

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

IMPACTO DE *Apis mellifera* EN LOS COMPONENTES
DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CANOLA

por

Marco CRACCO REHERMANN

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2018

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Silvana Abbate

Ing. Agr. Sebastián Mazzilli

Ing. Agr. Horacio Silva

Fecha:

6 de abril de 2018

Autor:

Marco Cracco Rehermann

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera agradecerle a mi familia que me diera la posibilidad de estudiar. A mis compañeros de grado Federico Guillermo y Hugo Bacetti, al técnico agropecuario Darío Fros, y al Ing Agr. Gustavo Ramallo con quienes realice las tareas de campo. A INIA por los materiales y la colaboración durante el ensayo. A los Ings. Agrs. Silvana Abbate, Sebastián Mazzilli y Horacio Silva, por el tiempo y los conocimientos compartidos en la orientación de este trabajo final de mi formación como Ingeniero Agrónomo.

Marco

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. COLZA.....	2
2.2. POLINIZACIÓN.....	2
2.3. POLINIZACIÓN ENTOMÓFILA.....	3
2.4. INSECTOS POLINIZADORES.....	3
2.4.1. <u>Apis mellifera</u>	4
2.4.2. <u>Apis mellifera en Uruguay</u>	5
2.5. LA IMPORTANCIA DE LA POLINIZACIÓN EN COLZA.....	5
2.5.1. <u>Factores determinantes en el rendimiento de colza</u>	6
2.5.2. <u>Efecto de los polinizadores en el rendimiento de</u>	7
2.6. LAS PLAGAS DEL CULTIVO, EL USO DE INSECTICIDAS Y SUS EFECTOS EN LOS POLINIZADORES.....	8
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	10
3.1. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO.....	10
3.2. DETERMINACIONES.....	12
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	13
4. <u>RESULTADOS</u>	14
4.1. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA.....	14
4.2. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.....	16
4.2.1. <u>Rendimiento</u>	16
4.2.2. <u>Producción de biomasa</u>	17
4.2.3. <u>Índice de cosecha</u>	18
4.2.4. <u>Número de silicuas</u>	19
4.2.5. <u>Peso de mil granos</u>	20
4.2.6. <u>Uniformización del cultivo</u>	21
5. <u>DISCUSIÓN</u>	24
6. <u>CONCLUSIONES</u>	27
7. <u>RESUMEN</u>	28

8. SUMMARY..... 29

9. BIBLIOGRAFÍA..... 30

10. ANEXOS..... 38

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Figura No.	Página
1. Ubicación del ensayo	11
2. Instalación de las carpas.....	12
3. Croquis del ensayo.....	13
4. Comparación entre las precipitaciones y la temperatura media del período mayo- octubre 2016 con la serie histórica (2002-2016).....	14
5. Ubicación temporal de las precipitaciones.....	15
6. Promedio de temperatura diaria, desde inicios de floración, hasta la cosecha.....	16
7. Rendimiento promedio (kg/ha) para los tratamientos.....	17
8. Producción de biomasa (kg/ha).....	18
9. Índice de cosecha.....	19
10. Número de silicuas por metro cuadrado según tratamiento.....	20
11. Peso de mil granos (g) según tratamiento.....	21
12. Cultivo al 29 de setiembre, en el tratamiento con abejas.....	22
13. Cultivo al 29 de setiembre, en el tratamiento sin abejas.....	23

1. INTRODUCCIÓN

La colza (*Brassica napus*) es actualmente la segunda oleaginosa de mayor producción en el mundo, siendo su aceite el tercero más consumido luego del de soja y el de palma (USDA. ERS, 2017). En los últimos años la superficie de siembra de este cultivo en Uruguay ha tendido a aumentar, convirtiéndose en una opción interesante para diversificar los sistemas agrícolas del país, que durante el invierno están dominados por los cultivos de trigo y cebada y por la siembra de cultivos de cobertura.

Si bien la colza es un cultivo con un alto porcentaje de autofecundación, algunos autores señalan que la fecundación entomófila juega un papel relevante, generando un incremento del rendimiento y la homogenización de la producción, lo cual facilita la cosecha y disminuye el porcentaje de pérdidas (Manning y Wallis 2005, Sabbahi et al. 2005, Bommarco 2012).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en los diferentes componentes del rendimiento del cultivo de colza (*Brassica napus*).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 COLZA

Brassica napus es una oleaginosa de la familia Crucífera proveniente de África, Europa y Asia. El género *Brassica* ha sido muy utilizado desde hace miles de años (Downey, 1983), pero recién en la década del 60 se intensificó su uso debido al surgimiento de nuevas variedades, cuyas semillas redujeron el contenido de ácido erúico y glucosinatos, sustancias tóxicas para el hombre y los animales (Daun, 1884). En la actualidad a nivel mundial, la colza se ubica en segundo lugar en superficie sembrada y en tercer lugar en la producción de oleaginosas (USDA. ERS, 2017). El crecimiento en el área sembrada de este cultivo, se debe a su utilización en la producción de biocombustibles y al aumento de la demanda de su aceite para consumo humano.

En Uruguay la superficie sembrada cobra significancia a partir del año 2004, siendo impulsada desde el 2011 por un acuerdo del Estado con Alcoholes del Uruguay (ALUR) para promover la producción nacional de biocombustibles. La superficie sembrada en el país en el año 2016 alcanzó 26.000 hectáreas y una producción de 41 mil toneladas (MGAP. OPYPA, 2017).

2.2. POLINIZACIÓN

La polinización es un proceso básico para la viabilidad y la diversidad de las plantas (Klein et al., 2007). Se basa en la transferencia de los granos de polen desde la antera donde fueron producidos a la superficie receptiva o estigma del órgano femenino de la flor. La polinización consta de cuatro etapas: 1) Emisión del polen, 2) Traslado de polen a los estigmas de las flores, 3) Recepción en el estigma, 4) Germinación del grano de polen (Delaplane y Meyer, 2000).

Los efectos de una correcta polinización de los cultivos son varios y no todos son tomados en cuenta o cuantificados como corresponde. Entre los posibles efectos se encuentran: aumento de rendimientos, homogenización de la cosecha, cuajado de flores prematuramente (evitando por ejemplo una pérdida de rendimiento por heladas o el ataque de insectos) y mejora de las características organolépticas. Por otro lado, la polinización permite la formación de semillas híbridas, las cuales generalmente presentan mayor porcentaje de germinación, vigor inicial, capacidad de establecimiento, sanidad vegetal y capacidad de dejar descendencia (MacGregor, 1976).

Según Culley et al. (2002) los agentes encargados de la polinización comúnmente son el viento y diversos agentes bióticos, entre los cuales se destacan los insectos (abejas domésticas y salvajes, abejorros, etc.), pájaros, murciélagos y el hombre.

2.3 POLINIZACIÓN ENTOMÓFILA

Existen numerosas relaciones entre los artrópodos y las plantas, dentro de las cuales las más estudiadas son las antagónicas, por ejemplo, cuando los artrópodos se alimentan de hojas, semillas, savia de las plantas (Ollerton, 1999). Existen también otros tipos de relaciones no menos importantes que son las mutualistas, entre las cuales se encuentra la polinización, que es un requisito indispensable para la supervivencia del 90% de las angiospermas y de las gimnospermas, aunque en menor medida (Linder, citado por Ollerton, 1999).

Según Ollerton (1999), para que la polinización por parte de los insectos (entomófila) se produzca correctamente deben cumplirse ciertas condiciones:

1- El polinizador debe poseer patrones de conducta, eso significa, buscar flores de color, forma, y/o aroma que correspondan con la flor recién visitada, lo cual es necesario para que la transferencia de polen ocurra entre plantas de la misma especie.

2- Tiene que existir algún tipo de ajuste entre la morfología de la flor y la del insecto, ya que no todos los insectos que visitan las flores entran en contacto con el polen. En otros casos, flores más complejas requieren de que la forma del polinizador se ajuste, para permitirle acceder a los nectarios que a veces están ocultos.

La polinización requiere de la combinación de los aspectos aquí mencionados, y la recompensa que da la planta, en cantidad y calidad, es así que cuanto mayor sea esta, más visitada será por los insectos (Ollerton, 1999). Los tipos más comunes de recompensa son: néctar, polen, tejidos florales, aceites y resinas. Además, las flores presentan colores característicos, que sirven como señales para atraer a los polinizadores y asegurar su visita (Borges et al., citados por Santos, 2013).

2.4 INSECTOS POLINIZADORES

Una clasificación presentada por Ollerton (1999) propone que, dentro de los insectos polinizadores, los que poseen la mayor importancia son los alados. El mismo autor establece un ranking de importancia de cada orden en su contribución a la polinización:

- 1- Hymenoptera, extremadamente importantes.
- 2- Lepidoptera, muy importantes.
- 3- Diptera, muy importantes.
- 4- Coleoptera, muy importantes para algunos grupos.
- 5- Thysanoptera, muy importante para un pequeño grupo.
- 6- Dictyoptera, de importancia menor.

Marini et al. (2015) afirman que los apoideos (insectos que conforman la superfamilia Apoidea) comúnmente llamados abejas, son los más importantes agentes

polinizadores dentro del orden Hymenoptera. Las abejas representan el 88% de la polinización por insectos, siendo *Apis mellifera* la responsable del 70% y el restante 18% se atribuye generalmente a abejas salvajes. En ciertos casos, los abejorros también pueden ser polinizadores muy eficientes (Belozerova 1960, Mesquida y Ernard 1979).

2.4.1 *Apis mellifera*

Un tercio de los alimentos consumidos por los seres humanos requieren de la polinización entomófila (Delaplane y Mayer, 2000). Entre los insectos polinizadores la especie principal es *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) comúnmente llamada abeja común, abeja europea o abeja melífera, siendo responsable de polinizar aproximadamente el 80% de los alimentos que requieren dicho proceso (Klein et al. 2007, Hu et al. 2008).

La abeja melífera ha sido domesticada por el hombre, era encontrada naturalmente en África, Cercano y Medio Oriente y Europa y fue introducida en América por los europeos (Garnery et al., 1992). Su instalación en colmenas proporcionadas por el hombre, de fácil transporte, permiten hacerlas disponibles en cualquier cultivo de interés en el momento adecuado (Winston 1987, Jean-Prost 1995). Además, presenta superposición de generaciones, lo cual asegura su presencia durante todo el año cuando existe un correcto manejo del apicultor. *Apis mellifera* se caracteriza por ser muy buena productora de miel, polen, ceras y propóleos (De la Cuadra 1992, Lopez y Sotomayor 1992).

La relevancia de *Apis mellifera* y otras especies de apoideos en la polinización se debe a que presentan: diversidad y ubicuidad, estructura social y habilidades comunicacionales, un sistema visual que se ajusta al espectro de colores de las flores, movilidad y su habilidad de vuelo, constancia floral (cada abeja individual se centra en un tipo de flor por recorrida) y además tanto adultos como larvas se alimenten de polen y néctar (Ollerton, 1999).

Las abejas se alimentan del néctar para obtener una fuente energética y del polen para adquirir proteína. Las que viven en colonias tienen que acarrear el alimento para sus larvas, para lo cual deben recorrer un gran número de flores al día. En el proceso de recolección las abejas frotan su cuerpo contra las anteras u otras partes de la flor o incluso pueden usar sus piezas bucales para romper las anteras y poder llevarse el polen (Santos, 2013). El trabajo de la abeja común se destaca porque presenta gran distribución de polen, visita gran cantidad de flores en un mismo día, acude a un solo tipo de flor en cada salida y no abandona la fuente de polen y néctar hasta agotarla (Santos, 2013). Todas estas características son positivas para una correcta polinización de un cultivo.

Las abejas son capaces de trabajar en distintas condiciones climáticas, pero aun así son muy dependientes de la temperatura, humedad, precipitaciones y velocidad del viento. En cuanto a la temperatura Eisikowitch (1981) encontró que por debajo de 15°C

se detenía el vuelo. Puskadija (2002) encontró que las mismas presentaban una máxima actividad entre 20 y 25°C de temperatura y una humedad entre 65 a 75%, destacando que el vuelo era interrumpido cuando se presentaban fuertes lluvias y elevada intensidad de viento.

