

TRABAJO DE INTENSIFICACIÓN

# “Efecto de la densidad de siembra y el espaciamiento entre hileras sobre el rendimiento en soja “

AUTOR

Agustín Cuvertino

TUTOR

Lic. Sandra Baioni

CONSEJEROS

Dra. Ivana Fernández Moroni

Ing. Agr (Mag.) Miguel Ángel Aduriz

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

UNS, Bahía Blanca, 2020



# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
HIPÓTESIS	16
OBJETIVO	16
MATERIALES Y MÉTODOS	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
CONCLUSIÓN	36
BIBLIOGRAFÍA	37

## AGRADECIMIENTOS

- A mis padres, Graciela y Miguel por darme la posibilidad de estudiar, por apoyarme en todo momento y ayudarme a cumplir el objetivo.
- A mi novia, Sol por estar desde el primer al último día y no dejarme bajar los brazos nunca. Y a su familia que también estuvo siempre.
- A mi tío Jorge y mis tías de Arroyo, Ema y Elida por ser parte y estar en todo momento.
- A mi hermano Sebastián por ser parte incluso ayudándome con los trabajos a campo para esta tesina.
- A mis familiares que a pesar de las distancia siempre estuvieron presentes.
- A mi tutora Sandra por aceptarme como tesinista y por acompañarme todo este tiempo tanto en la parte académica como en lo personal, que junto a mi consejera Ivana me dedicaron gran parte de su tiempo, estando siempre dispuestas a escucharme, aconsejarme, y por sobre todas las cosas a seguir enseñándome.-
- A mi consejero Miguel por aceptarme. A Liliana que no pudo acompañarme hasta el final pero tampoco tuvo problema en aceptarme cuando le tocó, y mis más sentidos recuerdos para el Dr. Bredan quien en un principio formaba parte de este proyecto.
- A la Universidad Nacional del Sur y al Departamento de Agronomía por formarme tanto en lo profesional como en lo personal.
- A mis amigos en general por estar siempre que los necesité.
- A las personas que fui conociendo en el camino, mi grupo de estudio y de vida y acá voy a hacer una mención especial para Marito y Ezequiel quienes pasaron a ocupar un lugar muy importante en mi vida.

*A todos les quiero decir gracias por ser parte de esta etapa tan linda y que tantos recuerdos me llevo. Este logro es gracias a ustedes.*

## RESUMEN

La producción de soja a nivel mundial es afectada por diferentes factores que influyen en su crecimiento y desarrollo como son, la densidad de plantas y el espaciamiento entre surcos, estos son de gran importancia ya que pueden afectar de manera directa el rendimiento del cultivo. El objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto de distintas densidades de siembra y diferentes distancias entre surcos en el crecimiento, desarrollo y posterior rendimiento de la variedad de soja N 3933 (Nidera). El ensayo se realizó a 10 km de la localidad de Arroyo Corto, Provincia de Buenos Aires, durante el período de septiembre del 2017 a mayo del 2018.

Se sembraron parcelas con distintos espaciamientos y densidades de siembra y se evaluaron el rendimiento y sus componentes. Luego de estimar el rendimiento manualmente, se lo comparó con los datos arrojados en la cosecha mecánica.

En este estudio no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (densidades y distanciamientos), lo que pudo deberse a las condiciones climáticas adversas durante el ensayo. Pero a fines prácticos las pequeñas diferencias encontradas podrían generar información interesante para la toma de decisiones.

## INTRODUCCIÓN

### **Historia de la producción de soja en Argentina**

La soja (*Glycine max*) pertenece a la familia Fabáceas, conocidas vulgarmente como leguminosas, ya que sus semillas se forman dentro de las vainas o legumbres, que es el fruto típico de esta familia de plantas (SINAVIMO, 2020). Es una especie de crecimiento anual y se cultiva durante la estación cálida. Sus semillas son una fuente esencial y dominante de proteínas y aceites con una gran cantidad de usos tanto en alimentos para personas como en ciertos animales. También existen numerosas aplicaciones industriales para los diferentes componentes de esta importante y versátil especie (Fundación Eroski, 2001).

El cultivo de soja es originario del este de Asia, probablemente del centro y norte de China, donde fue domesticada en el año 3000 a.C a partir de su progenitor silvestre *Glycine soja*. Durante la domesticación, la soja cultivada experimentó dramáticas modificaciones morfológicas y fisiológicas, incluidas la pérdida de la dehiscencia de la vaina; se cree que este cambio fue esencial para la domesticación de la soja cultivada (Li y Olsen, 2016).

La producción de soja estuvo localizada en China hasta después de la guerra chino-japonesa (1894-1895), época en que los japoneses comenzaron a importar tortas de aceite de soja para usarlas como fertilizantes. En el año 1765 se introdujo en América (Georgia, EE.UU.) desde China, vía Londres. Sin embargo, no fue hasta la década de los 40 cuando se produjo la gran expansión del cultivo en ese país, liderando la producción mundial de soja a partir de 1954.

En nuestro país se realizaron varios intentos para arraigar la soja como cultivo extensivo. La historia de la soja se caracteriza por una temprana introducción de la especie al país y una postergada incorporación a su economía (Reca, 2006). Giorda (1997), menciona que “las primeras plantaciones de soja en el país se hicieron en 1862”, pero no encontraron eco en el campo argentino de aquellos años.

Para el Ingeniero Agrónomo Ramón Agrasar (1964; 1992), los primeros intentos del cultivo de soja en Argentina comenzaron a fines del siglo XIX, más precisamente en 1898, cuando Adolfo Tonnelier, un enólogo francés, la introdujo en la provincia de Mendoza para emplearla

conjuntamente o en reemplazo del caupí, con el objeto de aportar materia orgánica en los suelos arenosos destinados para la implantación de los viñedos.

Durante la presidencia Marcelo T. De Alvear (1922-1928), el Ministerio de Agricultura, por iniciativa de su titular el Dr. Tomás Le Bretón, le dio un impulso importante a la promoción del cultivo, consiguiendo despertar la curiosidad e interés para ensayarlo en todo el país. Para ello introdujo en el año 1924, semillas de diferentes cultivares desde Europa, con el objetivo de establecer su cultivo en Argentina, el cual era conocido por los técnicos del ministerio como “arveja peluda” o “soja hispida”, las cuales no solo fueron distribuidas en las Estaciones experimentales y Escuelas Agrícolas, sino que también fueron entregadas gratuitamente a numerosos agricultores que demostraron interés por el cultivo. Para aquel entonces, las variedades de soja se clasificaban de acuerdo al destino que se le daba al cultivo, es decir para henificación, pastoreo directo, ensilaje y granos (Coscia, 1972).

Bunge y Born, empresa transnacional de origen argentino, retomó la iniciativa a partir de 1941, realizando una amplia difusión del cultivo e instalando una planta industrializadora que llegó procesar en 1943, entre 1 000 y 1 500 t de grano de soja. La producción total del país ascendió en esa época a 3 200 t con epicentro en la provincia de Santa Fe (Remussi y Pascale, 1977).

Pese a los emprendimientos mencionados, el área de cultivo no prosperó. En aquellos tiempos la soja carecía de cualidades agronómicas que la hicieran apta para la cosecha mecanizada a gran escala, no se contaba con variedades indehiscentes, el “encamado” o “vuelco” era común a todas las variedades, la resistencia a algunas enfermedades graves aún no se había desarrollado y el rendimiento industrial en aceite era muy bajo (Martínez, 1968). La consecuencia de las bajas cualidades agronómicas del cultivo crearon una situación de desconocimiento de este cultivo, en el ámbito agrícola y aún en el ámbito técnico agronómico del país, siendo considerado como un cultivo “tabú” en la Argentina, mientras que en varias regiones del mundo, como en los Estados Unidos, Indonesia y Brasil, la superficie sembrada crecía continuamente (Martínez, 1997).

Según la investigación histórica de Giorda (1997), existieron no menos de cuatro intentos de introducir esta especie con fines comerciales en la historia agrícola de nuestro país. Los tres primeros resultaron infructuosos a pesar del empeño desplegado y la magnitud económica de las empresas involucradas en ellos (Martínez, 1997). El denominado “cuarto emprendimiento” comenzó con una articulación público-privada para llevar adelante el establecimiento del cultivo.

Con la empresa Agrosoja SRL como referente principal se lleva a cabo un programa de investigación en los Estados Unidos de América el cual consistía en realizar un estudio completo del comportamiento de las variedades de soja que más se cultivaba, así como su posible adaptación a nuestro medio (Martínez, 1957; Casas, 2000; Reca; 2006). Al mismo tiempo en nuestro país se realizaron ensayos comparativos de rendimiento en la EEA de Pergamino, en 1956/1957 para en los años siguientes realizar ensayos de promoción del cultivo en las provincias de Santa Fe, Córdoba y Tucumán.

La década del 60 marcó el arraigo del cultivo, en la cual, la superficie sembrada superó por primera vez las 10 000 hectáreas. Es decir, de las 1 000 ha promedio de los veinte años anteriores se pasó a una superficie que osciló entre 15 000 y 30 000 ha por año. Esto se dio como resultado de los esfuerzos técnicos y económicos, logrando que la Argentina exporte por primera vez grano de soja el 6 de Julio de 1962. El buque "Alabama" parte desde el Puerto de Rosario (Sta. Fe), llevando en el interior de sus bodegas 6 000 t de soja con destino a Hamburgo (Alemania Occidental) para ser procesada en Europa (Clarín, 1962).

En la década de los 70 el cultivo tuvo un crecimiento exponencial en el área sembrada y cosechada en el país, duplicando la cantidad de toneladas cosechadas. Es por esto que se considera a esta década como el momento de inicio del cultivo de soja en Argentina. Desde ese entonces, hasta la actualidad el cultivo ha ido sufriendo una rápida expansión y adopción, incluso desplazando a los cereales, la ganadería y también generando un alerta sobre áreas forestales por la tala de bosques en pos de aumentar el área cultivable (Muñoz, 2012).

Actualmente, Argentina es el tercer productor de soja a nivel mundial con unas 51,5 millones de toneladas, con un área sembrada de 17,3 millones de ha. Y también, el primer exportador mundial de aceite y de harina de soja (GEA, 2020).

## DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

La planta de soja posee un ciclo vegetativo que oscila entre tres a siete meses y una envergadura de 40 a 150 cm. Las hojas, los tallos y las vainas son pubescentes, variando el color de los pelos de rubio, a pardo más o menos grisáceo. Posee un tallo rígido y erecto, suele ser ramificado, según variedades y condiciones de cultivo. Su sistema radicular es pivotante, 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 (órganos formados por bacterias responsables de la fijación biológica de nitrógeno), en número variable. Las hojas son alternas, compuestas, excepto las basales que son simples, trifoliadas, con los folíolos oval-lanceolados. Su color es un verde característico que se torna amarillo en la madurez, quedando las plantas sin hojas. Las flores se encuentran en inflorescencias racimosas axilares en número variable, son amariposadas de color blanquecino o púrpura, según la variedad y pueden medir entre 6 y 7 mm de largo. El fruto es una vaina dehiscente por ambas suturas. La longitud de la vaina es de dos a siete centímetros. Cada fruto contiene de dos a cuatro semillas. La semilla generalmente es esférica, y presenta colores diversos, desde amarillo a negro, pasando por diferentes tonalidades de marrón, lo cual es una característica que permite la identificación de los cultivares (Toledo, 2008). El peso de 1000 granos varía entre 153,1 g y 169,6 g, lo cual va a influir en el rendimiento final (Vázquez, 2012).

La soja es una planta sensible a la duración del día (fotosensible), de días cortos, es decir que para la floración de una variedad se hace indispensable una determinada duración del fotoperiodo. Respecto a la humedad, durante su cultivo, la soja necesita al menos 300 mm de agua (Hermoso, 1974). Si se desarrolla en suelos neutros o ligeramente ácidos, con un pH de 6 hasta la neutralidad, se consiguen buenos rendimientos. Es especialmente sensible a los encharcamientos del terreno, por lo que en los de textura arcillosa con tendencia a encharcarse no es recomendable su cultivo.

