	SOC	SOP	SIO	SIC	SIP
Materia Orgánica													
Fac.Oxl. (%)	2,41	2,52	2,53	2,33	2,06	2,40	2,34	2,49	2,36	2,53	2,64	2,19	2,21
Carbono													
Fac. oxl. (%)	1,40	1,46	1,47	1,36	1,20	1,40	1,36	1,45	1,37	1,47	1,54	1,27	1,28
Nitrógeno													
Total (%)	0,23	0,19	0,17	0,17	0,15	0,15	0,18	0,20	0,17	0,21	0,19	0,15	0,22
Relación C/N	8,06	9,76	11,38	10,16	10,49	12,05	9,94	9,45	10,54	8,90	10,33	10,89	7,74
Fósforo Extrac P ₂ O ₅ (ppm)	6,83	2,53	17,97	5,01	1,49	16,94	5,15	0,58	17,19	2,70	0,09	13,22	3,15
Potasio interc. K (meq/100g)	0,30	0,59	0,74	0,44	0,48	0,83	0,48	0,40	0,61	0,39	0,36	0,69	0,25
Calcio interc. Ca (meq/100g)	6,76	6,73	11,19	6,84	7,25	15,28	6,84	3,94	9,84	4,35	5,28	11,55	5,28
Magnesio interc. Mg (meq/100g)	1,07	1,24	2,90	1,55	1,19	2,12	1,30	1,04	0,93	1,04	1,04	2,43	1,04
Sodio interc. Na (meq/100g)	0,02	0,09	0,07	0,06	0,08	0,08	0,07	0,09	0,09	0,07	0,09	0,08	0,08
Suma de Bases (meq/100g)	8,15	8,66	14,90	8,89	9,00	18,31	8,68	5,46	11,47	5,85	6,76	14,75	6,64
Acidez interc. (meq/100g)	6,93	8,76	4,62	7,96	7,98	4,10	8,88	11,08	7,02	11,36	10,38	5,28	11,08
CIC Total (meq/100g)	15,08	17,42	19,52	16,85	16,98	22,41	17,56	16,54	18,49	17,21	17,14	20,03	17,72
Saturación de Bases V (%)	54,03	49,70	76,33	52,77	53,02	81,71	49,44	33,03	62,04	33,99	39,45	73,65	37,48
pH Agua (1:2.5)	5,60	5,86	7,67	5,86	5,97	7,94	5,55	5,13	6,70	4,99	5,30	7,24	5,05
pH CIK (1:2.5)	4,59	4,73	6,80	4,96	4,86	7,43	4,66	4,11	5,82	4,10	4,26	6,52	4,20
Aluminio interc. Al (meq/100g)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,68	nd	0,38	0,05	nd	0,29

Observaciones: análisis realizados en el Laboratorio de Suelo del INTA Cerro Azul.

El diagnóstico agronómico, realizado por el Ingeniero Domingo Sosa, responsable del Laboratorio de Suelo de la EEA INTA Cerro Azul, expresa que las condiciones químicas observadas en los resultados del análisis de suelo al inicio del ensayo (muestra testigo) corresponden a un suelo calificado como bueno. Explica que los elementos Materia Orgánica y Fósforo presentan un valor ligeramente limitante y los elementos nitrógeno, potasio, calcio y magnesio se presentan con valor considerado adecuado.

Los tratamientos sin el agregado de ceniza o fosfato diamónico corresponden a un suelo calificado como regular a bueno. Sosa (com. pers., 2010) señala al fósforo como el elemento limitante y que la materia orgánica se mantuvo en valores aceptables. Además indica que los elementos K, Ca y Mg presentan valores considerados adecuados y mantienen relación con los valores para suelos conocidos como "Rojos". El nitrógeno total se mantuvo en valores no limitantes (por arriba de 0,18%) en todos los tratamientos. Los valores más altos se observaron en los tratamientos SOP y SIP con aplicación de fosfato diamónico. Cabe destacar que el contenido de N al inicio (0,23%) era levemente mayor al máximo valor encontrado al finalizar el ensayo.

La aplicación de ceniza vegetal permitió elevar el pH del suelo hasta niveles alcalinos. Además aportó cantidades apreciables de fósforo (66kg de P_2O_5 /ha), calcio (3348kg de CaO/ha), magnesio (563kg de MgO/ha) y potasio (318kg de K/ha). Sosa (com. pers., 2010) señala que al elevarse el pH, permitió que aumentara la disponibilidad de P por la eliminación del bloqueo por parte de los hidróxidos de hierro y aluminio.

En la muestra testigo (inicial) se detectó una cantidad elevada de P (6,83ppm P_2O_5) en comparación con la concentración en las muestras finales de los tratamientos sin modificación del suelo. La disponibilidad de fósforo en los tratamientos con aplicación de fosfato diamónico (PDA) fue inferior al testigo. Sosa (com. pers., 2010) explica que la dosis utilizada (100kg de P_2O_5 /ha) de fertilizante fosfórico es recomendable para fertilizaciones de base, sin embargo es baja para ser detectada en el corto a mediano plazo.

En el caso de los tratamientos con aplicación de ceniza se detectó mayor disponibilidad de P_2O_5 debido al elevado pH alcanzado y la consecuente liberación del P fijado, además del aporte directo de la ceniza de 66kg de P_2O_5 /ha. En estos tratamientos la concentración de bases (Ca, Mg, K, Mn) en el suelo mostró un gran aumento.

III. C. Ceniza

El análisis químico indicó que la ceniza utilizada contenía 47,87% de Ca; 66,97% de CaO; 6,8% de Mg; 11,27% de MgO; 6,36% de K; 0,61% de P total y 1,33% de P_2O_5 . El Laboratorio de INTA Cerro Azul aprueba el uso de esta ceniza como enmienda calcárea.

III. D. Sombra

En el Cuadro III.3 se encuentra el resumen de las mediciones de la radiación fotosintéticamente activa (RFA). Se realizaron dos repeticiones a efectos de comparar y obtener un promedio. El resultado de la primera repetición fue de 42,4% de radiación interceptada por la malla de polietileno negro y en la segunda repetición se obtuvo 41,2% de luz interceptada por la misma. Si bien la marca comercial de la malla de polietileno especificaba un nivel de sombra del 50%, se constató que la sombra generada por la misma fue de 41,8%.

Cuadro III.3. Medición de la radiación fotosintéticamente activa (RFA).

Repetición	Lugar de muestreo	Horario (hora:minutos)	RFA Promedio ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Nº de mediciones
Primera	Cielo Abierto	12:15	1663	100
	Sombra	12:17	958	100
Segunda	Cielo Abierto	12:18	1646	100
	Sombra	12:20	969	100

III. E. Biomasa Aérea, de Tallos y de Hojas

Los resultados del análisis estadístico de los datos de Biomasa Aérea, de Tallos y de Hojas indica que no hubo interacción entre los factores estudiados. Es por ello que se analizó cada factor en forma individual (Cuadro III.4). La Biomasa Aérea bajo sombra fue superior ($p < 0,001$) a la registrada a Cielo Abierto (CA) y varió en función al factor suelo ($p < 0,0001$). Los tratamientos con ceniza y con fósforo presentaron biomásas aéreas superiores a los tratamientos testigos (sin modificación de suelo). No hubo diferencias entre los tratamientos con ceniza y con fósforo.

La respuesta en la Biomasa de tallos y hojas fue similar a la Biomasa Aérea (total), fueron significativamente superiores bajo sombra ($p < 0,003$ para Biomasa de Tallo y $p < 0,0003$ para Biomasa de Hojas) y los tratamientos con ceniza y con fósforo ($p < 0,0001$ tanto en Biomasa de Tallos como de Hojas).

El tratamiento inoculación no fue significativo (Biomasa Aérea: $p = 0,08$; Biomasa de Tallos: $p = 0,08$ y Biomasa de Hojas: $p = 0,09$), presentó una leve tendencia de disminución de las variables (biomasa aérea, de tallos y de hojas) en los tratamientos inoculados.

Cuadro III.4. Biomasa total, tallo y hojas, promedio de cada factor y nivel. En la prueba de Tukey ($p < 0,01$) letras diferentes indican diferencias significativas entre los distintos niveles dentro de cada factor individual (radiación, inoculación, suelo).

Factor	Nivel	Biomasa Promedio de tallo (mg MS/maceta)	Biomasa Promedio de hoja (mg MS/maceta)	Biomasa Aérea Promedio (mg MS/maceta)	n
Radiación	Sombra	3470 A	2087 A	5557 A	42
	Cielo Abierto	2737 B	1510 B	4246 B	42
Inoculación	No inoculado	3356 A	1922 A	5278 A	42
	Inoculado	2851 A	1675 A	4526 A	42
Suelo	Sin modificación	2021 B	1174 B	3195 B	28
	Con ceniza	3856 A	2287 A	6143 A	28
	Con fósforo	3422 A	1934 A	5367 A	28

La variable relación hoja/tallo promedio no se ajustó al modelo propuesto para el ANAVA, por lo tanto se calculó el promedio de cada tratamiento y esta relación varió de 0,52/1 (OOP: cielo abierto, no inoculado, con fósforo) a 0,66/1 (SOP: sombra, no inoculado, con fósforo) y el promedio de los 12 tratamientos fue de 0,59/1.

Los resultados obtenidos de la variable Biomasa Aérea en la presente experiencia con 41,2% de sombra coinciden con los citados en la experiencia de Fisher y Cruz (1995), en la cual cultivaron *Arachis pintoi* en macetas bajo distintas intensidades de sombra (0 (testigo), 30, 50 y 70% de sombra). La biomasa aérea producida bajo sombra fue significativamente superior ($p < 0,01$) al testigo. Según los autores, esto indica que esta especie está adaptada a condiciones de baja RFA. Por otra parte varios autores se expresan en este sentido confirmando la adaptabilidad y persistencia de *Arachis pintoi* en condiciones de sombra (Argel, 1995; Cook et al., 1995; Stür y Ndikumana, 1995; Dall'Agnoll, 2002; Lacorte et al., 2006).