2.4.2 *Apis mellifera* en Uruguay

En Uruguay en el siglo XIX se introdujeron colonias de *Apis mellifera* de origen europeo. En 1956 se introdujeron en San Pablo, Brasil, reinas de origen africano (*Apis scutellata*), con la finalidad de aumentar la producción. Desde ese momento se dio una hibridación sin control que terminó con la africanización de las colonias, desde la latitud 35-40° sur, hasta el estado de California, USA (Kim y Oguro 1999, Sheppard et al. 1999, Abrahamovich et al. 2007). Uruguay presenta un 80% de sus colonias africanizadas. En los departamentos de Colonia, Soriano, Rio Negro y Paysandú es donde se encuentra en menor medida la hibridación debido a que allí se concentra la mayor producción apícola del país y los apicultores suelen importar genéticas europeas para mejorar sus características (Branchiccela et al., 2014).

2.5 LA IMPORTANCIA DE LA POLINIZACIÓN EN LA COLZA

La colza (*Brassica napus*) es considerada una especie autógama en un porcentaje variable según el genotipo, pero que puede presentar un porcentaje de alogamia que puede variar entre un 12 a un 47% (Williams et al. 1986, Becker et al. 1992). El viento es el principal agente de polinización de colza, debido a las distancias que transporta el polen, pero sin dudas las abejas cumplen un rol fundamental, siendo los insectos que más frecuentan el cultivo cuando se encuentra en floración (Persson, Olsson, citados por Free y Nuttall, 1968). Las características de las flores de colza en cuanto a su color, estructura, elevada concentración de azúcar en el néctar y tipo de polen, que hacen que las mismas sean muy atractivas para los insectos, especialmente para las abejas (Meyerhoff, Belozerova, citados por Free y Nuttall, 1968).

Las flores de colza son protógamas, es decir que cuando la flor abre, el estigma ya está receptivo pero las anteras no están maduras hasta una etapa posterior (Delaplane y Mayer, 2000). Los estigmas están receptivos al polen solamente durante dos días, y la viabilidad del polen varía entre 24 horas y una semana, de acuerdo a las condiciones ambientales (humedad y temperatura principalmente) (Mesquida y Renard, 1982). En condiciones normales, la viabilidad del polen decrece gradualmente durante 4 a 5 días (Ranito-Lehtimäki, 1995), por lo cual es importante que el grano de polen sea depositado en el momento correcto. En este sentido, la presencia de *A. mellifera* cumple un papel relevante en la polinización, ya que la misma recorre más de una vez las flores en el período que se están alimentando del cultivo, además de que su morfología permite

el transporte de grandes cantidades de polen y su deposición sobre los estigmas (De Souza, 2009).

La estructura de las flores de *Brassica napus* es la típica de una Crucífera: presenta cuatro pétalos en cruz de color amarillo, un tamaño y separación adecuados para el arribo de polinizadores, garantizando un correcto acceso al polen y al néctar. Las secreciones de néctar se producen durante todo el día, lo cual facilita la obtención por parte de los polinizadores. Tanto el néctar como el polen son de elevado valor nutritivo y energético (Benedek, citado por Nedić et al., 2012). Estas características de la flor combinadas con la gran abundancia por planta y su aparición sucesiva durante aproximadamente un mes, hacen que la colza sea preferida, incluso cuando estén presentes otras plantas en floración dentro del rango de acción de la colmena.

La colza es un interesante recurso para las colonias de abejas, no sólo por la obtención de una buena producción de miel sino también debido al momento en el cual lo aporta (temprano en la primavera), que es cuando el alimento para las abejas es escaso y esto permite un desarrollo temprano de las colonias (Nedić et al. 2012, Shakeel 2015). Para lograr una correcta polinización a nivel productivo, se deben colocar al menos tres colmenas por hectárea con un radio de acción no mayor a los 500 metros (Sabbahi et al., 2005).

2.5.1 Factores determinantes del rendimiento de colza

El período crítico para la determinación del rendimiento abarca desde inicio de la floración hasta el final del periodo de fijación de granos (Champolivier y Merrien, 1996), durante este período se define el número máximo de silicuas y de semillas. La floración de este cultivo ocurre aproximadamente en cuatro semanas y es sumamente dependiente del aporte continuo de fotoasimilatos, en un momento en el cual el índice de área foliar (IAF) de las plantas cae bruscamente luego del inicio de floración (Gabrielle et al., 1998).

Durante el período crítico un pequeño estrés por falta de agua puede ocasionar una pérdida de rendimiento, siendo esta sensibilidad determinada por el cultivar (Richards y Thurling, citados por Diepenbrock, 2000). Las silicuas tienen la capacidad de compensar en cierta medida la pérdida de IAF, al ser fotosintéticamente activas, pero la porción de radiación que captan es menor a la de las hojas. Una ventaja que posee la colza frente a algún tipo de estrés que le haya ocasionado pérdida de brotes, flores y vainas, es que sigue creciendo luego de la floración (Boelcke y Vietinghoff, 1987). La capacidad de compensación del cultivo depende de las condiciones climáticas, siendo muy limitada en condiciones de estrés.

La calidad de la semilla también resulta de interés a nivel productivo. Tanto el contenido de aceite, como el de clorofila están involucrados en el precio que recibe el productor: mayor contenido de aceite es bonificado en precio, y altos contenidos de

clorofila influyen negativamente en la calidad del producto por los cuales son penalizados en el precio.

2.5.2. Efecto de los polinizadores sobre el rendimiento de colza

Los resultados de diversos estudios en colza indican que los polinizadores, especialmente las abejas, tienen un efecto positivo sobre el número de vainas y semillas por planta, incrementando el rendimiento desde 18% a más de un 50% (Smith 2002, Steffan-Dewenter 2003, Manning y Wallis 2005, Sabbahi et al. 2005, Oz et al. 2008).

Mesquida (1988) encontró una reducción significativa en la vida media de la flor de colza, cuando la flor fue polinizada por abejas. Este mismo autor también encontró una tendencia (no significativa) en la reducción del período total de floración y del total de flores producidas. En diversos experimentos a campo se observó que la acción de la abeja tuvo un efecto significativo en la formación temprana de silicuas y como consecuencia una maduración más rápida y homogénea (Lerin, citado por Mesquida 1988, Sabahi et al. 2006, Shakeel et al. 2015).

Araneda Durán et al. (2010) observaron que la presencia de abejas incrementó el rendimiento debido a un aumento significativo del número de silicuas por planta (principal componente del rendimiento). Bommarco et al. (2012) encontraron aumentos de 18% en rendimiento y 20% en el valor comercial por el aumento en calidad. Nedić et al. (2012) encontraron un aumento en la producción de la colza del 12% al incluir a *A. mellifera* como polinizador en el cultivo, este incremento se debió a un mayor número de silicuas por planta y a un mayor número de semillas por silicua, pero con un menor peso de semillas. Otros autores también registraron aumentos en el rendimiento de colza del orden del 46% (Sabbahi et al., 2005) y 22% (Manning y Wallis, 2005) debido a la inclusión de colmenas en el cultivo.

Bommarco et al. (2012) cuantificaron el efecto de diversos polinizadores en contraste con la polinización por acción del viento o la autofecundación. Según estos autores, la acción de los polinizadores (*Apis mellifera* y polinizadores silvestres) generó un aumento de 18% en el peso de las semillas y un incremento del porcentaje de aceite, lo cual tuvo como consecuencia un mayor rendimiento y mejor calidad de la semilla, determinando un precio de mercado 20% mayor.

La exclusión del acceso de los polinizadores a las flores trajo como consecuencia un descenso del 27% del rendimiento total, y del 30% del peso de los granos por silicua en una variedad de colza de invierno, siendo comparables con los resultados obtenidos en colza de primavera (Stanley et al., 2013).

Los polinizadores no solo aumentan el rendimiento de la colza, sino que tienen un rol importante en la homogenización y formación temprana de vainas, determinando que las semillas se formen antes y su maduración sea más homogénea (Sabbahi et al.

2006, Abrol 2012) lo cual también incrementa la calidad de la producción (Chiari et al. 2005, Morandin y Winston 2006). Sabbahi et al. (2006) determinaron que los polinizadores provocaban un acortamiento de 3,8 días en el período de floración, debido a que la planta alcanza antes el número de fosas que puede llenar. Si bien diversos trabajos mencionan que el período de floración se ve acortado en presencia de polinizadores, esta respuesta es muy dependiente de las condiciones ambientales (Mesquida, 1988).

Kalmer y Jas (2003) encontraron que la polinización con *Apis mellifera* tiene un efecto positivo para el rendimiento del cultivo que varía desde un 6% hasta un 64%. Dicha variación está muy influenciada por el efecto año y por otros factores que interactúan con la polinización: cultivar, estado del tiempo durante la floración y presencia de polinizadores.

Por otro lado, existen estudios en los cuales no se han registrado incrementos en el rendimiento debido a la presencia de insectos polinizadores. Free y Nuttall (1968) encontraron un aumento en la cantidad de semillas del 13% que no se diferenció del tratamiento que excluía a los polinizadores, ya que las mismas presentaban significativamente menor peso.

Klein et al. (2014) encuentran que la polinización es afectada por otros factores que influyen en el rendimiento, como la fertilización y la disponibilidad hídrica, teniendo los mismos una mayor influencia en el rendimiento que la polinización entomófila. Estos mismos autores, en un experimento con almendros, encontraron que la polinización en los casos de déficit hídrico presentó un menor rendimiento comparado con la exclusión de la polinización.

Sandhu et al. (2016), encontraron que ante la disminución de polinizadores las variedades de polinización abierta se comportan mejor que los híbridos, con menores reducciones en el rendimiento.

En Uruguay hasta la fecha la información disponible respecto al efecto de los polinizadores sobre el rendimiento de los cultivos extensivos es muy limitada. En colza, Dobreff y Rosas (2015) encontraron que la presencia de abejas aumentaba el rendimiento 16,5% en relación al testigo sin polinizadores, con un índice de cosecha mayor, menor peso de mil semillas y sin diferencias en la producción de biomasa.

2.6 LAS PLAGAS DEL CULTIVO, EL USO DE INSECTICIDAS Y SUS EFECTOS EN LOS POLINIZADORES

Las plagas en colza durante la implantación del cultivo se consideran secundarias dada la plasticidad que presenta para compensar los daños. Aunque un menor número de plantas al inicio del cultivo, puede tener como efecto indirecto una mayor interferencia de malezas (Weiss et al., 2006).

La plaga que exige mayor número de aplicaciones es *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) debido a que se alimenta de hojas, yemas, flores, silicuas, corteza externa de los tallos, y en algunos casos, de las semillas en desarrollo. El control químico suele coincidir con la etapa de floración, momento en el cual se registra un gran número de insectos benéficos, entomófagos y polinizadores. Los productos químicos utilizados, van desde los específicos como los reguladores de la síntesis de quitina, hasta los de amplio espectro como fosforados (Abbate et al., 2015).

Durante el período de floración del cultivo se puede registrar otro insecto plaga: *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae, Bentancourt y Scatoni, 2010). Las colonias de pulgones se ubican en hojas y brotes vegetativos y florales, lo que produce pérdida de semillas y reducción del rendimiento (Huges, 1963). Las aplicaciones de insecticidas para controlar esta plaga coinciden con el momento en que se encuentran los polinizadores, los cuales se verían perjudicados.

La polinización es un servicio ecosistémico de gran valor, que se ve amenazado por el reciente descenso en el número de polinizadores (Daily, citado por Westphal et al., 2003). Las poblaciones de insectos polinizadores (abejas salvajes, abejorros y abejas melíferas) están en disminución en varias regiones del mundo debido a las prácticas agrícolas, como uso de agroquímicos y fertilizaciones, modificación del paisaje y espacios seminaturales, así como el monocultivo (Steffan-Dewenter 2003, Jauker et al. 2011, Bommarco et al. 2012). Según FAO (2014) en todos los continentes excepto en la Antártida se han perdido especies y poblaciones de abejas. Entre las causas asociadas a la crisis de los polinizadores se encuentran: la introducción de especies que compiten o son portadoras de parásitos nuevos para los polinizadores nativos, la presencia de algunas plantas invasivas que modifican la composición florística, la deforestación y el uso indiscriminado de agroquímicos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en un predio comercial, ubicado en Paso Guerrero, Departamento de Paysandú (Figura 1), entre los meses de agosto y octubre de 2016. En ese período se realizó el seguimiento del cultivo durante inicio de floración, hasta cosecha sobre un cultivo comercial de canola, variedad Rivette (primaveral de ciclo intermedio), sembrada el 26 de mayo y cuyo rendimiento final fue de 2105 kg ha⁻¹.

