



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias**

**Ingeniería Agronómica**

“Influencia de la polinización entomófila sobre el peso  
del grano de soja”

**Trabajo final de graduación para optar por el título  
de:**

**Ingeniero Agrónomo**

Autor: Culpian, Juan Enrique

Profesor Tutor: Chamer, Ana Marina

# Resumen

Es poco lo que se conoce acerca de la influencia de la polinización entomófila sobre el peso del grano de soja (*Glycine max*). El objetivo de este trabajo de investigación fue analizar la influencia que tiene la polinización entomófila sobre el peso de los granos de la soja y determinar si se da un aumento en dicha variable. El ensayo se realizó a campo en la Estancia "San Claudio" ubicado en la localidad de Hortensia, partido de Carlos Casares. Para realizar este ensayo, se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DCA) con tres tipos de tratamientos y dos repeticiones para poder ver diferencias entre tratamientos sobre el peso de los granos (variable a estudiar). Los tratamientos empleados fueron la exclusión de los visitantes (las plantas de soja cubiertas totalmente con malla de poliéster), un control de sombreado (las plantas de soja cubiertas parcialmente con malla de poliéster, formando un "techo") y el tratamiento de polinización libre (plantas de soja sin manipular). Entre los tres tipos de tratamientos no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). De los tres tratamientos analizados, hubo un incremento mínimo pero no significativa del 0.03% del peso de mil granos con el tratamiento de polinización libre. De esta manera, este trabajo pudo demostrar que la polinización entomófila (principalmente por *Apis mellífera* y otros insectos polinizadores) no influye en el peso final del grano de la soja.

**Palabras claves:** soja, polinización entomófila, peso de mil granos.

# Agradecimientos

Principalmente a mi madre, mi padre y hermana, por alentarme a nunca bajar los brazos y por demostrarme que se llega a cualquier lado con dedicación, responsabilidad y esfuerzo, que sin dudas esto no hubiera sido posible sin ellos. Gracias de corazón.

A mis amigos, compañeros de la facultad y a los que no estuvieron involucrado con esto, que de alguna manera u otra me daban el empuje para seguir siempre adelante, no solo en el transcurso de la carrera sino también en este proyecto y estuvieron siempre firmes en los momentos más importantes. Gracias por la amistad incondicional.

A mi tutora, Ana Marina Chamer, por la paciencia y el tiempo brindado, por su responsabilidad y su predisposición ante cualquier consulta durante todo este proyecto.

A la FAUBA, por brindarme el espacio para poder hacer este ensayo y a todo el equipo de investigación, Mariano, Tania, Marcelo, Antonio y Nicolás, por su amabilidad y compromiso.

A mi Universidad, la UCA, por la formación que me dieron los docentes durante toda la carrera.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
INTRODUCCIÓN .....	6
Objetivos .....	8
Hipótesis .....	8
MATERIALES Y METODOS.....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Diseño experimental y tratamientos</i> .....	9
<i>Cosecha y pesaje de granos</i> .....	10
<i>Análisis estadístico</i> .....	11
RESULTADOS.....	12
DISCUSIÓN .....	14
CONCLUSIONES .....	15
ANEXOS .....	16
Supuestos del Modelo .....	16
<i>Normalidad</i> .....	16
<i>Homocedasticidad</i> .....	17
BIBLIOGRAFÍA .....	19

# Introducción

La soja (*Glycine max* (L.) Merrill) es una especie nativa de Asia Oriental (Manchuria) (Dimitri & Parodi, 1977). Pertenece a la familia de las Fabáceas. Es una legumbre de ciclo anual, de porte erguido, que alcanza entre 0,50 y 1,5 metros de altura. Posee hojas grandes, trifoliadas y pubescentes. Sus flores son pequeñas, de aproximadamente 8 mm de longitud y se ubican en las axilas de las hojas, cuya corola pueden tener color blanco-amarillento o azul-violáceo y se encuentran agrupadas en inflorescencias. Esta planta herbácea posee legumbres (comúnmente llamadas vainas) cortas y péndulas, que contienen en su interior entre uno y cuatro granos oleaginosos (con un 20% de aceite) que pueden presentar distintas variaciones de color: amarillo y negro, como también de color verde o castaño (Dimitri & Parodi, 1977; Ridner, 2006). La semilla de soja tiene grandes proporciones de proteína y aceites (Agarwal et al., 2013).

A nivel mundial la soja es la leguminosa de mayor importancia económica ya que contribuye en un 25% a la producción global de aceite comestible y alrededor de dos tercios del aporte de proteínas para la alimentación del ganado (Agarwal et al., 2013). La producción ha aumentado considerablemente los últimos 40 años. Por un lado, por el aumento sostenido de la producción intensiva de carne (vacuna, aviar y porcina) en países europeos, así como China e India donde utilizan una gran cantidad de proteína vegetal (como la de soja) para poder sustituir por proteína animal, como consecuencia de la “crisis de la vaca loca”. Y por otro por el incremento sustancial de la demanda de soja para la producción de biodiesel. (Blum et al., 2008; Giancola et al., 2009). En el 2017 los principales países productores de soja en el mundo fueron primeramente Estados Unidos con 119,5 millones de toneladas, segundo Brasil con 114,6 millones de toneladas y Argentina con un total de 55 millones de toneladas (FAOSTAT, 2017).