## CRECIMIENTO Y DESARROLLO

La escala desarrollada por Fehr y Caviness (1971) es la más utilizada para la descripción de los estadios fenológicos externos del cultivo de soja. En esta escala las etapas del estado vegetativo se identifican con la letra V, mientras que las reproductivas se identifican con la letra R (Tabla 1).

**Tabla 1: Fases del desarrollo del cultivo de soja según la escala desarrollada por Fehr y Caviness, 1977.**

V	ESTADOS VEGETATIVOS
VE	Emergencia
Vc	Estado de cotiledón ( hojas unifoliadas pegadas)
V1	1° nudo
V2	2 ° nudo
Vn	n Nudo
R	ESTADOS REPRODUCTIVOS
R1	Inicio de floración
R2	Floración en uno de los nudos superiores con hojas desarrolladas
R3	Vaina de 5 mm de longitud en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal con hojas desarrolladas
R4	Vaina de 20 mm de longitud en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal con hojas desarrolladas
R5	Comienzo de llenado de la semilla ( semilla de 3mm de longitud) en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal con hojas desarrolladas
R6 <sub>1</sub>	Semilla verde de tamaño máximo (ocupa toda la cavidad de la vaina) en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal con hojas desarrolladas.
R7	Comienzo de madurez (una vaina normal, no vaina toma color marrón o gris según la variedad) en al menos un nudo del tallo principal.
R8	Madurez plena: cuando el 95% de sus vainas normales (no vanas) ubicadas en el tallo principal llegan a marrón o gris, según la variedad.

### **ETAPA VEGETATIVA:**

Los 2 primeros estados vegetativos se identifican solo con letras, mientras que el resto de los estados vegetativos se los identifican con la letra V y el número de nudos que tiene el tallo principal (Toledo, 2015).

**VE:** cuando se produce la emergencia de la plántula (se observa el hipocótilo en forma de arco, arrastrando al pequeño epicótilo y a los cotiledones), además los cotiledones están sobre la superficie del suelo.

**VC:** cuando el hipocótilo se endereza y los cotiledones están totalmente desplegados (las células de la cara superior del hipocótilo cesan su crecimiento, las células de la cara inferior siguen creciendo y provocan dicho enderezamiento), además deberá observarse que en el nudo inmediatamente superior los bordes de las hojas unifoliadas no se tocan.

**V1:** (1er nudo), cuando el par de hojas opuestas unifoliadas están totalmente expandidas y en el nudo inmediato superior se observa a la 1er hoja trifoliada, en donde el borde de cada uno de sus folíolos no se tocan.

**V2:** (2do nudo), la 1er hoja trifoliada está totalmente expandida y en el nudo inmediato superior los bordes de los folíolos de la 2da hoja trifoliada no se están tocando.

**V3:** (3er nudo), la 2da hoja trifoliada está completamente desarrollada y la 3er hoja trifoliada presenta el borde de sus folíolos sin tocarse, así para cada uno de los nudos siguientes. Normalmente se observa el amarillamiento de los cotiledones (fin de la removilización de sus reservas), esto es indicativo de que la planta presenta un mínimo de hojas y raíces para su normal crecimiento.

**Vn:** (n: número de nudos), la hoja trifoliada del nudo (n) está desarrollada y en el nudo inmediato superior el borde de c/u de los folíolos no se tocan.

### **ETAPA REPRODUCTIVA:**

**R1-** Inicio de Floración: Presenta una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal. La floración comienza en la parte media del tallo principal. La aparición de nuevas flores alcanza su máximo entre R2,5-R3 y culmina en R5. El crecimiento vertical de las raíces aumenta marcadamente en esta etapa y el ritmo se mantiene hasta las etapas R4-R5. Hay gran proliferación de raíces secundarias y de pelos radiculares en los primeros 25 cm del perfil.

**R2-** Floración completa: Se observa una flor abierta en uno de los nudos superiores del tallo principal con hojas totalmente desplegadas. Esta etapa indica el comienzo de un período de acumulación diaria y constante de materias secas y nutrientes que continuará hasta poco después de R6. El ritmo de fijación de N de los nódulos de la raíz aumenta rápidamente en R2. Las raíces se encuentran presentes en los espacios que median entre hileras y varias de las raíces laterales comienzan su crecimiento hacia abajo. Las raíces principales y laterales siguen creciendo en profundidad hasta poco después de R6,5.

**R3-** Inicio de formación de vainas: cuando se observa una vaina de 5 mm de largo en uno de los cuatros nudos superiores del tallo principal con hojas totalmente desplegadas. En este momento es normal encontrar vainas formándose, flores marchitas, flores abiertas y pimpollos en la misma planta. La formación de vainas se inicia en los nudos inferiores.

**R4-** Vainas completamente desarrolladas: Una vaina de 2 cm en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal con hojas totalmente desplegadas. Alguna de las vainas de los nudos inferiores del tallo principal han alcanzado su máximo tamaño, pero en general la mayoría lo logra en R5. En esta etapa comienza el periodo crítico del cultivo, cualquier deficiencia en humedad de suelo, nutrientes, luz, defoliación por orugas, enfermedades foliares, ataque de chinches, etc, entre esta etapa y R6 repercutirá en el rendimiento. El período entre R4,5 y R5,5 es el más crítico ya que ha finalizado la floración y las vainas y semillas más jóvenes son más propensas a abortar en condiciones de stress. La reducción del rendimiento se debe principalmente a la caída en el número de vainas por planta, si bien bajo condiciones favorables para el cultivo luego de R5,5, el peso de los granos puede compensar en parte la caída del rendimiento ocurrida durante el período crítico, esta compensación está limitada genéticamente.

**R5-** Inicio de formación de semillas: Una vaina, ubicada en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal contiene una semilla de 3 mm de largo. Entre las etapas R5-R6 ocurren eventos importantes:

- La planta logra la máxima altura, número de nudos y área foliar.
- Se registra incremento del ritmo de fijación de Nitrógeno llegando al máximo en este período, comenzando luego a caer abruptamente.
- Las semillas inician un período rápido de acumulación de materias secas y nutrientes. Si el total del área foliar se perdiera, por ejemplo, por caída de granizo, entre R5 y R5,5 puede provocar disminución del rendimiento en general del 75 %.

**R6-** Semilla completamente desarrollada: Una vaina en cualquiera de los cuatro nudos superiores del tallo principal contiene una semilla verde que llena la cavidad de dicha vaina, con hojas totalmente desplegadas. El ritmo de acumulación de peso seco y nutrientes de toda la planta decae poco después de R6 y en semillas poco después de R6,5. A partir de R6, las hojas de toda la planta comienzan a ponerse amarillas, el envejecimiento de las mismas y su caída comienzan en los nudos inferiores y continúa hacia arriba.

**R7-** Inicio de maduración: Una vaina normal en cualquier nudo del tallo principal ha alcanzado su color de madurez. La semilla alcanza la madurez fisiológica cuando ésta finaliza la acumulación de peso seco y generalmente junto con la vaina van perdiendo su coloración verde. La semilla en este momento contiene un 60 % de humedad.

**R8-** Maduración completa: El 95 % de las vainas de la planta han alcanzado el color de madurez. Se necesitan luego de R8 cinco a diez días de tiempo seco (baja humedad relativa ambiente), para que las semillas reduzcan.

## CULTIVARES DE SOJA

Se diferencian:

### 1. Por el hábito de crecimiento (HC)

#### a. Determinado

- ✓ El tallo principal detiene la formación de nudos y por ende su altura, poco después de iniciada la floración.
- ✓ El tiempo de superposición del crecimiento vegetativo con el reproductivo, es del orden del 20% del total del ciclo de vida de la planta.
- ✓ La floración comienza en la parte media del tallo principal y en menos de una semana se extiende hasta el ápice y la base,
- ✓ El ramillete terminal de la planta generalmente presenta numerosas vainas.

#### b. Indeterminado

- ✓ Continúan la producción de nudos en el tallo principal, luego de iniciada la floración.
- ✓ El tiempo de superposición del crecimiento vegetativo con el reproductivo es del orden del 70% del total del ciclo de vida de la planta.
- ✓ El número de nudos producidos después de floración puede ser el doble o más dependiendo del ciclo del cultivar, la altitud y la fecha de siembra.
- ✓ La altura de la planta suele ser considerablemente mayor que la de cultivares determinados de la misma longitud de ciclo y fecha de floración.
- ✓ Hacia el ápice se reduce el diámetro del tallo y el número de vainas por nudo.

#### c. Semideterminado

- ✓ Después de la floración forman un número de nudos intermedio a los cultivares de HC determinado e indeterminado, con la misma longitud de ciclo.
- ✓ Al igual que los cultivares de HC determinado presentan un ramillete terminal con numerosas vainas.

## 2. Por la longitud del ciclo

- ✓ En 13 grupos de madurez (GM) (Figura 1).

Como dijimos anteriormente, la soja es una planta de días cortos con respuesta cuantitativa porque la iniciación floral es estimulada cuando el fotoperiodo es más corto que un valor umbral o crítico. Los valores críticos y la sensibilidad al fotoperiodo difieren significativamente entre variedades:

- Los GM bajos tienen umbrales elevados y baja sensibilidad al FP
- $A > GM > \text{sensibilidad al FP} < \text{valor umbral}$

En Argentina, cada cultivar tiene una franja geográfica de cultivo en la que por su longitud de ciclo se lo considera como ciclo medio: al norte de la misma se comporta como ciclo corto, al sur de la misma se comporta como de ciclo largo, o sea, que la longitud del ciclo de un cultivar se incrementa con la latitud (Figura 1).

**Figura 1: Franja geográfica para cada grupo de madurez en Argentina.**

GRUPO DE MADUREZ QUE SE COMPORTA COMO CICLO MEDIO	GM QUE ES POSIBLE UTILIZAR	Nº DE GM
IX	IV AL IX	6
VIII	IV al IX	6
VII	IV al VIII	5
VI	IV al VII	4
V	III al VII	5
IV	III al V	3
III	II al IV	3
II	I al III	3

## MANEJO DEL CULTIVO

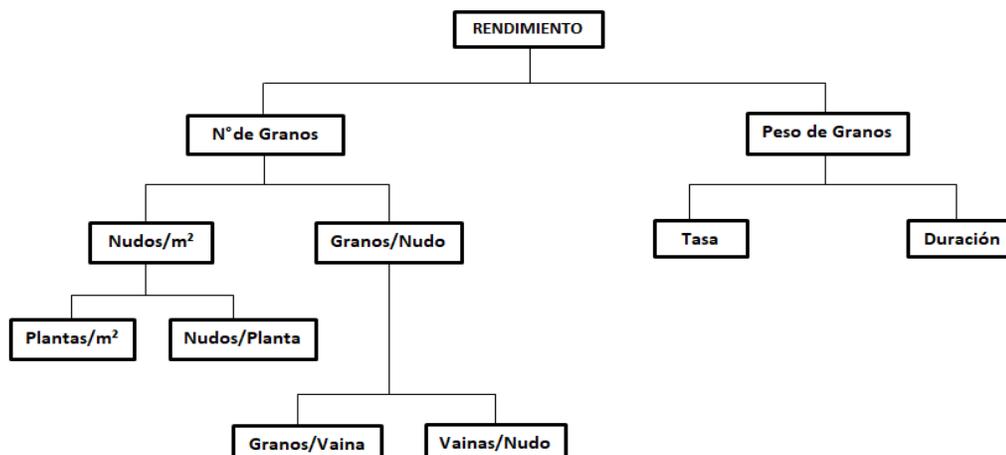
La arquitectura de las plantas varía según las fechas de siembra (FS), el grupo de madurez (GM) que se utiliza, el cultivar dentro de un mismo grupo de madurez, el espaciamiento entre hileras, la densidad de plantas por unidad de superficie y la productividad del lote, entre otros. Shibles y Weber (1965), demostraron que un menor espaciamiento y una mejor distribución de plantas por unidad de superficie producen una mayor interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) que promueve un mayor índice de área foliar (IAF), es decir su nivel de cobertura de superficie expresado en  $m^2$  de hojas por  $m^2$  de suelo. El desarrollo del área foliar está relacionado con la cantidad de RFA interceptada y la acumulación de materia seca en los cultivos.