Los antecedentes sobre el efecto de la inoculación con cepas específicas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* en *Arachis pintoi* son ambiguos. Varias experiencias citadas anteriormente (Sylvester-Bradly, 1988 y Thomas, 1995) muestran efectos positivos debido a la inoculación con cepas específicas, reflejado en un aumento del contenido de N en la Biomasa Aérea comparado con los testigos sin inocular, pero también expresan que ciertas cepas produjeron un efecto contrario, presentando una significativa disminución del contenido de N. En otra experiencia, donde se cultivó *Arachis pintoi* en macetas con suelo seco y almacenado por varios meses, se inocularon las macetas con una solución de suelo proveniente de una población sana de *A. pintoi*, en este caso la biomasa aérea y radical (g MS/maceta) producida en las macetas inoculadas fue superior a las no inoculadas (Fisher y Cruz, 1995). Trasladaron la misma experiencia a campo pero el resultado fue diferente ya que no hubo diferencia entre tratamientos, explicando que podría existir mayor cantidad y diversidad de microorganismos en el suelo a campo de manera que se establecería una competencia entre ellos perjudicando a la cepa inoculada. En la descripción del suelo utilizado en el presente ensayo se explicó que éste fue extraído y colocado inmediatamente en las macetas tratando de minimizar las alteraciones para que las condiciones (de suelo) a las que fueran sometidas las plantas sean similares a las de campo. El suelo utilizado no fue seco y la planilla de precipitaciones y riegos muestra que no hubieron períodos prolongados de sequía, lo cual hace suponer que la vida microbiana fue poco alterada. Uno de los factores que influye sobre la nodulación y FBN descritos en los antecedentes es la presencia de depredadores microbianos (Thomas, 1995; Frioni, 1999). Éstos podrían ser los causantes de que la inoculación no haya producido efectos significativos sobre la biomasa aérea.

Otra posibilidad es que la simbiosis entre bacterias y leguminosas sea inefectiva ya que ciertas cepas son capaces de nodular con leguminosas pero no proveen de N a éstas a cambio de los productos de la fotosíntesis que consumen, transformándose en parásitos de estas plantas (Frioni, 1999). *Arachis pintoi* es capaz de nodular con un amplio rango de cepas de rizobio pero no todas fijan nitrógeno eficientemente (Thomas, 1995).

Los resultados de la presente experiencia son similares a los que obtuvo Oszurkiewicz (2006) inoculando *Leucaena leucocephala* en suelos ácidos de Misiones, donde no ha encontrado diferencias significativas en la producción de biomasa aérea y tampoco en el contenido de proteína en ésta. Cabe destacar que hubo una tendencia a un mayor contenido de proteína en la biomasa aérea de las plantas inoculadas.

La concentración de nitrógeno total (%) en el suelo fue levemente mayor en los tratamientos (OOP, OIP, SOP y SIP) que recibieron PDA (39kg de N/ha), sin embargo el mayor valor fue encontrado en la muestra testigo (0,23% de N total). Rao y Kerridge (1995) afirman que dosis de fertilizante menores a 50kg de N/ha aplicadas al suelo no perjudican la nodulación en *Arachis pintoi*.

Frioni (1999) explica que el pH del suelo juega un rol central en la efectividad de la nodulación y FBN. La acidez del suelo perjudica la sobrevivencia de la bacteria. Asimismo, bajos valores de pH provocan deficiencia de elementos (Ca, Mg) necesarios tanto para la planta (hospedante) como para la bacteria. Otro efecto indirecto es la toxicidad producida por mayor concentración de los elementos Al y Mn. El análisis de suelo de cada tratamiento arroja valores de pH (en agua) alcalinos para los tratamientos que recibieron la aplicación de ceniza (OOC, OIC y SIC) menos el tratamiento SOC con pH 6,7 cercano a la neutralidad. El porcentaje de saturación de bases sobrepasa el 60% en todos los casos llegando hasta valores de 81% (OIC). No se detectó Aluminio intercambiable en ninguno de estos tratamientos. La disponibilidad de fósforo en los tratamientos con aplicación de ceniza aumentó en más del doble en comparación a la muestra testigo y en los tratamientos con aplicación de PDA disminuyó entre 1 y 3ppm.

En los cuatro tratamientos que recibieron la ceniza (OOC, OIC, SOC, SIC) las variables pH, concentración de P_2O_5 , Ca, Mg, % de saturación de bases y Al intercambiable fueron modificadas hacia valores favorables para la nodulación y FBN. La aplicación de PDA en los respectivos tratamientos incorporó al suelo 100kg de P_2O_5 /ha y 39kg de N/ha, por tanto, no se excedió la dosis máxima de nitrógeno (50kg de N/ha) a partir de la cual la nodulación en *Arachis pintoi* es afectada (Rao y Kerridge, 1995).

A pesar de ello, la biomasa aérea, de tallos y de hojas no registró diferencias significativas debido al factor inoculación y/o a la interacción de los factores inoculación x suelo. Tampoco fue significativa la diferencia entre los tratamientos con incorporación de ceniza y los que recibieron PDA a pesar que el análisis de suelo de los respectivos tratamientos mostró diferencias importantes en términos de acidez y disponibilidad de fósforo. Estos resultados se asemejan a los de Góis *et al.* (1997) y Vasconcellos *et al.* (1998), que concluyeron que *Arachis pintoi* demuestra rusticidad y adaptación a suelos ácidos debido a la baja o nula respuesta a la aplicación de cal.

La nodulación y FBN es afectada por extremos de temperatura, cuando son bajas retardan la infección y cuando son elevadas provocan nódulos poco eficientes (Frioni, 1999). Temperaturas diurnas de entre 25 y 32°C son óptimas para la nodulación, funcionamiento de la simbiosis y crecimientos de especies tropicales (Siqueira y Franco, 1988; citado por Frioni, 1999). La temperatura media registrada en el período de duración del ensayo se mantuvo dentro del rango óptimo para la nodulación y FBN siendo de 26,7°C. Sin embargo la temperatura máxima media del mismo período fue de 36°C y la mínima media de 20,2°C, encontrándose fuera del rango óptimo de temperatura. Es posible que estos extremos de temperatura, principalmente los máximos, hayan afectado la nodulación y formado nódulos de baja eficiencia.

En la Figura III.4 presenta el promedio de biomasa aérea (mg MS/maceta) por tratamiento. En éste se pueden observar diferencias de carácter aditivo entre tratamientos donde se destaca el tratamiento SOC (sombra, no inoculado y con ceniza) con 7470mg MS/maceta y las pruebas de contrastes permiten indicar que fue superior al resto de los tratamientos salvo SIC (sombra, inoculado y con ceniza) con el cual no hay diferencia significativa.

Se analizaron los componentes de la Biomasa Aérea por separado con la prueba de contrastes y se obtuvo que en el caso de la variable Biomasa de hojas, SOC fue el tratamiento destacado siendo superior al resto de los tratamientos salvo SIC y SOP (sombra, no inoculado, con fósforo). El tratamiento SOC fue también superior al resto en el caso de la variable Biomasa de tallos salvo SIC, OOP (cielo abierto, no inoculado, con fósforo) y OOC (cielo abierto, no inoculado, con ceniza).

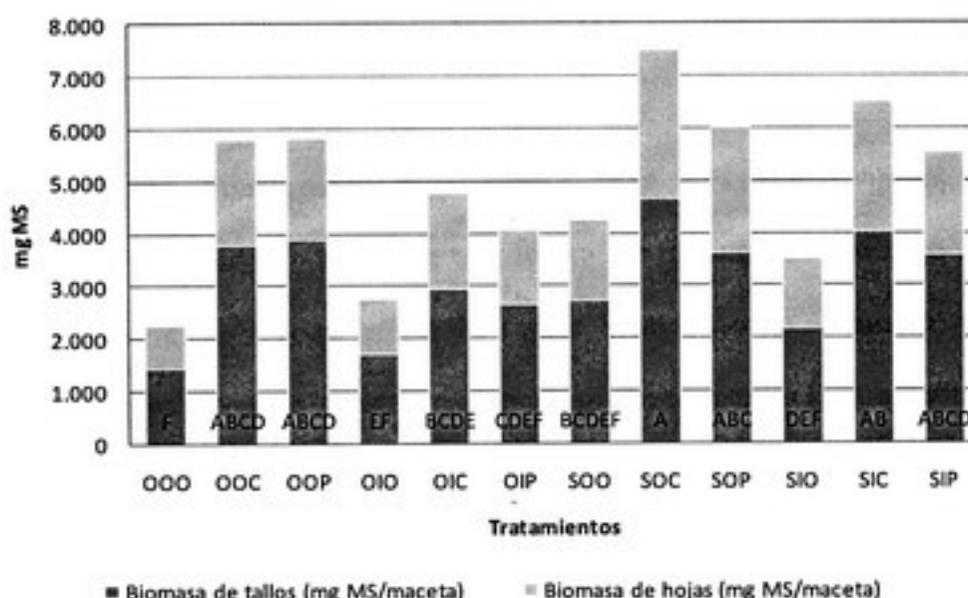


Figura III.4. Biomasa Aérea promedio (mg MS/maceta) por tratamiento, representando las fracciones biomasa de tallos (verde oscuro) y hojas (verde claro). En la prueba de Tukey, la coincidencia de una o más letras en las barras indica que la diferencia entre esos tratamientos no es significativa ($p \leq 0,05$). Referencia de los tratamientos:
 000: Cielo abierto, no inoculado, suelo sin modificación 500: 50% de sombra, no inoculado, suelo sin modificación
 00C: Cielo abierto, no inoculado, con ceniza 50C: 50% de sombra, no inoculado, ceniza
 00P: Cielo abierto, no inoculado, fertilización fosfórica 50P: 50% de sombra, no inoculado, fertilización fosfórica
 010: Cielo abierto, inoculado, suelo sin modificación 510: 50% de sombra, inoculado, suelo sin modificación
 01C: Cielo abierto, inoculado, ceniza 51C: 50% de sombra, inoculado, ceniza
 01P: Cielo abierto, inoculado, fertilización fosfórica 51P: 50% de sombra, inoculado, fertilización fosfórica

III. F. Área Foliar Específica y Área Foliar (total)

En el Cuadro III.5 pueden observarse los resultados promedio de las variables Área foliar específica y Área foliar total de cada factor individual en sus distintos niveles. Las diferencias observadas en la primera variable fueron significativas en el caso del factor radiación ($p < 0,001$) siendo mayor el valor registrado en el nivel sombra. Con un intervalo de confianza del 95% fue significativa la diferencia en el caso del factor suelo ($p < 0,0482$), los tratamientos con ceniza y fósforo fueron superiores a los tratamientos sin modificación del suelo. El caso de la variable Área foliar fue análogo al anterior (factor radiación $p < 0,0001$) y además hubo diferencia en el factor suelo ($p < 0,0001$) entre los tratamientos sin modificación del suelo y los tratamientos que contemplaban la aplicación de ceniza y de fósforo. Estos resultados concuerdan con los mencionados en la experiencia citada anteriormente (Fisher y Cruz, 1995) en la cual las plantas bajo sombra presentaron mayor Área foliar específica y Área foliar que el testigo (0% de sombra).

