

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFECTO DE LA POLINIZACIÓN CON *Apis mellifera* EN EL CULTIVO DE *Brassica  
carinata* Y PROSPECCIÓN DE POLINIZADORES SILVESTRES

por

Hugo BACETTI SUHR  
Federico GUILLERMO FABBIANI

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2018

Tesis aprobada por:

Directores:

---

Ing. Agr. Mag. Silvana Abbate

---

Lic. Mag. Estela Santos

---

Ing. Agr. Horacio Silva

Fecha: 20 de diciembre de 2018

Autores:

---

Hugo Bacetti Suhr

---

Federico Guillermo Fabbiani

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos agradecerles personalmente a nuestros padres por brindarnos la posibilidad de estudiar esta carrera y acompañarnos durante el proceso. Al compañero de tesis Marco Cracco, amigos y compañeros que permitieron realizar la carrera de una forma más enriquecedora.

A la Ing. Agr. Silvana Abbate, Lic. Estela Santos, y a los Ings. Agrs. Sebastián Mazzilli y Horacio Silva, por brindarnos todo su conocimiento, dedicación y orientarnos en la realización del trabajo final que nos permite formarnos como Ingenieros Agrónomos.

Al técnico agropecuario Darío Fros, y al Ing. Agr. Gustavo Ramallo con quienes realizamos las tareas de campo, trabajos prácticos y sobre todo por su grata amabilidad.

A INIA, por brindarnos el material para realizar los ensayos de campo y a la Facultad de Agronomía ya que en dicha institución realizamos nuestros estudios universitarios para llegar a ser profesionales.

Finalmente queremos agradecer también a nuestros hermanos, amigos, a Chris Nieto y María Belén Werner, ya que su apoyo en todo momento de la carrera fue sumamente importante.

Hugo y Federico

## 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. IMPORTANCIA DE <i>Brassica carinata</i> A NIVEL GLOBAL Y LOCAL.....	2
2.2. POLINIZACIÓN ENTOMÓFILA.....	2
2.3. INSECTOS POLINIZADORES.....	4
2.3.1. <i>Apis mellifera</i> .....	5
2.3.2. Polinizadores silvestres.....	5
2.4. MECANISMOS REPRODUCTIVOS DE CANOLA E INTERACCIÓN CON POLINIZADORES.....	7
2.5. FENOLOGÍA Y GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO DE <i>B. carinata</i> .....	7
2.5.1. Fenología.....	7
2.5.2. Componentes del rendimiento.....	8
2.6. IMPACTO DE LOS POLINIZADORES SOBRE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN CULTIVOS BRASSICÁCEOS.....	9
2.7. PLAGAS EN EL CULTIVO DE <i>Brassica carinata</i> .....	9
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	11
3.1. LOCALIZACIÓN.....	11
3.2. ENSAYO.....	11
3.2.1 Efecto de <i>Apis mellifera</i> sobre el rendimiento.....	13
3.2.1.1. Determinaciones a campo.....	13
3.2.1.2. Determinaciones en laboratorio.....	13
3.2.1.3. Análisis estadístico.....	13
3.2.2. Prospeccion de polinizadores silvestres en <i>Brassica napus</i> y <i>B. carinata</i> .....	14
3.2.2.1. Localización.....	14
3.2.2.2. Ensayo.....	15
3.2.2.3. Determinaciones a campo.....	15
3.2.2.4. Determinaciones en laborotario.....	15
3.3. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA.....	15
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	18

4.1. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	18
4.1.1. <u>Rendimiento</u> .....	18
4.1.2. <u>Biomasa</u> .....	19
4.1.3. <u>Número de silicuas por metro cuadrado</u> .....	20
4.1.4. <u>Índice de cosecha</u> .....	21
4.1.5. <u>Peso de mil granos</u> .....	22
4.2. INSECTOS POLINIZADORES.....	24
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	29
6. <u>RESUMEN</u> .....	30
7. <u>SUMMARY</u> .....	31
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	32

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1.Reporte de presencia de artrópodos sobre diferentes especies de brasicáceas.....	6
Figura No.	
1. Croquis del ensayo.....	12
2. Ensayos con carpas.....	13
3. Trampa de insectos.....	15
4. Precipitaciones y temperatura media mensual del período mayo-octubre 2016 en comparación con el promedio histórico (2002-2015).....	16
5. Temperatura dentro de una carpa en el período floración cosecha.....	17
6. Rendimiento promedio en kg/ha según tratamiento.....	18
7. Producción total de biomasa en kg/ha según tratamiento.....	19
8. Número de silicuas por metro cuadrado (silicuas/m <sup>2</sup> ) según tratamiento.....	20
9. Índice de cosecha según tratamiento.....	21
10. Peso de mil granos en gramos según tratamiento.....	22
11.Especies polinizadoras registradas en el periodo de floración en trampas de plato (amarillas + azules).....	25

## 1. INTRODUCCIÓN

*Brassica carinata* (A. Braun) (mostaza de Etiopía) es una especie perteneciente a la familia Brassicaceae, nativa de África y se cultiva en varias partes del mundo para obtención de semillas oleaginosas, material verde de alimento y biocombustibles. Es un cultivo de ciclo invernal, que se siembra en Uruguay desde el año 2013. Su gran relevancia está dada en el uso para la producción de biocombustible a partir de su aceite, además de tener un remanente con elementos proteicos que sirven para la alimentación animal. Los biocombustibles producidos a partir del aceite de *B. carinata* reducen las emisiones de gases de efecto invernadero en más de setenta por ciento (70%) en comparación con los combustibles fósiles.

Dado que la utilidad principal para los biocombustibles deriva de la producción de semillas de esta planta, se vuelve fundamental conocer la manera más efectiva de producirlas, procurando maximizar el rendimiento del cultivo. En este sentido, si bien *B. carinata* presenta un alto porcentaje de autofecundación para la fecundación de los óvulos y formación de semillas, varios autores señalan que la presencia de polinizadores en la familia Brassicaceae mejoran los componentes de rendimiento, incrementando el número y peso de las semillas, la cantidad de silicuas y el contenido de aceite. Recientemente en un estudio realizado en Uruguay sobre *Brassica napus*, se observó que la presencia de polinizadores durante el período de floración concentró el cuajado de los frutos, obteniendo una homogenización de la producción, facilitando la cosecha y disminuyendo el porcentaje de pérdidas; la misma observación la realizó Sabbahi et al. (2006).