La densidad se encuentra determinada por el espaciamiento entre surcos y por la cantidad de plantas logradas en el suelo a lo largo del surco luego de la implantación, se mide generalmente en plantas por  $m^2$  o por ha. La regulación de la densidad sirve como una estrategia de manejo y lo importante es encontrar la óptima población de plantas para cada ambiente (Ball *et al.*, 2006b). Una baja, media o alta densidad de siembra puede ser óptima dependiendo de las condiciones ambientales de cada año, incluso cuando se siembra el mismo cultivar en la misma localidad (Board, 2000). Similares rendimientos de soja pueden obtenerse tanto a bajas densidades (menos de 3 plantas/ $m^2$ ) como a altas densidades (más de 50 plantas/ $m^2$ ) (Lehman y Lambert, 1960; Leffel y Barber, 1961), debido a la capacidad que tiene el cultivo de regular la tasa de crecimiento en el periodo reproductivo temprano, donde se define el número de vainas/ $m^2$ , en función de los recursos disponibles (Rigsby y Board, 2003). Por este motivo se considera que la soja es uno de los cultivos más plásticos, ya que puede ajustar el área foliar por planta, manteniendo estable el IAF del cultivo ante variaciones en la densidad (Carpenter y Board, 1997). Ese equilibrio mantiene una proporción constante de radiación interceptada que se traduce en una producción de materia seca constante por unidad de superficie bajo diferentes densidades (Dornhoff y Shibles, 1970).

Dicho esto, pasamos a definir cuáles son los componentes del rendimiento de la soja, los cuales van a ser utilizados junto con las estrategias de manejo para lograr el máximo beneficio posible. Estos componentes son: el número de granos producidos por  $m^2$  y el peso unitario promedio de los granos. El primero puede subdividirse, a su vez, en varios subcomponentes, como por ejemplo el número de plantas y el número de nudos por planta, que en definitiva representan la cantidad de sitios potenciales para el establecimiento de los granos (número de nudos/unidad de área), la fertilidad de estos sitios (números de vainas/nudos) y la fertilidad de los frutos (número de

granos/vaina) (Ball *et al.*, 2001) (Figura 2). Estos componentes pueden variar si se modifican ciertos parámetros como por ejemplo: al aumentar la densidad de siembra el rendimiento por planta disminuye, pero el de la población total de plantas es mayor, resultando entonces en un incremento del rendimiento/unidad de superficie dentro de un cierto rango de densidades y dando como respuesta una curva asintótica en la medida que aumenta el número de plantas (Weber *et al.*,1966). Así mismo se produce una compensación entre los componentes del rendimiento al disminuir la densidad: el número de nudos/m<sup>2</sup> aumenta y el número de vainas/planta disminuye.

**Figura 2: Componentes del rendimiento.**



La siembra de soja en el campo familiar, en el partido de Saavedra, comenzó en el año 2017. A partir de entonces la siembra de este cultivo se realiza en rotación con trigo, a una densidad de 320000 plantas ha<sup>-1</sup> y a un espaciamiento de 21cm. Los años con abundantes precipitaciones durante el cultivo se obtienen 2800kg/ha; sin embargo cuando las precipitaciones son escasas los rendimientos obtenidos disminuyen marcadamente. Debido a que durante los últimos años el registro de precipitaciones fue menor a la media histórica, se plantea la necesidad de revisar las prácticas de manejo utilizadas hasta el momento. El fin de este ensayo es contribuir al conocimiento ya existente sobre técnicas de producción que favorezcan el rendimiento en la región.

## **HIPÓTESIS**

Se plantea como hipótesis de trabajo que un aumento de la densidad y una reducción del espaciamiento entre hileras permite aumentar el rendimiento de grano, sobre todo en años con déficit hídrico ya que la utilización de una baja densidad de plantas, no alcanzaría a expresar todo su potencial de compensación debido al estrés hídrico. Asimismo proporciona una mejor distribución espacial del cultivo, ya que él entre surco se cierra de forma anticipada, aumenta la conservación del agua en el suelo y disminuye la cantidad de malezas por el efecto sombreo.

## **OBJETIVO**

Determinar el efecto de distintas densidades de siembra y diferentes espaciamientos entre surcos, en el crecimiento, en el rendimiento y en los componentes del rendimiento de la variedad de soja N 3933 (Nidera) en la zona de Arroyo Corto.

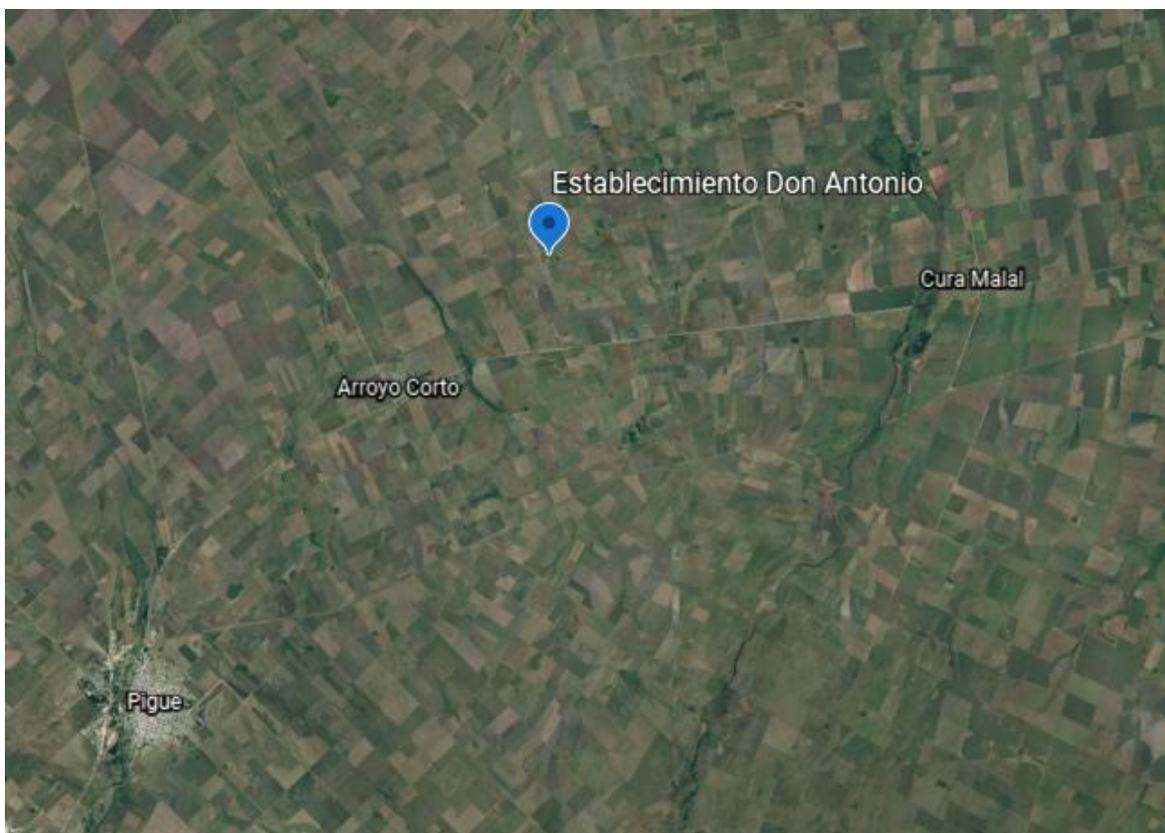
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación y descripción del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento “Don Antonio” ubicado en el partido de Saavedra al sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Dicho establecimiento se encuentra situado a 10 km de la localidad de Arroyo Corto (Figura 3), en cercanías de la ruta provincial 67, a unos 156 Kilómetros de la Ciudad de Bahía Blanca. El partido de Saavedra limita con los partidos de Púan, Adolfo Alsina, Tornquist, Coronel Suarez y Guaminí.

El ensayo se llevó a cabo en dos lotes aledaños con manejos previos y características similares. Ambos cuentan con una pendiente de aproximadamente 0,4 %, en sentido sur-norte (Figura 5), en donde se pueden visualizar sectores bajos, de media loma y loma.

**Figura 3: Ubicación geográfica del lugar donde se llevó a cabo el ensayo.  
Establecimiento “Don Antonio”.**



### Características climáticas

El clima es templado continental. La temperatura media anual es de 14°C (con mínimas de hasta -14°C y máximas de 42,5°C). El mes más cálido es enero con 29°C de temperatura media. Y el mes con el promedio de temperatura más bajo es julio con 1°C (Tabla 2).

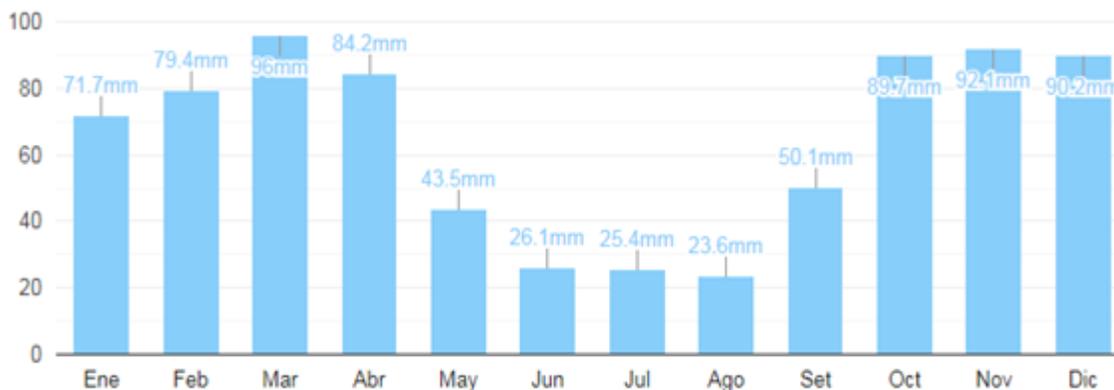
**Tabla 2: Temperaturas medias máximas y mínimas promedio 1981-2010.**

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. Máx. media (°C)	29	27	25	20	16	12	12	14	17	20	24	26	20,2
Temp. mín. media (°C)	14	13	12	8	5	2	1	2	4	7	10	13	7,6

*Elaborada con datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).*

Las precipitaciones medias anuales ascienden a 882 mm concentrados principalmente durante la época estival, aunque se reparten aceptablemente durante todo el año (datos años 1990-2001 del SMN). El mes más húmedo es marzo (96 mm), mientras que el mes más seco es agosto (23,6 mm) (Figura 4).

**Figura 4: Distribución de las precipitaciones según los meses del año. Promedio 1981-2010.**  
*Elaborado con datos del SMN.*



### Características del suelo

El tipo de suelo donde se realizó el ensayo pertenece al orden de los molisoles y es de textura franco arcilloso a arcilloso. En la tabla 3 se muestra un análisis de suelo de ambos lotes junto con una muestra tomada debajo del alambre (control), para poder comparar un suelo labrado con uno no labrado. En esta muestra se evaluaron los parámetros de Materia Orgánica (MO), pH, Nitrógeno total (Nt) y Fósforo extractable (Pe).

**Tabla 3:** Materia Orgánica (MO), pH, Nitrógeno total (Nt) y Fósforo extractable (Pe) del lote 1 y 2, y una muestra de suelo no labrado.

Zona	MO (%)	pH	Nt (%)	Pe (ppm)
Lote 1	3.17	6.5	0.164	9.0
No labrado	3.14	6.2	0.160	19.2
Lote 2	3.32	6.5	0.121	9.1

### Diseño Experimental

La siembra de soja se realizó con un sistema de dosificación tipo Chevrón. Cada lote se dividió en tres zonas diferentes, lográndose seis repeticiones de cada tratamiento. Los tratamientos aplicados fueron:

- ✓ Alta densidad a 21 cm de espaciamiento entre hileras.
- ✓ Alta densidad a 42 cm de espaciamiento entre hileras.
- ✓ Baja densidad a 21 cm de espaciamiento entre hileras.
- ✓ Baja densidad a 42 cm de espaciamiento entre hileras.