Desde comienzos de la década de los setenta la soja se ha convertido en un cultivo muy utilizado en el campo argentino, mostrando incrementos significativos en cuanto a producción desde 1973. En el año 2017, la producción alcanzó las 55 millones de toneladas ocupando aproximadamente 17 millones de hectáreas sembradas (FAOSTAT, 2017), por lo que representa el 55% del área sembrada de las casi 37 millones de hectáreas que se siembran en el principal cultivo en la actualidad de nuestro país (Ybran & Lacelli, 2016). Dentro del país los incrementos se dieron mayormente en las provincias de Córdoba, Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires y en menor medida Salta, Chaco y Santiago del Estero (Paruelo et al., 2005). Uno de los motivos fue el uso de soja transgénica y la siembra directa (Vignatti, 2003). En cuanto a los rendimientos en el país, en la zona núcleo sojera los contenidos promedio de proteína en grano oscilan entre el 38 y el 42 % y los de aceite entre el 20 y el 24%, ubicándose el grueso de la producción alrededor del 39% de proteína y del 23% de aceite (Cuniberti et al., 2011). El peso de las 1000 semillas (P1000) puede ir desde los 129 hasta a los 177 gramos (Introna et al., 2015; Introna et al., 2019). En la Argentina, la cadena oleaginosa está liderada principalmente por soja (93% del total) seguida por el girasol (5%) (Pérez Constanzó & Storti, 2017). La Argentina es también uno de los tres principales exportadores de granos, aceites y harina de soja lo cual la transforma en la principal cadena exportadora del país, generando un importante ingreso de divisas (ACSOJA, 2019). Los principales destinos son Brasil, Vietnam, India y China, como también la Unión Europea, exportando en la última campaña más de 69 millones de toneladas (Calzada & Ramseyer, 2019).

La polinización por insectos es un importante servicio ecosistémico que está actualmente amenazado por la escasez de los polinizadores (Kremen et al., 2007; Potts et al., 2010; Miñarro et al., 2018). En la agricultura, este servicio juega un rol fundamental, ya que el 70% de los cultivos alimenticios depende de polinizadores, representando el 35% de la producción agrícola mundial (IPBES, 2016; Gennari, 2017). Tres cuartas partes de los alimentos que consumimos dependen de la polinización (Coro

Arizmendi, 2009; Tylanakis, 2013). La ausencia de estos polinizadores puede llegar a impactar entre un 3% a un 8% de la productividad (Aizen et al., 2009). Algunos de los cultivos oleaginosos que se ven beneficiados en cuanto a su rendimiento por la presencia de polinizadores son la colza (Adegas & Noguera Couto, 1992; Montaldo et al., 1996; Bommarco et al., 2012; Marinozzi, 2016; Zou et al., 2017; Perrot et al., 2018), y el girasol (Sumangala & Giriraj, 2003; Greenleaf & Kremen, 2006; Nderitu et al., 2008; Sáez et al., 2014; Chamer et al., 2012; Perrot et al., 2018) mostrando un aumento en el peso de las semillas cuando es comparado plantas aisladas con las plantas excluidas a polinizadores.

La soja es un cultivo que tiene la capacidad de autopolinizarse (Singh, 2017). Cuando hablamos de polinización cruzada en la soja se ha encontrado una participación inferior al 1% (Poehlman & Sleper, 1995; Singh, 2017) que en algunos casos puede llegar al 1.8% (Ray et al., 2003). Esta mínima participación se debe a insectos polinizadores, donde se destaca la abeja doméstica (*Apis mellifera* L.) (Mc Gregor, 1976; Chiari et al., 2005; Santos et al., 2013). Klein et al. (2006) apuntan a la soja como un cultivo con una moderada dependencia de polinizadores, mencionando que estos podrían aumentar la producción de semillas hasta un 40%. Garibaldi et al. (2012) dicen que algunos estudios realizados en Brasil indican que los polinizadores aumentarían su rendimiento hasta un 58%. A pesar de la enorme participación del cultivo de soja en el sistema agropecuario argentino y de la gran disponibilidad de información existente, poco es lo que se conoce respecto a la influencia de los insectos en su polinización y al posible incremento de rendimiento que esto trae aparejado (Chacoff et al., 2010; Blettler et al., 2011).

En nuestro país se ha podido evidenciar la influencia de los polinizadores en el rendimiento de la soja en algunos trabajos. En Tucumán plantas de soja expuestas a la polinización animal produjeron más vainas y semillas que aquellas que no estuvieron expuestas a los polinizadores (Chacoff et al., 2015). En la provincia de Entre Ríos se mostraron incrementos del rendimiento de 18,3%, corroborando que la acción de los polinizadores (principalmente *Apis mellifera*) influye positivamente en el rendimiento (Blettler et al., 2011). Sin embargo, a pesar de que la soja forma parte de complejas redes planta-polinizador que proveen el servicio de polinización al cultivo, en la pampa interior se pudo demostrar que el rendimiento de soja parece no depender del servicio de polinización provisto por los visitantes florales (Devoto et al., 2015).