El establecimiento se ubica sobre la unidad de suelos Young. El grupo de suelos, según la clasificación CONEAT, es el tipo 11.4. El ensayo se instaló sobre un Brunosol éutrico típico, moderadamente profundo, con textura franco arcillosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenado.

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

El día 24 de agosto se instalaron seis carpas en el cultivo a inicios de floración y se retiraron una semana antes de cosecha (18 de octubre), cuando ya no quedaban flores dentro de las carpas. Los tratamientos fueron carpas con abejas *Apis mellifera* (CCA) y sin abejas (CSA).

Las carpas presentaban una base de tres metros de ancho por seis metros de largo y el volumen estaba conformado por arcos que en su punto más alto alcanzaban los dos metros de altura formando un semicilindro. La estructura era envuelta por una malla blanca de 3 mm de diámetro y en el extremo opuesto a la entrada se extendía un metro y medio el tul formando un semicono (Figura 2).

En el extremo cónico de las carpas de los tratamientos CCA, se colocó una colmena sobre una base de madera que tenía un bebedero. Las colmenas contenían núcleos de 5 cuadros (4 con abejas y 3 de cría), libre de enfermedades e inspeccionadas para que no presentaran síntomas de nosema. La reina tenía un año de vida, la población rondaba entre los 10 a 15 mil abejas. Tanto las carpas como las colmenas fueron brindadas por INIA La Estanzuela, y se armaron e instalaron mediante la supervisión y colaboración de sus técnicos. También se instaló un termómetro dentro de una de las carpas.

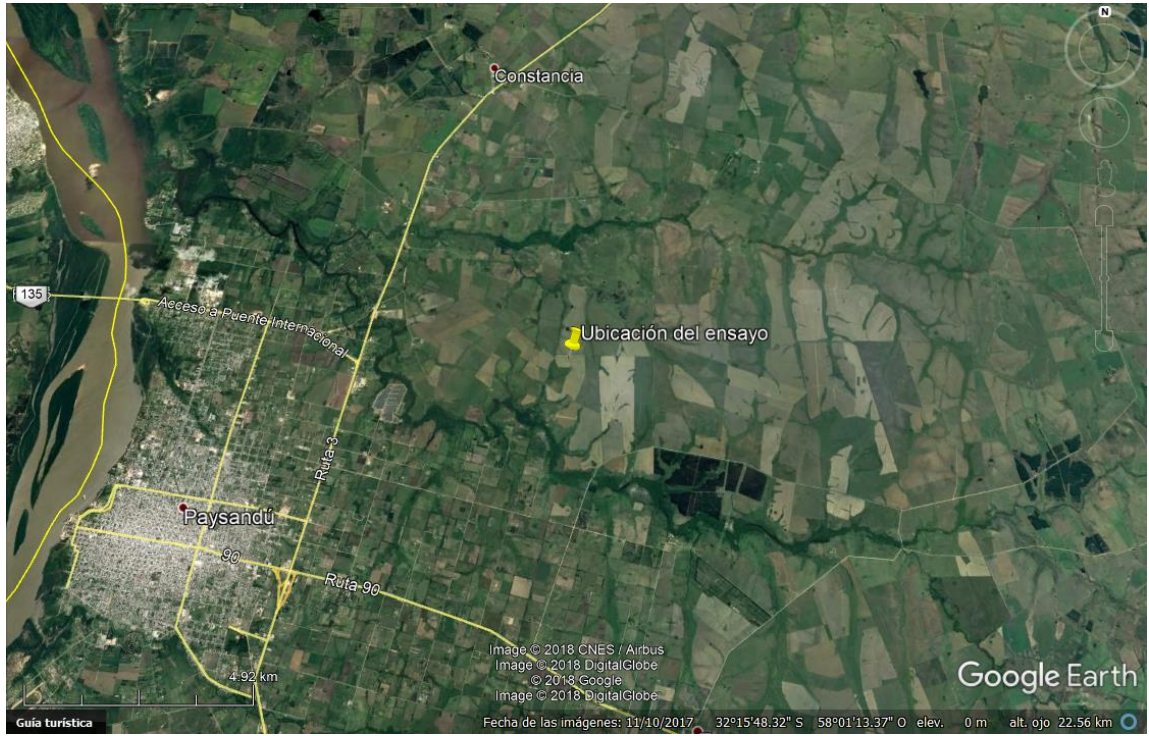


Figura No. 1. Ubicación del ensayo.



Figura No. 2. Instalación de las carpas.

3.2 DETERMINACIONES

Desde la instalación de las carpas se realizaron visitas al predio cada cinco días, para constatar el avance de la floración, determinar el estado fenológico del cultivo, el correcto estado de las carpas y las colmenas dentro de las mismas. El 18 de octubre se realizó la cosecha de las plantas de colza para lo cual en cada carpa, se cortaron con tijeras al ras del suelo en dos metros lineales, todas las plantas de dos surcos contiguos, repitiendo este procedimiento en dos sectores distintos dentro de cada carpa.

Todas las muestras fueron acondicionadas y secadas en estufa a 60°C durante 48 horas, posteriormente se determinó el peso seco de las mismas y se determinó el número de silicuas por muestra. Posteriormente se realizó la trilla manual y la limpieza de las semillas. Para estimar el peso de mil granos de cada muestra, se tomaron y pesaron tres muestras de 100 granos.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completo al azar con tres repeticiones, donde la unidad experimental correspondió a la carpa (Foto 2).

El modelo experimental utilizado fue: $Y_j = \mu_d + \epsilon_j$

Y_{ij} : Rendimiento del tratamiento i -ésimo, para la j -ésima muestra pareada

μ_{di} : media de las diferencias de los tratamientos CCA-CSA

ϵ_{ij} : error experimental asociado a la i -ésimo tratamiento de la j -ésima muestra pareada

j : número de muestras pareadas $j = 1 \dots 6$

Las muestras se analizaron mediante un análisis de varianza, y la comparación LSD Fisher, utilizando el programa InfoStat 2011/p (Di Rienzi et al., 2013).

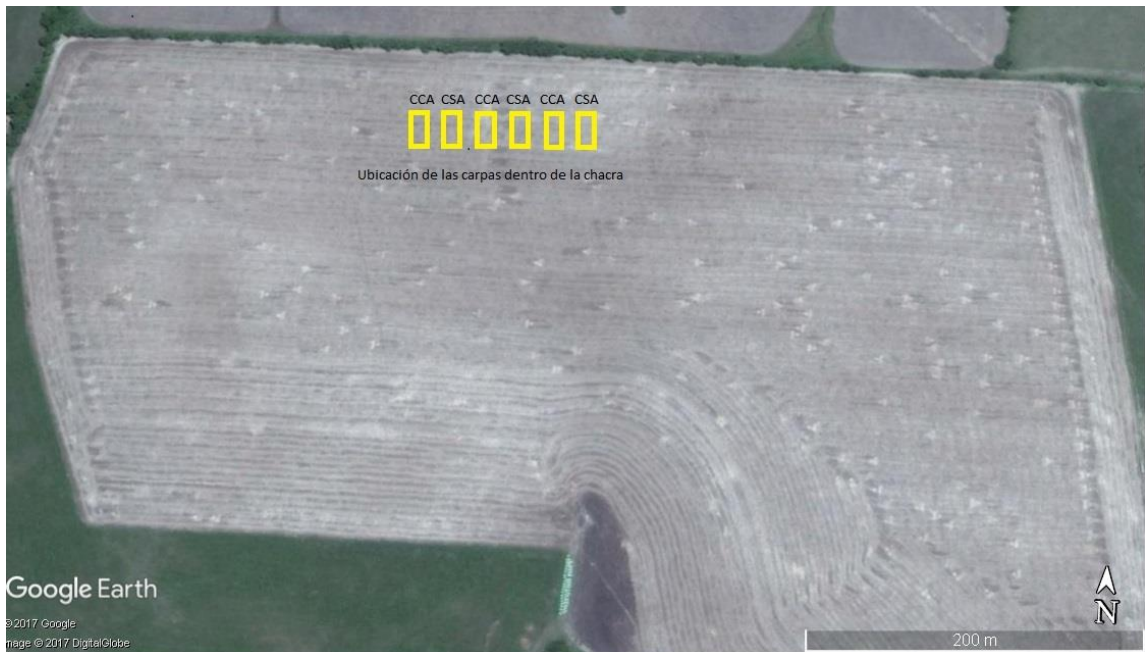
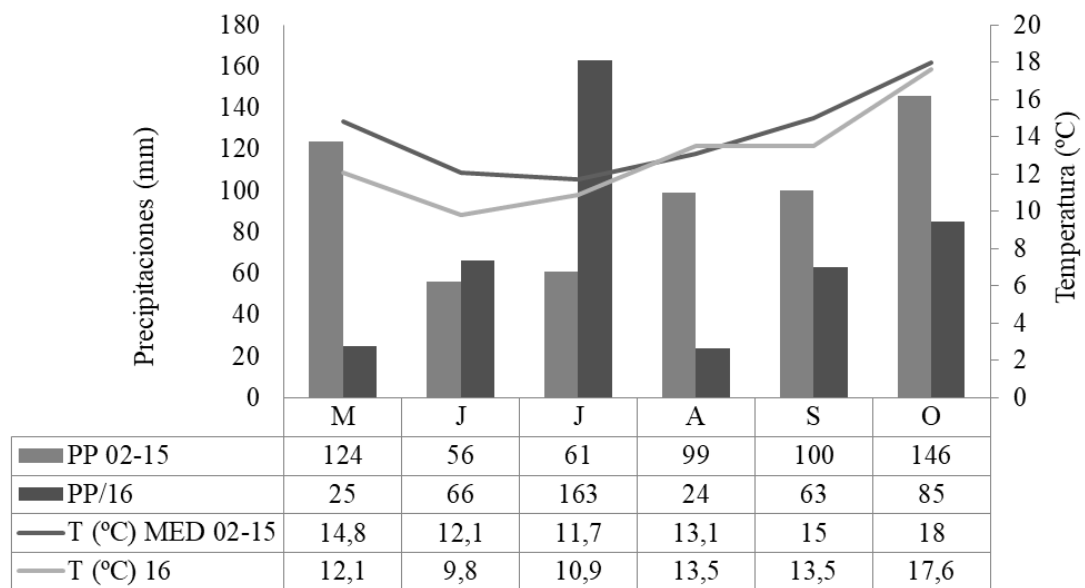


Figura No. 3. Croquis del ensayo

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA

Para caracterizar climáticamente el período en el cual estuvo instalado el cultivo se utilizaron datos de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), próxima a la ciudad de Paysandú, y se utilizó como promedio histórico los valores de precipitaciones y temperatura media en el período comprendido entre los años 2002-2015.



M=mayo, J=junio, J=julio, A=agosto, S=setiembre, O=octubre.

Figura No. 4. Comparación entre las precipitaciones y la temperatura media del período mayo-octubre 2016 con la serie histórica (2002-2015).

Las temperaturas durante los primeros estadios del cultivo (fines de mayo y junio) fueron inferiores al promedio, no interfiriendo con el desarrollo del mismo. Entre los meses de julio y agosto la temperatura media no presentó diferencias con el promedio, y se ubicó levemente por debajo del promedio en el mes de setiembre. Estos datos indican que la temperatura fue adecuada para el correcto desarrollo del cultivo de colza (Figura 4).