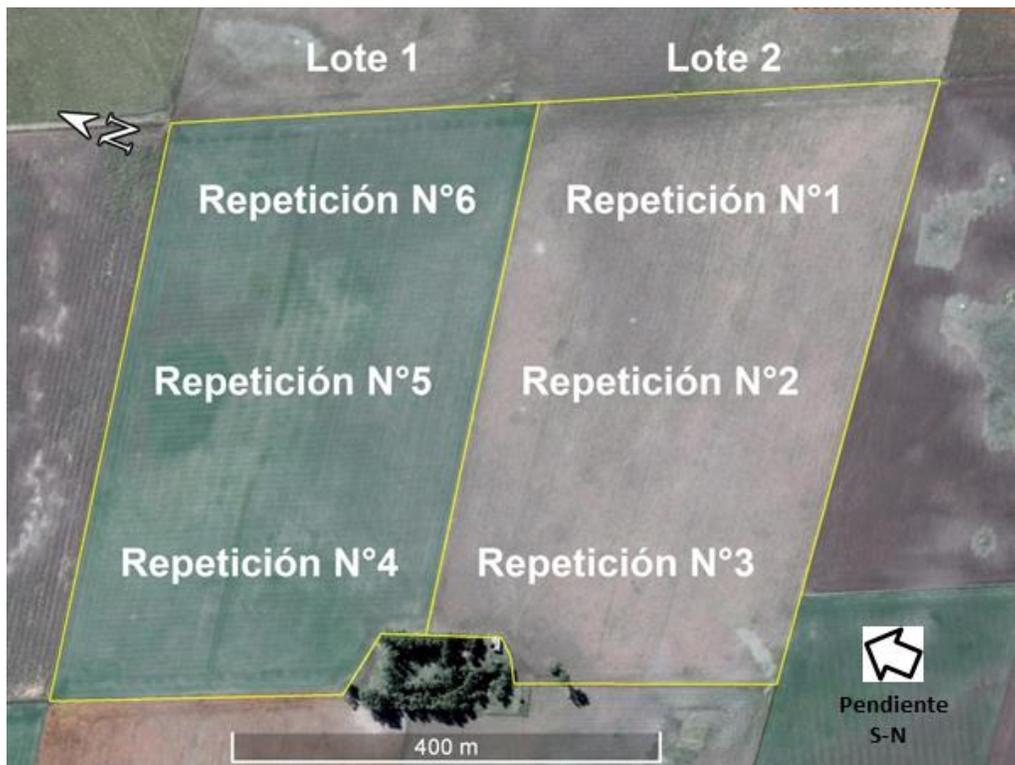
En cada repetición se hicieron dos pasadas de sembradora (logrando un ancho de 12,60 m por un largo aproximado de 400 m) para cada uno de los tratamientos.

La densidad de siembra fue de 45 kg (baja) y 60 kg por hectárea (alta), con el objetivo de lograr 260000 y 350000 plantas ha<sup>-1</sup> respectivamente. Antes de comenzar la siembra se corroboró la calibración de la sembradora, la densidad y distancia entre semilla, recogiendo las semillas

descargadas por dos dosificadores con la sembradora levantada, a una velocidad de avance de 7 km h<sup>-1</sup>.

En la figura 5 se muestra la disposición de las repeticiones en los lotes. La repetición 3 estaba situada sobre un ambiente con suelo con poca profundidad efectiva sobre una loma; la repetición 1 y 2 estaban representadas por un ambiente de media loma, mientras que las repeticiones 4, 5 y 6 estaban ubicadas en un ambiente más bajo.

**Figura 5: Disposición de las repeticiones en los lotes.**



## **Labores realizadas**

En ambos lotes, el barbecho químico se inició el día 8 de septiembre del 2017 aplicando 2 L de glifosato, 580 cm<sup>3</sup> de 2,4-D, y 200 cm<sup>3</sup> de Banvel (Dicamba). Luego, el 31 de octubre se aplicaron 2 L de glifosato y 600 cm<sup>3</sup> de 2,4-D., y por último el 24 de noviembre se pulverizó con 3 L de glifosato. Todas estas aplicaciones se realizaron mediante un equipo autopropulsado marca Metalfor.

El día 25 de noviembre se procedió a la siembra de los ensayos. La siembra bajo ambos distanciamientos fue simultánea ya que la sembradora Pierobon viene equipada de fábrica con un mecanismo que permite alinear los cuerpos de siembra delanteros con los traseros; de esta manera se eliminan las distancias intermedias obteniéndose un espaciado de 42 cm entre hileras.

## **Maquinaria y materiales utilizados**

- Tractor Agco Allis Ax 6.175. Año 2007 de 175 HP.
- Sembradora (Figura en anexo)
  - Pierobon MD 21-30 de grano fino.
  - Dosificación por medio de ruedas dentadas tipo Chevrón
  - Cuerpos de siembra, tipo monodisco
  - Cantidad de cuerpos sembradores: 30
  - Distancia entre cuerpos: 21 cm
  - Abre surco con zapata
  - Rueda niveladora de labio metálico limpiador
  - Patín afirmador de semillas
  - Discos dobles tapadores

Para la siembra se tuvieron en cuenta ciertos aspectos como:

- Sembrar a una velocidad de 7 km h<sup>-1</sup>
- Tener la semilla limpia e inoculada
- Pulverizador autopropulsado Metalfor 3200
  - Motor deutz 6 cilindros turbo 140 hp
  - Trocha de 2.625 m
  - Botalón de 28 m
  - Picos quintuples a 35 cm
  - Pastillas Turbo Teejet TT de baja deriva

- Cosechadora
  - Don Roque 125 M, Año 2006
  - Plataforma 23 pies con flex adaptada a soja
- Tolva autodescargable Akron de 14 tn equipada con balanza Magris

### **Semilla sembrada**

- Especie: Soja (*Glycine max* L.)
- Variedad: Nidera A 3933 RG
- Peso de 1000 semillas: 170 a 174 g
- Poder Germinativo: 94 %

### **Variables evaluadas**

**Desde la emergencia**, una vez por quincena se determinó:

1. **Densidad de plantas:** Se contabilizó la cantidad de plantas por metro lineal. En cada ocasión, se tomaron dos o tres muestras por repetición. Luego se multiplicó por el ancho de hileras (21 y 42 cm) y por 10000 para obtener el número de plantas por hectárea.

**Al final del ciclo de cultivo, en 15 plantas elegidas al azar en cada repetición y tratamiento se determinó:**

2. **Altura:** desde el suelo hasta la yema terminal del tallo principal.
3. **Ramificaciones:** Cantidad de ramas por planta.
4. **Número de Vainas:** se contabilizó el número de vainas por planta.
5. **Granos por Vainas:** se contabilizó los granos de cada una de las vainas.
6. **Peso de mil granos:** se estimó el peso fresco de mil granos (P1000) a partir de los granos recolectados.
7. **Biomasa vegetal:** se pesó la biomasa seca aérea de las plantas contenidas en un m<sup>2</sup> de 3 muestreos dentro de cada repetición. Las plantas fueron llevadas a estufa a 60°C hasta peso constante para obtener la materia seca.
8. **Rendimiento 1:** se estimó el rendimiento por hectárea a partir del número de vainas, peso de los granos y densidad de plantas determinados previamente.
9. **Rendimiento 2:** se determinó el rendimiento por hectárea mediante la cosecha mecánica, de las repeticiones de cada tratamiento. La cosecha fue realizada con la cosechadora Don Roque 125M, y pesada en la balanza de la tolva autodescargable.

### **Implementos complementarios utilizados durante el ensayo**

- Aros de 0,25 m<sup>2</sup>.
- Cuadrado metálico de 1 m<sup>2</sup>.
- GPS Garmin Etrex Legend.
- Bandejas Germinadoras.
- Bolsa de papel y polietileno para toma de muestra de semilla y suelo.
- Cinta métrica.
- Computadora personal.
- Cámara de fotos Nikon.
- Estacas para marcar parcelas.
- Estufa (anexo, imagen 5).
- Balanza (anexo, imagen 5).
- Tijera.
- Martillo.
- Barreno para extraer muestras de suelo.

### **Análisis Estadístico**

Se realizó el Análisis de Varianza y las diferencias entre las medias se constataron con el Test de Tukey al 5% utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2015) (Resultados en anexo).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

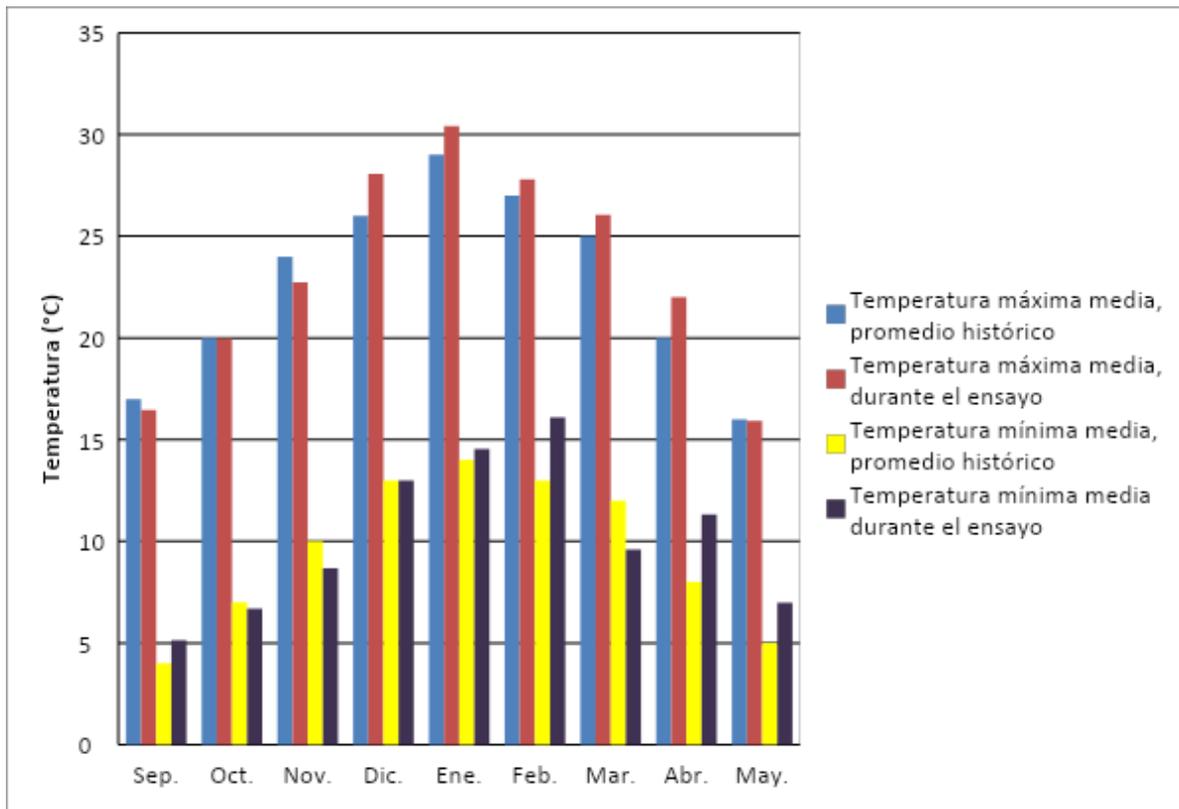
Los resultados obtenidos para los 4 tratamientos en las 6 diferentes repeticiones estuvieron influenciados por las siguientes condiciones ambientales:

La temperatura durante el ciclo del cultivo fue similar al promedio histórico para la zona (Figura 6). Cabe destacar que no hubo ningún acontecimiento que pudiese afectar al cultivo como puede ser la presencia de temperaturas iguales o menores a 0°C.