Los componentes que más inciden en el rendimiento del cultivo de soja son el número de granos, el peso de los mismos (Salvagiotti et al., 2010; Andrade et al., 2011; Carmona et al., 2011), y el número vainas vanas (Distéfano & Gadbán, 2010). Existe poca información sobre la polinización de soja y el efecto que produce sobre el peso de las semillas. Santos et al. (2013) encontraron que los polinizadores no tuvieron ningún efecto en el peso de las semillas. Monasterolo et al. (2015) demostraron en la zona de chaco serrano que las flores expuestas a los visitantes mostraron un mayor número de semillas, semillas con mayor peso y un número menor de frutos abortados que las flores que se encuentran aisladas de visitantes.

Al haber poca información, y a veces contradictoria, sobre la dependencia del rendimiento de soja con los polinizadores, y siendo el componente peso de la semilla uno de los más importantes del cultivo, este trabajo se focalizará en obtener una respuesta más precisa acerca de la influencia de la polinización entomófila sobre el peso de los granos en soja.

# **Objetivo**

Analizar la influencia de la polinización entomófila sobre el peso del grano en el cultivo de soja.

# **Hipótesis**

El peso del grano de soja aumenta con la polinización entomófila.

# Materiales y métodos

El ensayo se realizó durante la campaña estival 2017-2018 en la Estancia “San Claudio” (35°56'28”S y 61°12'09”O), localidad de Hortensia, en el partido de Carlos Casares, provincia de Buenos Aires. El cultivo fue sembrado del 27 de noviembre y se extendió hasta el 15 de diciembre. El motivo de que se haya extendido fue la falta de “piso” debido a las abundantes precipitaciones presentes. La densidad fue de 90 kg/ha. La cosecha se realizó en abril de 2018.

## Diseño experimental y tratamientos

Se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DCA), seleccionando 8 lotes (bloques) de soja (variedad NS 3809 IPRO) con una distancia mínima entre bloques de 1 kilómetro para buscar homogeneidad entre ellos y así poder minimizar el error experimental.

En cada lote (bloque) se realizó un experimento de polinización consistente en 3 tratamientos, según: a) exclusión de visitantes (cobertura total, previo a la floración del cultivo con malla de poliéster), b) control de sombreado (cobertura parcial de las plantas con malla de poliéster) (Figura 1) y c) polinización abierta (plantas sin cubrir ni manipular). Para ello se seleccionaron al azar 6 parcelas (2 por tratamiento) de 1 m<sup>2</sup> cada una y con una separación entre ellas de 5 m. En total fueron 48 unidades experimentales (8 bloques x 3 tratamientos x 2 repeticiones por tratamiento) (Tabla 1).

En los tratamientos de exclusión de visitantes (en adelante E) y en los de control de sombreado (en adelante S) se utilizó malla de poliéster (tul) con poros de 1 mm<sup>2</sup> suspendida en un armazón (jaula) de forma cúbica armada con caños de PVC de 25 mm de diámetro. Dichas jaulas fueron sujetadas con varillas de hierro en cada uno de los ángulos que fueron enterradas en el suelo para un mayor agarre. La malla de poliéster cubrió totalmente la jaula del tratamiento E, pero en el tratamiento S sólo cubrió la cara superior del cubo, formando un “techo” que permita la libre circulación de los polinizadores dentro de la jaula, y así poder evaluar si el efecto de sombreado podría estar afectando negativamente la fotosíntesis de la planta y, con el mismo evaluar si la diferencia en el peso de los granos de las plantas que están excluidas de los polinizadores con respecto a las plantas que son visitadas por estos, podría deberse al sombreado que genera la malla de poliéster y no a la presencia o ausencia de los insectos polinizadores. (Figura 2). En cuanto al tratamiento de polinización abierta (en adelante A) simplemente consistió en dejar las plantas de soja sin manipular.

Tratamiento	Abreviatura	Repeticiones (n)	Jaula	Tul
Exclusión de visitantes	E	2	Con	Cubriendo la totalidad de la jaula
Control de sombreado	S	2	Con	Cubriendo sólo la parte superior de la jaula
Polinización abierta	A	2	Sin	Sin

**Tabla 1.** Resumen de los tratamientos realizados.



**Figura 1.** Representación de un bloque con tratamientos de exclusión (E) y sombreado (S)



**Figura 2.** Tratamiento S (control de sombreado)

### **Cosecha y pesaje de granos**

Para la obtención de las muestras, a madurez fisiológica, se cosecharon manualmente las plantas que estaban dentro de una cuadrata de 0,25 m x 0,25 m, la cual se ubicó en el centro de la superficie de la base de la jaula. Las muestras se guardaron en bolsas de papel madera rotuladas con sus respectivos tratamientos. Luego fueron trasladadas a la Cátedra de Botánica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA). Allí se trillaron manualmente las vainas. Para determinar el peso de mil semillas (P1000) se extrajo al azar una muestra representativa de cada tratamiento que

consto de 20 semillas. Las mismas se pesaron utilizando una balanza digital de precisión (MXX 123 Denver Instrument) en el Laboratorio de Anatomía e Histología Vegetal de la Cátedra de Botánica de la FAUBA.

