

RENDIMIENTO DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) VARIEDAD SOJAPAR R24 SEMBRADA EN DIFERENTES DENSIDADES DENTRO DE LA HILERA

Rubén Darío Almirón Cuevas

Universidad Nacional de Asunción

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera Ingeniería Agronómica

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



DEDICO

A MI PADRE,

A MI MADRE,

A MI HERMANO

FAMILIARES Y AMIGOS

Resumen: Al cultivo de soja en Paraguay se incorporan cada año nuevas variedades mejoradas que requieren de pruebas de campo que permitan seleccionar las variedades que respondan satisfactoriamente a los factores limitantes de la producción. La variedad Sojapar R24, recientemente introducida requiere investigaciones para encontrar una población adecuada para la obtención de rendimientos óptimos. El objetivo del trabajo fue definir la densidad de siembra que permita obtener el mayor rendimiento en el cultivo de soja variedad Sojapar R24. El trabajo de investigación se realizó desde octubre del año 2017 hasta agosto del año 2018. El diseño experimental utilizado fue un diseño en bloques completos al azar. Los tratamientos fueron las densidades de siembra de 5; 10; 15; 20; y 25 plantas/m dentro de las hileras, con cuatro repeticiones por tratamiento. Las variables medidas fueron: el rendimiento y sus componentes: número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de mil semillas; y la altura de la planta. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y aquellos que presentaron diferencia estadística significativa fueron sometidos a pruebas de comparación de medias de Duncan al 5%. No se encontró diferencia significativa en el rendimiento con las diferentes densidades de siembra dentro de la hilera. El rendimiento promedio en kg/ha fue de 3.547, 3.736, 3.730, 3.756 y 3.789 para las densidades de 5, 10, 15, 20 y 25 plantas/m respectivamente. Se encontró diferencias significativas en el número de vainas por planta y la altura de planta. El número de granos por vaina y el peso de mil semillas no presentaron diferencias significativas. Se concluye que la densidad de siembra utilizada no influye en el rendimiento de la variedad Sojapar R24 y que es posible obtener rendimientos similares utilizando de 5 hasta 25 plantas por metro dentro de la hilera.

Palabras-clave: Soja, densidad, rendimiento, Sojapar R24.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) se inició hace más de tres décadas en Paraguay y entró en auge los últimos 10 años, impulsado por el aumento en la demanda y los precios internacionales. La soja pasó a ser el primer producto de exportación del país y es el producto agrícola que genera más ingresos. El Paraguay es el cuarto exportador de soja, después de Argentina, Estados Unidos y Brasil, y es el sexto productor de la misma. Exporta casi toda su producción y más del 70% lo vende en granos, el resto lo hace en forma de aceite o harina. Sus mayores mercados son la Unión Europea, Rusia, Turquía y Brasil, para granos. Los derivados como aceite y pellets se exportan a países de Sudamérica y Asia (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA 2016).

Actualmente, el rendimiento promedio de este cultivo en nuestro país se encuentra muy por debajo del rendimiento potencial del mismo. En los últimos años una preocupación de los asesores y productores de este rubro ha sido la posibilidad de reducir la cantidad de semilla utilizada por hectárea debido al incremento del costo de los insumos, entre estos la semilla a través de la incorporación de tecnología por medio del apilamiento de genes. Por esto es necesario determinar la posibilidad de lograr altos rendimientos con densidades de siembra inferiores a las utilizadas en los planteos agrícolas actuales y determinar los mecanismos de compensación ante la modificación de la población de plantas.

Para las nuevas variedades introducidas se requiere la realización de pruebas de campo, que permitan al productor seleccionar las variedades que respondan satisfactoriamente

a los diversos factores que son limitantes de la producción, tales como plagas, enfermedades, factores ambientales desfavorables entre otros.

La variedad Sojapar R24, recientemente lanzada al mercado nacional por el Instituto de Biotecnología Agraria – INBIO, presenta la ventaja de poseer un gen resistente a la roya asiática de la soja. Esto lo hace una alternativa interesante para los productores por la posibilidad de realizar dos aplicaciones de fungicidas en lugar de tres como se realiza con las demás variedades. De esta manera es oportuno realizar un ensayo que pueda determinar la densidad más baja posible de dicha variedad que maximice el rendimiento obtenido, a modo de reducir costos innecesarios en lo que respecta a compra de insumos. La variedad mencionada, al ser una recientemente introducida, tiene una población ideal que no se conoce.

El objetivo general del proyecto fue definir la densidad de siembra dentro de la hilera que permita obtener el mayor rendimiento en el cultivo de soja variedad Sojapar R24. Para lograr esto, los objetivos específicos fueron comparar el rendimiento obtenido con los diferentes tratamientos; evaluar los componentes del rendimiento (número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de mil semillas); y medir la altura de las plantas como resultado de las distintas densidades de siembra.

La hipótesis nula del trabajo de investigación fue que las densidades de siembra utilizadas presentan un desempeño estadísticamente similar. Por otro lado, la hipótesis alternativa en estudio fue que una o más de las densidades de siembra permite obtener un desempeño significativamente mayor que las demás.

REVISIÓN DE LITERATURA

ORIGEN DE LA SOJA

La soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tuvo su origen en el continente asiático,

específicamente en China y su domesticación se inició durante la Dinastía Chou (del siglo XI al VII a.C.). Sin embargo, es probable que la verdadera domesticación se haya dado durante la Dinastía Shang (1700-1100 a.C.), a partir de donde se expandió a otros países de Asia, a algunos países de Europa y posteriormente al continente americano (Valencia 2006).

Asimismo, el autor menciona que, por la característica trepadora de los materiales disponibles en el siglo XIX, esta planta fue considerada principalmente como forrajera. Su aceptación en los Estados Unidos de Norteamérica fue lenta y por iniciativa del Departamento de Agricultura de dicho país se generaron las primeras variedades en Norteamérica. El área sembrada creció con lentitud en los estados del valle del río Mississippi, siendo Illinois el principal. En 1938 alcanzó 4 millones de hectáreas sembradas, con un simultáneo desarrollo de infraestructura para el procesamiento y comercialización. Sin embargo, gran parte de esta área se cultivaba como planta forrajera para ensilaje, heno y pastoreo. En 1941 el cultivo de la soja para semilla superó al de forraje, por motivos principalmente económicos. Desde entonces, la soja se convirtió en uno de los cultivos de mayor importancia económica para los Estados Unidos. En el año 2004 se cultivaron aproximadamente 30 millones de ha.

SITUACIÓN EN PARAGUAY Y EL MUNDO

La soja es el cultivo dominante en varios países de la región del Cono Sur de Latinoamérica y se ha constituido en una fuente de ingreso importante para productores y estados. Estadísticas indican que, en Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay, se cultivan aproximadamente unas 20 millones de hectáreas de soja, superficie que se incrementa año a año, y se producen

unas 56 millones de toneladas de grano. Esta producción genera ingresos por más de U\$S 13 mil millones anuales (García et al. 2009).

La producción de soja representa una fracción muy importante en el PIB de todo el agronegocio del Mercosur, que demuestra la importancia económica para estos países. Los países del Mercosur conforman aproximadamente el 42% del total sembrado en el mundo, que se contrapone con un 33% sembrado en EE.UU., mayor productor mundial, satisfaciendo ambos polos la creciente demanda mundial en estacionalidades opuestas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO 2014).

La introducción y expansión de la soja se produjo como consecuencia del fomento del Plan Nacional del Trigo que el gobierno paraguayo implementó a partir del año 1967, con el objetivo de autoabastecerse y sustituir importaciones. Dicho plan contempló estímulos financieros acompañados de apoyo técnico y fiscal a los productores que deseaban iniciarse en la producción del rubro. Con estos incentivos se constituyeron numerosas empresas agrícolas y se fueron incorporando a la producción nuevas y más extensas áreas de tierras fértiles a expensas de los bosques nativos. Inicialmente era producida por complementar bien la rotación con el trigo de invierno, y su destino final estaba dirigido al mercado interno. Además de esto, las buenas cotizaciones internacionales de las décadas del 70 y 80, aceleraron el proceso de habilitación de tierras para su cultivo, experimentando tasas de crecimiento sin precedentes en la agricultura empresarial del país (Aquino 2008).

En el Paraguay se registró en la zafra 2015/2016 una producción total de 9,39 millones de toneladas de granos de soja, en un total de 3,41 millones de hectáreas, manifestando un rendimiento promedio

de 2,75 t/ha. Reportes preliminares indican que en la zafra 2016/2017 se obtendrá una producción total de 10,8 millones de t de soja, cosechadas de 3,5 millones de hectáreas, lo cual se podría traducir en un rendimiento promedio de 3,09 t/ha. (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos - USDA 2017).

Paraguay es el cuarto mayor país exportador de soja en el mundo, con 4,6 millones de t exportadas durante la zafra 2015/2016 y depende de puertos marítimos en Brasil o Argentina para exportar. Desde el 2005, una gran proporción se exporta como grano, se procesa en plantas de Argentina sobre el Río Paraná y se reexportan sus derivados (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas - CAPECO 2015b).