Cuadro III.5. Área Foliar Específica (AFE) promedio y Área Foliar (AF) promedio. En la prueba de Tukey, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,01$) entre los distintos niveles dentro de cada factor evaluado (radiación, inoculación, suelo).

Factor	Nivel	AFE (cm ² /g)	AF (cm ² /maceta)	n
Radiación	Sombra	309 A	651 A	42
	Cielo Abierto	259 B	396 B	42
Inoculación	No inoculado	280 A	550 A	42
	Inoculado	288 A	497 A	42
Suelo	Sin modificación	273 A	327 B	28
	Con ceniza	293 A	682 A	28
	Con fósforo	286 A	563 A	28

III. G. Biomasa Radical

Como sucedió con las variables vistas anteriormente, en el análisis de la varianza de la Biomasa Radical (mg MS/maceta) no hubo interacciones. Por lo tanto el análisis se realizó sobre el efecto individual de cada factor (Cuadro III.6). El factor radiación no afectó la Biomasa Radical ($p=0,13$), mostrando una leve tendencia de mayor Biomasa Radical bajo sombra.

El efecto del factor Inoculación fue significativo al 95% ($p<0,041$), siendo mayor la Biomasa Radical en los tratamientos No Inoculado. En el caso del factor Suelo ($p<0,0001$) la diferencia fue favorable a los niveles con ceniza y con fósforo, siendo estos superiores al nivel sin modificación del suelo.

En la misma experiencia citada para la variable Biomasa Aérea (Fisher y Cruz, 1995) en el que se probó cultivar *Arachis pintoi* bajo distintas intensidades de sombra no encontraron diferencias entre tratamientos para la variable Biomasa radical. Esta variable no mostró cambios significativos debido a las diferencias en la intensidad de luz recibida durante el crecimiento de la planta para esta especie en ambas experiencias.

Cuadro III.6. Biomasa Radical promedio de cada factor y nivel. En la prueba de Tukey, letras diferentes indican diferencias significativas (primera columna $p<=0,01$ y segunda columna $p<=0,05$) entre los distintos niveles dentro de cada factor evaluado (radiación, inoculación, suelo).

Factor	Nivel	Biomasa Radical promedio (mg MS/maceta)	Tukey (99%)	Tukey (95%)	n
Radiación	Sombra	2416	A	A	42
	Cielo Abierto	2191	A	A	42
Inoculación	No Inoculado	2529	A	A	42
	Inoculado	2077	A	B	42
Suelo	Sin modificación	1794	B	B	28
	Con ceniza	2468	A	A	28
	Con fósforo	2647	A	A	28

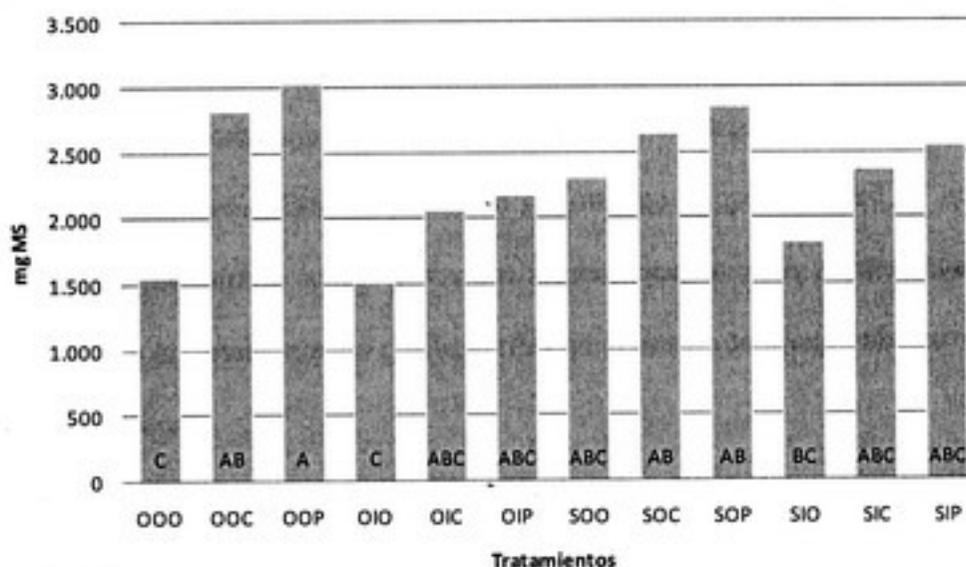


Figura III.5. Biomasa Radical promedio (mg MS/maceta) por tratamiento. En la prueba de Tukey, la coincidencia de una o más letras en las barras indica que la diferencia entre esos tratamientos no es significativa ($p<=0,05$).

Referencia de los tratamientos:

- | | |
|---|---|
| OOO: Cielo abierto, no inoculado, suelo sin modificación | SOO: 50% de sombra, no inoculado, suelo sin modificación |
| OOC: Cielo abierto, no inoculado, con ceniza | SOC: 50% de sombra, no inoculado, ceniza |
| OOP: Cielo abierto, no inoculado, fertilización fosfórica | SOP: 50% de sombra, no inoculado, fertilización fosfórica |
| OIO: Cielo abierto, inoculado, suelo sin modificación | SIO: 50% de sombra, inoculado, suelo sin modificación |
| OIC: Cielo abierto, inoculado, ceniza | SIC: 50% de sombra, inoculado, ceniza |
| OIP: Cielo abierto, inoculado, fertilización fosfórica | SIP: 50% de sombra, inoculado, fertilización fosfórica |

En la Figura III.5 se encuentran graficados el promedio de la Biomasa Radical de cada tratamiento. Se destacan los tratamientos que recibieron el PDA, seguidos por aquellos en que se incorporó la ceniza y en último lugar los tratamientos en los que no se modificó la fertilidad del suelo.

Es llamativa la biomasa radical producida por el tratamiento SOO (sin aplicación de fertilizantes) en comparación con los tratamientos que recibieron ceniza y fósforo (OIC, OIP, SIC y SIP), que según la prueba de contrastes no existe diferencia significativa entre los tratamientos nombrados.

III. H. Nº de Nódulos, nódulos rojos y blancos

En cuanto al Nº de nódulos tampoco se encontraron interacciones y sólo el factor suelo acusó diferencias significativas ($p < 0,0001$) en los cuales el promedio de tratamientos con aplicación de fósforo y con ceniza fueron superiores a la suelo sin modificación.

En el Cuadro III.7 se encuentran los datos del conteo de nódulos blancos y rojos. Se ha utilizado un método de transformación de los datos para cumplir con el supuesto de normalidad.

La mayor proporción de nódulos rojos se encontraron en los tratamientos bajo sombra ($p < 0,0035$). El efecto de los factores Inoculación y Suelo no fue significativo. En todos los tratamientos fue mayor el porcentaje de nódulos blancos y menor el de nódulos rojos.

El color rojo en el interior de los nódulos indica la presencia de leghemoglobina y su determinación colorimétrica se emplea como medida de la potencialidad de fijación biológica del nitrógeno (Frioni, 1999), pero no garantiza la efectividad de la misma, como lo menciona Sylvester-Bradley (1989) en la experiencia de selección de rhizobios citada en el Capítulo I. Las plantas no inoculadas de *A. pintoi* formaron nódulos que en su interior eran de color rojo, pero el rendimiento de N en la parte aérea fue inferior a las plantas inoculadas con cepas específicas.

Cuadro III.7. Nº de Nódulos, nódulos rojos y blancos, promedio de cada factor y nivel. En la prueba de Tukey, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,01$) entre los distintos niveles dentro de cada factor evaluado (radiación, inoculación, suelo).

Factor	Nivel	Nº de Nódulos (Nº nod./maceta)	Nódulos rojos promedio		Nódulos blancos promedio		N
			Arco Seno	Porcentaje	Arco Seno	Porcentaje	
Radiación	Sombra	336 A	0,46 A	19,71%	1,12 B	80,29%	42
	Cielo Abierto	296 A	0,27 B	7,11%	1,33 A	92,89%	42
Inoculación	No inoculado	288 A	0,35 A	11,76%	1,24 A	88,24%	42
	Inoculado	344 A	0,38 A	13,76%	1,21 A	86,24%	42
Suelo	Sin modificación	188 B	0,31 A	9,31%	1,27 A	90,69%	28
	Con ceniza	359 A	0,40 A	15,16%	1,19 A	84,84%	28
	Con fósforo	401 A	0,37 A	13,08%	1,21 A	86,92%	28

Anteriormente se enumeraron los factores que afectan la nodulación y FBN. En este sentido French *et al.* (1994) cita la experiencia de Valentim (1987) que concluye que la aplicación de fertilizante nitrogenado mejora el crecimiento de brotes y de raíces en primavera de *Arachis glabrata* pero la nodulación y fijación es inhibida durante los períodos de crecimiento de verano y otoño, posiblemente debido a la falta de humedad en el suelo y las altas temperaturas estivales características de esas estaciones del año en el Cerrado Brasileño.

Pinto *et al.* (1999) inocularon *Arachis pintoi* cultivado en macetas con suelo del Cerrado brasileño. Se utilizaron 14 cepas nativas⁵ de rhizobio, 3 cepas comerciales suministradas por CIAT-Colombia y una indicada para el género *Arachis* por EMBRAPA (Brasil), además se incorporó un tratamiento de fertilización con nitrato de amonio (300 mg/kg de suelo) y el testigo sin fertilización e

⁵ Aisladas de nódulos de *Arachis pintoi* que luego se utilizaron para inocular *Arachis pintoi* cultivado en suelo esterilizado del Cerrado brasileño y fueron seleccionadas por su efectividad en la fijación de nitrógeno en esas condiciones dentro de un grupo de 38 cepas de rhizobio.

inoculante. Las plantas fertilizadas produjeron mayor biomasa aérea (g/maceta) en 90 días de cultivo, así mismo la mayor concentración de nitrógeno (mg de N/kg de MS) se obtuvo en este tratamiento. Sin embargo cuatro tratamientos de inoculación (tres aislamientos de cepas nativas y una cepa comercial del CIAT) arrojaron resultados de producción de biomasa aérea y concentración de N comparables al tratamiento fertilizado con N. El testigo presentó los valores más bajos en ambas variables. Los investigadores atribuyen el bajo desempeño de las demás cepas a la posible competencia entre éstas y la población de microorganismos presentes en el suelo.