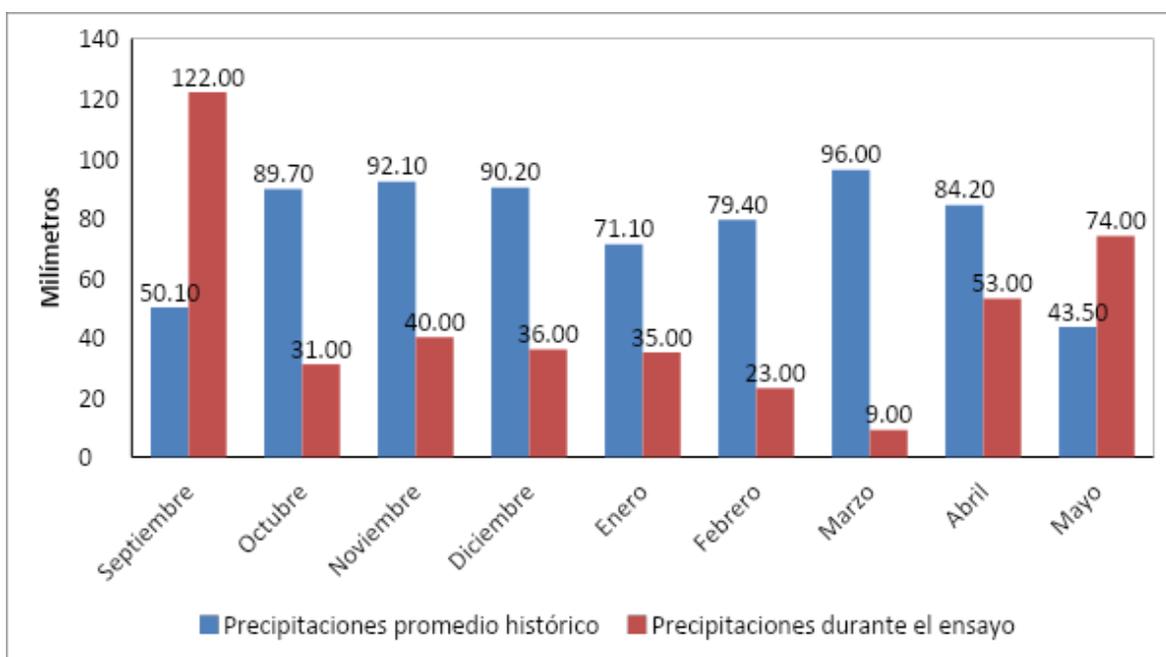
Por el contrario, en el caso de las precipitaciones (Figura 7), las lluvias acumuladas durante el barbecho y el cultivo fueron un 40% menor que el promedio histórico.

Las necesidades de agua de los cultivos de soja varían entre 500 y 600 mm (Andriani, 2016). La fecha óptima de siembra para el partido de Saavedra es a partir de la primera quincena de noviembre con una buena humedad en el suelo para permitir una germinación uniforme (de Sá Pereira, 2009). En nuestro caso la siembra se realizó el 25 de noviembre. El barbecho, de más de dos meses, realizado previo a la siembra y las precipitaciones ocurridas durante ese período permitieron que el agua en el suelo no fuera una limitante para la siembra y posterior germinación. Sin embargo, durante el ciclo de cultivo las precipitaciones fueron escasas, menor a la media histórica del período considerado, particularmente en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, lo cual afectó el normal crecimiento del cultivo, datos que se ven reflejados en los análisis siguientes.

**Figura 6: Temperaturas máximas y mínimas medias mensuales ocurridas durante el ensayo y promedios históricos de Pigüé**



**Figura 7: Precipitaciones mensuales ocurridas durante el ensayo y promedios históricos de Pigüé**

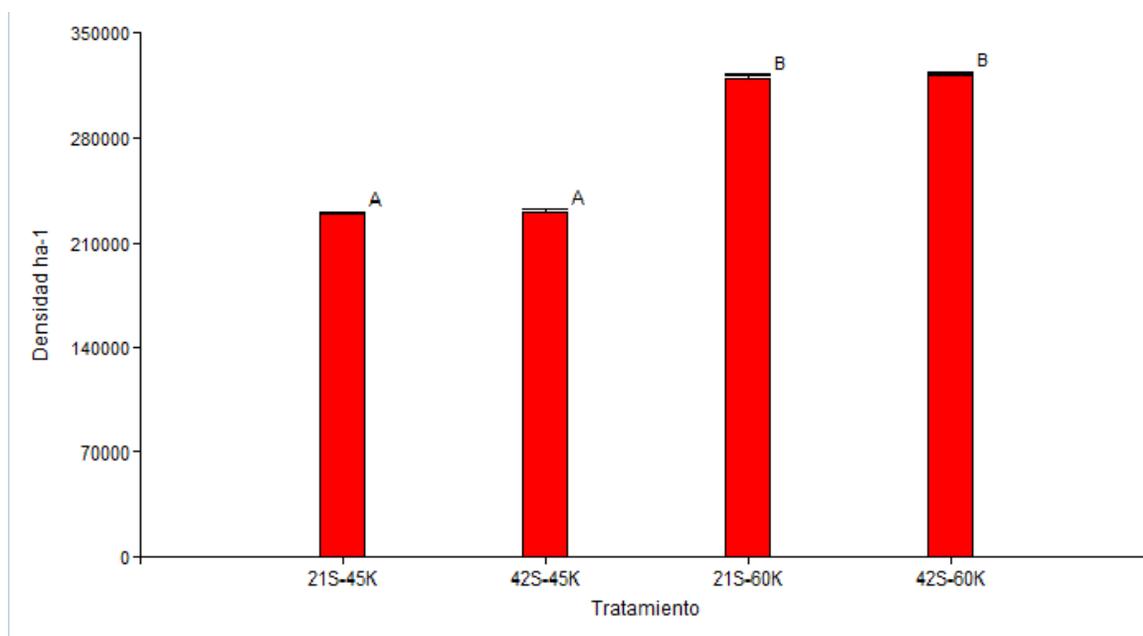


### **Densidad de plantas por hectárea:**

La densidad de plantas óptima es aquella que permite un buen crecimiento y evita el vuelco (plantas con tallos no muy finos y un sistema radicular bien desarrollado), reduce la incidencia de enfermedades y asegura una adecuada altura de inserción de las vainas inferiores para facilitar la cosecha y evitar pérdidas (Baigorri, 2015). En este ensayo se logró obtener la cantidad de plantas  $ha^{-1}$  que habían sido planteadas en un principio. La densidad de plantas logradas fue de 230000  $ha^{-1}$  para el tratamiento de menor densidad y de 320000 plantas  $ha^{-1}$  para el tratamiento de mayor densidad (Figura 8).

La densidad de siembra es uno de los condicionantes del IAF, por lo tanto, puede modificar la tasa de crecimiento del cultivo a lo largo del ciclo. El rango de densidades que maximizan los rendimientos de soja es relativamente amplio. Por esta razón, el rendimiento no varía o lo hace muy levemente frente a cambios en el número de plantas logradas. Bajo condiciones ambientales que restringen la expansión foliar y la ramificación, como suelos degradados o sequía (como sucedió en nuestro caso), suele ser conveniente sembrar mayores poblaciones para compensar el menor crecimiento de cada planta ya que la plasticidad vegetativa no logra expresarse completamente (Gasó, 2018).

**Figura 8: Densidad de plantas por hectárea a alta y baja densidad de siembra a 21 cm y 42 cm de distanciamiento entre hileras en los diferentes muestreos.**

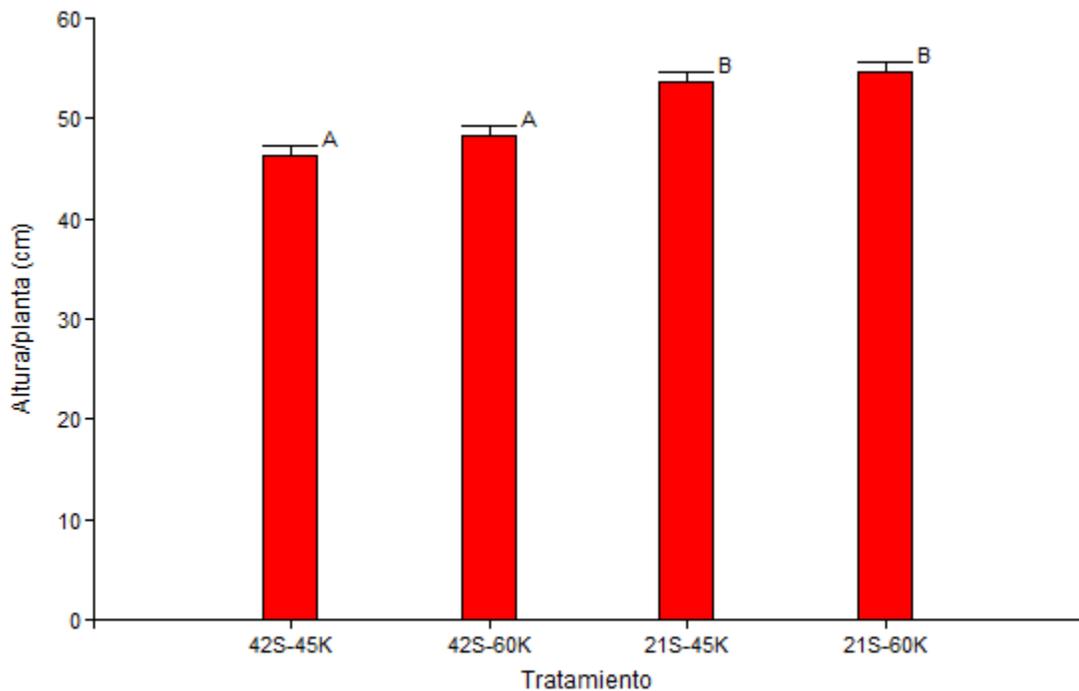


**a) Altura de plantas**

La altura de las plantas fue un 13% mayor cuando la siembra se realizó a 21 cm entre hileras. En cambio, no hubo diferencias significativas de altura cuando se variaron las densidades de siembra (Figura 9). Bodrero et al., (1999) observó que mayores espaciamientos entre hileras evitan que el cultivo prospere en altura, concordando con los resultados de este ensayo.

A diferencia de lo observado en este estudio, Baigorri (2004), reportó que la reducción de la densidad de siembra aumenta en forma lineal el número de ramificaciones y de nudos por planta y determina un acortamiento de los entrenudos provocando una reducción en la altura.

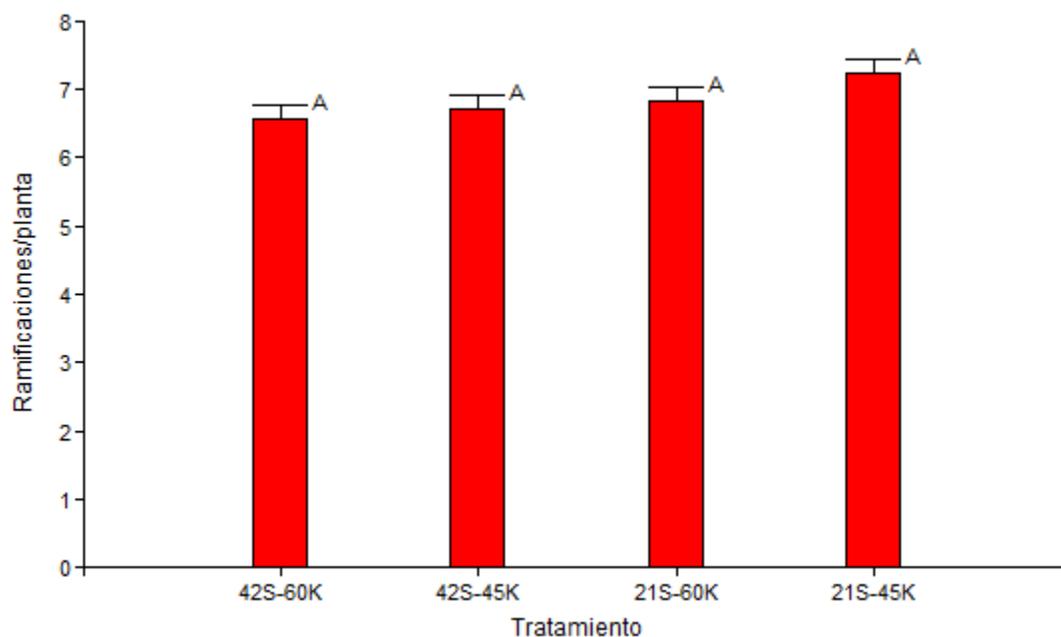
**Figura 9: Altura de las plantas en centímetros para los diferentes tratamientos.**



**b) Número de ramificaciones por planta:**

El aumento de la densidad de siembra o el espaciado entre hileras no modificó el número de ramificaciones por planta (Figura 10). Generalmente, en el cultivo de soja a menor densidad de siembra se observa mayor ramificación (Baigorri, 2010). Satorre et al (2003) menciona que el cultivo de soja tiene una alta capacidad de compensar las variaciones en la densidad de siembra por medio de modificaciones en el número de ramificaciones. En condiciones de buena disponibilidad hídrica y nutricional, esta característica le confiere la posibilidad de mantener la captación de radiación al stand de plantas en respuesta a la disminución de la densidad de siembra. Los argumentos planteados por los autores citados previamente no se vieron reflejados en el ensayo debido a las condiciones hídricas adversas que no dejaron expresar ese potencial de ramificación, en los tratamientos con menor densidad o mayor distanciamiento entre hileras

**Figura 10: Ramificaciones por planta para los diferentes tratamientos.**



### **c) Número de vainas por planta:**

Según Domínguez y Hume (1978), el componente del rendimiento más afectado por cambios en la distancia entre hileras es el número de vainas por planta.