### **Análisis estadístico**

El análisis se realizó con el programa estadístico Infostat versión 2016 (Di Rienzo et al., 2016). Se utilizó un modelo mixto de análisis de la varianza (ANOVA) en un diseño de bloques completamente al azar (DCA) con 8 bloques, 3 tratamientos y 2 repeticiones para cada tratamiento y así poder evaluar si existen diferencias entre los mismos sobre el peso de grano (variable de interés). Para observar las comparaciones entre los tratamientos se usó la prueba de Tukey. Todas las pruebas con valor  $p < 0,05$  se consideraron estadísticamente significativas.

# Resultados

En la Tabla 2 puede observarse el valor más alto de la variable de estudio (P1000) que representa al tratamiento exclusión de visitantes (189 gramos) y el valor más bajo (126 gramos) que también representa al tratamiento exclusión de visitantes.

## Medidas resumen

Tratamiento	Bloque	Variable	n	Media	D.E.	Min	Máx
A	1,00	P1000	2	142,00	6,36	137,50	146,50
A	2,00	P1000	2	155,00	7,78	149,50	160,50
A	3,00	P1000	2	145,00	5,66	141,00	149,00
A	4,00	P1000	2	157,50	5,66	153,50	161,50
A	5,00	P1000	2	166,00	15,56	155,00	177,00
A	6,00	P1000	2	154,25	6,01	150,00	158,50
A	7,00	P1000	2	151,75	0,35	151,50	152,00
A	8,00	P1000	2	176,75	5,30	173,00	180,50
E	1,00	P1000	2	167,25	30,76	145,50	189,00
E	2,00	P1000	2	157,75	15,91	146,50	169,00
E	3,00	P1000	2	155,75	3,18	153,50	158,00
E	4,00	P1000	2	162,25	19,45	148,50	176,00
E	5,00	P1000	2	168,00	9,90	161,00	175,00
E	6,00	P1000	2	132,25	8,84	126,00	138,50
E	7,00	P1000	2	145,50	25,46	127,50	163,50
E	8,00	P1000	2	159,25	11,67	151,00	167,50
S	1,00	P1000	2	140,25	14,50	130,00	150,50
S	2,00	P1000	2	141,50	19,09	128,00	155,00
S	3,00	P1000	2	157,50	9,90	150,50	164,50
S	4,00	P1000	2	164,75	22,98	148,50	181,00
S	5,00	P1000	2	169,75	11,67	161,50	178,00
S	6,00	P1000	2	157,00	2,12	155,50	158,50
S	7,00	P1000	2	158,50	7,78	153,00	164,00
S	8,00	P1000	2	158,75	3,18	156,50	161,00

**Tabla 2.** Estadística descriptiva de los 3 tratamientos: A, E y S. Resultados expresados en peso de mil granos (gramos).

Los resultados expresados en la Tabla 3 y Figura 3 indican que no hay diferencias significativas ( $p$  valor  $> 0,05$ ) entre los tratamientos. Los tratamientos S y E tuvieron las mismas medias y lo que respecta el tratamiento A hay un incremento mínimo de 0,03% con respecto a S y E.

En la Tabla 3 también se puede evidenciar que las diferencias entre los bloques no son significativas. Esto significa que ninguno de los bloques tuvo efecto sobre la variable respuesta.

También se analizó la interacción bloque vs tratamiento (Bloque\*Tratamiento). Esta interacción dio que no fue significativa ( $p$  valor  $> 0,05$ ) y por lo tanto la respuesta a los distintos tipos de tratamiento es similar en los distintos bloques, es decir, que los lotes (sitios) son diferentes entre ellos, pero no hace efecto sobre la variable a medir.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P1000	48	0,54	0,10	8,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

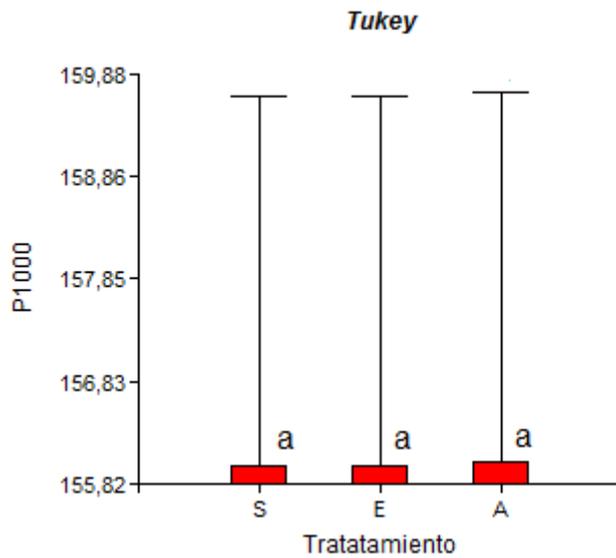
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5221,12	23	227,01	1,23	0,3091
Tratamiento	0,01	2	0,01	2,8E-05	>0,9999
Bloque	2428,37	7	346,91	1,88	0,1179
Tratamiento*Bloque	2792,74	14	199,48	1,08	0,4196
Error	4431,13	24	184,63		
Total	9652,24	47			

Medias ajustadas, error estándar y número de observaciones

Error: 184,6302 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S	156,00	16	3,40
E	156,00	16	3,40
A	156,03	16	3,40

**Tabla 3**



**Figura 3.** Peso de mil granos de los diferentes tratamientos del cultivo de soja.

## Discusión

El peso de mil granos promedio que se obtuvo en este trabajo fue de 156 gramos, por lo que podemos decir que se encuentra dentro de los promedios que indican Introna et al. (2015) e Introna et al. (2019), con un peso de mil granos en la zona núcleo sojera que va desde los 129 hasta los 177 gramos.