La variable evaluada en las experiencias citadas (Sylvester-Bradley, 1988 y Thomas, 1995) sobre inoculación en *Arachis pintoi* fue la concentración de N en la parte aérea de las plantas y no su rendimiento en biomasa aérea producida en un período de tiempo. Probablemente la inoculación tenga mayor impacto en términos de concentración de N en la biomasa aérea y menor respuesta en el rendimiento de Materia Seca de la misma comparando con cultivos no inoculados. Según Greenland (1977), el beneficio de la inoculación podría verse en la disminución de la pérdida del nitrógeno del suelo e inclusive se podría llegar a estabilizarlo en sistemas productivos donde ocurra la simbiosis efectiva entre leguminosas y bacterias.

Los estudios referidos a la inoculación de leguminosas realizados en macetas son muy importantes para obtener resultados preliminares sobre las características propias de la simbiosis pero no pueden simular la complejidad que ocurre a campo (Bergersen, 1980). Existen numerosos factores que afectan la nodulación, ya explicados anteriormente, debido a ello los resultados en cuanto al factor inoculación no deben ser considerados como concluyentes. Se debería seguir investigando sobre el tema ya que como lo afirma Frioni (1999) la fijación de N_2 por las bacterias en simbiosis con leguminosas contribuye de manera fundamental a la fertilidad del suelo, a la producción de alimentos para el hombre y animales y a la economía de fertilizantes nitrogenados.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

Los factores evaluados (radiación, inoculación y suelo) en esta experiencia a sus distintos niveles no manifestaron interacción alguna.

Se obtuvo mayor biomasa aérea (tallos y hojas) bajo 41,2% de sombra que a cielo abierto (0% de sombra). El Área Foliar Específica y el Área Foliar total también fueron mayores bajo sombra que a cielo abierto. La biomasa radical y el número de nódulos no sufrieron cambios debido a los distintos niveles de radiación recibida. Se detectó mayor proporción de nódulos rojos bajo sombra que a cielo abierto.

La inoculación con cepa específica del género *Bradyrhizobium spp.* no generó cambios significativos ($p \leq 0,01$) sobre la biomasa aérea (tallos y hojas) y radical. En esta última se encontró diferencia significativa ($p \leq 0,05$), siendo menor la producida en los tratamientos inoculados.

La aplicación de PDA y ceniza arrojó una mayor producción de biomasa aérea (tallo y hojas) y radical. No hubo diferencia entre los tratamientos con ceniza y PDA a pesar del marcado contraste en los valores de pH y disponibilidad de fósforo observados en los análisis de suelo de los respectivos tratamientos. El Área Foliar Total fue mayor en los tratamientos con ceniza y PDA, el Área Foliar Específica fue mayor en estos mismos tratamientos a un valor $p \leq 0,05$. El número de nódulos fue mayor cuando se aplicó ceniza y PDA pero no se encontró diferencias en la proporción de nódulos rojos y blancos.

Actualmente la ceniza es un insumo gratuito y alternativa de interés para los pequeños productores por lo tanto se sugiere evaluar la factibilidad de uso (disponibilidad, forma y eficiencia de aplicación, origen). Asimismo se propone continuar evaluando técnicas que permitan diferenciar la capacidad de inoculación de cepas nativas y cultivadas.

Anexo 1

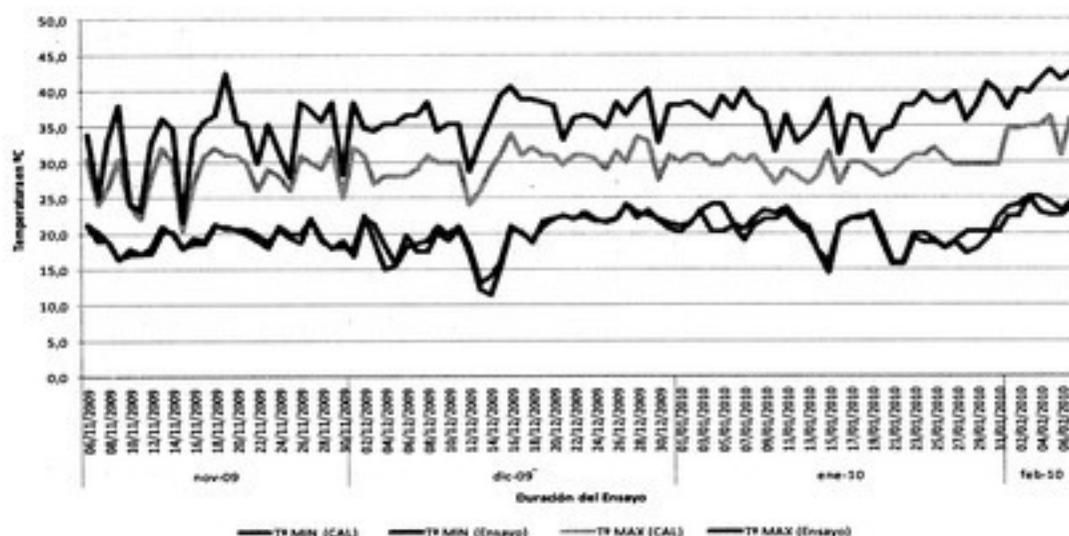


Figura 1.1. Temperaturas máximas y mínimas (°C) registradas en el lugar del ensayo y en la estación meteorológica del Campo Anexo Laharrague (CAL) del INTA Montecarlo.

La variación de la temperatura mínima entre los datos registrados en el CAL y en el Ensayo fue similar, pero comparando los registros de las temperaturas máximas se observa que en el sitio del Ensayo se registraron entre 5 y 6 °C más que en el CAL (en promedio por mes). La razón de esta diferencia en las T° MAX puede ser el hecho de que los instrumentos que miden la temperatura en el CAL se encuentran dentro de la casilla meteorológica y el sensor usado en el ensayo se colocó bajo la estructura de sombra y sólo con la protección del pequeño techo de tetrabrik.

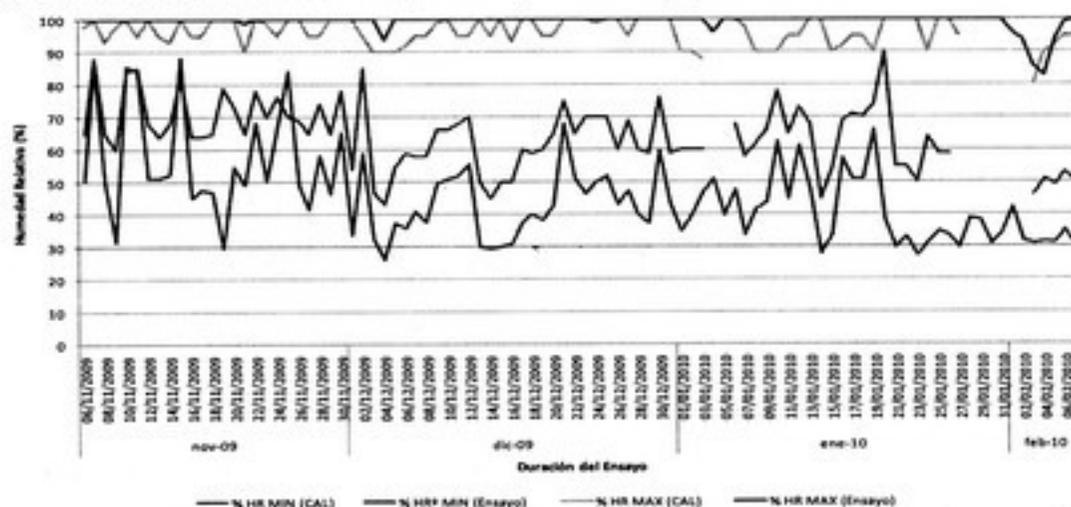


Figura 1.2. Humedad Relativa máxima y mínima (%) registradas en el lugar del ensayo y en la estación meteorológica del Campo Anexo Laharrague (CAL) del INTA Montecarlo. Los segmentos faltantes de las curvas de HR MAX y MIN correspondientes al CAL son por falta de datos para dichas fechas.

En la Figura 1.2 se puede verificar la variación de la Humedad Relativa (%) MAX y MIN en el sitio del Ensayo y la Estación Meteorológica del Campo Anexo Laharrague (CAL) del INTA Montecarlo. El porcentaje promedio mensual de HR MAX registrado en el lugar del ensayo fue superior en 2 a 3 puntos porcentuales al del CAL. Esta diferencia fue mayor en cuanto a la Humedad Relativa MIN entre ambas mediciones. Los registros indican que en el lugar del ensayo la HR (%) Mensual Promedio fue de 12 a 19 puntos porcentuales inferior a la registrada en el CAL.

Cuadro 1.1. Precipitaciones y Riego realizado durante la experiencia.

Fecha	Precip (mm)	Riego (mm)	Total (mm)	Acumulado (mm)
02/09/09		28	28	28
03/09/09	24		24	52
04/09/09	32,5		33	85
05/09/09			0	85
06/09/09			0	85
07/09/09			0	85
08/09/09	18		18	103
09/09/09			0	103
10/09/09	17		17	120
11/09/09	3,5		4	123
12/09/09	17,5		18	141
13/09/09			0	141
14/09/09			0	141
15/09/09			0	141
16/09/09	5		5	146
17/09/09	3,5		4	149
18/09/09	49		49	198
19/09/09			0	198
20/09/09			0	198
21/09/09			0	198
22/09/09			0	198
23/09/09	21		21	219
24/09/09			0	219
25/09/09			0	219
26/09/09			0	219
27/09/09			0	219
28/09/09	42		42	261
29/09/09			0	261
30/09/09			0	261
01/10/09	9		9	270
02/10/09			0	270
03/10/09			0	270
04/10/09			0	270
05/10/09			0	270
06/10/09			0	270
07/10/09	33		33	303
08/10/09			0	303
09/10/09			0	303
10/10/09			0	303
11/10/09			0	303
12/10/09	56,5		57	360
13/10/09			0	360

Continuación Cuadro 1.1

Fecha	Precip (mm)	Riego (mm)	Total (mm)	Acumulado (mm)
14/10/09			0	360
15/10/09	22		22	382
16/10/09			0	382
17/10/09	1,5		2	383
18/10/09	36		36	419
19/10/09			0	419
20/10/09	2,5		3	422
21/10/09	24,5		25	446
22/10/09			0	446
23/10/09			0	446
24/10/09	29		29	475
25/10/09	49		49	524
26/10/09			0	524
27/10/09			0	524
28/10/09			0	524
29/10/09		17	17	541
30/10/09			0	541
31/10/09		22	22	563
01/11/09		14	14	577
02/11/09		17	17	594
03/11/09			0	594
04/11/09	4	16	20	614
05/11/09			0	614
06/11/09			0	614
07/11/09			0	614
08/11/09	49,5		50	664
09/11/09		15	15	679
10/11/09			0	679
11/11/09	80		80	759
12/11/09	0,6		1	759
13/11/09			0	759
14/11/09			0	759
15/11/09	13		13	772
16/11/09	24,5		25	797
17/11/09			0	797
18/11/09			0	797
19/11/09	25	13	38	835
20/11/09			0	835
21/11/09	24		24	859
22/11/09			0	859
23/11/09	64		64	923
24/11/09			0	923