La CAPECO (2015a) también presenta datos sobre la industrialización de la soja en el Paraguay. En la zafra 2015/2016 se registró un consumo interno total de 491.947 t. De las cuales 393.558 t son molinadas y 98.389 t son procesadas en aceiteras. No obstante, dada la escasa industrialización del país, el peso de la producción de soja y ésta dentro de la agricultura nacional es considerable.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según Melchior, citado en Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1995), la soja se clasifica de la siguiente manera: Subreino: Cormobionta. División: Spermatophyta. Subdivisión: Angiospermae. Clase: Dicotyledoneae. Subclase: Archichlamydae. Orden: Rosales. Suborden: Leguminosinae. Familia: Leguminosae. Subfamilia: Papilionaceae, Fabaceae. Tribu: Phaseoleae. Subtribu: Phaseolinae (Glycininae). Género: *Glycine* L. Subgénero: *Glycine* subg. Soja (Moench). Especie: *Glycine max* (L.) Merrill.

CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y MORFOLÓGICAS

La soja pertenece a la familia Fabaceae, subfamilia Papilionoideas, pero posee características particulares que la diferencian del resto de las plantas de dicha familia, además se destaca por su alto contenido de proteína y calidad nutritiva. Se la podría considerar en una posición intermedia entre las legumbres y los granos oleaginosos, conteniendo más proteínas que la mayor parte de las legumbres, pero menor tenor graso que la mayoría de las oleaginosas (Toledo 2009).

La composición del grano de soja es, en promedio, 36,5% de proteínas; 20% de lípidos; 30% de hidratos de carbono; 9% de fibra alimentaria; 8,5% de agua; y 5% de cenizas. Se destaca por poseer proteínas de alta calidad, en comparación con otros alimentos de origen vegetal (Ridner 2006).

Las semillas de la soja se forman en vainas que contienen en su interior 1 a 3 semillas. Su forma varía desde casi esférica a achatada y alargada. El rango de variación de tamaño y peso de las semillas es muy amplio, desde 120 a 180 mg por semilla. Son preferidas las que exceden de 200 mg para uso en la alimentación (EMBRAPA 1995).

El sistema radicular de la soja es potente. La raíz principal puede alcanzar hasta un metro de profundidad, aunque lo normal es que no sobrepase los 40-50 cm. En la raíz principal o en las secundarias se encuentran los nódulos, en número variable. El tallo, rígido y erecto, adquiere alturas variables, de 0,4 a 1,5 m, según variedades y condiciones de cultivo. Suele ser ramificado. Tiene tendencias a encamarse, aunque existen variedades resistentes al vuelco. Las hojas, alternas, son compuestas, excepto las basales, que son simples. Son trifoliadas, con los foliolos oval-lanceolados. Color verde característico que se torna amarillo en la madurez, quedando la planta sin hojas (Hermoso 1974).

El mismo autor menciona que, las flores se encuentran en inflorescencias racemosas axilares en número variable. Son amariposadas, como las de todas las papilionáceas. Color blanquecino o púrpura, según la variedad. El fruto es una vaina dehiscente por ambas suturas. La longitud de la vaina es de dos a siete centímetros. El número de semillas por vaina varía de dos a cuatro. Tanto el tallo como las hojas y vainas son pubescentes, variando el color de los pelos de rubio a pardo más o menos grisáceo.

FACTORES QUE AFECTAN AL DESARROLLO

Los factores de producción relacionados al ambiente son climáticos (radiación solar, temperatura y humedad), edáficos (físico y químico) y biológicos (organismos de toda naturaleza). Además de estos factores que dependen de la naturaleza, algunos son parcialmente controlados por el hombre, a través del riego, la nutrición de las plantas y el control de plagas y enfermedades (Melgar et al. 2011).

El agua constituye aproximadamente el 90% del peso de la planta de soja, actuando en prácticamente todos los procesos fisiológicos y bioquímicos. Ésta desempeña la función de solvente, a través del cual gases, minerales y otros solutos entran en las células y se mueven por la planta. También tiene un papel importante en la manutención y distribución del calor. Por esto, la disponibilidad de agua es importante, especialmente en dos periodos de desarrollo de este cultivo: la etapa de germinación-emergencia; y la de floración-llenado de granos. La semilla de soja necesita absorber, como mínimo, 50% de su peso en agua para asegurar una óptima germinación. La necesidad de agua del cultivo va aumentando con el desarrollo de la planta, llegando a un punto máximo durante la floración-llenado de granos,

llegando hasta 7 a 8 mm/día, disminuyendo luego de dicho periodo. Para la obtención de un máximo rendimiento, la necesidad total de agua oscila entre 450 a 800 mm/ciclo, dependiendo de las condiciones climáticas y la duración del ciclo (EMBRAPA 2008).

El citado autor además menciona que la soja se adapta a temperaturas del aire entre 20°C y 30°C, aunque la temperatura ideal para su crecimiento y desarrollo está alrededor de 30°C. De ser posible, la siembra de soja no debe ser realizada cuando la temperatura del suelo estuviere debajo de 20°C, porque perjudica a la germinación y la emergencia. El rango de temperatura del suelo adecuada para la siembra varía de 20 a 30 °C, siendo 25 °C la temperatura ideal para una emergencia rápida y uniforme. El crecimiento vegetativo es pequeño o nulo a temperaturas menores o iguales a 10 °C. Temperaturas por encima de 40 °C tienen efecto adverso en la tasa de crecimiento, provocan disturbios en la floración y disminuyen la capacidad de retención de vainas. Estos problemas se amplifican con la ocurrencia de déficit hídrico.

La soja florece cuando la duración de los días se acorta, característica del otoño en zonas templadas. A pesar de que la temperatura ejerce una considerable influencia en la floración de la soja y en la interacción con el fotoperiodo, éste es el factor de mayor expresión. La respuesta al fotoperiodo se modifica con la variedad y la temperatura; las variedades actuales se han desarrollado con una adaptación a estrechas diferencias de latitud. El largo del día influye en la velocidad de desarrollo del cultivo; en los tipos de día corto, los días largos retardan la floración, lográndose plantas más altas y con más nudos. Al acortarse los días cortos se acelera la floración, en especial para las variedades de maduración tardía. El crecimiento vegetativo cesa normalmente durante la formación de la producción. La longitud del período de

crecimiento total es de 100 a 130 días o más. (Melgar et al. 2011).

SIEMBRA DIRECTA

En el SSD (Sistema de Siembra Directa), existe un eficiente control de la erosión, el incremento de la materia orgánica, el ciclaje de nutrientes y el estímulo a la actividad biológica, entre otros efectos, promueven un gradual incremento en la calidad y la estabilidad estructural del suelo, garantizando una mejor sustentabilidad del SSD. La contribución de estos efectos proporciona una mayor infiltración, y almacenamiento de agua en el suelo, mejora la aireación del suelo y promueve el desenvolvimiento del sistema radicular de las plantas, con efectos significativos en el aprovechamiento de los nutrientes del suelo y respuesta de los cultivos (Cubilla et al. 2012).

Asimismo, el autor expone que, en este sistema, las dosis de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son aplicadas de manera variable, conforme a los niveles en el suelo, descriptas en los resultados analíticos de laboratorio y la expectativa de rendimiento. La dinámica de las características químicas, físicas y biológicas del suelo es alterada cuando se pasa de un sistema de manejo convencional para el manejo en siembra directa. El manejo de la fertilidad del suelo y de fertilización, debe ser, por lo tanto, adaptado a estas prácticas del uso conservacionista del suelo.

TRATAMIENTO E INOCULACIÓN DE SEMILLAS

Son comunes los tratamientos químicos utilizados para semillas, que consisten en agregar a la semilla productos como insecticidas, fungicidas e inoculantes, para destruir los patógenos que se encuentran sobre ella o bien para protegerla de los organismos existentes en el suelo. El tratamiento con agroquímicos se debe

realizar antes de la inoculación; se debe saber que los insecticidas y fungicidas afectan a las bacterias. Por ello, debe transcurrir un mínimo de 5 horas entre el tratamiento y la inoculación de las semillas (Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo - ANAPO 2011a).

Se ha comprobado que la inoculación con cepas de rizobios comerciales del género *Bradyrhizobium* en semilla de soja muestra una tendencia a incrementar los rendimientos por unidad de superficie (Devani et al. 2003). Adicionalmente, se registró efecto positivo de la inoculación y de la aplicación de cobre y molibdeno sobre la nodulación y el rendimiento de la soja (Fontanetto et al. 2006).

ÉPOCA DE SIEMBRA

La elección del periodo de siembra es considerada como el factor de cultivo más importante del que se desprenden las mayores diferencias en el crecimiento y rendimiento de la soja, sin que se originen gastos adicionales. Como la soja es muy sensible a las variaciones del fotoperiodo, la temperatura y la disponibilidad de agua, se manipula la época de la siembra a fin de aprovechar al máximo las ventajas de dichos elementos climáticos. Las fechas más convenientes para la siembra suelen ser las que dan lugar a un rápido nacimiento de las plantas y a un periodo vegetativo más largo para los cultivares adaptados (EMBRAPA 1995).