El siguiente trabajo tuvo como objetivos evaluar el impacto de la polinización entomófila sobre los diferentes componentes del rendimiento de *B. carinata* y realizar una prospección de las especies de polinizadores silvestres presentes en dicho cultivo, cuya información es nula en el país.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la polinización entomófila sobre los diferentes componentes del rendimiento de *Brassica carinata* y realizar una prospección de las especies de polinizadores silvestres presentes en dicho cultivo, cuya información es nula en el país.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IMPORTANCIA DE *Brassica carinata* A NIVEL GLOBAL Y LOCAL

La especie *Brassica carinata* (A. Braun), pertenece a la familia Brassicaceae. Es una planta nativa de las tierras altas de Etiopía ubicada al norte de África, usada extensamente como alimento por los etíopes (Cardone et al., 2003).

El interés que existe por éste cultivo a nivel mundial está dado por su alto contenido de ácido erúico (entre un 30 y 45 por ciento %) en el aceite de su semilla, lo que determina mayores rendimientos de combustible en comparación con otros aceites vegetales renovables y resultando en una química similar a la del combustible derivado del petróleo, no siendo apta para el consumo humano. El subproducto obtenido de la extracción de aceite es la harina proteica, la cual se destina para la alimentación animal, y se extrae de forma previa la concentración de glucosilatos (Bouiad et al. 2005, Gasol et al. 2007, Seepaul et al. 2016). Los subproductos obtenidos en producción de biocombustibles han sido evaluados como sustrato de plantaciones y biodesinfectantes contra nematodos plagas de cultivos, basándose en la propiedad de liberación de isotiocianatos cuando se mezclan con abonos verdes y solarización (Guerrero et al., 2013).

La performance agronómica y el balance energético confirman que *B. carinata* se adapta mejor y es más productiva cuando se compara con *B. napus*, en condiciones adversas tanto de suelo (suelos arcillosos y arenosos) como de clima (climas semi áridos). Además presenta mayor rendimiento en grano que *B. napus* en condiciones ambientales desfavorables como bajas precipitaciones durante el período de llenado de grano y alta temperatura del aire (Yang et al. 1990, Cardone 2003).

En Uruguay la superficie sembrada con *B. carinata* para la zafra 2016 fue de 3000 hectáreas. Durante la zafra consecutiva, se registró un fuerte incremento, alcanzando 7000 hectáreas.<sup>1</sup> Actualmente aumentó más de treinta por ciento (30 %) con respecto al 2017, sembrándose en el 2018 más de 10.000 hectáreas (Ocampo, 2018). La producción se realiza por contratos entre la empresa de UPM y los agricultores, en los cuales se aportan asesoramientos técnicos, se provee de las semillas, se compra toda la cosecha y se comercializa luego en el mercado internacional.

### 2.2 POLINIZACIÓN ENTOMÓFILA

Se considera que la polinización biótica comenzó a partir de la dispersión de esporas por parte de algunos insectos y cuando surgieron las plantas con flor, evolucionan con ellas los agentes polinizadores que acarreaban el polen de una flor a

---

<sup>1</sup>Mazzilli, S. 2016. Com. personal

otra, asegurando la fertilización, producción de frutos y semillas (Graham 1993, Ollerton 1999). Posteriormente surge la estrategia de las plantas para producir néctar, coloraciones y aromas, como atractivo para los artrópodos y de esta manera asegurarse la polinización (Borges et al., 2003).

La diversificación de algunos grupos de insectos polinizadores, como dípteros, coleópteros, lepidópteros e himenópteros, se ha dado al mismo tiempo que la diversificación de las plantas con flor (Labandeira y Sepkoski, 1993), especialmente el grupo de los himenópteros. Esto sugiere la gran dependencia de las plantas con flor a la polinización por abejas (Michener 1974, Ollerton 1999).

Se estima que cerca del 90% de las plantas con flor son polinizadas por animales (Kearns et al., 1998), asegurando la polinización cruzada y la generación de variabilidad genética en la progenie. Los insectos son los principales involucrados en los eventos de polinización, cuando buscan en las flores su alimento (polen, néctar y aceite nutricional) o material de construcción (ceras, aceites, tejidos florales y resina, Ollerton, 1999).

Las interacciones planta-polinizador, son un ejemplo básico de interacción mutualista, desempeñando un papel importante en la ecología de las comunidades y en el funcionamiento de los ecosistemas (Ollerton, 1999). Estas interacciones son de gran relevancia en las comunidades naturales, ya que sin los artrópodos como polinizadores, muchas plantas no podrían reproducirse ni producir semillas. Si las flores de las plantas no son visitadas por éstos, muchas de sus poblaciones desaparecerían con efectos en cadena trófica que afectarían a todo el planeta.

La “polinización” puede definirse como la transferencia de células sexuales masculinas (polen) desde los órganos masculinos (anteras) hasta la superficie receptora femenina (estigma) de la flor. Una vez transportado el polen puede germinar sobre el estigma y emitir un tubo polínico para fecundar la célula sexual femenina (primordio seminal) y posteriormente se desarrolla una semilla (Ollerton, 1999).

Para que la polinización de una planta por artrópodos ocurra con éxito requiere de ciertas condiciones directamente relacionadas con la biología de los mismos. Es necesario que los artrópodos se movilen dentro de flores pertenecientes a una misma especie en su vuelo de colecta de alimentos. Para esto el polinizador debe ser capaz de utilizar marcas visuales u olfativas con las que reconozca el mismo tipo floral. Solo así serán efectivos polinizadores al transferir polen (Ollerton, 1999). También es importante el tamaño de los artrópodos que entran en contacto con las estructuras florales, pues flores con anteras muy grandes que se alejan de los nectarios no podrán ser polinizadas por artrópodos de pequeño porte (Free, 1967). Otro aspecto relevante de la interacción planta-polinizador es que los vegetales poseen como atractivo secundario algunas claves visuales y aromáticas que solo son percibidas por los artrópodos,

especialmente por abejas. La mayoría de las flores poseen marcas indicando la posición de los nectarios, que solo son perceptibles en longitudes de onda ultravioleta, el cual es detectado por el tipo de visión que poseen las abejas y otros insectos (Michener, 2007). Los aromas de las plantas también son guía para los insectos cuando quieren encontrar el mismo recurso en la naturaleza (Free, 1967).

Actualmente hay una creciente preocupación por la pérdida de polinizadores a nivel mundial puesto que trae consecuencias ambientales y económicas importantes y numerosos estudio a nivel mundial se están enfocando en determinar las causas y delinear estrategias paliativas (Biesmeijer et al. 2006, Aizen et al. 2009).