Blettler et al. (2011), Chacoff et al. (2015), demostraron que los polinizadores tienen influencia en el rendimiento, pero, no tuvieron en cuenta en sus trabajos la influencia del sombreado que produce el material con el cual se aíslan las plantas de los polinizadores. En este trabajo se incluyó el control de sombreado con el objetivo de analizar si la diferencia que se pudiera obtener del peso del grano entre las plantas con polinización abierta y las de exclusión de visitantes, se podría deber netamente a la polinización o influía el sombreado de tul utilizado para la exclusión de los insectos. Como resultado, en este trabajo no hubo diferencias entre el tratamiento de exclusión de visitantes (sombreado, pero sin presencia de insectos) con respecto al tratamiento de control de sombreado (sombreado, pero con presencia de insectos).

Devoto et al. (2015) demostró con los mismos tratamientos utilizados en este trabajo que el rendimiento de soja parece no depender del servicio de polinización provisto por los visitantes florales. Esto coincide con lo obtenido en este trabajo para la variable P1000.

Más concretamente con respecto al peso de las semillas, Monasterolo et al. (2015) obtuvieron un mayor número de semillas, semillas con mayor peso y un número menor de frutos abortados que las flores que se encuentran aisladas de visitantes. En cambio, el resultado de Santos et al. (2013) es similar al de este trabajo, ya que encontraron que los polinizadores no tuvieron efecto sobre el P1000, aunque como se dijo anteriormente, en sus trabajos no tuvieron en cuenta la influencia del sombreado.

A pesar de que el trabajo no dio significativo, no descartaríamos repetir el experimento para poder comprobar si los polinizadores influyen en el peso final del grano, ya que, en el momento del censado, tocaron días nublados y esto influye a una disminución de visitas de insectos polinizadores.

## Conclusiones

En este trabajo se pudo observar que el peso de los granos de soja no aumentó significativamente en las plantas que fueron visitadas por los polinizadores.

En los tres tipos de tratamientos analizados, solo en el tratamiento de polinización libre se pudo observar un incremento mínimo, pero no significativo de 0,03% de peso de mil granos con respecto a los otros tratamientos.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo, nos da la pauta que la polinización entomófila no influye positivamente en el rendimiento del cultivo de soja, ya que el peso de mil granos no aumentó ni disminuyó con respecto a las plantas que no fueron visitadas por polinizadores.

# Anexos

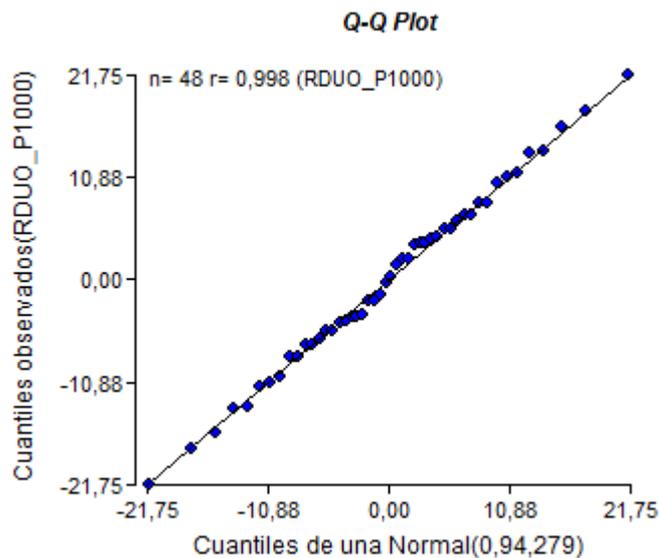
## Supuestos del Modelo

En este tipo de diseño hay diferentes tipos de supuestos que se deben cumplir para que las conclusiones del ANOVA se puedan validar, ellas son:

- Las muestras deben ser aleatorias y las observaciones independientes entre sí
- Las observaciones deben proceder, de cada tratamiento, de poblaciones normales (normalidad).
- Los tratamientos deben tener la misma variabilidad (homocedasticidad).

### Normalidad

La Normalidad forma parte de uno de los supuestos del modelo de estudio y consiste en suponer que las observaciones de cada tratamiento proceden de poblaciones normales. Para poder analizar los métodos gráficos y analíticos se seleccionaron los residuos de la variable. Para el método gráfico se realiza un gráfico Q-Q Plot de la Normal, que incluye en el eje Y los cuantiles observados (residuos obtenidos de la variable) y en el eje X los cuantiles teóricos de una distribución normal. Para que se consideren normales los residuos y no haya otros efectos del modelo, se deben alinear los mismos sobre una recta de 45 grados. Para el método analítico se debe realizar la “Prueba de Shapiro-Wilks” para poder demostrar la normalidad de los tratamientos.