Las precipitaciones registradas durante todo el ciclo del cultivo difirieron del promedio histórico. Durante el mes de julio los milímetros acumulados se encontraron 94 mm por encima del promedio. Entre los meses de agosto y octubre la precipitación acumulada se ubicó 162,5 mm por debajo del valor medio acumulado. Tanto la ocurrencia como la intensidad de las precipitaciones fueron insuficientes para satisfacer

los requerimientos del cultivo. Durante el mes de setiembre, momento en el cual se ubicó la floración, se registraron 31 mm menos respecto al promedio considerado, y el mes de agosto acumuló 70.5 mm menos que el promedio (Figuras 4 y 5).

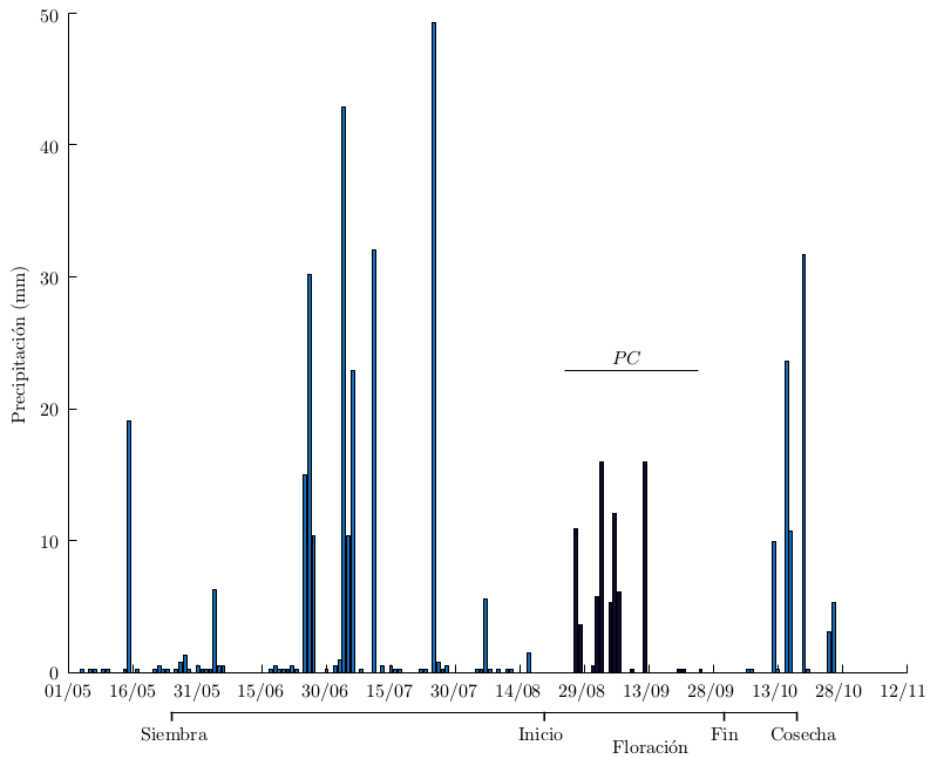


Figura No. 5. Ubicación temporal de las precipitaciones, durante el ciclo del cultivo (estación meteorológica EEMAC).

Las temperaturas diurnas diarias registradas dentro de la carpa, en el período comprendido entre el 30/8 al 1/10 (floración), mayormente se encuentran dentro del rango óptimo para el desempeño de las abejas (15 a 28°C). Durante la primera semana de setiembre, y dos días posteriores y aislados del mismo mes, se registraron bajas temperaturas, las cuales pudieron afectar un correcto desempeño de los polinizadores. Las temperaturas para el período de floración fueron 0.3 °C superiores dentro de las carpas en comparación a los datos de la estación meteorológica EEMAC.

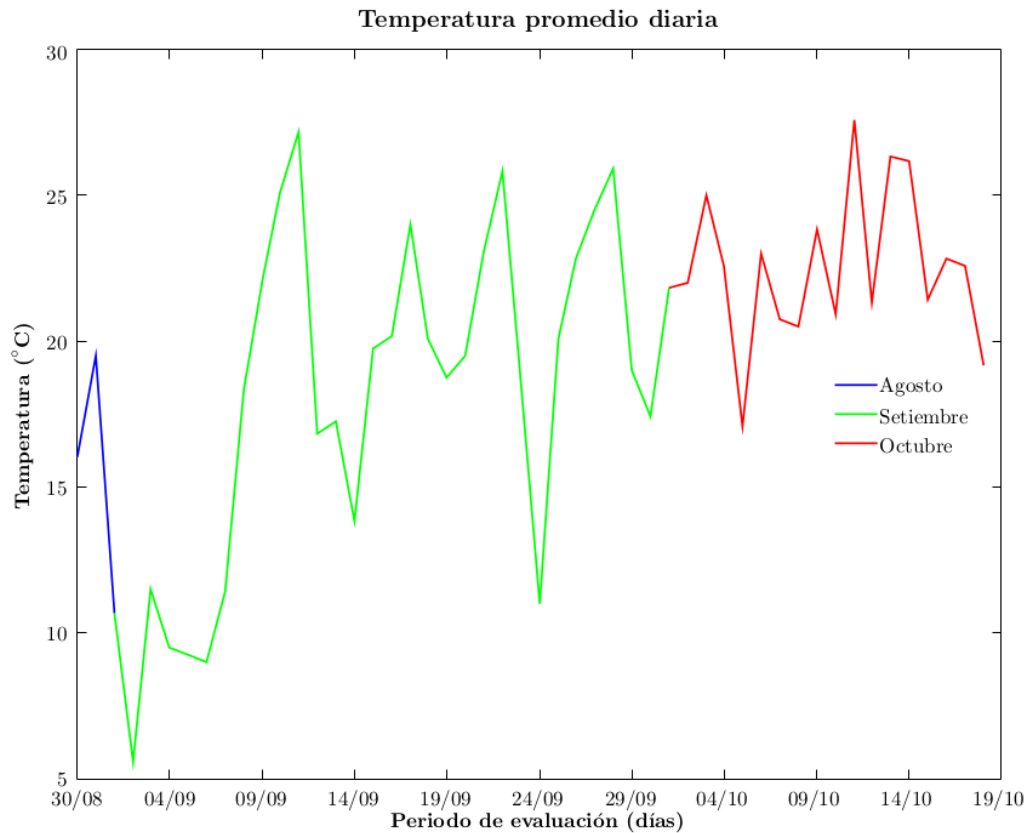


Figura No. 6. Temperatura media diaria, desde inicios de floración, hasta la cosecha, registradas dentro de una de las carpas.

Los registros de radiación para el período en estudio fueron similares a los valores medios (Anexo 1).

4.2 RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

4.2.1 Rendimiento

El rendimiento promedio no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el tratamiento CCA y CSA, aunque se observa una tendencia de mayor rendimiento en CCA. Las parcelas con el tratamiento sin abejas, obtuvieron en promedio 1901 kg ha^{-1} (con un máximo de 2409 kg ha^{-1} y un mínimo de 1603 kg ha^{-1}). El tratamiento con abejas presentó en promedio 2010 kg ha^{-1} , con un valor máximo de 2235 kg ha^{-1} y 1733 kg ha^{-1} de mínimo. En dos de las tres repeticiones fue mayor el rendimiento del tratamiento CCA.

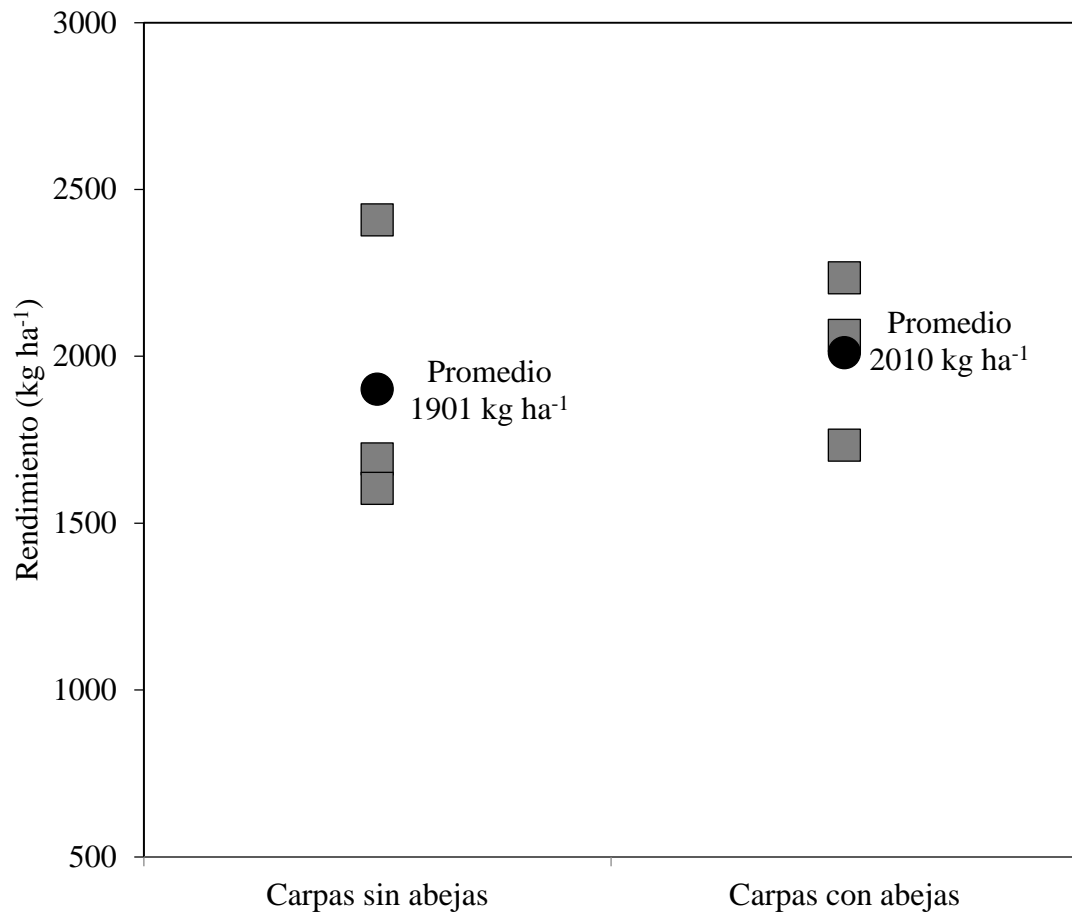


Figura No. 7. Rendimiento promedio (kg/ha) para los tratamientos.

4.2.2 Producción de biomasa

En la producción de materia seca no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$), entre el tratamiento CCA y CSA. Para el tratamiento CSA la producción de biomasa media fue de 6623 kg ha^{-1} , 6974 kg ha^{-1} el máximo y 6316 kg ha^{-1} el mínimo. Para el tratamiento CCA 7039 kg ha^{-1} fue el promedio, 7632 kg ha^{-1} el máximo y 6645 kg ha^{-1} el mínimo. En dos de las tres repeticiones fue mayor el rendimiento del tratamiento CCA.