### 2.3 INSECTOS POLINIZADORES

Las abejas (Hymenoptera: Apoidea), con más de 20.000 especies identificadas en todo el mundo, son los insectos polinizadores más especializados dado que poseen particularidades comportamentales y anatómicas que hacen muy propicio el acarreo de polen de una flor a otra de la misma especie (Michener, 2007). En su mayoría son abejas solitarias, pero existen varias especies sociales (Michener, 1974, 2007). Otros grupos de artrópodos pertenecientes a otros órdenes, participan también en la polinización cultivos: Diptera, Coleóptera, Thysanoptera y Lepidóptera (Viejo y Ornos, 1997).

Entre las características que hace especiales a las abejas se destaca:

- La visión aguda para reconocer los colores y formas florales (Michener, 2007).

- La estructura social compleja que hace que un individuo de éstos deba recoger bastante más alimento del que pueda consumir, para abastecer a las generaciones siguientes.

- La gran capacidad de vuelo, permitiéndoles atravesar grandes distancias en un corto período de tiempo. De esta forma el polen puede ser dispersado a otro individuo, rápidamente y con precisión y a menudo a distancias de cientos o miles de metros (Michener 1974, Bosch et al. 1992, Dukas y Real 1993, Ollerton 1999).

- La actividad diurna para la colecta de recursos, pues las plantas segregan néctar durante las horas cálidas (Winston, 1987).

Las larvas de las abejas consumen grandes cantidades de polen como alimento rico en proteína, necesario para que puedan completar correctamente el proceso de la metamorfosis. Este alimento es obtenido por las abejas adultas que visitan entre 400 y 600 flores de la misma especie, frotándose sobre las anteras en su vuelo de pecoreo (Michener, 1974). Mientras tanto las abejas adultas deben consumir alimentos ricos en

energía, proveniente de jugos dulces como el néctar que extraen desde los nectarios de la flor o jugos de estructuras extraflorales (Michener 1974, Jean-Prost 1995, Keller et al. 2005).

### 2.3.1 Apis melífera

La abeja melífera (*Apis mellifera*) es oriunda de Europa, y es utilizada por el ser humano con fines comerciales para obtención de ceras, propóleos, apitoxina, polen y jalea real. Por ello participa en gran medida en la polinización de diversos cultivos y se la registra con mayor frecuencia en los diversos estudios sobre polinización. Es un insecto social y vive en colonias de hasta 60000 individuos. Esta colonia posee un ciclo de vida anual, presente durante todas las estaciones del año, especialmente en los climas templados (Winston 1987, Jean-Prost 1995). Las colonias manejadas por el ser humano, pueden ser fácilmente transportables al sitio de interés para polinizar. La polinización de cultivos es una actividad económica importante en torno a este insecto y no solo su producción de miel u otros productos de la colmena (Westwood 1982, De la Cuadra 1992, López y Sotomayor 1992).

En Uruguay, según el Registro Nacional de Propietarios de Colmenas del año 2018, existen unas 480.154 colmenas manejadas por 2132 productores ubicados en todo el territorio (MGAP, 2018). Entre los cultivos que suelen ser polinizados por abejas melíferas se destacan trébol rojo (*Trifolium pratense*), trébol blanco (*Trifolium repens*), alfalfa (*Medicago sativa*), girasol (*Helianthus annuus*), colza (*Brassica napus*), manzanos (*Malus domestica*), melón (*Cucumis melo*), zapallos (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo* y otros), kiwi (*Actinidia chinensis*), ciruelos (*Prunus domestica*) y duraznos (*Prunus persica*) (Santos, 2015).

Dado que *Apis mellifera* no es nativa del Uruguay y posee un ciclo anual, precisa en el ambiente la disponibilidad de recursos alimenticios durante todo el año. En Uruguay existen escasas fuentes de alimento durante las épocas de otoño invierno. Por ello son valorados los cultivos o floraciones naturales como la colza (*Brassica napus*), la *Brassica carinata* y los montes de acacias (en la costa) que ofrecen recursos de polen y néctar a estas colonias en épocas donde no hay mucha diversidad y abundancia de flores. Los apicultores movilizan sus colmenas de forma intencional a estas floraciones, con la intención de desarrollar temprano sus colmenas.

### 2.3.2 Polinizadores silvestres

Según Michener (2007) existen en el mundo más de 20000 especies de abejas silvestres que se encuentran en diferentes partes del mundo dependiendo de las condiciones ambientales y las diferentes adaptaciones a recursos florales de las distintas

partes del mundo. La mayoría de las especies son solitarias y solo unas pocas son sociales.

En Uruguay, la información disponible respecto de la diversidad de especies de abejas nativas es muy limitada. Algunas de estas se han encontrado pecoreando sobre cultivos de soja, zapallo y leguminosas en general (Dalmazzo y Roig-Alsina 2011, Santos 2013).

Respecto de la interacción de polinizadores silvestres con especies de brasicáceas, diversos autores mencionan la presencia de diferentes especies de abejas nativas (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Reporte de presencia de artrópodos sobre diferentes especies de brasicáceas.

<b>CULTIVO</b>	<b>ORDEN-FAMILIA</b>	<b>AUTOR</b>	<b>LUGAR</b>	<b>ESPECIE</b>
<i>Brassica napus</i>	Hymenoptera	Stanley et al.(2013)	Sureste de Irlanda	<i>Bombus sensu stricto</i>
				<i>Bombus lapidarius</i>
				<i>Andrena sp.</i>
	Hymenoptera	*Mesquida et al. (1988). Hayter y Cresswell (2003)	Inglaterra Rennes, Francia	<i>Bombus sp.</i>
				<i>Bombus sp.</i>
		Adegas y Nogueira (1987)	Brasil	<i>Trigona spinipes</i> <i>Dialictus sp.</i>
	Díptera	Stanley et al. (2013)	Sur este de Irlanda	<i>Eristalis sp.</i>
				<i>Helophilus sp.</i>
		*Mesquida et al.	Rennes, Francia	S/D
	Lepidóptera	*Mesquida et al.	Rennes, Francia	S/D
	Coleóptera	*Mesquida et al.	Rennes, Francia	<i>Meligethes y Ceuthorynchus</i>
<i>Brassica napus y Brassica rapa</i>	Hymenoptera	Morandin y Winston (2005)	Alberta, Canadá	<i>Andrena sp.</i>
				<i>Halictus sp.</i>
				<i>Bombus sp.</i>
				<i>Halictus sp.</i>

\*Mesquida et al. (1988) mencionan a las siguientes familias como polinizadoras silvestres: Andrenidae, Halictidae y Megachilidae (Hymenoptera), Syrphidae, Anthomyiidae y Calliphoridae (Díptera) y Pieridae (Lepidóptera).