DENSIDAD DE SIEMBRA

La densidad de siembra depende de la fecha de siembra, la latitud, las condiciones ambientales, variedades, tipo de suelo y espaciamiento entre surcos. Se considera que la densidad óptima de plantas es aquella que permite un buen crecimiento y desarrollo del cultivo, reduce la incidencia de enfermedades, y presenta una altura adecuada de las vainas

inferiores durante la cosecha lo cual facilita la misma con menores pérdidas. Para tener la densidad de siembra por hectárea adecuada se requiere que la semilla para la siembra sea de buena calidad con un alto porcentaje de viabilidad y vigor, esté libre de impurezas y sin daños, con tamaño uniforme. Para lograr esto, la semilla para siembra debe estar certificada. En función de lo anterior se debe determinar la cantidad de semilla por hectárea que se empleará (Magallanes et al. 2014).

En regiones tropicales y subtropicales, donde la soja presenta limitación de altura de planta, especialmente en siembras realizadas antes de mediados de octubre o después de diciembre, las densidades alrededor de 400.000 plantas/ha o un poco más, pueden contribuir para aumentar el porte de las plantas y, además, contribuir para el cierre más rápido de las entrelíneas. Generalmente, las variedades de porte alto y de ciclo largo requieren menores densidades (EMBRAPA 2008).

El autor citado también menciona que, en cuanto al espaciamiento entre hileras de plantas, de manera general, los resultados más favorables son para los menores. Se indican espaciamientos entre hileras entre 40 a 50 cm para la mejor utilización de las sembradoras existentes en el mercado, aunque ya existen máquinas que posibilitan espaciamientos menores para soja. Los espaciamientos menores que 40 cm resultan en un sombreado más rápido entre las líneas, mejor control de malezas y mayor captación de la energía luminosa incidente, pero no permiten la realización de operaciones de cultivo entre hileras sin causar pérdidas significativas por aplastamiento de las plantas.

Según Seiter, citado en Tosquy et al. (2010), la distribución inadecuada de plantas en el terreno ocasiona una ineficiente intercepción de la luz solar sobre el dosel del cultivo, y por lo tanto una disminución en

la fotosíntesis, lo que repercute en una baja producción de semilla. Una de las estrategias que se tienen para optimizar el uso de los recursos ambientales (luz, humedad, suelo y nutrimentos), contribuir a contrarrestar el problema de la sensibilidad de la soya al fotoperiodo e incrementar el rendimiento del cultivo, es el empleo de un adecuado distanciamiento entre surcos y densidad de población de plantas. Así también, con la generación de nuevas variedades para las áreas tropicales, es necesario determinar la combinación óptima de distancia entre surcos y entre semillas en que las variedades expresen su máximo potencial productivo.

Un ensayo realizado por Berdén y Rabery (2008), con cinco variedades (IGRA 516, IGRA 518, A 4910 RG, BRS 247 RR Y CD 214 RR) y dos distancias entre hileras, 30 y 50 cm. comprobó que la siembra de las distintas variedades con los diferentes distanciamientos entre hileras no produce diferencias significativas en el rendimiento de granos, que las variedades estudiadas no son afectadas en su desarrollo por las diferentes distancias entre hileras y que los genotipos probados presentaron diferencias en sus caracteres morfológicos, debido a sus caracteres particulares y a las condiciones que le fueron impuestas por el ambiente. Las variedades BRS 247 RR YCD 247 RR presentaron ciclos medio comparados a las demás variedades.

Las altas densidades generan una mayor presencia de estructuras vegetativas y reproductivas, pero las menores densidades generan mayor cantidad de granos, con mayor peso y por lo tanto los mayores rendimientos (capacidad de compensación de la plantas de soja). Densidades de siembra próximas a 250.000 semillas por hectárea serían recomendables, independientemente del grupo de madurez y fecha de siembra. (Triadani y Hecker 2017, Ventimiglia y Torrens 2015).

COSECHA

La cosecha constituye una importante etapa en el proceso productivo de la soja, principalmente por los riesgos a que está sujeta la labor destinada al consumo o a la producción de semilla. La cosecha debe ser iniciada tan pronto la soja llegue al estadio (R9) punto de madurez a cosecha, a fin de evitar pérdidas en la calidad del producto. Cuando se va a recolectar soja con una cosechadora, deberá usarse una plataforma de corte. Si la cosecha es levantada demasiado temprano o demasiado tarde el grano puede sufrir daños que reducen considerablemente las utilidades o la calidad de la semilla (ANAPO 2011b).

Según el citado autor, el tiempo oportuno para la cosecha varía según la cosecha y el clima. El tiempo más adecuado es cuando el grano proporciona el rendimiento más alto y en la mejor calidad. Usualmente la cosecha de soja se inicia cuando el grano presenta alrededor de 16% de humedad para terminar la cosecha con 13,55%.

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCAL Y PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN

El experimento se llevó a cabo en el distrito de Nueva Toledo, ubicado a 279 km de la ciudad de Asunción; en el departamento de Caaguazú. Las coordenadas geográficas son: Latitud 24°54'52.29" S, Longitud 55°34'6.05" O y elevación de 272 m sobre el nivel del mar (Anexo A.4).

El experimento a campo se llevó a cabo desde el mes de octubre del año 2017 y finalizó en el mes de febrero del año 2018. Posteriormente, se realizó el trabajo de gabinete desde el mes de febrero del año 2018 hasta el mes de agosto del mismo año.

El suelo de la región es clasificado como un ultisol, suelo de arcilla roja que se caracteriza por un horizonte argílico; bajo

nivel de saturación de bases; marcada acidez; perfiles profundos con una estructura bien desarrollada. Estos suelos en su mayoría permiten una fácil labranza y ofrecen condiciones favorables para el desarrollo de las raíces (Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT 1983).

Previo a la implantación del cultivo se realizó un análisis de suelo de las parcelas utilizadas (Anexo A.5). A profundidad de 0 a 20 cm el suelo tenía un pH de 4,9; 4,01 % de materia orgánica; 8,78 mg/kg de P; 2,58 mg/kg de Ca^{+2} ; 1,15 mg/kg de Mg^{+2} ; 0,31 cmol_c/kg de K^{+} ; 0,92 de $\text{Al}^{+3} + \text{H}^{+}$; 18,58 % de saturación de Al; clase textural franco arcillo arenosa; y color 5 YR 3/4 Munsell (marrón rojizo oscuro) (Laboratorio de suelos FCA 2017).

La temperatura media anual de Nueva Toledo es de 21,6 °C. Con temperaturas máximas en promedio anual de 27,4 °C

y temperaturas mínimas en promedio anual de 16,1 °C. La precipitación media anual es de 1.611 mm. Y el clima de la zona en la clasificación de Köppen-Geiger es Cfa (Climate-data 2017) (Anexo A.3), denominado clima subtropical húmedo, el cual se caracteriza por presentar precipitaciones abundantes y temperaturas cálidas en verano; e inviernos fríos con frecuentes invasiones de masas de aire continental polar (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE 1982).

POBLACIÓN

La población bajo estudio fue de 20 parcelas de 5 hileras de 10 m con espaciamiento de 0,5 m entre hileras (20 m²) sembradas en la densidad correspondiente al tratamiento. Dichas parcelas fueron distribuidas en cuatro



Figura 1. Mapa satelital de la parcela utilizada para el experimento.

Fuente: Google Earth (2017).