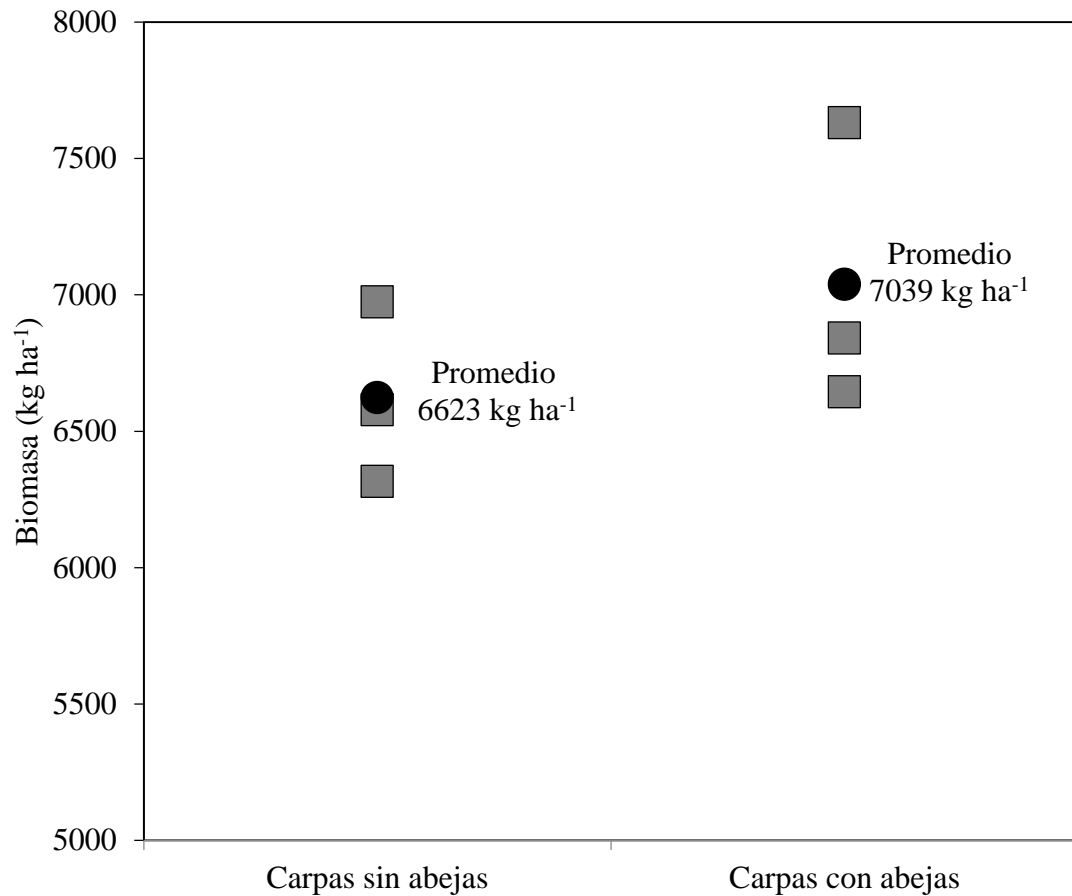


Figura No. 8. Producción de biomasa (kg ha⁻¹).

4.2.3 Índice de cosecha

En el índice de cosecha no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$), entre tratamientos. El promedio del ensayo fue de 0.287. Para el tratamiento CSA se obtuvo un índice de cosecha de 0.285 en promedio, mientras que en el tratamiento CCA el promedio alcanzado fue de 0.288. En dos de las tres repeticiones fue mayor el rendimiento del tratamiento CCA.

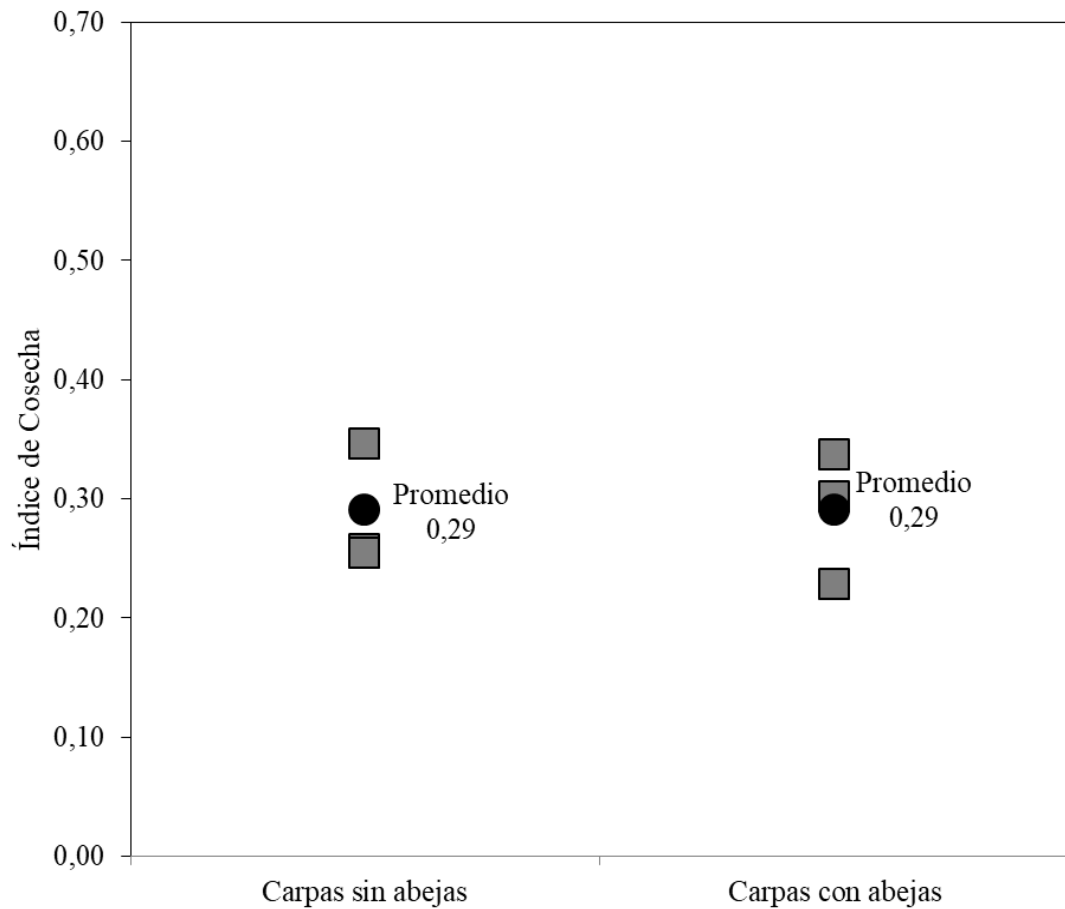


Figura No. 9. Índice de cosecha.

4.2.4. Número de silicuas

El número de silicuas por metro cuadrado no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el tratamientos. El promedio del ensayo fue de $4871/m^2$. Para el tratamiento CSA el promedio fue de $5027/m^2$ ($5297/m^2$ el máximo y $4720/m^2$ el mínimo). Para el tratamiento CCA el valor promedio fue de $4716/m^2$ ($5270/m^2$ el máximo y $4383/m^2$ el mínimo). En dos de las tres repeticiones fue mayor el rendimiento del tratamiento CCA.

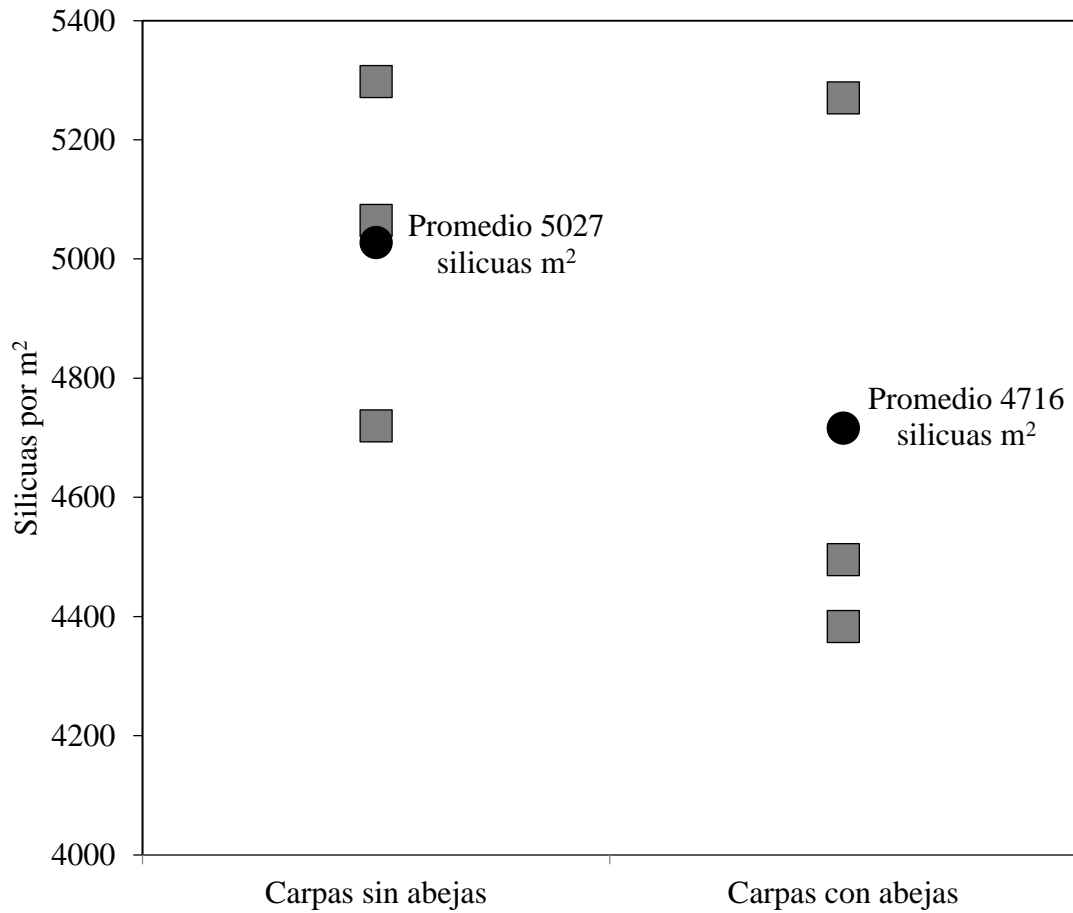


Figura No. 10. Número de silicuas por metro cuadrado según tratamiento.

4.2.5 Peso de mil granos

El peso de mil grano (g) no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$), entre el tratamiento CCA y CSA. El promedio del ensayo fue de 2.72g, con un valor medio de 2.83 g para el tratamiento CSA 2.83g y 2.61g para el tratamiento CCA.

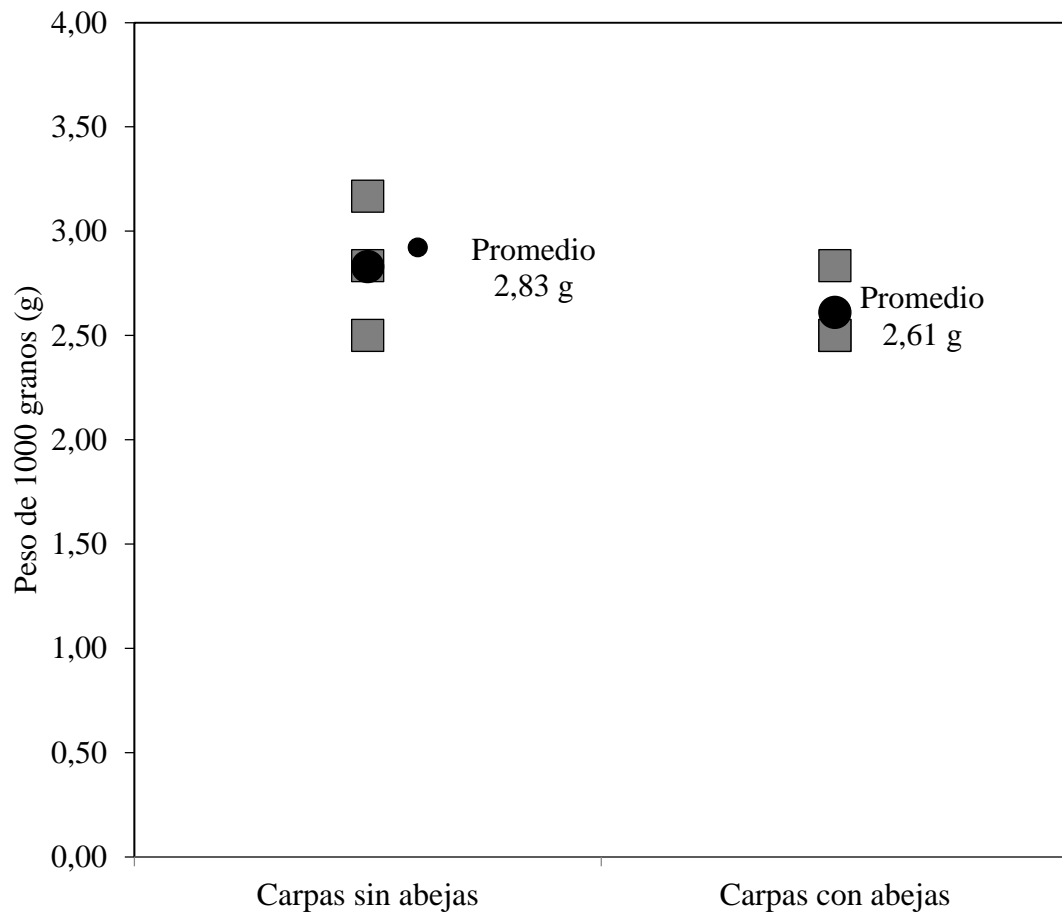


Figura No. 11. Peso de mil granos (g) según tratamiento.