Según Jauker et al. (2012), las abejas melíferas y las abejas silvestres son probablemente mejores polinizadores de colza que las moscas polinizadoras.

## 2.4 MECANISMOS REPRODUCTIVOS DE CANOLA E INTERACCIÓN CON POLINIZADORES

El mecanismo general de reproducción de las brasicáceas es la autopolinización y la cantidad de la misma depende de la variedad y las condiciones locales (Free y Nuttall, 1968).

Las flores de *B. napus* presentan mecanismo reproductivo de protoginia (el estigma ya está receptivo pero las anteras no están maduras hasta una etapa posterior). Hay flores con largos estambres, en las cuales las anteras están por encima del estigma y la dehiscencia es hacia afuera; mientras que otras flores tienen estambres cortos con las anteras debajo del estigma y dehiscencia hacia adentro. Este tipo de anatomía no favorece la autopolinización, por lo tanto la visita de insectos permite la transferencia de polen dentro de la flor y así posibilitan la autopolinización (Free y Nuttall, 1968).

La producción de néctar y el polen de las flores hacen que estas sean atractivas para los polinizadores; cuando van en busca del néctar (muy rico en azúcar), se espolvorean del polen al rozar las anteras favoreciendo el transporte del mismo (Free y Nuttall, 1968).

Free y Nuttall (1968) concluyeron que el número de flores visitadas por minuto, en *B. napus* por las abejas fue un promedio de 6,8 a 14,5. A su vez, la vida media floral es entre 24 y 42 horas luego de la apertura; estos dos hechos remarcan la importancia de la presencia de insectos polinizadores en las brasicáceas.

## 2.5 FENOLOGÍA Y GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO DE *B. carinata*

### 2.5.1 Fenología

El ciclo de *B. carinata* se puede dividir en siete etapas: germinación/emergencia, producción de hoja, elongación del tallo, desarrollo de brotes, crecimiento, desarrollo de silicuas y desarrollo de semillas (Diepenbrock, 2000). En particular las últimas tres etapas se superponen considerablemente porque los órganos generativos y reproductivos se desarrollan en forma concomitante.

En la etapa de germinación-emergencia es importante la distribución de plantas por unidad de área, ya que esto determina la estabilidad del rendimiento. Posteriormente durante el crecimiento juvenil se construye el área foliar y se almacena nitrógeno, el cual va a ser importante en la etapa de llenado de grano (Diepenbrock, 2000).

La floración es la etapa más crítica que influye en el rendimiento; el número final de silicuas y semillas se determina en la misma, y es muy dependiente de un suministro continuo de asimilados. Estos disminuyen al iniciarse la floración debido a una caída en el área foliar total dada por un aumento del sombreado, inicialmente por las flores y más tarde por las silicuas, que en el período de floración es altamente susceptible a una sequía (Diepenbrock, 2000).

El desarrollo fenológico de *Brassica carinata* es afectado por el fotoperíodo, con un acortamiento general de las fases en la medida que aumenta la duración del día (Nanda et al., 1996). La tasa de desarrollo dentro de cada etapa fenológica se acelera al aumentar la temperatura (Nanda et al., 1996). Estos factores ambientales y genéticos de la especie interactúan para determinar el número de días calendario entre la siembra y la madurez del cultivo.

Existen diversos factores y medidas de manejo durante las diferentes etapas fenológicas que limitan el rendimiento alcanzado, entre los que se pueden mencionar: la fecha de siembra, el tipo de suelo, la disponibilidad de nutrientes, el manejo de plagas y enfermedades y la presencia de polinizadores.

### 2.5.2 Componentes del rendimiento

El rendimiento del cultivo de *Brassica carinata* se compone por: densidad de plantas, número de silicuas por planta, número de semillas por silicuas y peso de las semillas individuales.

La densidad de plantas tiene un gran impacto sobre el rendimiento. Se obtienen rendimientos más estables cuando las plantas están distribuidas igualmente. El número de silicuas por planta está correlacionado negativamente por el número de plantas por unidad de área (Diepenbrock, 2000).

El peso de semillas es producto de la cantidad de semillas por silicuas y el peso medio de silicuas individuales. Las mismas contienen desde 30 hasta un máximo de 40 semillas. El número de semillas disminuye dos o tres semanas post-floración (Diepenbrock, 2000) cuando el aborto de las mismas es prácticamente nulo lo cual estaría determinado por la una limitación de la fuente. El peso de semillas y silicuas están negativamente correlacionadas y además se ha encontrado una correlación negativa entre peso de las semillas y el número de semillas por silicua (Diepenbrock, 2000).

## 2.6 IMPACTO DE LOS POLINIZADORES SOBRE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN CULTIVOS BRASSICÁCEOS

La presencia de *Apis mellifera* en el cultivo de colza incrementó el número de silicuas por metro cuadrado y el peso promedio de las mismas, mientras que el número de semillas por silicua no varió significativamente (respecto a exclusión de insectos) (Adegas y Nogueira, 1991). En otros trabajos, la polinización abierta determinó un mayor peso promedio de semillas en comparación a tratamientos con exclusión de los polinizadores, sin variar significativamente los demás componentes de rendimiento (Free y Nuttall, 1968).

Adegas y Nogueira (1991), en un trabajo realizado en colza, evaluaron el número de semillas normales (granos completamente formados) y anormales (granos arrugados e incompletos) por silicuas y porcentaje de germinación, en tres tratamientos: cultivo cubierto con una red de nylon con una colonia de *Apis mellifera*, cultivo cubierto sin presencia polinizadores y cultivo sin ninguna cobertura. Estos autores no encontraron variaciones significativas con la presencia de insectos en los parámetros mencionados; así como tampoco registraron cambios en el contenido de aceite.

Bonmarco (2012) reportó que la polinización entomófila en colza generó mayor peso de semillas e incrementó el contenido de aceite (lo cual se remite en una mayor bonificación, y un menor contenido de clorofila que es penalizado en el mismo), determinando un incremento de rendimiento del 18% y del 20% en el valor de mercado. Otros autores encontraron que la polinización por *Apis mellifera* contribuyó 46 % (Sabbahi et al., 2005) y 22% (Bonmarco, 2012) en rendimiento obtenido, llevado a cabo en ensayos de campo con la inclusión de colmenas en parcelas de *B. napus*.