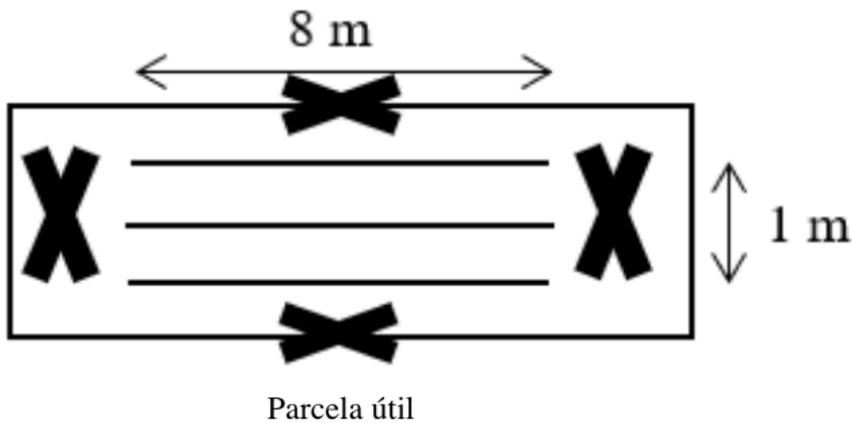
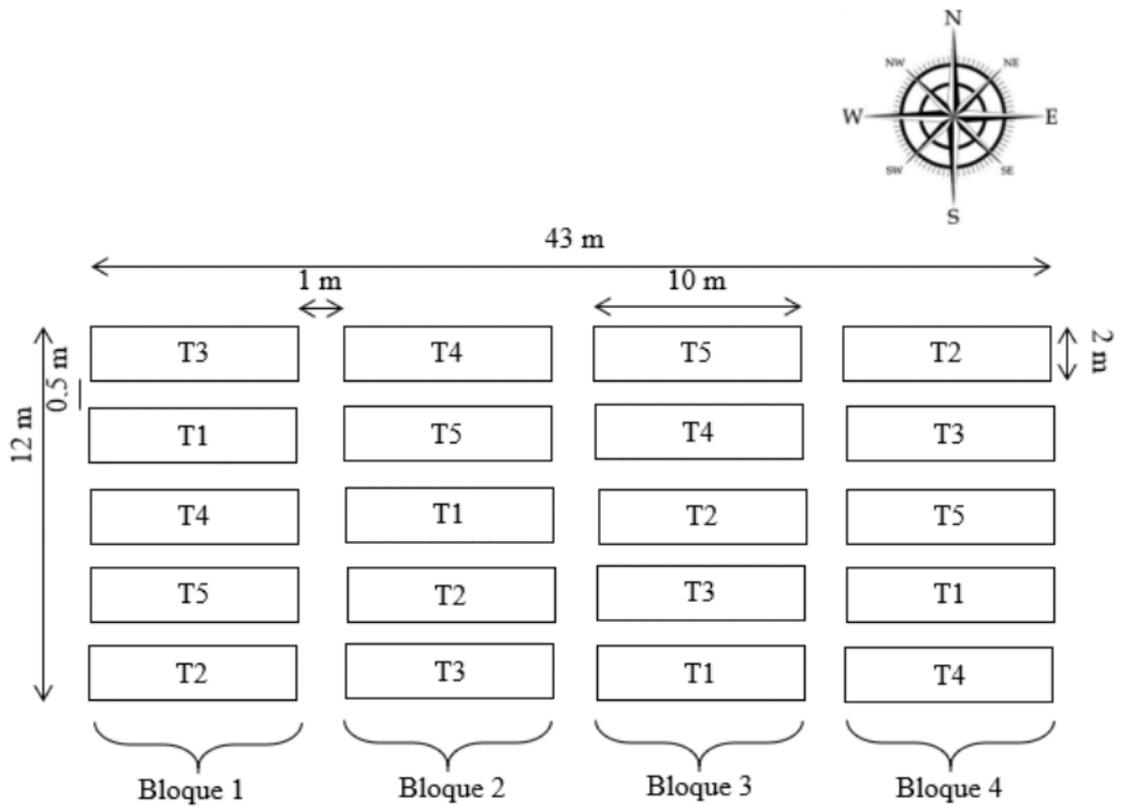


Figura 2. Disposición de las unidades experimentales en el campo y dimensiones de la parcela útil.

bloques separados entre sí por pasillos de 1 m de ancho, y las parcelas en ellos separadas por pasillos de 0,5 m, teniendo así una superficie total de 516 m². La parcela útil fue de las tres hileras del medio descontando 1 m de los extremos de las hileras (8 m²).

DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos del experimento con sus respectivas variedades y densidades de siembra han sido como sigue:

Nº	Nombre	Descripción
1	Tratamiento 1	Siembra a 5 plantas por metro (100.000 plantas/ha).
2	Tratamiento 2	Siembra a 10 plantas por metro (200.000 plantas/ha).
3	Tratamiento 3	Siembra a 15 plantas por metro (300.000 plantas/ha).
4	Tratamiento 4	Siembra a 20 plantas por metro (400.000 plantas/ha).
5	Tratamiento 5	Siembra a 25 plantas por metro (500.000 plantas/ha).

Tabla 1. Detalle de los tratamientos en función a sus respectivas densidades de siembra.

MATERIALES Y EQUIPOS

Material biológico

Los materiales de propagación utilizados fueron semillas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) de la variedad Sojapar R24, del grupo de madurez VI, con un ciclo semi precoz, crecimiento indeterminado del tallo, ramificado, presenta flor blanca, es resistente al vuelco y tiene un potencial de rendimiento de entre 3.000 a 4.500 kg/ha. El aspecto más resaltante de esta variedad es su resistencia a la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*) atribuida al gen Rpp4. Además, presenta resistencia al cancro del tallo (*Diaporthe phaseolorum*), la pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*), el oidio (*Erysiphe diffusa*) y el mosaico (VMCS); y moderada resistencia a la pudrición carbonosa de la raíz (*Macrophomina phaseolina*), mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*) y mancha púrpura (*Cercospora kikuchii*) (Instituto de Biotecnología Agrícola – INBIO 2017).

Recursos materiales y equipos técnicos

Los recursos materiales utilizados fueron lápices, borradores, bolígrafos, hojas, carpetas, reglas, carteles, estacas, hilo de ferretería y bolsas; Los equipos técnicos fueron escardillo, pala, estacas, hilo de ferretería, cinta métrica,

cuchillos, balanza electrónica de precisión, computadora con acceso a internet, cámara fotográfica, mochila pulverizadora a presión acumulada de 5 litros, fertilizante NPK 04-30-10, glifosato, mezcla de tratamiento para semillas (*Bradyrhizobium japonicum* + Aminoácidos, Nitrógeno, Cobalto y Molibdeno + Fipronil + Metalaxil-M + Fludioxonil), insecticidas (Clorantraniliprole + Lamdacialotrina, Thiametoxam + Lamdacialotrina), fungicida (SolatenolTM + Azoxystrobin).

VARIABLES MEDIDAS

Las variables medidas fueron el rendimiento, expresado en kg/ha, que constituye la variable de mayor interés para el productor; los componentes del rendimiento, que incluyen número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de mil semillas; y la altura de la planta expresada en metros medidos desde el suelo hasta el ápice de la planta.

Rendimiento

El rendimiento es la variable más importante desde el punto de vista agronómico, pues éste indica la productividad por unidad de superficie. Un alto rendimiento indica la eficiencia de las labores realizadas por el agricultor, quien busca obtener el mayor rendimiento posible, con el menor costo posible.

En el momento de madurez fisiológica, las plantas de la parcela útil fueron cortadas manualmente y luego se procedió a su trilla en una trilladora para experimentos. Las semillas trilladas fueron limpiadas con zarandas manuales y almacenadas en sacos de plastillera e identificadas con etiqueta para cada tratamiento y repetición. Las muestras de cada parcela fueron pesadas en balanza de precisión de un decimal y el rendimiento se expresó en kg/ha (Anexo A.1.1).

Componentes del rendimiento

Número de vainas por planta

El número de vainas por planta es resultado del desarrollo fisiológico del cultivo al alcanzar el nivel de fotoperiodo requerido por el grupo de maduración de la variedad, lo cual induce a la floración. Esta variable se midió momentos antes de la cosecha mediante el conteo de 5 plantas tomadas al azar de cada tratamiento y repetición. El resultado fue expresado en número de vainas por planta (Anexo A.1.2).

Número de granos por vaina

El número de granos por vaina resulta del proceso de formación y llenado de granos. Esta variable se midió en el momento de la cosecha. Fueron extraídas 100 vainas de cada unidad experimental, extrayendo 10 vainas de 10 plantas. Las vainas fueron almacenadas en bolsas de papel identificadas con una etiqueta. En condiciones de laboratorio se midió el número de granos por vaina (Anexo A.1.3).

Peso de mil semillas (PMS)

El PMS es una variable importante para determinar la eficiencia de la etapa de llenado de granos, se expresa en g y se determinó tomando cinco muestras de 100 semillas por unidad experimental, pesando en la balanza de precisión, calculando el peso promedio y multiplicando el valor obtenido por 10 (Anexo A.1.4).

Altura de la planta

La altura de la planta de soja, expresada en cm, es un factor determinado principalmente por la variedad y las condiciones ambientales en el cultivo, puede variar entre 0,3 y 2 m (Rosas y Young 1991). Se determinó midiendo desde la superficie del suelo hasta el ápice de las plantas que se encontraban en la parcela útil (8 m²), momentos antes de la cosecha (Anexo A.1.5).

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ARREGLOS

El diseño experimental utilizado fue un diseño en bloques completos al azar (DBCA), debido a la posibilidad de la influencia sobre los resultados por parte de ciertos factores difíciles de controlar en el campo como la fertilidad del suelo y el nivel de pendiente (Di Rienzo et al. 2009). Los datos de las variables fueron sometidos al análisis de varianza y aquellos que presentaron diferencia estadística significativa fueron sometidos a pruebas de comparación de medias de Duncan al 5%.

PROCESO DE INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Las semillas de soja fueron tratadas con la mezcla de inoculante (2 cc/kg de semilla), coadyuvante (1 cc/kg), micronutrientes (2 cc/kg), insecticida y fungicida (2 cc/kg). Posteriormente se prepararon surcos de 10 m separados entre sí por 0,5 m con una profundidad de 5 cm en el terreno con rastros de maíz previamente cosechado en el lugar, se sembró a mano semillas de soja según la densidad correspondiente a cada tratamiento. Se aplicó fertilizante superfosfato triple (0-46-0) a razón de 196 kg/ha.