4.2.6 Uniformización del cultivo

Si bien el efecto de la abeja sobre la uniformidad del cultivo, no se evaluó a través de evaluaciones del estado fenológico del cultivo, las siguientes imágenes, tomadas el 25 de setiembre del 2016, las mismas corresponden a los tratamientos CCA y CSA respectivamente. En el tratamiento con abejas, se puede observar que la presencia de las mismas, tiene un efecto de acortar el período de floración, y esto tendría como consecuencia uniformizar el cultivo.



Figura No. 12. Cultivo al 25 de setiembre, en el tratamiento con abejas.



Figura No. 13. Cultivo al 25 de setiembre, en el tratamiento sin abejas.

5. DISCUSIÓN

A diferencia de lo encontrado por otros autores en el presente trabajo no se detectó un efecto positivo significativo de *Apis mellifera* en el rendimiento y sus componente, aunque en casi todas las variables estudiadas se presentó una tendencia (no estadística) a valores mayores en los tratamientos con abejas. Estos resultados pueden explicarse por diferentes motivos.

Si bien las temperaturas medias registradas a lo largo de todo el ciclo del cultivo fueron las adecuadas para un correcto desarrollo del mismo, existió una fuerte limitante hídrica durante el período crítico, que pudo afectar de manera negativa tanto al comportamiento de las abejas como a la determinación de los diferentes componentes del rendimiento.

En colza, el estrés hídrico puede generar menores rendimientos debido a un acortamiento del período de floración, generando una menor producción del número de silicuas y/o fijando silicuas con menor número de semillas (Andersen et al. 1996, Champolivier y Merrien 1996). Ante este escenario, el posible efecto positivo de las abejas, incrementando el número de flores polinizadas, pudo haberse visto disipado, por un elevado porcentaje de abortos, en el período avanzado de la floración o en el cuajado de granos provocados por la falta de agua (en los últimos quince días del período crítico no se registraron precipitaciones).

La falta de diferencias entre los tratamientos con y sin abejas pudo haber estado explicada debido a que el déficit hídrico es más importante que el efecto de los polinizadores. Coincidiendo con nuestros resultados, Champolivier y Merrin (1996) encontraron que el déficit hídrico desde floración hasta el llenado de grano es el principal responsable de la reducción del rendimiento, afectando a todos los componentes del mismo. En concordancia con esto, Ahmadi y Bahrani (2009) encontraron que el déficit hídrico en floración genera una reducción del rendimiento, explicada por la reducción del período de floración, el aborto de silicuas (Kimber y MacGregor, 1995) y también por una disminución en el número de semillas por silicuas (Mendham y Salisbury, 1995). La falta de disponibilidad de agua durante el llenado de grano afecta el peso de los mismos (Ahmadi y Bahrani, 2009). Dado que en las condiciones del presente experimento también se registraron deficiencias hídricas durante el período de llenado de granos, el cultivo tuvo una limitada capacidad compensatoria, en ambos tratamientos.

Por otro lado, la falta de lluvias afecta a las interacciones bióticas entre seres vivos, como por ejemplo a la polinización (Turner, 1993). Cuando los períodos de floración de los cultivos ocurren en condiciones de estrés hídrico, la falta de agua ocasiona flores más chicas (Lee y Felker 1992, Campbell 1996), con menor producción de néctar (Wyatt et al., 1992) y, por ende, menos atractivas para los insectos polinizadores. En este sentido, los resultados de este trabajo pueden estar sub estimado

el efecto de las abejas sobre el cultivo de colza, debido a que las mismas podrían no estar trabajando de manera óptima.

Algunas limitantes en la metodología del presente experimento, pudieron haber sido las causantes de la falta de diferencias halladas entre tratamientos. Lerin (1982) afirma que el efecto positivo de las abejas ocurre en las primeras cincuenta flores abiertas del tallo principal, donde las abejas producen la polinización en un tiempo menor al que ocurre en plantas no visitadas por polinizadores y que su efecto se diluye, si durante el posterior período de floración, el cultivo presenta capacidad de compensación. En el presente trabajo, no se puede determinar el efecto de las diferencias de la abeja, sobre las flores del tallo principal, ya que no se realizó un conteo diferencial del número de silicuas según su ubicación en la planta. Los tallos secundarios son menos productivos que el tallo principal, aunque en años que no sean limitantes climáticamente o las limitantes sean pequeñas, pueden compensar el menor número de vainas en el tallo principal.

Otra posible limitante de este trabajo es el efecto que las carpas pueden tener sobre el normal desarrollo del cultivo y de los polinizadores. Dichas carpas generan una interferencia con los factores ambientales, reduciendo la radiación incidente sobre el cultivo y la velocidad del viento en su interior, por lo cual si bien el registro del termómetro colocado dentro de una de las carpas señala que la temperatura media no se ve afectada (0.3°C superior en las carpas), otras condiciones micro climáticas sí pueden haber sido afectadas, como por ejemplo la humedad relativa. Mesquida et al. (1988) mencionan que el comportamiento de las abejas en confinamiento no es igual, al registrado en condiciones naturales, y esto pudo haber perjudicado el efecto positivo que tendrían sobre el rendimiento del cultivo.

La temperatura diurna dentro de las carpas durante el período de floración siempre se mantuvo por encima de los 15°C que menciona Eisikowitch (1981) como la temperatura mínima para el vuelo de las abejas. Además, la mayoría de los días tuvieron temperaturas diurnas con promedios entre los 20 y los 25°C , siendo temperaturas óptimas para la polinización realizada por abejas según Puskadija (2002), por lo que se puede concluir que esta variable ambiental no fue limitante en el estudio.

La colza presenta un porcentaje variable de autogamia que varía según genotipo y condiciones ambientales entre 88 a 53% en promedio (Williams et al. 1986, Becker et al. 1992). Si bien se desconocen los porcentajes de alogamia de la variedad utilizada (Rivette) en las condiciones del ensayo, como así tampoco se sabe si la misma presenta autocompatibilidad, a campo la polinización de la colza se ve favorecida por la combinación de polinización entomófila y anemófila (Mesquida et al., 1988). Y si bien, ambos agentes por separado provocan un incremento en rendimiento, la mayor diferencia se registra cuando se encontraban ambos mecanismos de polinización trabajando conjuntamente (Bommarco et al., 2012), es decir que la abeja, acarrea el polen previamente disperso por acción del viento. En el presente trabajo, las carpas

ejercen en cierta medida, una retención del viento, afectando este mecanismo de polinización que se optimiza al trabajar conjuntamente.

Si bien el empleo de carpas de exclusión, resulta una herramienta válida para realizar evaluaciones en condiciones experimentales, con dimensiones factibles de manejar, no se debe dejar de señalar que las condiciones de confinamiento a las cuales son sometidas las abejas, pueden diferir de los resultados reales obtenidos cuando se introducen colmenas productivas en chacras comerciales. En este sentido, cabe realizar algunas consideraciones en relación a un inadecuado tamaño de las colonias, la falta de incentivación previo y durante el período del ensayo con alguna fuente de carbohidratos normalmente utilizada y la falta de monitoreo del área de cría abierta, directamente relacionado con el consumo de polen y vigor de la reina.

6. CONCLUSIONES

En las condiciones en las cuales se desarrolló el presente estudio, la introducción de *Apis mellifera*, dentro de carpas de exclusión de polinizadores, en parcelas de un cultivo comercial de colza (*Brassica napus* var. Rivette) durante el período de floración, no determinó incrementos significativos en ninguno de los componentes del rendimiento y no modificó la biomasa aérea producida o el índice de cosecha, pero sí se observó un acortamiento en el período de floración.

En Uruguay y en otros países del mundo, se ha constatado que la presencia de *Apis mellifera* en colza determina incrementos en el rendimiento del cultivo. La mayoría de estos estudios, se realizaron en condiciones no limitantes del desarrollo del cultivo, a diferencia de lo ocurrido en el presente trabajo, en el cual el cultivo atravesó el período crítico bajo condiciones de déficit hídrico.

El posible efecto de la abeja sobre el aumento del número de flores polinizadas, probablemente fue enmascarado por un elevado número de flores y silicuas abortadas debido a las escasas precipitaciones. El déficit hídrico también pudo haber afectado la producción de néctar de la planta, generando flores menos atractivas para los polinizadores.

El empleo de las carpas de exclusión de polinizadores es un factor que podría afectar el comportamiento normal de *Apis mellifera*, por ende los resultados obtenidos podrían estar sub estimar el efecto de las abejas.

Otros factores, tales como la falta de uniformidad en el número de plantas dentro de las parcelas evaluadas debidas por ejemplo a variaciones micro edáficas, pudieron también ser el motivo de la falta de diferencias encontradas.

Sería de interés que futuras líneas de investigación, tengan por objetivo evaluar el efecto de *Apis mellifera* en la producción de silicuas y del número de granos fijados discriminando el tallo principal y las ramas secundarias.

7. RESUMEN

La superficie sembrada de colza (*Brassica napus*) en Uruguay presenta un incremento sostenido desde el año 2004. La colza es considerada una especie autógama, pero que según el genotipo, puede presentar hasta un 47% de alogamia. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en diferentes componentes del rendimiento del cultivo de colza (*Brassica napus*). Las abejas melíferas como polinizadores pueden generar un aumento del rendimiento de colza hasta 50%, y concentrar la floración, generando un efecto positivo de homogenización. En este trabajo se comparó el rendimiento de colza variedad Rivette, en dos tratamientos, la exclusión de polinizadores y la presencia de la abeja melífera. Los parámetros evaluados fueron: el rendimiento total, la producción de biomasa, el índice de cosecha, la cantidad de silicuas por metro cuadrado y el peso de mil granos. El ensayo se realizó en el año 2016 en un predio comercial de Paso Guerrero en el departamento de Paysandú, Uruguay. El diseño experimental utilizado fue completo al azar con dos tratamientos y tres repeticiones. Las parcelas estaban dentro de estructuras metálicas, cubiertas con una malla blanca de 3mm², formando carpas excluidoras de polinizadores. Los tratamientos fueron carpas con abejas (núcleos de 5 cuadros) (CCA) y carpas sin abejas (CSA). Los valores obtenidos de las variables en estudio fueron: rendimiento 2010 kg/ha (CCA), 1901 kg/ha (CSA), biomasa 7039 kg/ha (CCA), 6623 kg/ha (CSA), índice de cosecha 0.288 (CCA), 0.285 (CSA), número de silicuas/m² 4716/m² (CCA), 5027/m² (CSA) y peso de mil granos 2.61g (CCA), 2.83g (CSA). Si bien se observa una tendencia hacia un mayor rendimiento en el tratamiento con abejas, no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables estudiadas. El estrés hídrico durante el período crítico del cultivo pudo haber provocado un aborto de flores y silicuas y disipado el efecto positivo de la abeja.

Palabras clave: *Brassica napus*; *Apis mellifera*; Componentes de rendimiento.