**Figura 4.** Gráfico Q-Q Plot de la Normal.

En la Figura 4 se observa que los residuos obtenidos de la variable se alinean a la recta de 45 grados siguiendo una distribución normal.

### Supuesto de Normalidad Shapiro-Wilks

Siguiendo el apartado del supuesto de la Normalidad, para observar los métodos analíticos se decide realizar la prueba de Shapiro Wilks.

**H0:** la variable tiene un buen ajuste a una distribución normal, los residuos se distribuyen normalmente.  $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu$

**H1:** la variable no tiene un buen ajuste a la normal los residuos no se distribuyen normalmente.  $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu$

**Condición de Rechazo:** Si el valor p es menor (<) a 0,05 se rechaza H0.

**Shapiro-Wilks (modificado)**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE P1000	48	0,00	1,01	0,97	0,7847

**Tabla 3.** Prueba de Shapiro-Wilks

La prueba de Shapiro-Wilks es una técnica que permite determinar si una variable se ajusta a una distribución normal. En la Tabla 3 se puede observar que el valor p es > a 0,05, por lo que podemos decir que no se rechaza la hipótesis nula (H0). Por ellos, se puede concluir que no hay evidencias estadísticamente significativas que demuestren que la variable no tiene un buen ajuste a una distribución normal.

*Homocedasticidad*

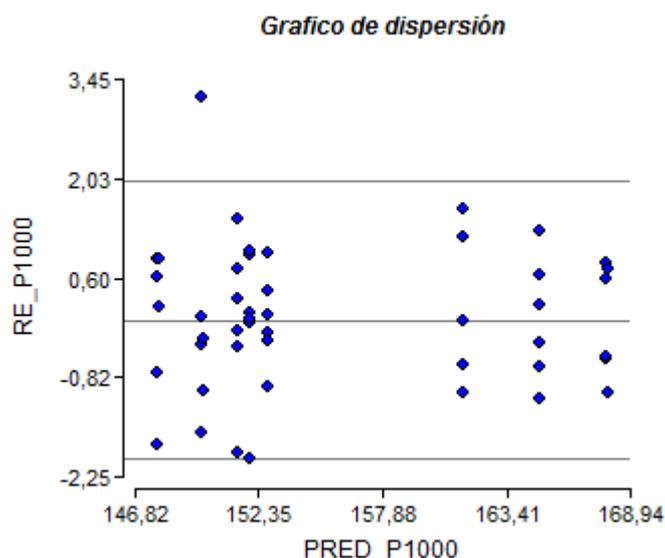
La Homocedasticidad también forma parte de uno de los supuestos para que se cumpla el modelo y consiste en suponer que todos los tratamientos deben tener la misma variabilidad. Al igual que el supuesto de la Normalidad, para poder analizar los métodos gráficos y analíticos se seleccionaron los residuos de la variable. Para el método gráfico, hay que realizar un Diagrama de Dispersión de puntos, que en el eje Y se ubican los residuos obtenidos y en el eje X los predichos. Para el método analítico se realiza la Prueba de Levene con el objetivo de volver a realizar un análisis de la varianza, pero usando el valor absoluto de los residuos como variable dependiente.

**Supuesto de homocedasticidad Prueba de Levene**

**H0:** la variabilidad es igual en todos los tratamientos.

**H1:** la variabilidad no es igual en todos los tratamientos.

**Condición de Rechazo:** Si el valor p es menor (<) a 0,05 se rechaza H0.



**Figura 5.** Grafico de Dispersión para la variable peso de grano.

En la Figura 5 se observa una distribución al azar y con variabilidad constante. Se utilizaron como líneas de corte -2, 0 y 2. Los residuos afuera de -2 y 2 pueden considerarse outliers (datos distintos al resto). En la Figura 5 se observa una distribución al azar y con variabilidad constante. Residuos menores a -2 o mayores a 2 pueden considerarse outliers.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS P1000	48	0,09	0,05	78,58

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	241,83	2	120,91	2,13	0,1312
Tratamiento	241,83	2	120,91	2,13	0,1312
Error	2559,72	45	56,88		
Total	2801,54	47			

**Tabla 4.** Prueba de Levene para la variable peso de mil granos (gramos) en el grano de soja.

Esta prueba consiste en realizar un análisis de las varianzas de los tratamientos para determinar analíticamente su homogeneidad. En la Tabla 4 se puede observar que el valor p no es  $< 0,05$ , por lo que no se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ). De modo que, se concluye que en todos los tratamientos tienen una variabilidad homogénea.