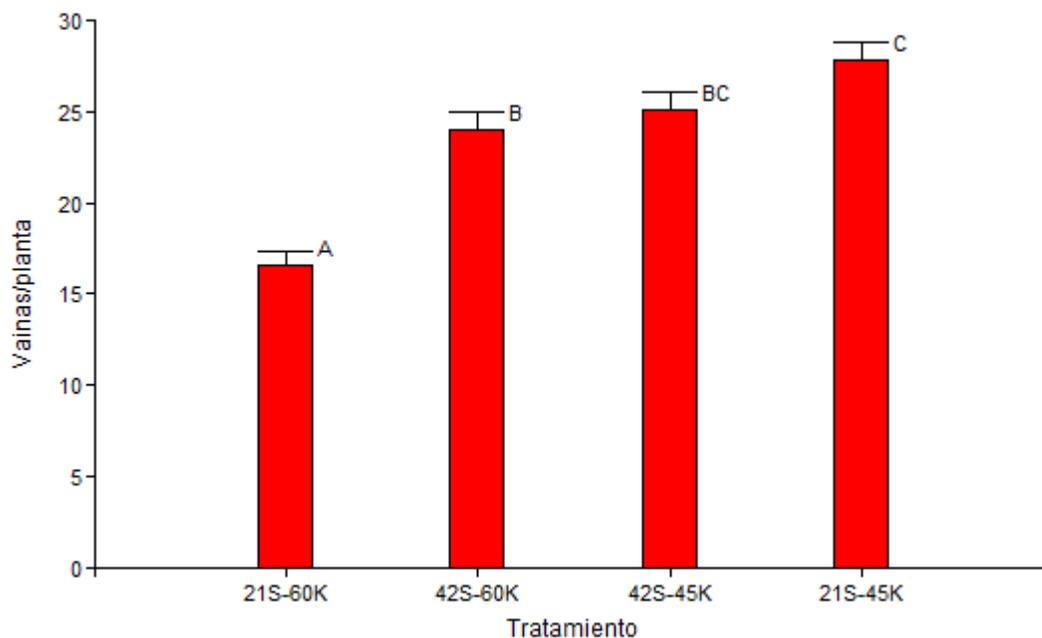
En este caso se encontraron diferencias altamente significativas ( $p\text{-value}=0.0001$ ) entre los espaciamientos entre hileras y también entre densidades.

El tratamiento que presentó el mayor número medio de vainas por planta fue el de menor densidad y menor espaciamiento, teniendo un 40% más de vainas que el tratamiento de mayor densidad y menor espaciamiento. En cuanto a los otros dos tratamientos restantes no hubo diferencias significativas entre ellos (Figura 11).

Graterol & Montilla (2003), observó un resultado similar, compararon dos genotipos de soja a diferentes distancias entre hileras y con diferentes poblaciones. Comprobaron que el número de vainas por planta resultó afectado por la distancia entre hileras de 45 y 60 cm, verificándose el mayor número de vainas por planta en la distancia de 45 cm.

Carvalho et al., (2001) encontraron el mayor número de vainas por planta a menor densidad de plantas por hectárea, observando una reducción progresiva en el número de vainas por planta a medida que aumenta la densidad, en similitud con los resultados de este trabajo.

**Figura 11: Cantidad de vainas por planta para los diferentes tratamientos.**

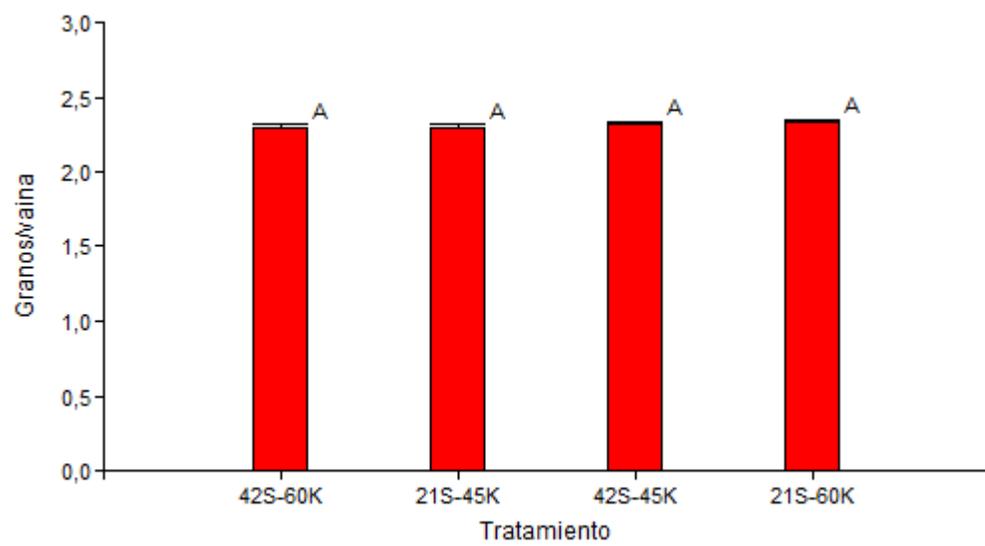


#### **d) Número de granos por vaina:**

Según el análisis de la varianza para la característica del número de granos por vaina, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Este análisis arrojó un resultado de 2,3 granos por vaina para todos los tratamientos (Figura 12).

El número de frutos por m<sup>2</sup> generalmente tiene mayor influencia en el número de granos totales, que en el número de granos por fruto (Board et al., 1999). El límite superior de número de granos/vaina está determinado genéticamente, según las variedades utilizadas (Baigorri, 1997). Si bien, uno o más de los granos de una vaina pueden abortar antes de ingresar en su fase de llenado efectivo, modificando el número de granos logrado por vaina, el número de granos por vaina es mucho más estable que los demás subcomponentes del rendimiento (Satorre et al. 2003), como el número de vainas por planta. Carvalho et al. (2001), también observó en un estudio de comportamiento de variedades de soja en diferentes poblaciones de plantas, en Brasil, que el número de granos por vaina no fue influenciado significativamente por diferencias en las poblaciones de plantas.

**Figura 12: Cantidad de granos por vaina para los diferentes tratamientos.**



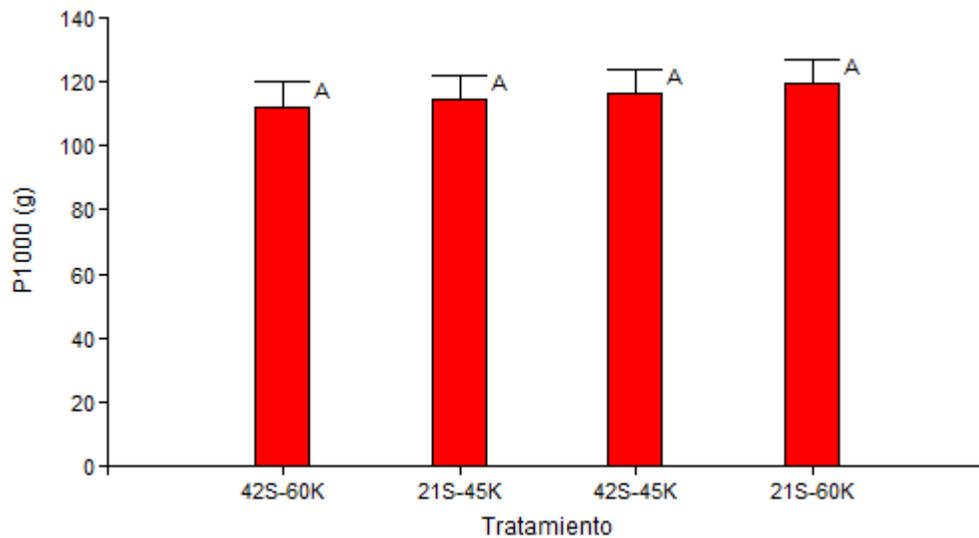
**e) P1000 granos:**

En lo que respecta al peso de mil granos, los resultados obtenidos no muestran diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 13).

Graterol & Mantilla (2003) obtuvieron una respuesta semejante para el peso de semillas en un estudio sobre el efecto de distintas distancias de siembra y poblaciones sobre el comportamiento de dos variedades de soja. Las diferencias de peso de las semillas observadas entre las variedades, se mantuvieron, y no experimentaron cambios bajo distintos distanciamientos o la interacción variedad por distancia.

Carvalho et al (2001), verificaron que el peso de 1000 semillas, número de semillas por vaina y la altura de la primera vaina no fueron influenciados significativamente por diferencias en las poblaciones, y determinaron que el peso de 1000 semillas y el número de semillas por vaina son características que normalmente no sufren variaciones causadas por la población de plantas, concordando con los resultados obtenidos por Arantes y Souza (1993) y Rosolem et al. (1983).

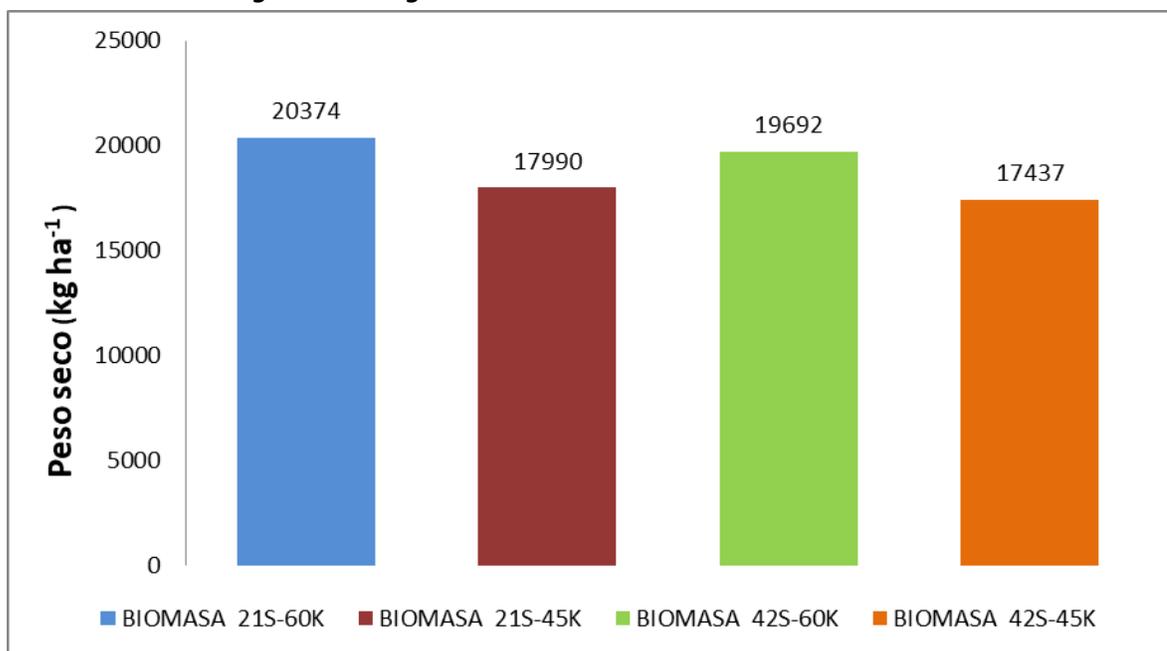
**Figura 13: Peso de mil granos expresados en gramos para los diferentes tratamientos.**



**f) Biomasa:**

Otro dato que podemos agregar a este análisis es el de materia seca (MS) el cual fue tomado cuando el cultivo estaba en R6 en la escala fenológica desarrollada por Fehr y Caviness (1971). Los tratamientos de mayor densidad tuvieron un 12 % más de MS con respecto a los de menor densidad (Figura 14).