8. SUMMARY

The area planted with rapeseed (*Brassica napus*) in Uruguay has shown a sustained increase since 2004. Rapeseed is considered a self-governing specie, however depending on the genotype, it could go up to 47% of alogamy. The objective of the present work was to evaluate the effect of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) on different components of the rapeseed yield (*Brassica napus*). Honey bees as pollinators can generate an increase in rape yield up to 50%, and concentrate flowering, generating a positive effect of homogenization. In this work the yield of rapeseed variety Rivette was compared, in two treatments, the exclusion of pollinators and the presence of the honey bee. The evaluated parameters were: the total yield, the production of biomass, the harvest index, the amount of siliques per square meter and the weight of a thousand grains. The trial was conducted in 2016 at a commercial property in the town of Paso Guerrero in the department of Paysandú, Uruguay. The experimental design used was completely randomized with two treatments and three repetitions. The plots were inside metallic structures, covered with a white mesh of 3mm², forming carps excluding pollinators. The treatments were tents with bees (nuclei of 5 frames) (CCA) and carps without bees (CSA). The values obtained from the variables under study were: yield 2010 kg / ha (CCA), 1901 kg / ha (CSA), biomass 7039 kg / ha (CCA), 6623 kg / ha (CSA), harvest index 0.288 (CCA), 0.285 (CSA), number of siliques / m² 4716 / m² (CCA), 5027 / m² (CSA) and thousand grains weight 2.61g (CCA), 2.83g (CSA). Although there is a tendency toward a higher performance in the treatment with bees, no significant differences were found for any of the variables studied. Water stress during the critical period of the crop may have caused an abortion of flowers and siliques, which dissipated the positive effect of the bee.

Keywords: *Brassica napus*; *Apis mellifera*; Yield components.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Abbate, S.; Silva, H.; Ribeiro, A. 2015. Manejo de plagas en el cultivo de colza. Paysandú, Facultad de Agronomía. 17 p.
2. Abrahamovich, A. H.; Atela, O.; De la Rúa, P.; Galián, J. 2007. Assesment of the mitochondrial origin of honey bees from Argentina. *Journal of Apicultural Reserch and Bee World*. 46:191–194
3. Abrol, D. P. 2012. Honeybee and crop pollination. (en línea). In: Abrol, D. P. ed. *Pollination biology; biodiversity conservation and agricultural production*. (en línea). Dordrecht, Springer. pp. 85-110. Consultado feb. 2015. Disponible en http://link.springer.com.proxy.timbo.org.uy:443/chapter/10.1007/978-94-007-1942-2_5
4. Ahmadi, M.; Bahrani, M. 2009. Yield and Yield Components of Rapeseed as Influenced by Water Stress at Different Growth Stages and Nitrogen Levels. (en línea). *American-Eurasian Juournal of Agriculture and Environmental Sciences*. 5(6):755-761. Consultado nov. 2017. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Mahsa_Hbahar/publication/237473139_Yield_and_Yield_Components_of_Rapeseed_as_Influenced_by_Water_Stress_at_Different_Growth_Stages_and_Nitrogen_Levels/links/54f826480cf2ccffe9dcf1b4.pdf
5. Andersen, M. N.; Heidmann, T.; Plauborg, F. 1996. The effects of drought and nitrogen on light interception, growth and yield of winter oilseed rape. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 46:55–67.
6. Araneda Durán, X.; Breve Ulloa, R.; Aguilera Carrillo, J.; Lavín Contreras, J.; Toneatti Bastidas, M. 2010. Evaluation of yield component traits of honeybee-pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). (en línea). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(2):309-314. Consultado set. 2017. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v70n2/AT14.pdf>
7. Becker, H. C.; Karle, R.; Han, S. S. 1992. Environmental variation for outcrossing rates in rapeseed (*Brassica napus*). *Theoretical and Applied Genetics*. 84:303-306.
8. Bentancourt, C. M.; Scatoni, I. B. 1995. *Lepidópteros de importancia económica*. Montevideo, Hemisferio Sur. 122 p.

9. _____.; _____. 2001. Enemigos naturales manual ilustrado para la agricultura y la forestación. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 169 p.
10. _____.; _____. 2010. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. 3ª. ed. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 581 p.
11. Boelcke, B.; Vietinghoff, G. 1987. Kompensationseffekte an Winterrapsanzen nach Verlust generativer Organe im Knospenstadium. In: International Rapeseed Conference (7ème., 1987, Polzan, Pologne). Proceedings. s.n.t. v.3, pp. 630-638.
12. Bommarco, R.; Marini, L.; Vaissière, B. E. 2012. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. (en línea). *Oecologia*. 169(4):1025-1032. Consultado oct. 2017. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v70n2/AT14.pdf>
13. Branchiccela, B.; Aguirre, C.; Parra, G.; Estay, P.; Zunino, P.; Antúnez, K. 2014. Genetic changes in *Apis mellifera* after 40 years of Africanization. (en línea). *Apidologie*. 45 (6):752-756. Consultado oct. 2017. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-014-0293-2>
14. Campbell, D. R. 1996. Evolution of floral traits in a hermaphroditic plant: field measurements of heritability and genetic correlations. *Evolution*. 50:1442–1453.
15. Champolivier, L.; Merrin, A. 1996. Effects of water mentioned by Tunturk and Ciftci [44]. Stress applied at different growth stages to Brassica In summary, it is concluded that water stress napus L. Var. oleifera on yield, yield components and during rapeseed reproductive growth stages, seed quality. *European Journal of Agronomy*. 5:153-160.
16. _____.; _____. 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. oleifera on yield, yield components and seed quality. *European Journal of Agronomy*. 5:153–160.
17. Chiari, W. C.; Toledo, V. A. A.; Ruvolo-Takasusuki, M. C. C.; Oliveira, A. J. B.; Sakaguti, E. S.; Attencia, V. M. 2005. Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). *Brazilian Archive of Biology and Technology*. 48(1):31-36.
18. Culley, T.; Weller, S.; Sakai, A. 2002. The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in ecology and evolution*. (en línea). *Trends in Ecology and Evolution*. 17(8):361-369. Consultado nov. 2017. Disponible en [https://sci-hub.cc/https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02540-5](https://sci-hub.cc/https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02540-5)

19. Daun, J. K. 1984. Composition and use of canola seed, oil and meal. *Cereal Foods World*. 29:291-96.
20. De la Cuadra, S. 1992. La importancia de las abejas en la polinización de frutales. *La Palma*. 5:27-34.
21. Delaplane, K; Meyer, D, 2000. Crop pollination by bees. (en línea). Wallingford, UK, CABI. 345 p. Consultado nov. 2017. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=ZHGZkXa7xE4C&oi=fnd&pg=PR12&dq=Delaplane+Mayer,+2000&ots=-BgyzpcsJu&sig=CQqBIJNUoUEtIrl5jnTvtlRPQzU#v=onepage&q&f=false>
22. de Souza Rosa, A. 2009. Efeito polinizador de *Apis mellifera* em flores de *Brassica napus* L. (Hyola 432) e potencial produtor de sementes, no sul do Brasil. (en línea). Tesis de Maestría Ing. Agr. Rio Grande do Sul, Brasil. Pontífica Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Biociências. Programa de Pós-graduação em Zoologia. 63 p. Consultado oct. 2017. Disponible en <http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/5321/1/000411902-Texto%2bCompleto-0.pdf>
23. Diepenbrock, W. E. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) (en línea). *Field Crops Reseach*. 67:35-49. Consultado oct. 2017. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429000000824>
24. Di Rienzi, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2013. InfoStat versión 2013. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. s.p. Consultado set. 2017. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
25. Dobreff, N.; Rosas, M. 2015. Evaluación del impacto que genera en el cultivo *Brassica napus* l. la presencia del polinizador *Apis mellifera* durante la floración. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 18-24.
26. Downey, R. K. 1983. The origin and description of the Brassica oilseed crop. In: Kramer, J.; Sauer, F.; Pidgen, W. eds. High and low erucic acid rapeseed oils: production, usage, chemistry and toxicological evaluation. New York, Academic Press. pp. 1-20.
27. Eisikowitch, D. 1981. Some aspects of pollination of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). (en línea). *The Journal of Agricultural Science*. 96(2):321-326. Consultado oct. 2017. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural->

[science/article/some-aspects-of-pollination-of-oil-seed-rape-brassica-napus-1/6B151944410313F32F442D9F6824DE64](http://www.fao.org/science/article/some-aspects-of-pollination-of-oil-seed-rape-brassica-napus-1/6B151944410313F32F442D9F6824DE64)

28. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2014. Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. (en línea). Santiago, Chile. 56 p. Consultado nov. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3547s.pdf>
29. Free, J. B.; Nuttall, P. M. 1968. The pollination of oilseed rape (*Brassica napus*) and the behavior of bees on the crop. (en línea). Journal of Agricultural Science. 71(1): 91- 94. Consultado oct. 2017. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=4780332>
30. Gabrielle, B.; Denoroy, P.; Gosse, G.; Justes, E.; Andersen, M. 1998. A model of leaf area development and senescence of winter oilseed rape. Field Crops Res. 57: 209-222.
31. Garnery, L.; Cornuet, J.-M.; Solignac, M. 1992. Evolutionary history of the honey bee *Apis mellifera* inferred from mitochondrial DNA analysis. (en línea). Molecular Ecology. 1:145-154. Consultado nov. 2017. Disponible en <http://sci-hub.cc/10.1111/j.1365-294X.1992.tb00170.x>
32. Halpern, S. L.; Adler, L. S.; Wink, M. 2010. Leaf herbivory and drought stress affect floral attractive and defensive traits in *Nicotiana quadrivalvis*. Oecologia. 163:961–971.
33. Hu, S.; Dilcher, D.; Jarzen, D.; Winship, D. 2008. Early steps of angiosperm-pollinator coevolution. (en línea). Proceedings of the National Academy of Sciences (USA). 105:240-245. Consultado nov. 2017. Disponible en <http://www.pnas.org/content/105/1/240>
34. Hughes, R. D. 1963. Population Dynamics of the Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). (en línea). Journal of Animal Ecology. 32(3):393-424. Consultado mar. 2018. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/2600>
35. Jauker, F.; Bondarenko, B.; Becker, H. C.; Steffan-Dewenter, I. 2011. Pollination efficiency of wild bees and hoverflies provided to oilseed rape. (en línea). Agricultural and Forest Entomology. 14:81-88. Consultado set. 2017. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-9563.2011.00541.x/full>
36. Jean – Prost, P. 1995. Apicultura. 3ª. ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. 741 p.
37. Kalmer, F.; Jas, S. 2003. Influence of pollination by honey bee on seed yield on selected cultivars of winter rape. (en línea). Journal of Apicultural Science. 47(2): 119-125. Consultado nov. 2017. Disponible en

<http://api.opisik.pulawy.pl/Influence-of-pollination-by-honey-bee-on-seedyield-on-selected-cultivars-of-winter-rape,0,244.html>

38. Kim, K.T.; Oguro, J. 1999. Update of the Status of the Africanized Honey Bees of the Western States. *Western Journal of Medicine*. 170(4):220–222.
39. Kimber, D.; Mc Gregor, D. I. eds. 1995. *Brassica Oilseeds, Production and utilization*. Wallingford, UK, CAB International. 394 p.
40. Klein, A.; Vaissiere, B.; Cane, J.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S.; Kremen, C.; Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. (en línea). *Proceedings of the Royal Society. Series. B*. 274:303-313. Consultado nov. 2017. Disponible en <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/royprsb/274/1608/303.full.pdf>
41. _____; Hendrix, D.; Clough, Y.; Scofield, A.; Kremen, C. 2014. Interacting effects of pollination, water and nutrients on fruit tree performance. (en línea). *Plant Biology*. 17:1-8. Consultado nov. 2017. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/plb.12180/full>
42. Lee, S. G.; Felker, P. 1992. Influence of water/heat stress on flowering and fruiting of mesquite (*Prosopis glandulosa* var. *glandulosa*). *Journal of Arid Environments*. 23:309–319.
43. Lerin, J. 1982. Effets de la pollinisation entomophile sur le colza dans une experience en cage. *Agronomie*. 2:249-256.
44. López, A.; Sotomayor, C. 1992. Las abejas como polinizadores en frutales. *Chile Agrícola*. 17(180):270-273.
45. McGregor, S. E. 1976. *Insect Pollination Of Cultivated Crop Plants*. (en línea). USDA. *Agriculture Handbook* no. 496. 411 p. Consultado oct. 2017. Disponible en https://scholar.google.com.uy/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Insect+Pollination+Of+Cultivated+Crop+Plants&btnG=
46. Manning, R.; Waills, I. 2005. Seed yields in canola (*Brassica napus* cv. Karoo) depend on the distance of plants from honeybee apiaries. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 45:1307-1313.
47. Marini, L.; Tamburini, G.; Petrucco-Toffolo, E.; Lindström, S.; Zanetti, F.; Mosca, G.; Bommarco, R. 2015. Crop management modifies the benefits of insect pollination in oilseed rape. (en línea). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 207:61-66. Consultado nov. 2017. Disponible en https://ac-els-cdn-com.proxy.timbo.org.uy:88/S0167880915001115/1-s2.0-S0167880915001115-main.pdf?_tid=8a15070e-ac88-11e7-aa5e-00000aacb361&acdnat=1507508989_be726367ba996528b95e22fe1ad4154d