Todas las aplicaciones de productos químicos se realizaron con la mochila pulverizadora. Para el control de malezas se realizó un control manual al momento de la siembra, seguidamente a las 4 semanas luego de la siembra se hizo una aplicación de glifosato a razón de 1,3 kg/ha. Se aplicó fungicida (SolatenolTM + Azoxystrobin) luego de 4 semanas de la siembra a dosis de 200 g/ha y se volvió a aplicar pasadas otras 4 semanas en la misma dosis. Para el control de plagas se realizó una aplicación de Clorantropilprole + Lamdacialotrina en dosis de 100 cc/ha luego de 4 semanas de la siembra para el control de orugas y una aplicación de Thiametoxam + Lamdacialotrina en dosis de 300 cc/ha

luego de 7 semanas de la siembra para el control de chinches. Se realizaron monitoreos fitosanitarios semanales para repetir las aplicaciones del fungicida o insecticida si se observaban síntomas de ataque de hongos o insectos respectivamente.

La cosecha del cultivo se realizó a mano a las 19 semanas luego de la siembra, cuando el cultivo alcanzó una humedad de aproximadamente 15 por ciento, Se realizaron las mediciones altura de las plantas, se contó el número de vainas por planta y luego se cosechó la parcela útil de 8 m por 1 m (8 m²). La trilla se realizó con una trilladora para experimentos. Se realizó el conteo de número de granos por vaina.

Se determinó el rendimiento y el peso de mil semillas en condiciones de laboratorio según la metodología previamente mencionada.

El periodo experimental constó de cuatro etapas, iniciando con la instalación del cultivo; al cual sucedió el mantenimiento del cultivo; luego la cosecha y medición de las variables de respuesta; y por último se procedió a los trabajos de gabinete para el análisis estadístico y evaluación de los datos obtenidos.

Se elaboró previamente las planillas de campo (Anexo A.1.6) y de gabinete (Anexo A.1.7) para la recolección ordenada y completa de los datos. La siembra, los cuidados y la cosecha del cultivo se realizaron dentro de la época apropiada para el mismo, que se extiende desde el mes de octubre para la siembra hasta febrero para la cosecha, para lograr de esta manera las condiciones óptimas de clima y fotoperiodo para el correcto crecimiento y desarrollo del cultivo y generar así datos fiables y representativos. Además, las operaciones de siembra, mantenimiento y cosecha se realizaron temprano a la mañana con el menor tiempo posible entre la primera y la última parcela a manera de evitar

diferencias por el horario de las operaciones realizadas. La toma de datos se realizó con un mínimo de dos personas para el control doble de los datos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de la varianza mediante el software Infostat, el cual se rige según el modelo propuesto por Di Rienzo et al. (2009). El modelo lineal para el análisis de la varianza que fue utilizado en el diseño experimental es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}, \text{ con } i=1,\dots,a; j=1,\dots,b$$

Donde μ corresponde a la media general de la población en estudio, τ_i el efecto del i -ésimo tratamiento, β_j el efecto del j -ésimo bloque y ε_{ij} representan errores normales e independientes con esperanza cero y varianza común σ^2 (Di Rienzo et al. 2009).

Los datos que presentaron diferencia estadística significativa fueron sometidos a pruebas de comparación de medias de Duncan al 5%. Una vez procesados los datos fueron confeccionadas tablas mediante el software Microsoft Excel para ayudar en la interpretación y discusión de los datos obtenidos en la investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN RENDIMIENTO

Los resultados del rendimiento de la variedad Sojapar R24 sembrada en diferentes densidades dentro de la hilera, se encuentra en la Tabla 2. El análisis estadístico (Anexo A.2.1) mostró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. La media del experimento fue de 3.711 kg/ha y el CV de 6,33%. Los valores oscilaron entre 3.547 y 3.789 kg/ha.

Tratamiento	Densidad de siembra (plantas/m)	Rendimiento (kg/ha)
1	5	3.547 ^{ns}
2	10	3.736
3	15	3.730
4	20	3.756
5	25	3.789
Media		3.711
CV (%)		6,33

*ns = no significativo

Tabla 2. Rendimiento (kg/ha) de soja variedad Sojapar R24 sembrada en diferentes densidades dentro de la hilera. Nueva Toledo, Caaguazú, 2018.

Los datos de CAPECO (2018), referentes a la media de productividad de la soja en nivel nacional reporta que se obtuvieron 3.050 kg/ha en el periodo 2016/2017, alejados de las medias obtenidas en este experimento. Las condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo (Anexo A.3) reportaron 1.611 mm de precipitación y temperatura media de 21,7 °C, apropiadas a las requeridas por el cultivo según Andriani (2016) que menciona que requiere entre 430 a 550 mm durante todo su ciclo y la temperatura ideal para el mismo oscila entre 20 y 30 °C.

En un experimento con diferentes espaciamentos entre surcos y densidades de siembra dentro de las hileras, con la variedad CAC-1 en Lavras, Brasil, en suelos arcillosos como los utilizados en este experimento, se concluyó que la productividad de la soja aumenta con la reducción del espaciamento entre líneas en conjunto con la reducción de la densidad de siembra dentro de la hilera (Cavalheiro et al. 2002). Si bien este manejo es factible de ser aplicado, la variación en el espaciamento entre hileras es de difícil uso en condiciones de campo, ya que en Paraguay el espaciamento estándar entre hileras es de 40 o 50 cm, por facilitar el manejo del cultivo como ser la aplicación

de pesticidas, fertilizantes y otros. Silva et al. (2016), por otro lado, trabajando con la variedad ANTA 82, encontró que el aumento de la densidad de siembra dentro de las hileras eleva la productividad de granos de soja, independiente del arreglo espacial entre plantas. Hermes et al. (2012), en un trabajo de investigación con ocho variedades diferentes, obtuvo mayores rendimientos con densidades de siembra de 10 y 12 plantas por metro lineal.

En este experimento se encontró que el rendimiento no difiere de manera significativa utilizando densidades de siembra dentro de la hilera entre 5 a 25 plantas por metro lineal utilizando la variedad Sojapar R24. Es importante mencionar que los rendimientos obtenidos en este trabajo verificaron que la planta de soja posee un efectivo mecanismo de compensación ante una menor población, esto se verifica mediante la capacidad para emitir ramificaciones laterales, modificando los componentes del rendimiento. Pereira et al. (2000) menciona que la soja es capaz de compensar, aumentando la producción por planta, cuando el stand se presenta por debajo del usualmente recomendado. Los componentes del rendimiento presentan variaciones entre ellos, con efecto de compensación a modo de uniformizar el rendimiento de granos. Un trabajo realizado por Buratti et al. (2016) en una zona de suelos profundos y una zona de suelos someros obtuvo resultados que confirman dicha afirmación, con rendimientos que no presentaron diferencias significativas con las distintas densidades de siembra utilizadas.

Estos resultados indican que la variedad Sojapar R24 tiene plasticidad o adaptación para diferentes poblaciones de plantas dentro de la hilera, esto particularmente puede tener una aplicación práctica en condiciones de campo. Así por ejemplo en lugares donde existe menor disponibilidad o déficit de agua, como en algunas zonas del

chaco paraguayo u otras zonas de la Región Oriental que están incorporando el cultivo de soja. Estos resultados permiten verificar que esta variedad, puede obtener rendimientos satisfactorios y similares con poblaciones de 5 a 25 plantas por metro lineal, permitiendo adecuar el manejo más apropiado para las condiciones edafoclimáticas o épocas de siembra donde está siendo cultivado.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Vainas por planta

Los resultados del número de vainas por planta de la variedad Sojapar R24 sembrada en diferentes densidades dentro de la hilera se encuentra en la Tabla 3. El análisis estadístico (Anexo A.2.2) mostró que existe diferencia significativa entre los tratamientos. El mayor valor correspondió al tratamiento 1 con 128 vainas por planta, seguido por el tratamiento 2 con 76, los tratamientos 3, 4 y 5 son menores a los anteriores y no difieren entre sí. La media del experimento fue de 67 vainas por planta y el CV de 18,53%.

Tratamiento	Densidad de siembra (plantas/m)	Vainas por planta
1	5	128a*
2	10	76b
3	15	51c
4	20	46c
5	25	34c
Media		67
CV (%)		18,53

*Medias en la vertical seguidas por la misma letra no difieren entre sí por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Tabla 3. Número de vainas por planta de soja variedad Sojapar R24 sembrada en diferentes densidades dentro de la hilera. Nueva Toledo, Caaguazú, 2018.

Los resultados obtenidos evidencian que cuanto menor es el número de plantas por

metro dentro de las hileras, el número de vainas es mayor. Respecto a esta respuesta agronómica del manejo de la densidad del cultivo, Vaz et al. (2015) y Balbinot et al. (2015) mencionan que la soja presenta plasticidad en cuanto a la respuesta del arreglo espacial de plantas. Así, altera el número de ramificaciones, de vainas y de granos por planta de forma inversamente proporcional a la variación en la población de plantas. Por otro lado, la competencia con malezas también afecta al número de vainas por planta, evidenciado en un experimento realizado por Juan et al. (2003) en el cual el número de vainas por planta fue el componente del rendimiento más severamente afectado por la competencia, obteniéndose reducciones del 40% respecto al tratamiento sin malezas.