Continuación Cuadro 1.1

Fecha	Precip (mm)	Riego (mm)	Total (mm)	Acumulado (mm)
25/11/09			0	923
26/11/09	60		60	983
27/11/09			0	983
28/11/09			0	983
29/11/09	9		9	992
30/11/09	36		36	1028
01/12/09			0	1028
02/12/09			0	1028
03/12/09	21	23	44	1072
04/12/09			0	1072
05/12/09		17	17	1089
06/12/09			0	1089
07/12/09		20	20	1109
08/12/09		17	17	1126
09/12/09			0	1126
10/12/09	21		21	1147
11/12/09			0	1147
12/12/09	54		54	1201
13/12/09	3,5		4	1204
14/12/09		20	20	1224
15/12/09		15	15	1239
16/12/09		16	16	1255
17/12/09	11,5		12	1267
18/12/09	56	14	70	1337
19/12/09	14,5	15	30	1366
20/12/09			0	1366
21/12/09	4,5		5	1371
22/12/09	9,5		10	1380
23/12/09	8,5		9	1389
24/12/09			0	1389
25/12/09	48		48	1437
26/12/09		13	13	1450
27/12/09			0	1450
28/12/09		20	20	1470
29/12/09			0	1470
30/12/09	5,5		6	1475
31/12/09	13	14	27	1502
01/01/10			0	1502
02/01/10		20	20	1522
03/01/10			0	1522
04/01/10		17	17	1539
05/01/10		12	12	1551

Continuación Cuadro 1.1

Fecha	Precip (mm)	Riego (mm)	Total (mm)	Acumulado (mm)
06/01/10			0	1551
07/01/10	9	13	22	1573
08/01/10		13	13	1586
09/01/10			0	1586
10/01/10			0	1586
11/01/10	2,5	9	12	1598
12/01/10			0	1598
13/01/10	10,5		11	1608
14/01/10		17	17	1625
15/01/10			0	1625
16/01/10	1		1	1626
17/01/10	4,5		5	1631
18/01/10	14,5		15	1645
19/01/10			0	1645
20/01/10	72		72	1717
21/01/10		19	19	1736
22/01/10		10	10	1746
23/01/10			0	1746
24/01/10		14	14	1760
25/01/10		17	17	1777
26/01/10		13	13	1790
27/01/10			0	1790
28/01/10	7	11	18	1808
29/01/10		13	13	1821
30/01/10			0	1821
31/01/10		11	11	1832
01/02/10		21	21	1853
02/02/10		17	17	1870
03/02/10		20	20	1890
04/02/10		17	17	1907
05/02/10		14	14	1921
06/02/10		17	17	1938
07/02/10			0	1938
08/02/10	3		3	1941
Total	1280	661	1941	

Anexo 2

Supuestos de ANAVA

Normalidad

El Cuadro 2.1 resume las pruebas de Shapiro-Wilks (modificado por Mahibbur y Govinadarjulu, 1997) (Di Rienzo, 2009). La hipótesis puesta a prueba es que los residuos (de cada variable) tienen distribución normal y al analizar los valores "p" de cada variable se concluye que todas ellas poseen distribución normal. Por lo tanto el supuesto de normalidad se cumple para todas las variables analizadas.

Cuadro 2.1. Prueba de Shapiro-Wilks utilizando los residuos de cada variable medida en la experiencia.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (una cola)
Biomasa Tallos	84	0,00	652,9	0,97	0,4507
Biomasa Hojas	84	0,00	373,06	0,97	0,2621
Biomasa Aérea	84	0,00	987,8	0,98	0,5051
Área Foliar específica	84	0,00	22,19	0,97	0,2126
Área Foliar	84	0,00	125,64	0,96	0,0431
Biomasa radical	84	0,00	434,67	0,97	0,3226
Nº de Nódulos	84	0,00	65,25	0,99	0,9118
ASEN Nódulos Rojos	84	0,00	0,12	0,97	0,2825
ASEN Nódulos Blancos	84	0,00	0,13	0,96	0,1594

Gráficos Q-Q plot

Cada uno de los gráficos es un diagrama de dispersión de los residuos obtenidos de cada variable analizada versus los cuantiles teóricos de una distribución normal. Como puede observarse en cada uno de ellos los residuos tienen distribución normal ya que se alinean sobre la recta de 45°.

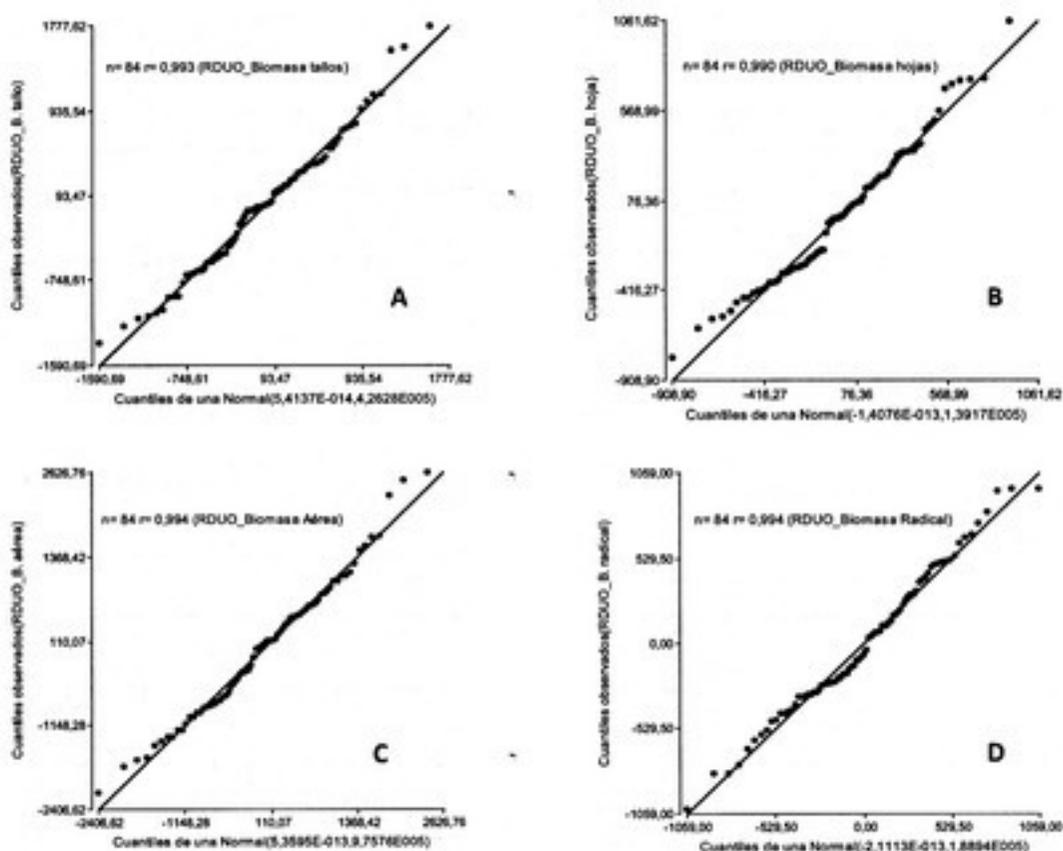


Figura 2.1. La figura A corresponde al gráfico QQplot de los residuos de la variable Biomasa de Tallos (A), Biomasa de Hojas (B), Biomasa Aérea (C) y Biomasa Radical (D).

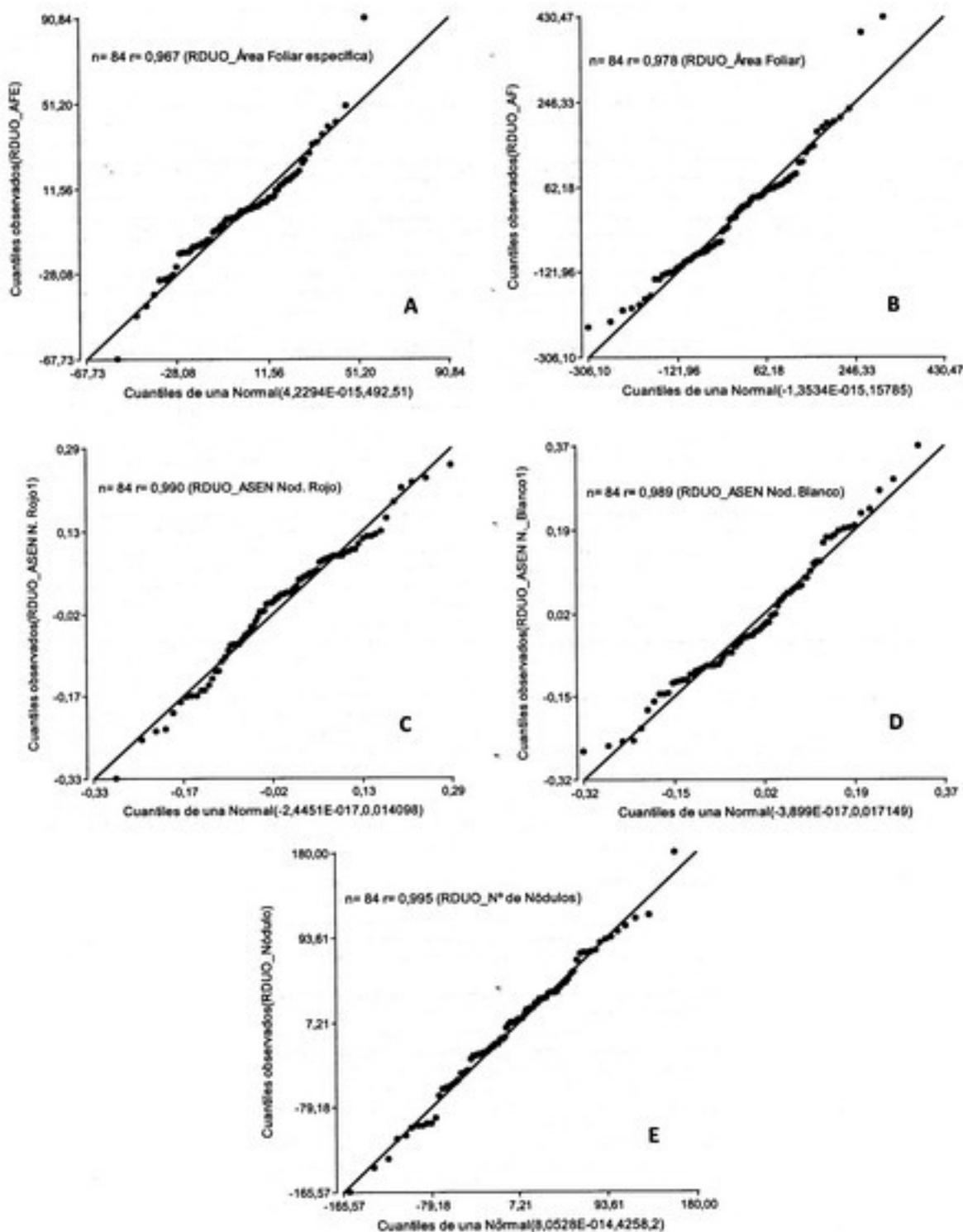


Figura 2.2. Gráfico QQplot. Área Foliar Específica –AFE– (A) y Área Foliar (B), Arco Seno Nódulos Rojos (C), Arco Seno Nódulos Blancos (D) y Número de nódulos (E).