# Bibliografía

- ACSOJA (2019) <https://www.acsoja.org.ar/soja/>. Ultimo acceso: marzo de 2019.
- Adegas, J.E.B & Nogueira Couto, R.H. (1992) Entomophilous pollination in rape (*Brassica napus* L. var. oleífera) in Brazil. *Apidologie* 23: 203-209.
- Agarwal, D.K., Billore, S.D., Sharma, A.N., Dupare, B.U., Srivastava, S.K. (2013). Soybean introduction, improvement, and utilization in India-problems and prospects. *Agric. Res.* 2, 293–300.
- Aizen, M.A.; Garibaldi, L.A.; Cunningham, S.A. & Klein, A.M. (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Ann. Bot.* 103: 1579–1588.
- Andrade F.H., Aguirrezábal, L.A.N., Rizzalli, R.H. (2011) Determinación del Rendimiento en Girasol y Soja. INTA Balcarce, Buenos Aires. *IdiaXXI*. Pp 102-106.
- Blettler, D.; Fagúndez, G.; Trossero, A.; Fernández, E. (2011). Efecto de la polinización entomófila (especialmente asociada a *Apis mellifera* L.) sobre el rendimiento en soja [*Glycine max* (L.) Merr] En: Quinto Congreso de la Soja Mercosur. Mercosoja 2011. Rosario, Argentina.
- Blum A., Narbondo I., Oyhantcabal G. ¿Dónde nos lleva el camino de la soja? Sojización a la uruguaya: principales impactos socioambientales. *RAP-AL Uruguay*. 2008, pág. 10.
- Bommarco, R., Marini, L., & Vaissière, B. E. (2012). Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia*, 169(4), 1025-1032.
- Calzada, J. & Ramseyer, F. (2019). ¿Quiénes fueron los principales exportadores argentinos de granos y subproductos y a dónde fue la mercadería en 2018? *BCR*. Edición 1898. [https://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal\\_noticias.aspx?pidNoticia=1450](https://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal_noticias.aspx?pidNoticia=1450). Ultimo acceso: marzo de 2019.
- Carmona, M.A., Gally, M., Sautua, F., Abello, A. & Lopez, P. (2011) Uso de mezclas de azoxistrobina y triazoles para el control de las enfermedades de fin de ciclo en el cultivo de soja. *Summa Phytopathologica* 37(2): 134-139
- Chacoff, N.P., Morales, C.L., Garibaldi, L.A., Ashworth, L., Aizen, M.A. (2010). Pollinator dependence of Argentinean agriculture: Current status and temporal analysis. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology*. 3, 106–116.
- Chacoff, N.P., Zarbá, L., Aragón, R., Carrasco, J. (2015). Soybean production is Enhanced by Animal Pollination. En: Cuarto Congreso Internacional de Servicios Ecosistemicos en los Neotropicos: de la investigación a la acción, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Chamer, A. M. Influencia del servicio de polinización sobre el rendimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) en la Argentina (Tesis presentada para optar por el título de Doctor) Universidad de Buenos Aires en el área Ciencias Biológicas (2012)
- Chiari, W. C.; De Alencar Arnaut de Toledo, V.; Colla Ruvolo-Takasusuki, M. C.; Attencia, V. M.; Martins Costa, F.; Satie Kotaka, C.; Shieguero Sakaguti, E. & Magalhães, H. R., (2005). Floral Biology and Behavior of Africanized Honeybees *Apis*

mellifera in Soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 48, 3: 367-378.

Coro Arizmendi, M. (2009). La crisis de los polinizadores. *Conabio. Biodiversitas*. Nº 85. Págs. 1-5.

Cuniberti M.B., Herrero R., Masiero, B., Fuentes, F. (2011). Cultivares argentinos destacados en proteína y aceite. *EEA Marcos Juárez*.

Devoto, M.; Mayoral, L.; Loval, S. A.; Montaldo, N. H. & Medan, D. (2015) Producción de frutos de soja en respuesta a la polinización por insectos. En: Cuarto Congreso Internacional de Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos: de la investigación a la acción, Mar del plata, Buenos Aires, Argentina.

Dimitri, M. J. & Parodi, L. R. *Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería*. Tomo II. Bs. As. Argentina. Editorial Acme, 1977, pág. 526-527.

Distéfano, S. G. & Gadbán, L. C. (2010) Efecto de la aplicación de fungicidas foliares de distintos grupos químicos en diferentes estadios fenológicos del cultivo de soja sobre la intensidad de mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*) y los componentes de rendimiento. INTA Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica cultivos de verano. Campaña 2010. Publicación Miscelánea Nº 118. Pp 114-157.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat* versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

FAOSTAT. (2017), Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Ultimo acceso: marzo de 2019.

Garibaldi, L.A., Morales, C.L., Ashworth, L., Chacoff, N. & Aizen, M.A. (2012). Los polinizadores en la agricultura. *Ciencia Hoy*. Volumen 21 número 126. Págs.35-43.

Gennari, G.P. (2017). Polinización, un trabajo natural pero no gratuito. E.E.A. Famaillá. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/polinizacion-un-trabajo-natural-pero-no-gratuito>  
Giancola, S. I., Salvador, M. L., Covacevich, M., Iturrioz, G. Análisis de la cadena de soja en la Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2009. pág. 15.

Greenleaf, S. & Kremen, C. (2006). Wild bees enhance honeybees pollination of hybrid sunflower. *Proceeding National Academy of Sciences of America* 103 (37): 13890 – 13895

Guiomar Nates, Parra (2005). Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 75.

Introna, J., Prece, N., Llanes, M. & Latorre, H. (2015). Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja en la EEA INTA Pergamino. Campaña 2014-2015. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino "Ing. Agr. Walter Kugler". Vol. 10. Nº 29. Págs. 63-66.

Introna, J., Prece, N., Llanes, M. (2019). Evaluación de Cultivares de Soja en la campaña 2017-2018 en Pergamino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Vol. 10. Nº 39. Pags. 37-41.