Cortez et al. (2011), mediante un experimento realizado con diferentes genotipos y fechas de siembra de soja, comprobó que estos factores y su interacción ejercen influencia en el número de vainas por planta. Un trabajo de Ballaré et al. (1995) menciona que el crecimiento de las plantas es modificado por la población de plantas, siendo que esto ocurre, en parte, por mecanismos que utilizan información sobre la luz del ambiente, por medio de fotosensores específicos. Por ejemplo, con el aumento de la población, se producen cambios en la relación rojo extremo / rojo, que actuarán como señales para que la planta disminuya el número de ramas.

Los resultados de este experimento permiten verificar que la variedad Sojapar R24, en un rango de 5 a 25 plantas por metro en las hileras, tiene plasticidad para compensar el número de vainas por planta en condiciones de baja densidad poblacional.

Granos por vaina y peso de mil semillas

Los resultados del número de granos por vaina y peso de mil semillas de la variedad Sojapar R24 sembrada en diferentes

densidades dentro de la hilera, se encuentra en la Tabla 4. El análisis estadístico (Anexo A.2.3) mostró que no existe diferencia significativa en el número de granos por vaina entre los tratamientos. La media del experimento fue de 3 granos por vaina y el CV de 4,08%. Además, el análisis estadístico (Anexo A.2.4) mostró que no existe diferencia significativa en el peso de mil semillas entre los tratamientos. La media del experimento fue de 152,4 g y el CV de 3,65%.

Tratamiento	Densidad de siembra (plantas/m)	Granos por vaina	Peso de mil semillas (g)
1	5	3 ^{ns}	149,09 ^{ns}
2	10	3	151,35
3	15	3	151,26
4	20	3	151,94
5	25	3	158,34
Media		3	152,4
CV (%)		4,08	3,65

*ns = no significativo

Tabla 4. Número de granos por vaina y peso de mil semillas de soja variedad Sojapar R24 sembrada en diferentes densidades dentro de la hilera. Nueva Toledo, Caaguazú, 2018.

Los resultados obtenidos verifican que el número de granos por vaina y el peso de mil semillas no varían en función al número de plantas por metro dentro de las hileras. Experimentos realizados con diferentes variedades de soja demostraron que las variables número de granos por vaina y peso de mil semillas presentan altos valores de heredabilidad, es decir, están fuertemente condicionados por la genética. Además, un estrés hídrico durante la etapa de llenado de granos (R5-R6), produce la reducción del número de granos por vaina y del peso de las semillas. El tamaño del grano y el número de granos por vaina no se ven afectados por el arreglo espacial de plantas. Tanto el número de granos por vaina como el peso de la semilla

tiene control genético sustancial y por eso no presentan variaciones significativas al ser sometidos a diferentes densidades de población de plantas (Farias 2010; Giménez 2014; Romero et al. 2013).

Así mismo, experimentos realizados por Cardoso (2008) en Santa Clara, Cuba y Cavalheiro et al. (2002) en Lavras, Brasil, encontraron que el arreglo de plantas no afecta al peso de la semilla y al número de granos por vaina, sino que son afectados en mayor medida por la genética.

ALTURA DE PLANTA

Los resultados de la altura de planta de la variedad Sojapar R24 sembrada en diferentes densidades dentro de la hilera se encuentra en la Tabla 5. El análisis estadístico (Anexo A.2.5) mostró que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Los mayores valores correspondieron a los tratamientos 5, 4 y 3 con 112, 106,4 y 105,1 cm de altura respectivamente sin diferir estadísticamente entre ellos, al igual que los tratamientos 4, 3 y 2. el tercer grupo homogéneo lo componen los tratamientos 2 y 1, que no difieren entre sí, con 99,1 y 94,6 cm de altura respectivamente. La media del experimento fue de 103,5 cm de altura y el CV de 4,8%.

Tratamiento	Densidad de siembra (plantas/m)	Altura de planta (cm)
1	5	94,6 ^c
2	10	99,1 ^{bc}
3	15	105,1 ^{ab}
4	20	106,4 ^{ab}
5	25	112 ^a
Media		103,5
CV (%)		4,8

*Medias en la vertical seguidas por la misma letra no difieren entre sí por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Tabla 5. Altura de planta de soja variedad Sojapar R24 sembrada en diferentes densidades dentro de la hilera. Nueva Toledo, Caaguazú, 2018.

El análisis de los datos obtenidos muestra que cuanto mayor es el número de plantas en la hilera mayor es la altura de las plantas. La diferencia de altura de plantas en el experimento evidencia que esta se ve influenciada por los tratamientos. La altura no solamente responde a las condiciones de nutrición, sino que también al manejo de poblaciones. Un experimento realizado por Tosquy et al. (2010) evidencia que con el aumento de la densidad poblacional ocurre un aumento de la altura de la planta y del número de entrenudos.

La falta de luz causada por la competencia intra e interespecífica promueve modificaciones en el balance hormonal de las plantas, las cuales se manifiestan, generalmente, como un aumento de la dominancia apical, aumento de la longitud de los entrenudos y la inhibición de la formación de ramificaciones laterales. Esto resulta en el aumento de la altura de la planta (Tavares y Garcia 1996).

La altura de planta es una característica fenotípica de la variedad que se ve influenciada por el manejo agronómico, donde el mismo debería de buscar obtener una altura que obtenga buenos rendimientos pero que no propicie el acamamiento. Esta variable se ve definida además por la variedad cultivada, el fotoperiodo, la temperatura y la nutrición. En los cultivares indeterminados como la variedad utilizada en este experimento, la altura y el número de nudos se reducen cuando se atrasa la fecha de siembra debido a la reducción del fotoperiodo; no obstante, debido también a la evolución del fotoperiodo, lo mismo sucede cuando la fecha de siembra se adelanta demasiado. Fotoperiodos más largos bajo el mismo régimen de temperatura o mayor temperatura bajo el mismo régimen de fotoperiodo resulta en plantas con mayor altura (Cámara et al. 1997; Fassio et al. 2017; Pérez et al. 2011). El aumento de la salinidad,

las condiciones de encharcamiento y la compactación del suelo también provocan la disminución de la altura de la planta (Compagnoni 2013; Corrêa et al. 2012; Hernández y Soto 2014).

Las variaciones de la densidad de plantas por metro en la hilera influyen en la expresión de altura de la planta, siendo que a mayor densidad de plantas por metro se obtuvieron plantas más altas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En las condiciones del experimento se concluye que con la variedad Sojapar R24:

- Es posible obtener rendimientos similares utilizando de 5 hasta 25 plantas por metro dentro de la hilera.
- El número de vainas por planta aumenta a medida que se reduce la densidad de siembra, lo cual le otorga capacidad de compensación del rendimiento en diferentes poblaciones de plantas por hilera.
- El número de granos por vaina y el peso de mil semillas no varían en función al número de plantas por metro dentro de las hileras.
- La altura de las plantas es mayor a medida que aumenta la densidad de siembra utilizada.

RECOMENDACIONES

Se puede recomendar realizar ensayos similares a este en otras regiones de producción para verificar los resultados en condiciones edafoclimáticas diferentes. También se puede realizar un ensayo similar en condiciones de siembra tardía.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre René Almirón por las enseñanzas y los valores que me ha inculcado y por el apoyo incondicional que me ha brindado tanto en vida como desde el cielo.

A mi madre, Ramona Cuevas; mi hermano, Ricardo Almirón; y demás familiares por el apoyo, el afecto y la comprensión brindada durante estos años de estudio.

A mis tíos Claudio, Carmen, Cati, Juana, Teresa Miguel, Andina, Venancio y Bartolo Cuevas, mis primos Miguel, Diego, Jazmín y César Cuevas, mis amigos Ronnie Ramos, Nelson Silveira y Ángel Villalba por ayudarme durante los extensos trabajos de campo, cosecha y obtención de datos durante el experimento.

A mi orientador Líder Ayala y mi co-orientadora Yesmina Lezcano por la guía, la confianza y el aporte de conocimientos que hicieron posible este trabajo.

Al Instituto de Biotecnología (INBIO) por el aporte de las semillas utilizadas en este experimento, material biológico fundamental para la realización de este.

A mis amigos Joel Klekos, Belén Luthold, Katia Cáceres, Adelin Giménez, Alice Contrera, Rodrigo Franco, Walter Amarilla, Yanina Rolón y Hamoudi Awde por los años de amistad y experiencias vividas a lo largo de la carrera y el apoyo incondicional durante la ejecución y redacción de este trabajo.

A los profesores y funcionarios de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, especialmente al Departamento de Producción Agrícola por los años de enseñanza y el apoyo para la realización del Trabajo final de grado.

A mis compañeros y compañeras de la carrera de Ingeniería Agronómica, por la ayuda, la comprensión y la amistad brindada durante estos años de estudio.