También se ha demostrado que la polinización cruzada puede dar como resultado semillas más grandes en comparación con las semillas fertilizadas por autopolinización (Bonmarco, 2012).

Distintos autores mencionan que la ausencia de insectos determina un período de floración más prolongado, en el cual la planta invierte en nuevas flores, dando lugar a un período de maduración desuniforme y determinando un mayor número de semillas verdes a cosecha (Bonmarco, 2012).

## 2.7 PLAGAS EN EL CULTIVO DE *Brassica carinata*

El insecto plaga *Plutella xylostella* L. (Lepidóptera: Plutellidae) es una de las plagas más importantes de los cultivos crucíferos (Talekar y Shelton, 1993) y constituye una de las principales limitantes de los cultivos brasicáceos a nivel mundial. En Uruguay afecta tanto a la canola como al cultivo de *B. carinata*. Además de *Plutella xylostella*,

existen otros insectos que pueden causar daños de importancia económica en las brassicáceas, entre ellos se citan a los pulgones: *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae), *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) y *Lipaphys erysimi* (Homoptera: Aphididae, Ricci et al., 2011). Tanto los pulgones como *Plutella xylostella* afectan al cultivo en el período vegetativo – reproductivo.

En la implantación del cultivo también existen plagas en las brassicáceas, pero generalmente estas tienen capacidad de compensación en términos de población y rendimiento, por lo tanto las plagas que se presenten en esta etapa son de importancia secundaria. El principal impacto que tendrían las plagas de implantación, sería un efecto indirecto a través de la competencia por parte de las malezas, ya que se disminuiría el número de plantas en el stand (Weiss et al., 1983).

*Plutella xylostella* se alimenta de hojas, yemas, flores, silicuas, corteza externa de los tallos, y en algunos casos de las semillas en desarrollo y por lo tanto exige un mayor número de aplicaciones respecto a las otras plagas. Dado que las poblaciones de esta plaga se presentan fundamentalmente durante el período de floración, en el cual tiene la capacidad de determinar importantes pérdidas de rendimiento, el control químico de la misma en este período interfiere con la elevada presencia de insectos benéficos, entomófagos y polinizadores, los cuales se verán afectados negativamente con las pulverizaciones (Gurr et al., 2000). Además, esta plaga presenta resistencia a principios activos como piretroides (Liu et al., 1982), organofosforados (Miyata et al., 1982), reguladores de crecimiento (Lin et al., 1989) y *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Hama et al. 1992, Abbate et al. 2015).

La hipótesis del trabajo es: la presencia de polinizadores en el período de floración de *Brassica carinata* determina un incremento en el rendimiento del cultivo.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo se realizó en el departamento de Paysandú en la zona de Cangüé sobre una chacra comercial de 31 hectáreas ubicada en el km 359 a 3,5 km de la Ruta Nacional No. 3, latitud 32°26 12,7 S y longitud 58°02 29,9 O. El mismo se ubica sobre la unidad de suelos San Manuel, y según la clasificación CONEAT, los grupos de suelos son el 10.9 y el 11.3, suelo Brunosol eútrico típico, de textura franco arcillo limosa, fertilidad alta y moderada a imperfectamente bien drenado.

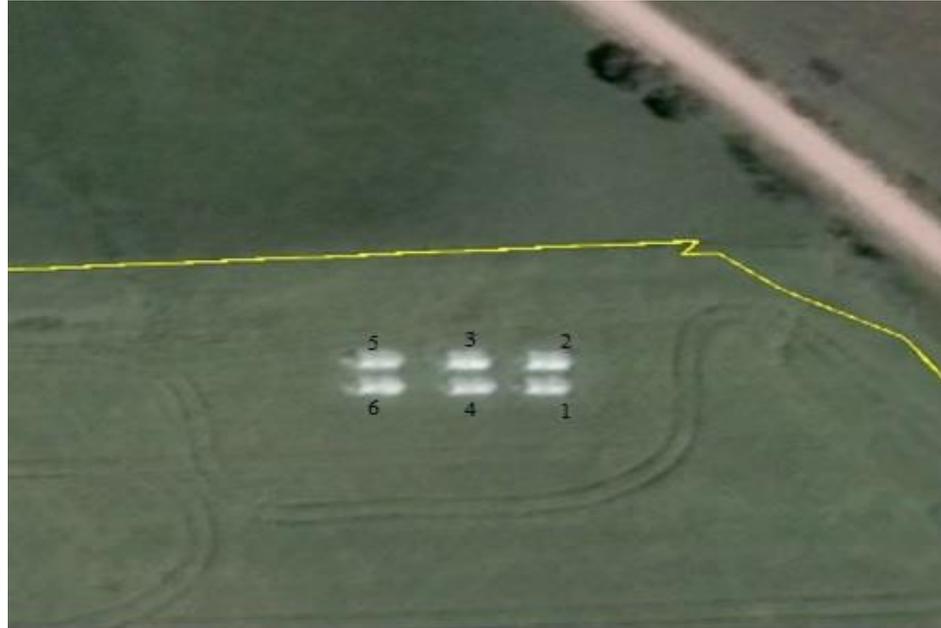
#### 3.2 ENSAYO

##### 3.2.1 Efecto de *Apis mellifera* sobre el rendimiento

El ensayo se instaló en el mes de agosto del año 2016 y se extendió hasta octubre de ese mismo año, abarcando la etapa de floración (29 de agosto) hasta la cosecha. La variedad sembrada de *Brassica carinata* fue Avanza 641(AGR-044) la cual es de ciclo intermedio - largo, sembrada el trece de mayo del 2016 con una densidad de siembra de 5 kg de semilla por hectárea y un rendimiento de 1890 kg/ha.

Se evaluaron dos tratamientos con tres repeticiones, para ello se instalaron seis carpas en total, donde tres contenían colmenas con núcleos de *Apis mellifera* (CCA) y las otras tres restantes con exclusión total de insectos (CSA).

El diseño utilizado fue un diseño en bloques completos al azar (DBCA), donde cada carpa es una unidad experimental (seis unidades experimentales, Figura No. 1).



Donde 1, 4 y 6 corresponden a carpas sin abejas (CSA) y 2, 3 y 5 carpas con abejas (CCA).  
Figura No. 1. Croquis del ensayo.