Homogeneidad de Varianzas

Para verificar el supuesto de homogeneidad de varianzas se confeccionaron gráficos de dispersión de residuos versus valores predichos. Cuando los errores son homocedásticos se debe observar una nube de puntos sin patrón alguno (patrón aleatorio) y si el gráfico muestra estructura habrá indicios para sospechar sobre el cumplimiento del supuesto (Infostat, 2009).

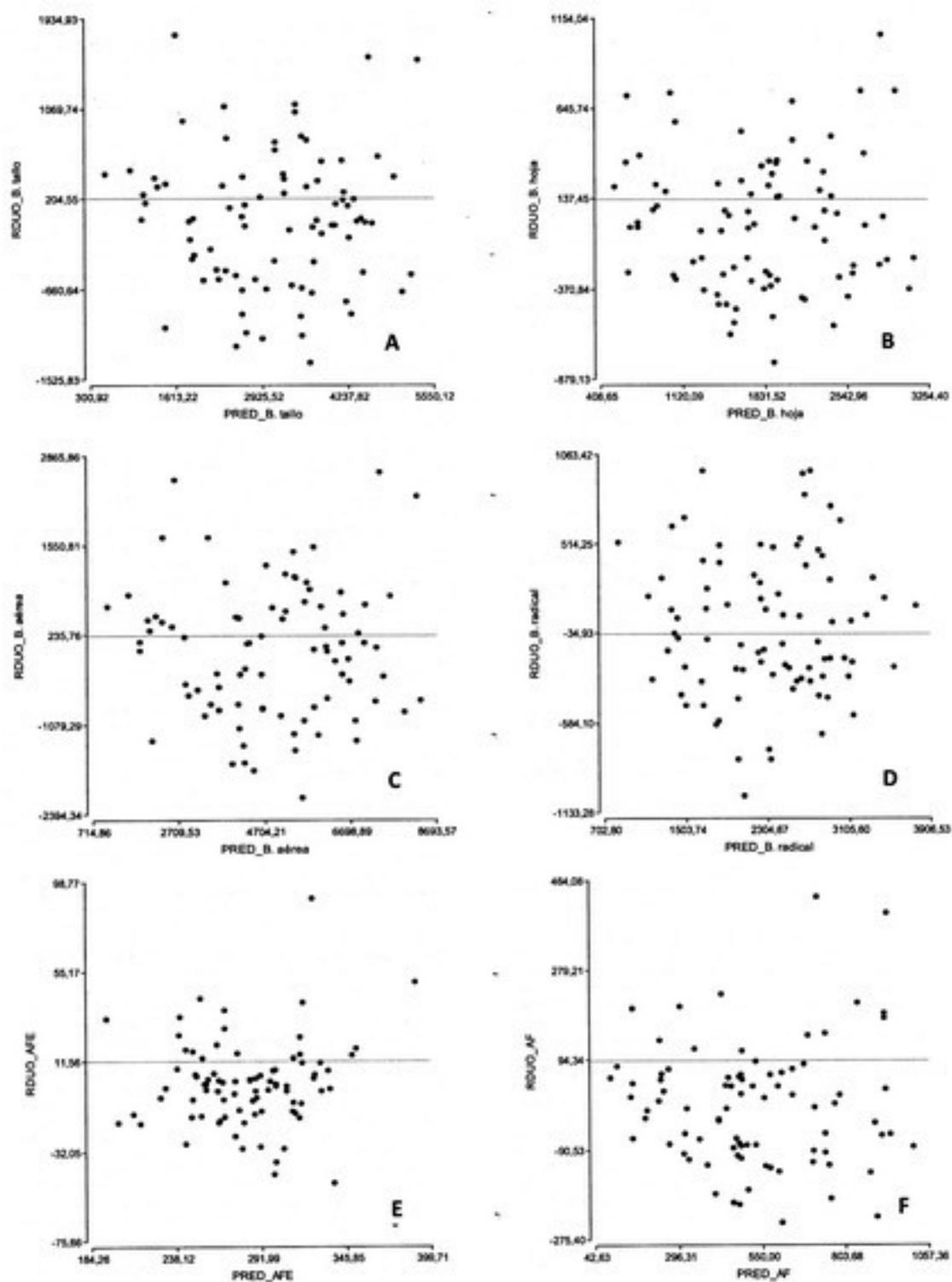


Figura 2.3. Gráficos de dispersión de los residuos versus los predichos de las variables. Biomasa de tallo (A), biomasa de hoja (B), Biomasa Aérea (C), Biomasa radical (D), Área Foliar Específica (E) y Área Foliar (F).

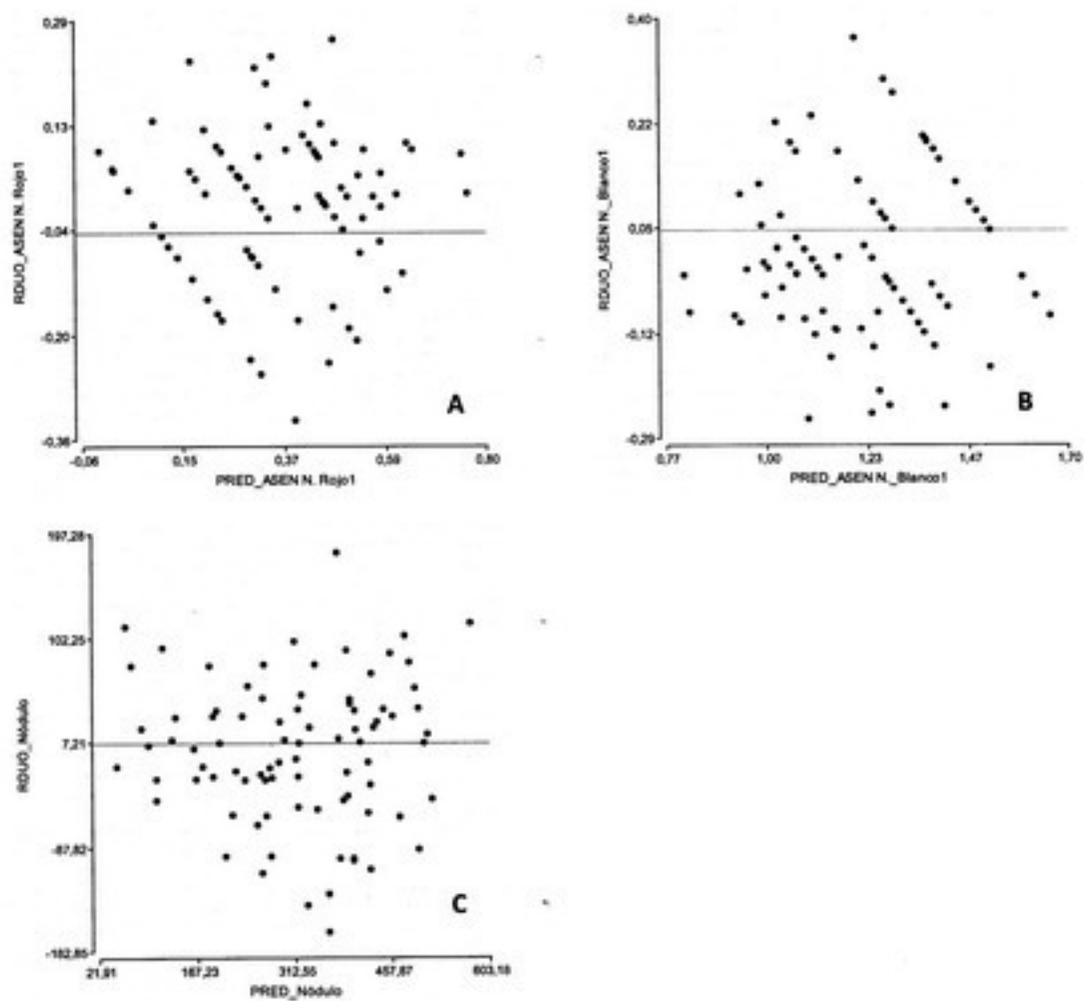


Figura 2.4. Gráficos de dispersión de los residuos versus los predichos de las variables. Arco Seno Nódulos Rojos (A), Arco Seno Nódulos Blancos (B) y Número de nódulos (C).