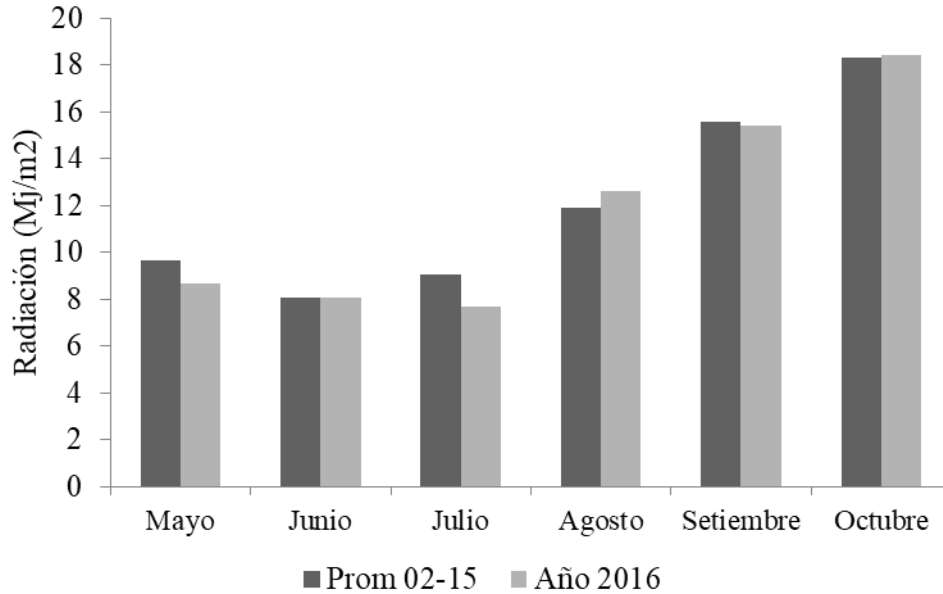
48. Mendham, N. J.; Salisbury, P. A. 1995. Physiology: crop development and yield. In: Kimber, D.; McGregor, D. I. eds. Brassica oilseeds: production and utilization. Wallingford, UK, CAB Internacional. pp. 11-64.
49. Mesquida, J.; Renard, M. 1982. Study of the pollen dispersal by wind and of the importance of wind pollination in rapeseed (*Brassica napus* var. *oleifera* Metzger). *Apidologie*. 4:353-366.
50. _____.; _____.; Pierre, J. S. 1988. Rapeseed (*Brassica napus* L.) productivity; the effect of honeybees (*Apis mellifera* L.) and different pollination conditions in cage and field test. (en línea). *Apidologie*. 19(1):51-72. Consultado oct. 2017. Disponible en <https://hal.inria.fr/file/index/docid/890728/filename/hal-00890728.pdf>
51. MGAP. OPYPA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Oficina de Programación y Política Agropecuaria, UY). 2017. Análisis sectorial y cadenas productivas. Montevideo. 694 p.
52. Morandin, L. A.; Winston, M. L. 2006. Pollinators provide economic incentive to preserve natural land in agroecosystems. *Agriculture Ecosystem and Environment*. 116:289-292.
53. Nedić, N.; Macukanović-Jović, M.; Rancić, D.; Rorslett, B.; Šošćarić, I.; Stevanović, Z. D.; Mladenović, M. 2013. Melliferous potential of *Brassica napus* L. subsp. *Napus* (Cruciferae). (en línea). *Arthropod-Plant Interactions*. 7(3): 323-333. Consultado oct. 2017. Disponible en <http://link.springer.com.proxy.timbo.org.uy:443/article/10.1007/s11829-013-9247-2/fulltext.html>
54. Ollerton, J. 1999. La evolución de las relaciones polinizador-planta en los artrópodos. (en línea). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 26(52): 741-758. Consultado set. 2017. Disponible en http://www.academia.edu/1200447/La_evoluci%C3%B3n_de_las_relaciones_polinizador-planta_en_los_Artr%C3%B3podos
55. Oz, M.; Karasu, A.; Cakmak, I.; Goksoy, A.; Ozmen, N. 2008. Effect of honey bees pollination on seed setting, yield and quality characteristics of rapeseed (*Brassica napus oleifera*). *Indian Journal Agricultural Science*. 78:680-683.
56. Puškadija, Z.; Stefanic, E.; Mijic, Z.; Paradzicovic, N.; Florijancic, T.; Opacak, A. 2002. Influence of weather conditions on honey bee visits (*Apis mellifera carnica*) during sunflower (*Helianthus annuus* L.) blooming period. (en línea). *Agriculture Poljoprivreda*. 13(1): 230-233. Consultado oct. 2017. Disponible en http://hrcak.srce.hr/index.php?id_clanak_jezik=24437&show=clanak
57. Ranito-Lehtimäki, A. 1995. Aerobiology of pollen and pollen antigens. In: Cox, C.; Wathes, C. eds. *Bioaerosols Handbook*. Boca Ratón, FL, CRC. pp. 387-406.

58. Rousselin, A.; Sauge, M. H.; Jordan, M. O.; Vercambre, G.; Lescourret, F.; Bevacqua, D. 2016. Nitrogen and water supplies affect peach tree-green peach aphid interactions: the key role played by vegetative growth. *Agricultural and Forest Entomology*. 18: 367–375.
59. Sabbahi, R.; de Oliveira, D.; Marceau, J. 2005. Influence of honeybee (Hymenoptera: Apidae) density on the production of canola (Crucifera: Brassicaceae). *Journal of Economic Entomology*. 98(2): 367-372.
60. _____.; _____.; _____. 2006. Does the honeybee (Hymenoptera: Apidae) reducing the blooming period of canola? (en línea). *Journal Agronomy and CropScience*. 192(3): 233-237. Consultado nov. 2017. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-037X.2006.00206.x/full>
61. Sandhu, H.; Waterhouse, B.; Boyer, S.; Wratten, S. 2016. Scarcity of ecosystem services: an experimental manipulation of declining pollination rates and its economic consequences for agriculture. (en línea). *PeerJ*. 4:1-17. Consultado nov. 2017. Disponible en <https://doaj.org/article/8f8b678710ad4b5f8edb1277ba6fd92a>
62. Santos, E. 2013. Dependencia de la polinización entomófila y relevamiento de insectos de tres cultivos de importancia comercial para Uruguay. (en línea). Tesis de Maestría. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Ciencias. 114 p. Consultado set. 2017. Disponible en <http://www.bib.fcien.edu.uy/files/etd/biol/uy24-17144.pdf>
63. Shakeel, M.; Inayatullah, M.; Ali, H. 2015. Checklist of insect pollinators and their relative abundance on two canola (*Brassica napus*) cultivars in Peshawar, Pakistan. (en línea). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 3(6):326-330. Consultado oct. 2017. Disponible en <http://www.entomoljournal.com/archives/2015/vol3issue6/PartE/3-6-6.pdf>
64. Sheppard, W. S.; Rinderer, T. E.; Garnery, L.; Shimanuki, H. 1999. Analysis of the Africanized honey bee mitochondrial DNA reveals further diversity origin. *Genetics and Molecular Biology*. 22:73–75.
65. Smith, W. 2002. Honey bees on canola. (en línea). NSW. Agnote. March: 1-4. Consultado oct. 2017. Disponible en http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0013/117112/bee-on-canola.pdf
66. Stanley, D.; Gunning, D.; Stout, J. 2013. Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation. (en línea). *Journal of Insect Conservation*. 17:1181-

1189. Consultado oct. 2017. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s10841-013-9599-z>
67. Steffan-Dewenter, I.; Münzenberg, U.; Bürguer, C.; Thies, C.; Tschardtke, T. 2002. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. (en línea). *Ecology*. 83(5):1421-1432. Consultado nov. 2017. Disponible en [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658\(2002\)083%5B1421:SDEOLC%5D2.0.CO;2/full](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658(2002)083%5B1421:SDEOLC%5D2.0.CO;2/full)
68. Turner, L. B. 1993. The effect of water stress on foral characters, pollination and seed set in white clover (*Trifolium repens* L.). *Journal of Experimental Botany*. 44: 1155–1160.
69. USDA. ERS (United States Department of Agriculture. Economic Research Service, US). 2017. Canola. (en línea). Washington, D. C. s.p. Consultado nov. 2017. Disponible en <https://www.ers.usda.gov/topics/crops/soybeans-oil-crops/canola.aspx>
70. Weiss, M. J.; Olson D.; Knodel, J. J. 2006. Insectos plaga de la Canola. (en línea). St. Paul, MN, Universidad de Minnesota. Consultado oct. 2017. Disponible en <https://ipmworld.umn.edu/weiss-canola-pests>
71. Westphal, C.; Steffan-Dewenter, I.; and Tschardtke, T.; E 2003. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. (en línea). *Ecology Letters*. 6:961–965. Consultado oct. 2017. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1461-0248.2003.00523.x/full>
72. Williams, I. H.; Martin, A. P.; White, R. P. 1986. The pollination requirements of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science*. 106:27-30.
73. Winston, M. 1987. *The biology of the honey bee*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University. 281 p.
74. Wyatt, R.; Broyles, S. B.; Derda, G.S. 1992. Environmental influence on nectar production in milkweeds (*Asclepias syriaca* and *A. exaltata*). *American Journal of Botany*. 79:636–642.

10. ANEXOS

Anexo 1



Anexo 2

Rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	6	0,03	0,00	18,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17821,50	1	17821,50	0,14	0,7301
Abejas	17821,50	1	17821,50	0,14	0,7301
Error	520711,33	4	130177,83		
Total	538532,83	5			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=817,92201

Error: 130177,8333 gl: 4

Abejas Medias n E.E.

CCA 2010,33 3 208,31 A

CSA 1901,33 3 208,31 A

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

Anexo 3

Biomasa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa	6	0,25	0,07	6,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	260416,67	1	260416,67	1,36	0,3081
Abejas	260416,67	1	260416,67	1,36	0,3081
Error	765078,67	4	191269,67		
Total	1025495,33	5			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=991,43998

Error: 191269,6667 gl: 4

Abejas	Medias	n	E.E.
--------	--------	---	------

Si	7039,67	3	252,50 A
----	---------	---	----------

No	6623,00	3	252,50 A
----	---------	---	----------

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

Anexo 4

IC

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IC	6	1,4E-03	0,00	19,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,7E-05	1	1,7E-05	0,01	0,9448
Abejas	1,7E-05	1	1,7E-05	0,01	0,9448
Error	0,01	4	3,1E-03		
Total	0,01	5			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,12554

Error: 0,0031 gl: 4

Abejas	Medias	n	E.E.
--------	--------	---	------

CCA	0,29	3	0,03 A
-----	------	---	--------

CSA	0,29	3	0,03 A
-----	------	---	--------

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

Anexo 5

Silicuas/m2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Silicuas/m2	6	0,19	0,00	8,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	145081,50	1	145081,50	0,91	0,3933
Abejas	145081,50	1	145081,50	0,91	0,3933
Error	635164,00	4	158791,00		
Total	780245,50	5			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=903,35056

Error: 158791,0000 gl: 4

Abejas Medias n E.E.

CSA 5027,00 3 230,07 A

CCA 4716,00 3 230,07 A

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

Anexo 6

PMG

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMG	6	0,20	1,5E-03	10,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,07	1	0,07	1,01	0,3723
Abejas	0,07	1	0,07	1,01	0,3723
Error	0,30	4	0,07		
Total	0,37	5			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,61779

Error: 0,0743 gl: 4

Abejas Medias n E.E.

CSA 2,83 3 0,16 A

CCA 2,61 3 0,16 A

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