Los núcleos fueron proporcionados por INIA La Estanzuela, con una población entre diez y quince mil individuos y una reina con un año de vida, libres de enfermedades de varroosis y nosemosis. Los núcleos contenían cinco cuadros: tres cuadros de cría, uno de alimento (polen y miel) y uno de cera estampada. Los mismos se apoyaron sobre una media alza y tenían un alimentador con acceso libre al agua. Se utilizó una densidad de abejas superior a la que se utiliza a nivel productivo con el fin de garantizar una correcta polinización.

Cada carpa abarcaba un área de  $18 \text{ m}^2$  (6 m de largo y 3 m de ancho) y poseía una estructura de hierro cubierta por una malla de 3 mm de diámetro que impedía la entrada de polinizadores, y un volumen formado por arcos en cuyo punto más alto alcanzaba los dos metros formando un semicilindro (Figura No. 2).



Figura No. 2. Ensayos con carpas.

### 3.2.1.1 Determinaciones a campo

Luego de instaladas las carpas, al inicio de la floración, del ensayo se realizaron visitas cada cinco días para determinar el estado fenológico, el avance de la floración, sanidad de las colmenas y corroborar el estado de las carpas (por vientos).

La cosecha se realizó seleccionando dos surcos contiguos de dos metros lineales (dando un total de cuatro metros lineales) dentro de cada unidad experimental, las plantas se cortaron con tijeras al ras del suelo y se contabilizó el número de las mismas. Las muestras de plantas de cada carpa se colocaron en bolsas de arpilleras para su posterior secado y maduración en el galpón.

### 3.2.1.2 Determinaciones en laboratorio

Las seis muestras de plantas se acondicionaron en el galpón y a la semana posterior se secaron en estufa a 60 °C durante 48 horas. Se determinó el peso seco de las mismas y luego se contó el número de silicuas por planta. Posteriormente se realizó la trilla manual y la limpieza (por zaranda) de las semillas, para poder estimar el peso de mil granos (PMG). Para dicha estimación se contaron y pesaron cien granos, repitiéndose este procedimiento tres veces.

### 3.2.1.3 Análisis estadístico

Modelo estadístico,

el modelo experimental utilizado fue  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$

$Y_{ij}$ : rendimiento del tratamiento  $i$ -ésimo, para la  $j$ -ésima bloque pareada

$\mu$ : media poblacional

$\tau_i$ : efecto de los tratamientos

$\beta_j$ : efecto de los bloques

$\epsilon_{ij}$ : error experimental asociado a la  $i$ -ésima tratamiento de la  $j$ -ésima muestra pareada

$i$ : número de tratamientos = 1, 2

$j$ : número de repeticiones  $j= 1...3$

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).

### 3.2.2 Prospección de polinizadores silvestres en *Brassica napus* y *B. carinata*

#### 3.2.2.1 Localización

La prospección de polinizadores silvestres se realizó en los cultivos de *B. carinata* y *B. napus*. En el primer caso, el trabajo se realizó en la misma chacra donde se evaluó efecto de la polinización. Para el segundo caso, el estudio fue llevado a cabo en un predio comercial en la localidad de Paso Guerrero, Departamento de Paysandú, latitud 32°15 48,32 S y longitud 58°01 13,37 O. La variedad sembrada fue Rivette (primaveral de ciclo intermedio), sembrada el 26 de mayo de 2016, cuyo rendimiento final fue de 2105 kg ha<sup>-1</sup>. Este predio se ubica sobre la unidad de suelos Young. El grupo de suelos, según la clasificación CONEAT, es el tipo 11.4, con suelo Brunosol éutrico típico, moderadamente profundo, con textura franco arcillosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenado.

#### 3.2.2.2 Ensayo

Se colocaron trampas de polinizadores al inicio de la floración del cultivo. El modelo de trampa utilizado fue platos-trampas de color azul y amarillo, las cuales contenían una solución de agua, detergente y propilenglicol al 0,1%. Las trampas estaban sostenidas por un soporte de madera, y se ubicaban en el dosel del cultivo en el que había mayor densidad de flores. Las mismas se ubicaron a 100 metros del margen de la chacra, y cada una de ellas estaba separada a 25 metros (Figura No. 3).



Figura No. 3. Trampa de insectos.

#### 3.2.2.3 Determinaciones a campo

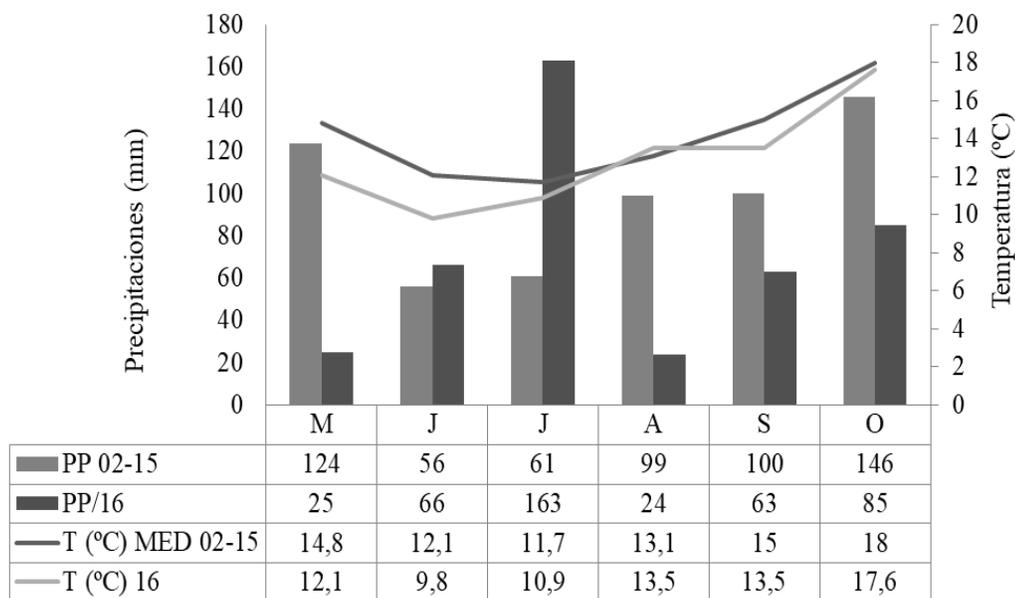
Se realizaron visitas semanales desde el inicio de floración de ambos cultivos en el mes de agosto hasta fines de floración en el mes de octubre. En las visitas se recolectaron los insectos de las trampas y se colocaron en frascos de vidrio, en solución con alcohol al 95 % para su posterior identificación.