ANEXO 3

Análisis de la Varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B. tallo	84	0,75	0,56	27,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	103976794,61	35	2970765,56	4,03	<0,0001	
Rad	11280870,11	1	11280870,11	12,55	0,0040	(Rad>Rep)
Rad>Rep	10782290,62	12	898524,22	1,22	0,2982	
Inoc	5350980,96	1	5350980,96	3,58	0,0827	(Rad>Inoc*Rep)
Inoc*Rad	199241,44	1	199241,44	0,13	0,7212	(Rad>Inoc*Rep)
Rad>Inoc*Rep	17914380,43	12	1492865,04	2,03	0,0423	
Suelo	51702890,74	2	25851445,37	35,07	<0,0001	
Rad*Suelo	1640887,07	2	820443,54	1,11	0,3369	
Inoc*Suelo	1578442,07	2	789221,04	1,07	0,3508	
Rad*Inoc*Suelo	3526811,17	2	1763405,58	2,39	0,1022	
Error	35381190,95	48	737108,14			
Total	139357985,56	83				

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=631,86456

Error: 898524,2183 gl: 12

Rad	Medias	n
S	3469,8342	A
O	2736,9042	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=814,45928

Error: 1492865,0357 gl: 12

Inoc	Medias	n
O	3355,7642	A
I	2850,9842	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=702,54555

Error: 737108,1448 gl: 48

Suelo	Medias	n
C	3856,0428	A
P	3433,0028	A
O	2021,0728	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B. hoja	84	0,76	0,58	27,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	35702240,61	35	1020064,02	4,24	<0,0001	
Rad	7004786,30	1	7004786,30	24,88	0,0003	(Rad>Rep)
Rad>Rep	3379019,76	12	281584,98	1,17	0,3308	
Inoc	1281436,01	1	1281436,01	3,37	0,0914	(Rad>Inoc*Rep)
Inoc*Rad	112566,96	1	112566,96	0,30	0,5965	(Rad>Inoc*Rep)
Rad>Inoc*Rep	4566831,86	12	380569,32	1,58	0,1293	
Suelo	18134861,74	2	9067430,87	37,68	<0,0001	
Rad*Suelo	218705,74	2	109352,87	0,45	0,6375	
Inoc*Suelo	736985,88	2	368492,94	1,53	0,2267	
Rad*Inoc*Suelo	267046,36	2	133523,18	0,55	0,5778	
Error	11551494,95	48	240656,14			
Total	47253735,56	83				

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=353,72344

Error: 281584,9802 gl: 12

Rad	Medias	n
S	2087,0742	A
O	1509,5242	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=411,22167

Error: 380569,3214 gl: 12

Inoc	Medias	n
O	1921,8142	A
I	1674,7942	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=401,42772

Error: 240656,1448 gl: 48

Suelo	Medias	n	
C	2286,93	28	A
P	1934,46	28	A
O	1173,50	28	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B. aérea	84	0,76	0,58	26,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	253579291,62	35	7245122,62	4,29	<0,0001	
Rad	36064304,76	1	36064304,76	18,56	0,0010	(Rad>Rep)
Rad>Rep	23323586,57	12	1943632,21	1,15	0,3435	
Inoc	11869568,76	1	11869568,76	3,65	0,0802	(Rad>Inoc*Rep)
Inoc*Rad	12288,76	1	12288,76	3,8E-03	0,9520	(Rad>Inoc*Rep)
Rad>Inoc*Rep	39022213,81	12	3251851,15	1,93	0,0544	
Suelo	130814917,88	2	65407458,94	38,77	<0,0001	
Rad*Suelo	2694281,74	2	1347140,87	0,80	0,4559	
Inoc*Suelo	4044280,74	2	2022140,37	1,20	0,3105	
Rad*Inoc*Suelo	5733848,60	2	2866924,30	1,70	0,1936	
Error	80987801,05	48	1687245,86			
Total	334567092,67	83				

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=929,32184

Error: 1943632,2143 gl: 12

Rad	Medias	n	
S	5556,90	42	A
O	4246,43	42	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=1202,05525

Error: 3251851,1508 gl: 12

Inoc	Medias	n	
O	5277,57	42	A
I	4525,76	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=1062,91385

Error: 1687245,8552 gl: 48

Suelo	Medias	n	
C	6142,96	28	A
P	5367,46	28	A
O	3194,57	28	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AFE	84	0,74	0,55	10,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	114911,22	35	3283,18	3,86	<0,0001	
Rad	51170,03	1	51170,03	18,33	0,0011	(Rad>Rep)
Rad>Rep	33500,12	12	2791,68	3,28	0,0016	
Inoc	1309,27	1	1309,27	1,27	0,2823	(Rad>Inoc*Rep)
Inoc*Rad	3461,02	1	3461,02	3,35	0,0921	(Rad>Inoc*Rep)
Rad>Inoc*Rep	12398,30	12	1033,19	1,21	0,3019	
Suelo	5506,03	2	2753,01	3,23	0,0482	
Rad*Suelo	4470,14	2	2235,07	2,62	0,0829	
Inoc*Suelo	1240,12	2	620,06	0,73	0,4881	
Rad*Inoc*Suelo	1856,18	2	928,09	1,09	0,3445	
Error	40878,02	48	851,63			
Total	155789,23	83				

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=35,22019

Error: 2791,6770 gl: 12

Rad	Medias	n	
S	308,74	42	A
O	259,38	42	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=21,42641

Error: 1033,1915 gl: 12

Inoc	Medias	n	
I	288,01	42	A
O	280,11	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=23,87994

Error: 851,6253 gl: 48

Suelo	Medias	n	
C	292,76	28	A
P	286,15	28	A
O	273,26	28	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AF	84	0,77	0,60	31,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	4377207,28	35	125063,07	4,58	<0,0001	
Rad	1363964,85	1	1363964,85	30,38	0,0001	(Rad>Rep)
Rad>Rep	538827,30	12	44902,27	1,65	0,1106	
Inoc	59577,70	1	59577,70	1,98	0,1845	(Rad>Inoc*Rep)
Inoc*Rad	60,89	1	60,89	2,0E-03	0,9648	(Rad>Inoc*Rep)
Rad>Inoc*Rep	360575,13	12	30047,93	1,10	0,3813	
Suelo	1831561,37	2	915780,69	33,55	<0,0001	
Rad*Suelo	115195,61	2	57597,80	2,11	0,1323	
Inoc*Suelo	64655,24	2	32327,62	1,18	0,3147	
Rad*Inoc*Suelo	42789,19	2	21394,60	0,78	0,4624	
Error	1310184,23	48	27295,50			
Total	5687391,51	83				

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=141,25157

Error: 44902,2747 gl: 12

Rad	Medias	n	
S	651,29	42	A
O	396,43	42	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=115,54905

Error: 30047,9276 gl: 12

Inoc	Medias	n	
O	550,49	42	A
I	497,23	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=135,19307

Error: 27295,5047 gl: 48

Suelo	Medias	n	
C	681,68	28	A
P	563,39	28	A
O	326,52	28	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B. radical	84	0,68	0,45	24,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	34038583,86	35	972530,97	2,98	0,0003	
Rad	1065826,71	1	1065826,71	2,63	0,1308	(Rad>Rep)
Rad>Rep	4863022,62	12	405251,88	1,24	0,2847	
Inoc	4285865,19	1	4285865,19	5,20	0,0417	(Rad>Inoc*Rep)
Inoc*Rad	206613,76	1	206613,76	0,25	0,6257	(Rad>Inoc*Rep)
Rad>Inoc*Rep	9891696,71	12	824308,06	2,52	0,0116	
Suelo	11334681,17	2	5667340,58	17,35	<0,0001	
Rad*Suelo	890317,36	2	445158,68	1,36	0,2657	
Inoc*Suelo	379075,17	2	189537,58	0,58	0,5637	
Rad*Inoc*Suelo	1121485,17	2	560742,58	1,72	0,1906	
Error	15681833,81	48	326704,87			
Total	49720417,67	83				

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=424,34748

Error: 405251,8849 gl: 12

Rad	Medias	n	
S	2415,81	42	A
O	2190,52	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=605,20691

Error: 824308,0595 gl: 12

Inoc	Medias	n	
O	2529,05	42	A
I	2077,29	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=467,72080

Error: 326704,8710 gl: 48

Suelo	Medias	n	
P	2647,14	28	A
C	2468,32	28	A
O	1794,04	28	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nódulo	84	0,79	0,63	27,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1291070,14	35	36887,72	5,01	<0,0001	
Rad	34323,86	1	34323,86	2,58	0,1343	(Rad>Rep)
Rad>Rep	159773,71	12	13314,48	1,81	0,0736	
Inoc	64186,71	1	64186,71	3,04	0,1069	(Rad>Inoc*Rep)
Inoc*Rad	17545,19	1	17545,19	0,83	0,3801	(Rad>Inoc*Rep)
Rad>Inoc*Rep	253587,43	12	21132,29	2,87	0,0047	
Suelo	709155,50	2	354577,75	48,16	<0,0001	
Rad*Suelo	36538,36	2	18269,18	2,48	0,0943	
Inoc*Suelo	4031,21	2	2015,61	0,27	0,7617	
Rad*Inoc*Suelo	11928,17	2	5964,08	0,81	0,4508	
Error	353429,43	48	7363,11			
Total	1644499,57	83				

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=76,91679

Error: 13314,4762 gl: 12

Rad	Medias	n	
S	336,14	42	A
O	295,71	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=96,90191

Error: 21132,2857 gl: 12

Inoc	Medias	n	
I	343,57	42	A
O	288,29	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=70,21657

Error: 7363,1131 gl: 48

Suelo	Medias	n	
P	400,96	28	A
C	358,50	28	A
O	188,32	28	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ASEN N. Rojo	84	0,68	0,44	43,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	2,47	35	0,07	2,90	0,0003	
Rad	0,79	1	0,79	13,07	0,0035	(Rad>Rep)
Rad>Rep	0,73	12	0,06	2,48	0,0129	
Inoc	0,02	1	0,02	0,49	0,4994	(Rad>Inoc*Rep)
Inoc*Rad	0,02	1	0,02	0,45	0,5168	(Rad>Inoc*Rep)
Rad>Inoc*Rep	0,46	12	0,04	1,56	0,1370	
Suelo	0,11	2	0,05	2,22	0,1198	
Rad*Suelo	0,05	2	0,03	1,08	0,3471	
Inoc*Suelo	0,12	2	0,06	2,50	0,0926	
Rad*Inoc*Suelo	0,18	2	0,09	3,70	0,0319	
Error	1,17	48	0,02			
Total	3,64	83				

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=0,16394

Error: 0,0605 gl: 12

Rad	Medias	n	
S	0,46	42	A
O	0,27	42	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=0,12989

Error: 0,0380 gl: 12

Inoc	Medias	n	
I	0,38	42	A
O	0,35	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=0,12776

Error: 0,0244 gl: 48

Suelo	Medias	n	
C	0,40	28	A
P	0,37	28	A
O	0,31	28	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ASEN N. Blanco 84		0,68	0,44	14,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	2,97	35	0,08	2,86	0,0004	
Rad	0,95	1	0,95	13,29	0,0034	(Rad>Rep)
Rad>Rep	0,86	12	0,07	2,41	0,0157	
Inoc	0,02	1	0,02	0,42	0,5293	(Rad>Inoc*Rep)
Inoc*Rad	0,02	1	0,02	0,47	0,5042	(Rad>Inoc*Rep)
Rad>Inoc*Rep	0,53	12	0,04	1,48	0,1649	
Suelo	0,10	2	0,05	1,64	0,2046	
Rad*Suelo	0,05	2	0,03	0,89	0,4157	
Inoc*Suelo	0,20	2	0,10	3,29	0,0459	
Rad*Inoc*Suelo	0,25	2	0,13	4,26	0,0198	
Error	1,42	48	0,03			
Total	4,39	83				