**Figura 14: Kilogramos de biomasa en cada tratamiento.**

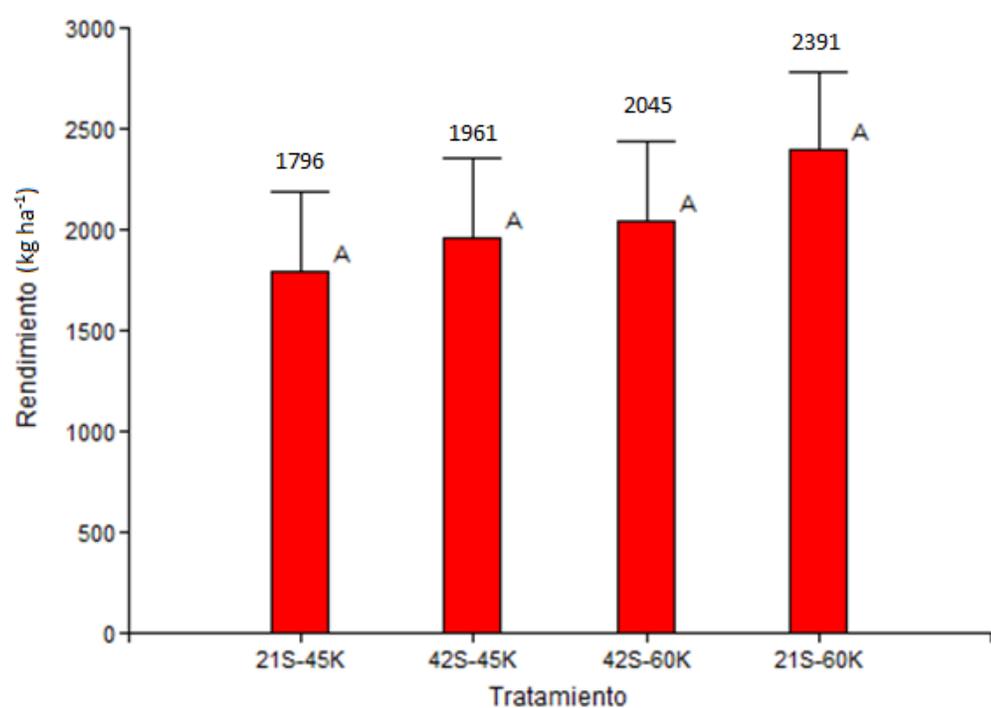


**g) Rendimiento 1:**

A partir de la determinación de los componentes del rendimiento, se calculó el rendimiento por hectárea de cada tratamiento (Figura 16).

Al realizar el análisis estadístico de esta variable notamos que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, ni interacción entre densidad y espaciamiento. Sin embargo, se observó una tendencia positiva entre rendimiento y densidad de plantas, a mayor densidad de plantas mayor rendimiento. En este ensayo, se obtuvo el mayor rendimiento con poblaciones logradas de 350000 plantas  $ha^{-1}$  con 21 cm de distanciamiento entre hileras.

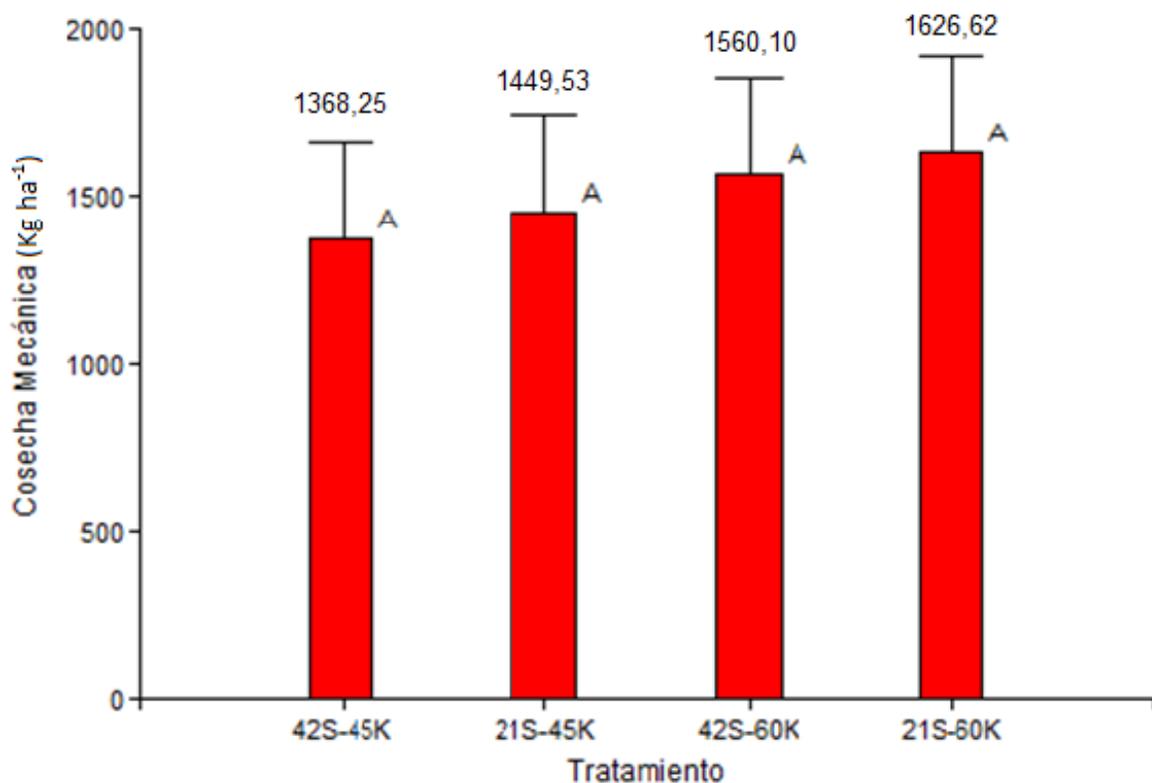
**Figura 16: Rendimiento final ( $kg\ ha^{-1}$ ) de cada tratamiento.**



### **h) Rendimiento 2 (cosecha mecánica):**

Una vez terminada la recolección de datos en forma manual de cada uno de los tratamientos, se procedió a realizar la cosecha mecánica y su posterior pesaje utilizando la tolva con balanza. Estos datos volvieron a demostrar que no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, y que el tratamiento de mayor densidad y menor espaciamiento tuvo el mayor rendimiento, el cual fue de 1626,62 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 15).

**Figura 15: Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) durante la cosecha mecánica.**



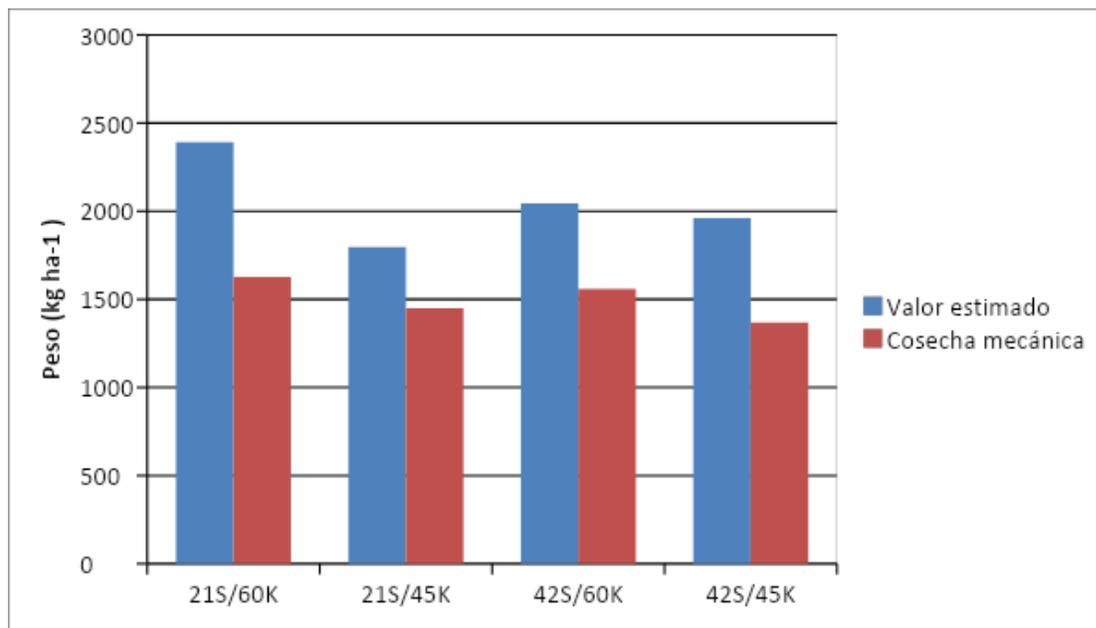
Con los datos de rendimiento estimados y recolectados mediante la cosecha mecánica se realizó una comparación entre los distintos tratamientos (Figura 17).

Se observa una sobreestimación en los resultados del rendimiento obtenido a partir de la estimación de los componentes numéricos del rendimiento, debido a que en los cultivos cosechados mecánicamente se producen pérdidas precosecha y pérdidas durante la cosecha, las cuales deberían ser menores a las establecidas por INTA (Tabla 3).

**Tabla 3: Pérdidas precosecha y cosecha INTA precop II.**

Pérdida	Tolerancia (kg/ha)	Aclaración: Estos valores de tolerancias son independientes del rendimiento promedio cultivo
Pre-cosecha	0	
Cosechadora (cabezal)	60	
Cosechadora (cola)	20	
Cosechadora (total)	80	

**Figura 17: Comparación del rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) estimado vs cosecha mecánica.**



## CONCLUSIÓN

Si bien bajo las condiciones del ensayo, sobre todo influenciado por la escasez de precipitaciones ocurridas durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, el rendimiento del cultivo de soja fue bajo, no superó los 1600 kg ha<sup>-1</sup> con la cosecha mecánica en ninguno de los tratamientos ensayados. Se pudo concluir que:

El crecimiento en altura del cultivo fue mayor en los tratamientos con menor distanciamiento entre hileras, aún bajo la menor densidad de siembra, 230000 plantas ha<sup>1</sup>. Sin embargo, este aumento en la longitud de la planta no se tradujo en un aumento del rendimiento.

Entre los componentes numéricos del rendimiento evaluados, el número de vainas por planta fue el único que presentó diferencias estadísticas entre tratamientos. Los tratamientos con mayor número de vainas por planta fueron los de menor densidad de siembra, sin embargo no fueron los de mayor rendimiento.

El rendimiento entre tratamientos no fue estadísticamente significativo. Aunque, se observó una tendencia positiva entre una mayor densidad de siembra y el rendimiento.

Estos resultados son preliminares ya que se realizaron con datos de un solo año. Para tener una conclusión más firme deberían realizarse a lo largo de varios años y en diferentes localidades.