#### 3.2.2.4 A laboratorio

Las muestras de los artrópodos recolectados fueron procesadas en laboratorio bajo lupa estereoscópica para su clasificación taxonómica. Se siguieron claves específicas para cada grupo y se compararon con material de referencia de colección entomológica. Los artrópodos quedaron depositados en colección de Entomología de Facultad de Ciencias.

### 3.3 CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA

Para llevar a cabo la caracterización climática en el período que se realizaron los estudios se obtuvo información y datos de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), ubicada en la ciudad de Paysandú, próximo a dicho campo comercial. Para la misma se utilizó el promedio histórico de los valores mensuales de temperatura media y precipitaciones comprendidos entre los años 2002-2015, obteniéndose los valores presentados en la Figura No. 4.



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

Figura No. 4. Precipitaciones y temperatura media mensual del periodo mayo-octubre 2016 en comparación con el promedio histórico (2002-2015).

Los promedios históricos de precipitaciones registrados (2002-2015), difieren de las ocurridas durante el cultivo bajo estudio (426 milímetros mm en 2016, versus 586 mm en el promedio histórico). Para los meses de junio y julio se observa que durante el 2016, las precipitaciones registradas superan al promedio por 10 mm y 102 mm respectivamente. En cambio para los meses de agosto hasta octubre son inferiores en comparación a los mismos. Durante el período crítico de generación del rendimiento (PC) que va desde 29 de agosto (inicia la floración) hasta principios de octubre, los meses de agosto y setiembre acumularon 70.5 y 31 milímetros menos respectivamente en comparación con la acumulado históricamente para esos meses. Tanto las precipitaciones como sus ocurrencias fueron insuficientes para satisfacer los requerimientos del cultivo (Figura No. 4).

En cuanto a las temperaturas para los meses de mayo y junio (período en el cual se da implantación del cultivo), las mismas fueron inferiores al promedio, pero no interfirieron en los primeros estadios del cultivo dándose un adecuado desarrollo. Para el resto de las etapas del cultivo las temperaturas se comportaron similares a los promedios históricos, siendo adecuadas para el desarrollo del cultivo, con excepción para el mes de setiembre dándose una pequeña caída de la temperatura (1,5° C), lo que puede estar afectando la actividad polinizadora por insectos, dado que las abejas tienen un rango

óptimo de desempeño que va desde 15 a 28°C (Free 1967, Winston 1987) (Figura No. 4).

Las temperaturas diarias registradas dentro de las carpas durante el período de floración se encuentran en el rango óptimo para la actividad de las abejas (15 a 28°C), lo cual no afectaría su actividad. En promedio las temperaturas dentro de las carpas en el período de floración fueron de 16,2 °C, y fuera de las carpas fueron de 15,8 °C, siendo 0,4 °C superior la temperatura dentro de las carpas (Figura No. 5).

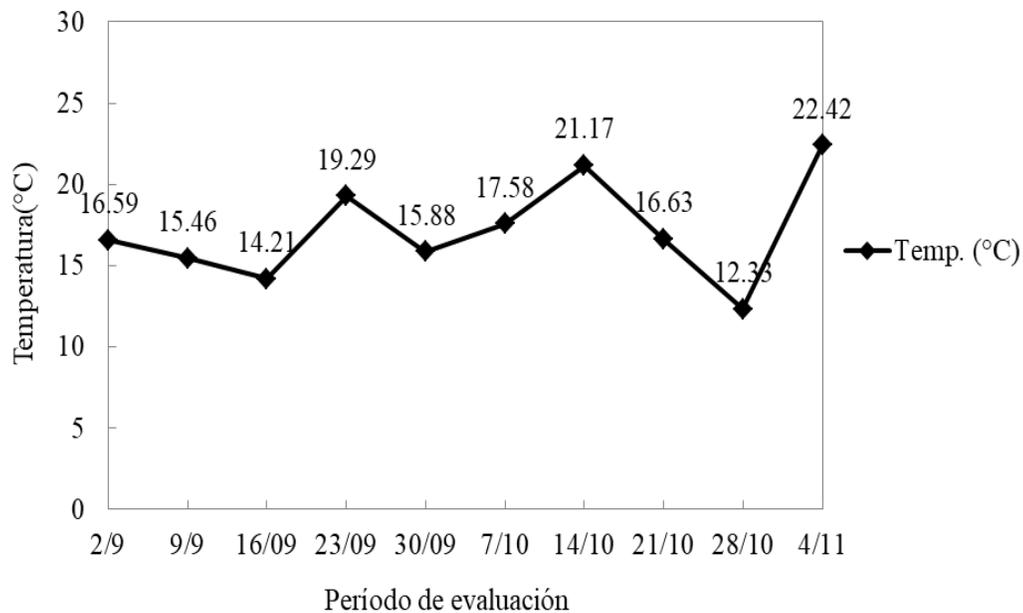


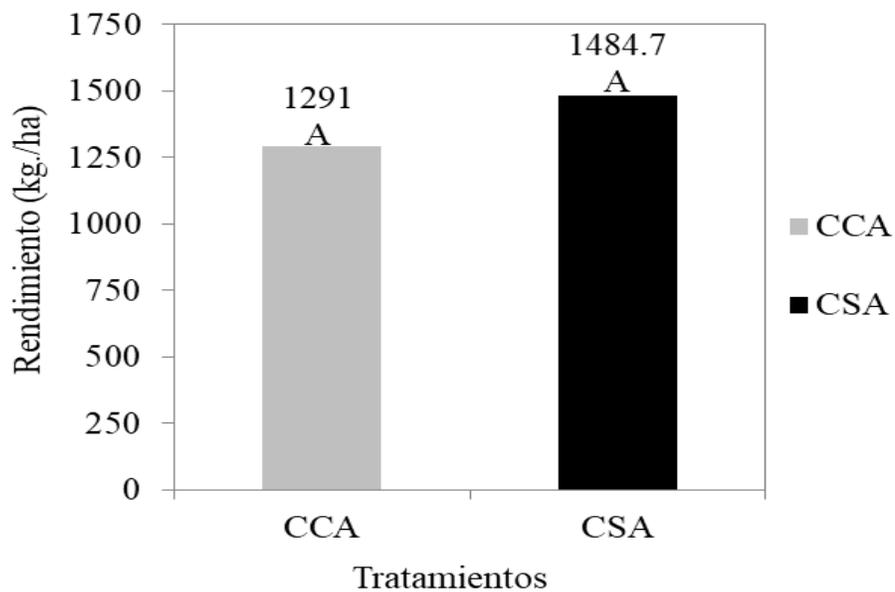
Figura No. 5. Temperatura dentro de una carpa en el período floración-cosecha.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

#### 4.1.1 Rendimiento

El rendimiento promedio de semillas estimado en kg/ha, no presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos CCA y CSA (Figura No. 6).