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=0,17807

Error: 0,0714 gl: 12

Rad	Medias	n	
O	1,33	42	A
S	1,12	42	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=0,13965

Error: 0,0439 gl: 12

Inoc	Medias	n	
O	1,24	42	A
I	1,21	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=0,14091

Error: 0,0297 gl: 48

Suelo	Medias	n	
O	1,27	28	A
P	1,21	28	A
C	1,19	28	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

BIBLIOGRAFÍA

- ARGEL, P. J. 1995. Capítulo 12, Experiencia Regional con *Arachis* forrajero en América Central y México. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- ASAKAWA, N. M y RAMIREZ, C. A. R. 1989. Metodología para la inoculación y siembra de *Arachis pintoi*. En: Pasturas Tropicales 11:24-26.
- AYANABA, A. 1977. Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics, by A. Ayanaba and P.J.Dart. John Wiley & Sons. New York. 377 Pags.
- BERGERSEN, F. J. 1980. Methods for evaluating biological nitrogen fixation. John Wiley & Sons, Interscience Publication. New York. 702 págs.
- CASTELAN M.E., MASAT W., CIOTTI E. M. y TOMEI C. E. 2002. Rendimiento de semillas de *Arachis pintoi* y su distribución en el perfil del suelo. Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE, Corrientes, Argentina. 3 págs.
- Censo Nacional Agropecuario (CNA). 2002. http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/economia_agraria/index_censo/definitivos.php
- COOK B. G., JONES R. M. y WILLIAMS R. J. 1995. Capítulo 14, Experiencia Regional con *Arachis* forrajero en Australia. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- COOK, B.G., PENGELLY, B.C., BROWN, S.D., DONNELLY, J.L., EAGLES, D.A., FRANCO, M.A., HANSON, J., MULLEN, B.F., PARTRIDGE, I.J., PETERS, M. AND SCHULTZE-KRAFT, R. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool., CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. <http://www.tropicalforages.info/index.htm>
- CRUZ de la R., SUÁREZ S. y FERGUSON, J. E. 1995. Capítulo 9, Contribución de *Arachis pintoi* como cobertura del suelo en algunos sistemas de explotación agrícola de América Tropical. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- DALL'AGNOL, Miguel, et al. 2002. Estado atual e futuro da produção e utilização de leguminosas forrageiras na zona campos: RS. En: XIX Reunión de Grupo Técnico en forrajeras del Cono Sur, Zona Campos. Mercedes, Argentina. 22 al 24 de octubre de 2002.
- DANSO, S. K. A. 1977. The Ecology of Rhizobium and Recent Advances in the study of the Ecology of Rhizobium. En: AYANABA, A. 1977. Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics. Chapter 8. Págs. 115-119.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- ESQUIVEL J., FASSOLA H. E., LACORTE S. M., COLCOMBET L., CRECHI E., PACHAS N. y KELLER A. 2004. Sistemas Silvopastoriles – Una sólida alternativa de sustentabilidad social, económica y ambiental. 11as Jornadas Técnicas, Forestales y Ambientales – FCF, UNaM – EEA Montecarlo, INTA, Eldorado, Argentina. 11 págs.
- FASSOLA H. E., LACORTE S. M., ESQUIVEL J., COLCOMBET L., MOSCOVICH F., CRECHI E., PACHAS N. y KELLER A. 2004. Sistemas Silvopastoriles en Misiones y NE de Corrientes y su entorno de negocios.
- FELTAN, Rafael G. 2007. Multiplicación vegetativa de *Arachis pintoi* con diferentes sustratos en Oberá, Misiones, Argentina. Universidad del Salvador, Gobernador Virasoro, Ctes. Argentina. 47 págs.
- FERGUSON J. E., CARDOZO C. I. Y SÁNCHEZ M. S. 1992. Avances y perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pintoi*. En: Pasturas tropicales. Vol. 14 No. 2. 14:22. 9 págs.
- FERGUSON, J. E. 1995. Capítulo 11, Biología de la semilla y sistemas de producción de semilla para *Arachis pintoi*. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- FISHER M. J. y CRUZ P. 1995. Capítulo 5, Algunos aspectos de la ecofisiología de *Arachis pintoi*. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- FRENCH, E. C., PRINE, G. M., OCUMPAUGH, W. R. y RICE, R.W. 1995. Capítulo 15. Experiencia Regional con *Arachis* Forrajero en los Estados Unidos. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- FRIONI, Liliana. 1999. Procesos Microbianos. Tomo I y II. Editorial de la Fundación Universidad Nacional Río Cuarto. 568 págs.
- GAMBAUDO S. y MICHELOUD H. 2003. Momento de aplicación de una dolomita para corregir la acidez edáfica. EEA INTA Rafaela. Santa Fe, Argentina. 5 págs.
- GÓIS, S. L. L. de; VILELA, L.; PIZARRO, E. A.; CARVALHO, M. A. y RAMOS, A. K. B. 1997. Efeito de calcário, fósforo e potássio na produção de forragem de *Arachis pintoi*. En. Pasturas tropicales. Vol. 19, No. 3-9:13.
- GOLDFARB, M. C. y ALTUVE S. M. 2002. Estado actual y futuro de la producción y utilización de leguminosas forrajeras en la zona campos. En: XIX Reunión de Grupo Técnico en forrajeras del Cono Sur, Zona Campos. Mercedes, Argentina. 22 al 24 de octubre de 2002.
- GREZ, R., GERDING, V. y UNION, F. 1992. Cenizas de calderas dendroenergéticas. Acción como enmienda alcalina en suelos ácidos de la zona sur de Chile. Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 6 págs.

- GROF, B. 1985. *Arachis pintoi*, una leguminosa forrajera promisoría para los Llanos Orientales de Colombia. En: Pasturas tropicales. CIAT. Vol. 7. 4:5.
- KELEMU, S.; LAPINTE, S. y MORALES, F. 1995. Capítulo 8, Enfermedades y Plagas de especies de *Arachis* silvestre. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- KERRIDGE, Peter C. y HARDY Bill. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- KHETMALAS, B. MADHUKAR and BAL, K. ARYA. 2005. Microscopical studies of *Arachis pintoi* root nodule with special reference to bacterioids and oleosomes at different stages of plant growth and nodule development. In: Plant Science 168, 557-563.
- LACORTE S. M. y ESQUIVEL J. I. 2009. Sistemas Silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas del 1er Congreso nacional de sistemas Silvopastoriles. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Posadas, Argentina. 11 págs.
- LACORTE S., HENNIG A., DOMECCO C., PACHAS N., FASSOLA H., KELLER A. 2006. Intersiembra de leguminosas forrajeras cultivadas en pastizales bajo dosel arbóreo de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el sur de Misiones, Argentina. XII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales –FCF, UNAM – EEA INTA Montecarlo. 8, 9 y 10 de Junio de 2006. Eldorado, Misiones, Argentina.
- LACORTE, S. M. 1974. Siembra en cobertura de especies cultivadas en suelos bajos. Tesis MS – Esc. para Grad. en Cs. Agropecuarias de la R. A. INTA Balcarce Argentina.
- LASCANO, C. E. 1995. Capítulo 10, Valor nutritivo y producción animal de *Arachis* forrajero. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- OSZURKIEWICZ, Diego J. 2006. Aplicación de distintas dosis de cenizas vegetales en el suelo y su efecto sobre la producción de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., sembrada con y sin inoculante, bajo una forestación inicial de *Toona ciliata* en la zona de monte de Misiones, Argentina. Universidad del Salvador. Gobernador Virasoro, Ctes. Argentina. 44 págs.
- PÉREGO, Juan L. 2009. Leguminosas: plantas de gran utilidad. En: Noticias y Comentarios. N° 445. 3 págs. EEA INTA Mercedes. Ctes.
- PERI, Pablo L. 2009. Actas del 1er Congreso Nacional de sistemas silvopastoriles. Buenos Aires. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 496 págs.
- PINTO, P. P., CARNEIRO, J. A., VARGAS, M. A. T., PURCINO, H. A. y SÁ, N. M. H. 1999. Indigenous rhizobia associated with *Arachis pintoi* in Cerrado soils of Brazil. En: Pasturas Tropicales. Vol. 21, No. 2. 25:28.
- PIZARRO E. A. y RINCÓN A. 1995. Capítulo 13, Experiencia regional con *Arachis* forrajero en América del Sur. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- RAO, I. M. y KERRIDGE, P. C. 1995. Capítulo 6, Nutrición mineral de *Arachis* Forrajero. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- RISE, Mark. 2002. Best management practices for wood ash as agriculture soil amendment. Cooperative Extension Service. University of Georgia. Athens, Georgia. EUA. 4 págs.
- SIMPSON C. E., VALLS J. F. M. y MILES J. W. 1995. Capítulo 4, Biología reproductiva y potencial para la recombinación genética en *Arachis*. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs. .
- STUR W. W y NDIKUMANA J. 1995. Capítulo 16, Experiencia Regional con *Arachis* forrajero en otras áreas tropicales: Asia, África y el Pacífico. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- SYLVESTER-BRADLEY, R.; MOSQUERA, D. y MENDEZ, J. E. 1988. Selection of Rhizobia for Inoculation of Forage Legumes in Savanna and Rainforest Soils of Tropical America. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Págs. 225-234. En: BECK, D. P. y MATERON, L. A. 1988. Nitrogen Fixation by Legumes in Mediterranean Agriculture. ICARDA. Netherlands.
- VALENTIM, J. F. 1987. Effect of environmental factors and management practices on nitrogen fixation of rhizome peanut and transfer on nitrogen from the legume to an associated grass. Thesis (Ph.D.) University of Florida. Gainesville, FL, EUA. 136 págs.
- VALLS J. F. M. y SIMPSON C. E. 1995. Capítulo 1, Taxonomía, distribución natural y atributos de *Arachis*. En: KERRIDGE, P. C. y HARDY B. 1995. Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Publicación N°245. Cali, Colombia. 227 págs.
- VAN SCHAI, Andres. 1992. Establishment and adoption of *Brachiaria brizantha*/*Arachis pintoi* associations in the Atlantic Coast of Costa Rica. CATIE, MAG and Agriculture University of Washington. Costa Rica. 54 págs. Páginas 25 – 27.
- VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, H.; MELO VIANNA, M. C. y MOURA FRANÇA, C. C. 1998. Resposta do *Arachis pintoi* a fósforo e a calcário em Latossolo Vermelho escuro da Região de Sete lagoas, MG, Brasil. En: Pasturas tropicales. Vol. 20, No. 3-22:25.