REFERENCIAS

- ANAPO (Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo, BO). 2011a. 1 Cartilla de difusión técnica: tratamiento de semilla (en línea). Santa Cruz, BO. Consultado 8 sep. 2017. Disponible en https://rhes.ruralhorizon.org/uploads/documents/cartilla_1_tratamiento_de_semillas.pdf.
- ANAPO. (Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo, BO). 2011b. 8 Cartilla de difusión técnica: cosecha de soja (en línea). Santa Cruz, BO. Consultado 8 sep. 2017. Disponible en https://rhes.ruralhorizon.org/uploads/documents/cartilla_8_cosecha_de_soya.pdf.
- Andriani, J. 2016. Lo que hay que saber del “consumo de agua de los cultivos” (en línea). Oliveros, AR. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-lo-que-hay-que-saber-consumo-de-agua-cultivos.pdf>.
- Aquino, M. 2008. Soja 2007/2008 (en línea). Asunción, PY. Consultado 8 sep. 2017. Disponible en <https://una2013.jimdo.com/app/download/7284317168/Isa+soja.pdf?t=1377706672>.
- Balbinot, J. Oliveira, S; Debiasi, H; Franchini, J.C. 2015. Densidade de plantas na cultura de soja (en línea). Londrina, BR. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133156/1/doc364.pdf>.
- Ballaré, C.L; Scopel, A.L; Sánchez, R.A. 1995. Plant photomorphogenesis in canopies, crop growth, and yield (en línea). Alexandria, US. Consultado 20 nov. 2018. Disponible en <http://hortsci.ashspublications.org/content/30/6/1172.full.pdf>.
- Berdén, J.; Rabery, S. 2008. Espaciamento entre hileras para variedades de soja de ciclo precoz (en línea). San Lorenzo, PY. Consultado 6 sep. 2017. Disponible en <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/download/63/60>.
- Buratti, E; Dominici, E; Testa, M. 2016. Comparación del rendimiento de soja (*Glycine max* L.) según dosis de fertilización fosforada y densidad de siembra variable en ensayos de agricultura de precisión (en línea). Córdoba, AR. Consultado 21 nov. 2018. Disponible en <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4653/Buratti%20-%20Dominici%20-%20Testa.%20Comparaci%C3%B3n%20del%20rendimiento%20de%20soja..%20%20.pdf?sequence=1>.

- Câmara, G.M.S; Sedyama, T; Dourado-Neto, D; Bernardes, M.S. 1997. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (en línea). Piracicaba, BR. Consultado 15 nov. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/sa/v54nspe/17.pdf>.
- CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, PY). 2015a. Molienda de granos (en línea). Asunción, PY. Consultado 1 sep. 2017. Disponible en <http://capeco.org.py/soja-es-mol-gran/>. CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, PY). 2015b. Ránking mundial (en línea). Asunción, PY. Consultado 1 sep. 2017. Disponible en <http://capeco.org.py/ranking-mundial-es/>.
- CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, PY). 2018. Área de siembra, producción y rendimiento (en línea). Asunción, PY. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>.
- Cardoso, S. 2008. Densidad poblacional en soja [*Glycine max* (L.) Merr.]: efecto sobre el crecimiento y rendimiento de la planta en época de primavera (en línea). Santa Clara, CU. Consultado 15 nov. 2018. Disponible en <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1332/A08028.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1982. Agroambiente. Turrialba, CR, Centro de copiado San José. 288 p.
- Cavalheiro, M; Milanez, P; Salvador, N. 2002. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja (en línea). Brasília, BR. Consultado 23 ago. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n8/11666.pdf>.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1983. Oxisoles y ultisoles en América tropical: distribución, importancia y propiedades físicas. Cali, CO, Editec. 56 p.
- Climate-data. 2017. Clima: Toledo (en línea). Oedheim, DE. Consultado 22 sep. 2017. Disponible en <https://es.climate-data.org/location/879793/>.
- Compagnoni, L. 2013. Descompactação do solo e adubação adicional na produtividade de sementes de soja (en línea). Pelotas, BR. Consultado el 15 nov. 2018. Disponible en http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/3096/1/dissertacao_luciano_compagnoni.pdf.
- Corrêa, M.F; Ludwig, M.P; Schuch, L.O.B; Verneti, F; Nunes, T.L; Crizel, R.L. 2012. Características Morfofisiológicas de Cultivares de Soja Submetidas a Alagamento em Estádio de Crescimento Vegetativo (en línea). Passo Fundo, BR. Consultado 15 nov. 2018. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79907/1/atas-e-resumos-reuniao-soja-2012.pdf>.
- Cortez, J.W; Angeli, C.E; Pereira, R; Alandia, R.A. 2011. Características agronómicas de la soja en función de las densidades de siembra y profundidad de deposición de abono (en línea). Viçosa, BR. Consultado 20 nov. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rceres/v58n1/a10v58n1.pdf>.
- Cubilla, M.; Wendling, A.; Eltz, F.; Amado, T.; Mielniczuk, J. 2012. Recomendaciones de fertilización para soja, trigo, maíz y girasol bajo el sistema de siembra directa en el Paraguay. Asunción, PY, Artemac S.A. 88 p.
- Devani, M; Lenis, J; Ledesma, F; Amigo, J; Stegmayer, A; Ploper, D; Gandur, M. 2003. Inoculación de soja en la provincia de Tucumán: resultados de la campaña 2001/02 (en línea). Tucumán, AR. Consultado 8 sep. 2017. Disponible en [http://oil-palm.org/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/105A5458DE5B5FB103256DB700516C8F/\\$file/Evaluaci%C3%B3nInoculantesSoja01-02-DEVANI.pdf](http://oil-palm.org/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/105A5458DE5B5FB103256DB700516C8F/$file/Evaluaci%C3%B3nInoculantesSoja01-02-DEVANI.pdf).
- Di Rienzo, J.A; Casanoves, F; Gonzalez, L; Tablada, M; Díaz, M; Robledo, C.W; Balzarini, M. 2009. Estadística para las ciencias agropecuarias. 7 ed. Córdoba, AR, Brujas. 372 p.
- Di Rienzo, J.A; Casanoves, F; Balzarini, M.G; González, L; Tablada, M; Robledo, C.W. 2018. InfoStat versión 2018. Córdoba, AR, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, BR). 1995. El cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción. Roma, IT, FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 254 p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, BR). 2008. Sistemas de producción 13: tecnologías de producción de soja – región central de Brasil 2009 y 2010. Londrina, BR, Embrapa. 261 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2014. Estadísticas (en línea). Roma, IT. Consultado 1 sep. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>.

Farias, J. 2010. Comportamento da plasticidade de plantas de soja frente a falhas e duplas dentro de uma população (en línea). Pelotas, BR. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1533/1/dissertacao_jonas_pinto.pdf.

Fassio, A; Pérez, O; Ibáñez, W; Ceretta, S; Rabaza, C; Vergara, G. 2017. Soja: adaptación de ciclos de madurez a diferentes épocas de siembra bajo condiciones de riego (en línea). Montevideo, UY. Consultado 15 nov. 2018. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6626/1/revista-INIA-48-marzo-2017.p.28-33-Fassio-et-al..pdf>.

Fontanetto, H; Keller, O; Negro, C; Belotti, L; Giailevra, D. 2006. Inoculación y fertilización con cobalto y molibdeno sobre la nodulación y la producción de soja (en línea). Rafaela, AR. Consultado 8 sep. 2017. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/miscelaneas/106/misc106_080.pdf.

García, F; Ciampitti, I; Baigorri, H. 2009. Manual del manejo del cultivo de soja. Buenos Aires, AR, Agroeditorial Alejandro Matthiess. 180 p.

Giménez, L. 2014. Efecto de las deficiencias hídricas en diferentes etapas de desarrollo sobre el rendimiento de soja (en línea). Montevideo, UY. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482014000100006&script=sci_arttext&tlng=pt#b9.

Google Earth-Mapas. 2017. Consultado el 21 sep. 2017. Disponible en <http://maps.google.com>.

Hermes, F; Giacomini, L; Cosme, R; Rocha, D; Lima, E; Bentes, D. 2012. Comparação de densidades de plantio em cultivo de soja no oeste do Pará. Mojui dos Campos, BR. Consultado 23 ago. 2018. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/135175/1/ComparacaoDensidades.pdf>.

Hermoso, M. 1974. Posibilidades del cultivo de la soja en España. Madrid, ES, Neografis S.L. 16 p.

Hernández, Y; Soto, N. 2014. Salinidad en la soja (*Glycine max* (L.) Merrill) y avances en el estudio de los mecanismos de tolerancia (en línea). La Habana, CU. Consultado 15 nov. 2018. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000200008.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, PY). 2016. Soja (en línea). San Lorenzo, PY. Consultado 20 nov. 2017. Disponible en <http://www.iica.org.py/observatorio/soja.htm>.

INBIO (Instituto de Biotecnología Agrícola, PY). 2017. Nueva variedad paraguaya con alto potencial de rendimiento: la Sojapar R24 (en línea). Asunción, PY. Consultado 20 nov. 2017. Disponible en <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/NUEVA+VARIEDAD+DE+SOJA+PARAGUAYA+CON+ALTO+POTENCIAL+DE+RENDIMIENTO.pdf>.

Juan, V.F; Saint-Andre, H; Fernandez, R.R. 2003. Competencia de lecherón (*Euphorbia dentata*) en soja (en línea). Viçosa, BR. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/pd/v21n2/a02v21n2>.

Laboratorio de suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. 2017. Análisis de suelo.

Magallanes, A.; Díaz, A.; Reyes, M.; Rosales, E.; Alvarado, M.; Silva, M.; Bustamante, A.; Cortinas, H. 2014. Tecnología de producción en soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para el norte de Tamaulipas (en línea). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, MX. Consultado 6 sep. 2017. Disponible en <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/991.pdf>.