IPBES (2016): Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on

pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. Cunningham, C. Eardley, B. M. Freitas, N. Gallai, P. G. Kevan, A. Kovács-Hostyánszki, P. K. Kwapong, J. Li, X. Li, D. J. Martins, G. Nates-Parra, J. S. Pettis, R. Rader, and B. F. Viana (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 36 pages. Klein, A.M.; Vaissiere B.E.; Cane J.H.; Steffan-Dewenter I.; Cunningham S.A.; Kremen, C. & Tscharntke, T. (2006). Importance of pollinators in changing landscape for world crops. *Proc. R. Soc. Lon. B. Biol. Sci.* 274: 303–313.

Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Roulston T., Steffan-Dewenter I., Vázquez D.P., Winfree, R., Adams L., Crone E.E., Greenleaf S.S., Keitt T.H., Klein A.M., Regetz J. & Ricketts T.H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology letters*, 10: 299-314

Marinozzi, L. A. (2016). Visitantes florales del cultivo de colza en la zona de Tres Arroyos. In *Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología* (Vol. 3).

Miñarro, M., García, D., Martínez-Sastre, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas* 27(2): 81-90. Doi.: 10.7818/ECOS.1394

Monasterolo, M., Musicante, M. L., Valladares, G. R., & Salvo, A. (2015). Soybean crops may benefit from forest pollinators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 217-22.

Montaldo N.H., Medan D., Roitmam G.G., D'Ambrogio A.C. & Mantese A.I. (1996). Exito reproductivo de la colza (*Brassica napus* var. oleífera) en Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 101 (1), 35-41.

Nderitu, J., Nyamasyo, G., Kasina, M., Oronje, M.L. (2008) Diversity of sunflower pollinators and their effect on seed yield in Makueni District, Eastern Kenya. *Span. J. Agric. Res.* 6, 271–278.

Paruelo J. M., Guerschman J. P., Verón S. R. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia Hoy*. Volumen 15 N° 87. Pág. 15.

Pérez Constanzó G., Storti, L. Informes de Cadena de Valor. Ministerio de Hacienda, Presidencia de La Nación. Año 2. N° 29. (2017). Pags. 4, 22-23.

Perrot, T., Gaba, S., Roncoroni, M., Gautier, J.L. & Bretagnolle, V. (2018) Bees increase oilseed rape yield under real field conditions. *Agric. Ecosyst. Environ.* 266, 39-48.

Perrot, T., Gaba, S., Roncoroni, M., Gautier, J.-L., Saintilan, A., & Bretagnolle, V. (2018). Experimental quantification of insect pollination on sunflower yield, reconciling plant and field scale estimates. *Basic and Applied Ecology*. Pags. 1-10.

Poehlman J.M., Sleper, D.A. (1995). *Breeding Field Crops*. Fourth Edition. Págs. 305-306.

Potts S.G., Biesmeijer J.C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O., & Kunin W.E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–353.

Ray J.D., Kilen, T.C., Abel, C.A. & Paris, R.L. (2003). Soybean natural cross-pollination rates under field conditions. *Environ. Biosafety Res.* 2. 133–138.

Ridner, E. Soja, propiedades nutricionales y su impacto en la salud. Buenos Aires. Grupo Q S.A.: Sociedad Argentina de Nutrición. 1º edición. 2006, pág. 8.

Sáez, A., Sabatino, M. & Aizen, M. (2014). La diversidad floral del borde afecta la riqueza y abundancia de visitantes florales nativos en cultivos de girasol. *Ecología Austral* 24:94-102.

Salvagiotti, F., Enrico, J.M., Bodrero, M. y Bacigaluppo, S. (2010) Producción de soja y uso eficiente de los recursos. Para Mejorar la Producción N° 45. EEA INTA Oliveros, pp 151-154.

Santos, E., Mendoza, Y., Vera, M., Carrasco-Letelier, L., Díaz, S., & Invernizzi, C. (2013). Aumento en la producción de semillas de soja (*Glycine max*) empleando abejas melíferas (*Apis mellifera*). *Agrociencia Uruguay*.

Singh, R.J. (2017). *Botany and Cytogenetics of Soybean*. Springer International Publishing. Agricultural Research Service. USDA. 11-40.

Sumangala, S. & Giriraj, G. (2003). Seed yield, test weight and oil content in sunflower genotypes as influenced by various pollination methods and seasons. *Helia*, 26(38), pp. 143-148.

Tylianakis, J. M., (2013). The Global Plight of Pollinators. *Science* 33519: 1532-1533.

Vignatti, R. V. (2003) Concentración de la producción: Pools de siembra, fondos de inversión y nuevos capitalistas en el sector agropecuario pampeano. Trabajo final de grado. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Págs. 14, 27. Disponible en: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.488/te.488pdf>

Ybran, R.G. & Lacelli, G.A. (2016). Informe estadístico mercado de la Soja. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_informe\\_estadistico\\_del\\_mercado\\_de\\_soja.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf)

Zou, Y., Xiao, H., Bianchi, F.J.J.A., Jauker, F., Luo, S., Van Der Werf, W. (2017) Wild pollinators enhance oilseed rape yield in small-holder farming systems in China. *BMC Ecol.* 17,6.