## BIBLIOGRAFÍA

- AAPRESID. Revista Soja en Siembra Directa. ISBN 1850-0633. 2009.
- Agrasar, R. J. E. 1964. Soja, en: Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería, Lorenzo R. Parodi (ed.), Buenos Aires, Tomo II. Ed. Acme S.A.C.I. pp. 691-696.
- Andriani J. 2016. Lo que hay que saber del “consumo de agua de los cultivos”. PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN 55:99-108. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-lo-que-hay-que-saber-consumo-de-agua-cultivos.pdf>
- Arantes, N.E., and P.I. de M. Souza. 1993, Cultura de soja nos Cerrados. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato- Potafos, Piracicaba, S.P., Brazil.
- Baigorri, H. E. 2004, Soja INTA: Actualización 2004; Criterios para la elección y manejo de cultivares de Soja.
- Baigorri, H. E. 2010, Consultoría de Elección y manejo de cultivares. En: [www.planetasoja.com](http://www.planetasoja.com); Consultado: 05-09-2008.
- Ball, R. A.; Purcell, L. C.; Vories, E. D. 2000. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the southern USA. *Crop Science*. 40(3): 757-764.
- Ball, R. A., R. W. McNew, E. D. Vories, T. C. Keisling, and L. C. Purcell. 2001. Path Analyses of Population Density Effects on Short-Season Soybean Yield This paper is published with the approval of the director of the Arkansas Agric. Exp. Stn. as Manuscript no. 00016.. *Agron. J.* 93:187-195. doi:10.2134/agronj2001.931187x
- Board, J. E.; Harville, B. G. 2000. Light interception efficiency and light quality effect yield compensation of soybean at low populations. *Crop Science*. 40:1285–1294
- Carpenter, A.C. and Board, J.E. (1997) Branch Yield Components Controlling Soybean Yield Stability across Plant Populations. *Crop Science*, 37, 885-891.
- Carvalho, R.; Mucchi, J.; Bandeira, H.; Ribeiro, R; Pereira, H. 2001. Comportamento de cultivares de soja em diferentes populações de plantas, em Gurupi, Tocantins. *Revista Ceres*. N° 279. Setembro - Outubro. Vol. 48. Vlcosa - Minas Gerais - Brasil. p. 529 - 537.

- Clarín. 1962. Rosario: Mañana primer embarque de soja. Artículo del Diario Clarín. Buenos Aires. 6 de julio de 1962. Año XVII, N° 5957. p. 15
- Coscia, A. 1972. Soja: sus perspectivas económicas en la Argentina. INTA Pergamino. Informe Técnico N° 112. 57 pp
- CREA; Producción de soja, Emilio Satorre
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: <http://www.infostat.com.ar>
- Dornhoff, G. M. & R. M., Shibles, 1970. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. *Crop Sci.* 10: 42–45.
- Fehr, W.R. and C.E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Special Report 80. Iowa State University, Ames, Iowa. 11 p.
- Fundación Eroski, 2001. La soja: origen e historia (<https://www.consumer.es/alimentacion/la-soja-origen-e-historia.html>).
- Gaso Deborah. Respuesta del rendimiento de soja a la densidad de siembra en ambientes de productividad contrastante. *Agrociencia Uruguay* [online]. 2018, vol.22, n.2, pp.24-35. ISSN 1510-0839. <http://dx.doi.org/10.31285/agro.22.2.7>.
- G.E.A. 11/03/2020 Informe especial mensual sobre cultivos - Año X - N° 123 - [https://www.bcr.com.ar/sites/default/files/2020-03/informe\\_especial\\_123\\_2020\\_11\\_03\\_0.pdf](https://www.bcr.com.ar/sites/default/files/2020-03/informe_especial_123_2020_11_03_0.pdf)
- Giorda, L. M. 1997. La soja en Argentina. Cap. 1 en: El cultivo de la soja en Argentina. Agro 4 de Córdoba, INTA C. R. Córdoba. Giorda, L. M. y Baigorri, H. E. J., editores. Diciembre 1997. pp. 11-26.
- Graterol, Y.; Montilla, D. 2003. Efecto de distancias y población sobre el comportamiento de dos cultivares de soja de crecimiento indeterminado. *Revista Bioagro.* W3. Vol 15. Venezuela. P. 193- 199.
- Hermoso, M. 1974. El cultivo de la soja. Hoja Divulgadora Núm. 5-6/74 H. Ministerio de Agricultura. Madrid. 24 pp

- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. Edward Arnold Publishers, London. 67 p
- Kantolic, A., & Satorre, E. 2004. Elementos centrales de ecofisiología del cultivo de soja. Manual práctico para la producción de soja. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio sur, 19-37.
- Leffel, R.C. and G.W. Barber. 1961. Planting date and Varietal Effects on Agronomic and Seed Compositional Characters in soybeans. Bulletin A-117, University of Maryland, College Park.
- Lehman, W.F. and J.W. Lambert. 1960. Effects of spacing of soybean plants between and within rows on yield and its components. Agron. J. 52:84-86.
- L.-F. Li, K.M. Olsen, 2016 Chapter Three - To Have and to Hold: Selection for Seed and Fruit Retention During Crop Domestication, Editor(s): Virginie Orgogozo, Current Topics in Developmental Biology, Academic Press, Volume 119, Pages 63-109
- Martinez, R. 1968. Memorando sobre soja. Documento inédito escrito en 1968 y publicado en 2011 en: [www.pla-netasoja.com.ar](http://www.pla-netasoja.com.ar). Última consulta: día 17 de Junio de 2012.
- Martinez, R. 1997. Cómo se logró el cultivo de la soja en Argentina. Documento inédito escrito en 1997 y publicado en 2011 en: [www.planetasoja.com.ar/](http://www.planetasoja.com.ar/). Última consulta: 12 de Junio de 2012.
- Reca, L. G. 2006. Anexo B “La tardía adopción de la soja”, en: Aspectos del desarrollo agropecuario argentino 1975-2006. Agosto de 2006. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Buenos Aires.
- Remussi, C. y Pascale, A. J. 1977. La soja: cultivo, mejora-miento, comercialización y usos. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería. Tomo II. Segunda edición. Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires. pp. 1-10.
- Richie, S; Hanway, J; Harvey, E; Benson, O. 2003. Como se desarrolla una planta de soja. Reporte especial W 53. Traducido por Baiyori H. Universidad de Ciencias y Tecnología del estado de Iowa.
- Rigsby, Brian & Board, James. (2003). Identification of Soybean Cultivars That Yield Well at Low Plant Populations. Crop Science. 43. 234. 10.2135/cropsci2003.2340.

Satorre, E.; Benech, A; Slafer, G; De La Fuente, E; Miralles, D; Otegui, M.; Savin, R. 2003. Producción de granos. Bases fundamentales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina. 783 p.

Servicio Meteorológico Nacional, Datos meteorológicos brindados por la Estación Meteorológica Pigüé perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (SMN). <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>

Shibles, R.M. y Weber, C.R. 1965. Crop Science. 5:575-577.

Sinavimo 2020, Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas. <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/glycine-max>

Toledo, R. Cultivo de soja. Proyecto nacionales coordinados por la EEA-INTA Marcos Juárez.2008.

Toledo, R. 2005. Fases de desarrollo del cultivo de soja. (En línea) Consultado el 20 de marzo de 2020. Disponible en: [http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/feno\\_soja.pdf](http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/feno_soja.pdf)

Vázquez, M., Terminiello, A., Casciani, A., Millán, G., Cánova, D., Gelatti, P., ... & García, M. (2012). Respuesta de la soja (glicine max l. Merr) a enmiendas básicas en suelos de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. *Ciencia del suelo*, 30(1), 43-55.

Weber, C.R., R.M. Shibles, and D.E. Byth. 1966. Effects of plant population and row spacing on soybean development and production. *Agron. J.* 58:99-102.

## ANEXO

**Figura 18: Resultados del análisis en INFOSTAT para Densidad ha<sup>-1</sup>**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Densidad/ha	144	0,32	0,31	17,22

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	194387095436,91	3	64795698478,97	22,24	<0,0001
Tratamiento	194387095436,91	3	64795698478,97	22,24	<0,0001
Error	407902586155,75	140	2913589901,11		
Total	602289681592,66	143			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=32739,93885

Error: 2913589901,1125 gl: 140

Tratamiento	Medias	n	E.E.
42S-45K	265970,03	36	8996,28 A
21S-45K	289259,22	36	8996,28 A
21S-60K	347239,83	36	8996,28 B
42S-60K	351111,11	36	8996,28 B

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

**Figura 19: Resultados del análisis en INFOSTAT para Ramificaciones/planta**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ramificaciones/planta	1396	4,7E-03	2,6E-03	51,78

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	82,83	3	27,61	2,21	0,0853
Tratamiento	82,83	3	27,61	2,21	0,0853
Error	17397,91	1392	12,50		
Total	17480,74	1395			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,69161

Error: 12,4985 gl: 1392

Tratamiento	Medias	n	E.E.
42S-60K	6,58	389	0,18 A
42S-45K	6,72	370	0,18 A
21S-60K	6,84	328	0,20 A
21S-45K	7,25	309	0,20 A

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

**Figura 20: Resultados del análisis en INFOSTAT para Vainas/planta.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Vainas/planta	1227	0,07	0,07	70,94

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24814,32	3	8271,44	32,37	<0,0001
Tratamiento	24814,32	3	8271,44	32,37	<0,0001
Error	312554,82	1223	255,56		
Total	337369,14	1226			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,38204

Error: 255,5640 gl: 1223

Tratamiento	Medias	n	E.E.
21S-60K	16,54	418	0,78 A
42S-60K	24,01	270	0,97 B
42S-45K	25,12	270	0,97 B C
21S-45K	27,78	269	0,97 C

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

**Figura 21: Resultados del análisis en INFOSTAT para Granos/vaina.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Granos/vaina	24	0,10	0,00	1,97

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,6E-03	3	1,5E-03	0,73	0,5443
Tratamiento	4,6E-03	3	1,5E-03	0,73	0,5443
Error	0,04	20	2,1E-03		
Total	0,05	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07376

Error: 0,0021 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
42S-60K	2,30	6	0,02 A
21S-45K	2,30	6	0,02 A
42S-45K	2,32	6	0,02 A
21S-60K	2,33	6	0,02 A

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

**Figura 22: Resultados del análisis en INFOSTAT para P1000.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P1000	24	0,02	0,00	16,65

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	166,09	3	55,36	0,15	0,9285
Tratamiento	166,09	3	55,36	0,15	0,9285
Error	7387,93	20	369,40		
Total	7554,02	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=31,05837

Error: 369,3963 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
42S-60K	112,15	6	7,85 A
21S-45K	114,25	6	7,85 A
42S-45K	116,08	6	7,85 A
21S-60K	119,32	6	7,85 A

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

**Figura 23: Resultados del análisis en INFOSTAT para Cosecha Mecánica.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Cosecha Mecánica	24	0,02	0,00	47,22

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	237262,05	3	79087,35	0,16	0,9237
Tratamiento	237262,05	3	79087,35	0,16	0,9237
Error	10048575,90	20	502428,79		
Total	10285837,95	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1145,43282

Error: 502428,7948 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
42S-45K	1368,25	6	289,38 A
21S-45K	1449,53	6	289,38 A
42S-60K	1560,10	6	289,38 A
21S-60K	1626,62	6	289,38 A

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

**Figura 24: Resultados del análisis en INFOSTAT para Rendimiento.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	24	0,06	0,00	46,37

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1131549,52	3	377183,17	0,42	0,7421
Tratamiento	1131549,52	3	377183,17	0,42	0,7421
Error	18049235,46	20	902461,77		
Total	19180784,98	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1535,13570

Error: 902461,7728 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
21S-45K	1795,97	6	387,83 A
42S-45K	1961,88	6	387,83 A
42S-60K	2045,37	6	387,83 A
21S-60K	2391,00	6	387,83 A

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

***Imagen 1: Lotes antes de comenzar el ensayo.***



***Imagen 2: Maquinaria utilizada para la siembra del ensayo.***



**Imagen 3: Diferentes espaciamentos entre hileras, a la izquierda 21 cm y a la derecha 42 cm.**



**Imagen 4: Diferentes espaciamentos entre hileras, a la izquierda 21 cm y a la derecha 42 cm.**



**Imagen 5: Materiales utilizados, balanza, fuente y estufa.**