Melgar, R; Vitti, G; de Melo, V. 2011. Soja en Latinoamérica: fertilizando para altos rendimientos. Buenos Aires, AR, Agroeditorial Alejandro Matthiess. 180 p.

Pereira, C; Sousa, G; Cagnin, M; Sanglade, L; Ayusso, R; Mattiazzi, P. 2000. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos (en línea). Piracicaba, BR. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-9016200000100015&lng=pt&tlng=pt.

Pérez, L; Pérez, M; Scianca, C. 2011. Efecto de la fecha de siembra sobre cultivares de soja campaña 2010/11 (en línea). General Villegas, AR. Consultado 15 nov. 2018. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2011_perez_efecto_fs_cultivares.pdf.

Ridner, E. 2006. Soja: propiedades nutricionales y su impacto en la salud (en línea). Grupo Q S.A.: Sociedad Argentina de Nutrición. Buenos Aires, AR. Consultado 30 ago. 2017. Disponible en <http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/soja.pdf>.

Romero, A; Ruz, R; González, M. 2013. Evaluación de siete cultivares de soja (*Glycine max*) en las condiciones edafoclimáticas del municipio Majibacoa, Las Tunas (en línea). Las Tunas, CU. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v36n4/pyf06413.pdf>.

Rosas, J; Young, R. 1991. El cultivo de la soya. 3 ed. El Zamorano, HN, Escuela Agrícola Panamericana. 62 p.

Silva, S; De Sena, D; Aires, D; Oliveira, L; Gomes, C. 2016. Cultivo de soja sob diferentes densidades de sementeira e arranjos espaciais (en línea). Cassilandia, BR. Consultado 23 ago. 2018. Disponible en <http://periodicosonline.uems.br/index.php/agriconeo/article/viewFile/431/895>.

Tavares, C.R; Garcia, R. 1996. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz (en línea). Santa Maria, BR. Consultado 20 nov. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/cr/v26n1/a31v26n1.pdf>.

Toledo, R. 2009. Cultivo de soja (en línea). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, AR. Consultado 1 sep. 2017. Disponible en <https://www.buscagro.com/biblioteca/Ruben-Toledo/El-cultivo-de-soja.pdf>.

Tosquy, O; Esqueda, V; Zetina, R; Ascencio, G. 2010. Densidad y distancia de siembra en dos variedades de soja de temporal en Veracruz, México (en línea). San José, CR. Consultado 1 sep. 2017. Disponible en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100007.

Triadani, C; Hecker, L. 2017. Densidad de siembra en soja y su influencia sobre los rendimientos en el departamento Río Primero: campaña 2016/2017 y comparación con campaña 2008/2009 (en línea). Río Primero, AR. Consultado 10 ago. 2018. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aer_rio_primero_-_hoja_de_informacion_tecnica_nro_5.pdf.

USDA (Departamento de Agricultura, US). 2017. World agricultural production (en línea). Washington D.C., US. Consultado 1 sep. 2017. Disponible en <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>.

Valencia, R. 2006. Soya (*Glycine max* (L.) Merril): Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquia colombiana. Villavicencio, CO, Guadalupe Ltda. 131 p.

Vaz, M; Duarte, J.B; Mello, O.L; Zito, R.K; Rodrigues, J.S; Carvalho, E.M; Alvarenga, W.B. 2015. Correlação entre componentes de produção em soja como função de tipo de crescimento e densidade de plantas (en línea). Goiânia, BR. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125873/1/R.-228-CORRELACAO-ENTRE-COMPONENTES-DE-PRODUCAO-EM-SOJA-COMO.PDF>.

Ventimiglia, L; Torrens, L. 2015. Soja: efecto de la fecha de siembra, el grupo de madurez y la densidad de siembra (en línea). Pergamino, AR. Consultado 10 ago. 2018. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_9_de_jul_io_soja_efecto_de_la_fecha_de_siembra_e.pdf.

ANEXOS

BASE DE DATOS

Rendimiento (kg/ha)

Bloque	Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)
1	1	3853,75
1	2	3700,50
1	3	4041,25
1	4	3651,13
1	5	3689,88
2	1	3862,13
2	2	3981,50
2	3	3613,00
2	4	3965,50
2	5	3797,38
3	1	2945,25
3	2	3382,13
3	3	3480,63
3	4	3579,13
3	5	3300,63
4	1	3525,25
4	2	3880,25
4	3	3783,88
4	4	3828,50
4	5	4368,00

Número de vainas por planta

Bloque	Tratamiento	y1	y2	y3	y4	y5
1	1	187	157	141	82	168
1	2	60	70	59	86	71
1	3	45	63	51	50	69
1	4	41	42	39	32	44
1	5	39	37	31	43	34
2	1	142	116	120	92	127
2	2	58	79	130	62	49
2	3	50	40	38	51	42
2	4	40	36	39	37	44
2	5	45	57	33	45	33
3	1	90	198	170	160	69
3	2	77	70	102	53	44
3	3	36	49	32	46	45
3	4	44	38	114	54	36
3	5	24	19	20	29	35
4	1	104	140	103	92	99
4	2	69	83	84	93	126
4	3	68	56	57	50	88
4	4	45	49	32	70	52
4	5	25	29	44	39	26

Número de granos por vaina

Bloque	Tratamiento	Granos/vaina
1	1	2,66
1	2	2,80
1	3	2,65
1	4	2,70
1	5	2,56
2	1	2,58
2	2	2,69
2	3	2,75
2	4	2,59
2	5	2,81
3	1	2,60
3	2	2,54
3	3	2,73
3	4	2,52
3	5	2,45
4	1	2,85
4	2	2,87
4	3	2,80
4	4	2,54
4	5	2,56

Peso de mil semillas (g)

Bloque	Tratamiento	y1	y2	y3	y4	y5
1	1	145	163	152	157	152
1	2	149	151	148	139	147
1	3	147	145	146	141	146
1	4	154	164	154	154	159
1	5	162	154	164	157	162
2	1	146	150	153	157	157
2	2	142	161	153	143	149
2	3	149	158	159	156	162
2	4	163	169	161	164	161
2	5	163	164	164	163	165
3	1	137	145	145	151	141
3	2	153	155	150	156	156
3	3	164	147	149	147	146
3	4	148	140	140	142	150
3	5	154	150	150	157	155
4	1	145	152	146	154	135
4	2	158	150	153	154	161
4	3	151	149	155	159	151
4	4	140	148	142	148	138
4	5	161	148	149	157	169

Test:Duncan Alfa=0,05					
Error: 155,2717 gl: 12					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
1	127,85	4	6,23	A	
2	76,25	4	6,23		B
3	51,3	4	6,23		C
4	46,4	4	6,23		C
5	34,35	4	6,23		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: Infostat (2018).

Granos por vaina

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Granos/vaina	20	0,5	0,21	4,08	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,14	7	0,02	1,73	0,1937
Tratamiento	0,08	4	0,02	1,61	0,2341
Bloque	0,07	3	0,02	1,88	0,1875
Error	0,14	12	0,01		
Total	0,28	19			

Fuente: Infostat (2018).

Peso de mil semillas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Peso de mil semillas	20	0,5	0,21	3,65	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	375,75	7	53,68	1,74	0,1907
Tratamiento	195,61	4	48,9	1,58	0,2414
Bloque	180,15	3	60,05	1,95	0,1761
Error	370,36	12	30,86		
Total	746,12	19			

Fuente: Infostat (2018).

Altura de planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Altura de planta	20	0,78	0,66	4,8	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1070,08	7	152,87	6,21	0,0031
Tratamiento	733,79	4	183,45	7,45	0,003
Bloque	336,29	3	112,1	4,55	0,0238
Error	295,57	12	24,63		
Total	1365,65	19			

Fuente: Infostat (2018).

Test:Duncan Alfa=0,05						
Error: 24,6307 gl: 12						
Tratamiento	Medias	n	E.E.			
5	112,05	4	2,48	A		
4	106,45	4	2,48	A	B	
3	105,13	4	2,48	A	B	
2	99,05	4	2,48		B	C
1	94,6	4	2,48			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: Infostat (2018).

DATOS CLIMÁTICOS

Temperatura media anual: 21,6 °C.

Temperaturas máximas en promedio anual: 27,4 °C

Temperaturas mínimas en promedio anual: 16,1 °C

Precipitación media anual: 1.611 mm

Clima de la zona en la clasificación de Köppen-Geiger: Cfa (Clima subtropical húmedo)

Fuente: Climate-data (2017).

FOTOGRAFÍA SATELITAL



Fuente: Google Earth (2017).

ANÁLISIS DE SUELO

Prof.	pH	Mat.Org.	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	Sat. Al
cm		%	mg/kg	-----	-----	cmol _c /kg		%
0-20	4,9	4,01	8,78	2,58	1,15	0,31	0,92	18,58

Clase textural	Color	
	Munsell	Descripción
Franco arcillo arenosa	5 YR 3/4	Marrón rojizo oscuro

Fuente: Laboratorio de suelos FCA (2017).