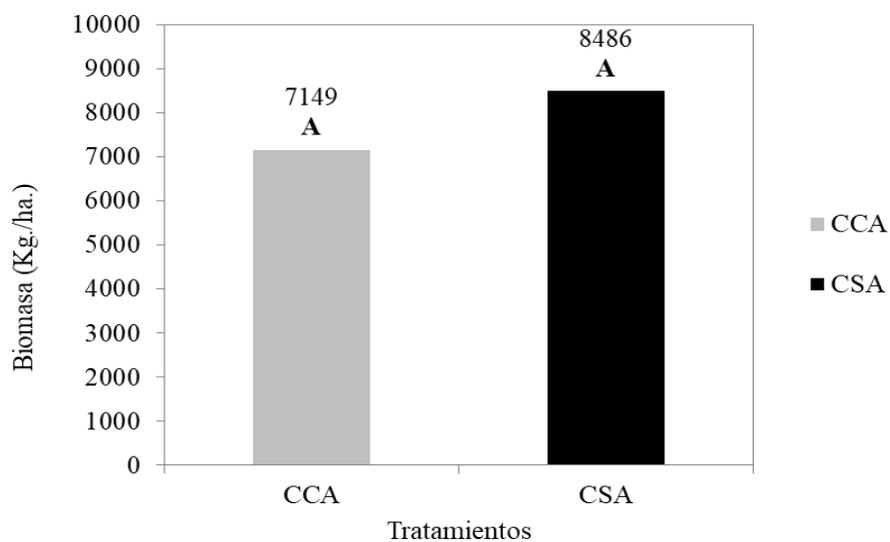


Valores con la misma letra no difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Figura No. 6. Rendimiento promedio en kg/ha según tratamiento

#### 4.1.2 Biomasa

La producción de biomasa no tuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos CCA y CSA (Figura No. 7).

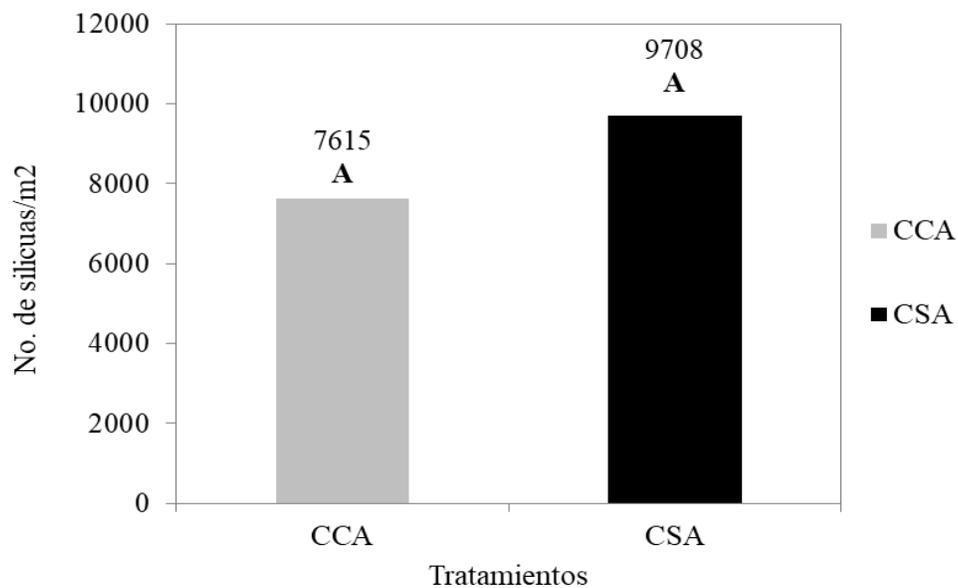


Valores con la misma letra no difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Figura No. 7. Producción total de biomasa en kg/ha según tratamiento.

#### 4.1.3 Número de silicuas por metro cuadrado

El número de silicuas por metro cuadrado no mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos CCA y CSA (Figura No. 8).

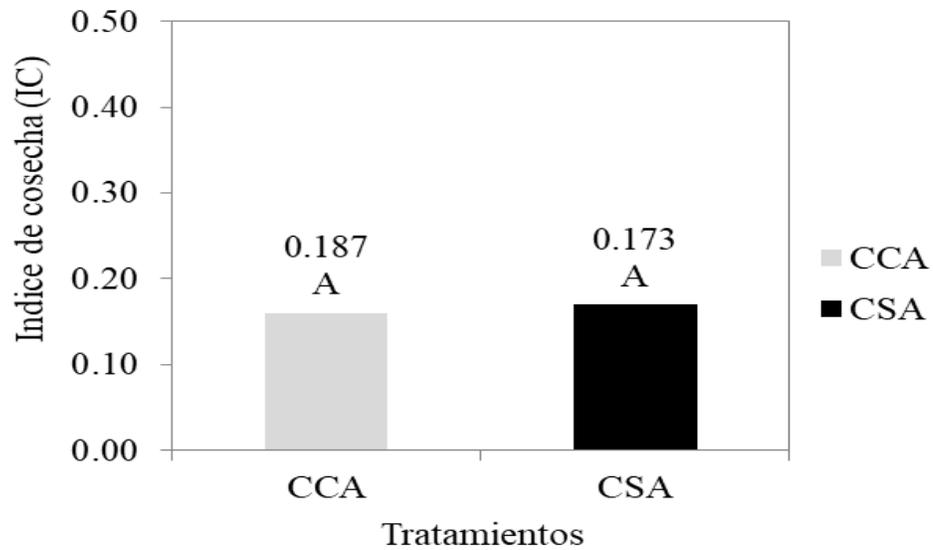


Valores con la misma letra no difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Figura No. 8. Número de silicuas por metro cuadrado (silicuas/m<sup>2</sup>) según tratamiento.

#### 4.1.4 Índice de cosecha

El índice de cosecha no tuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos CCA y CSA (Figura No. 9).

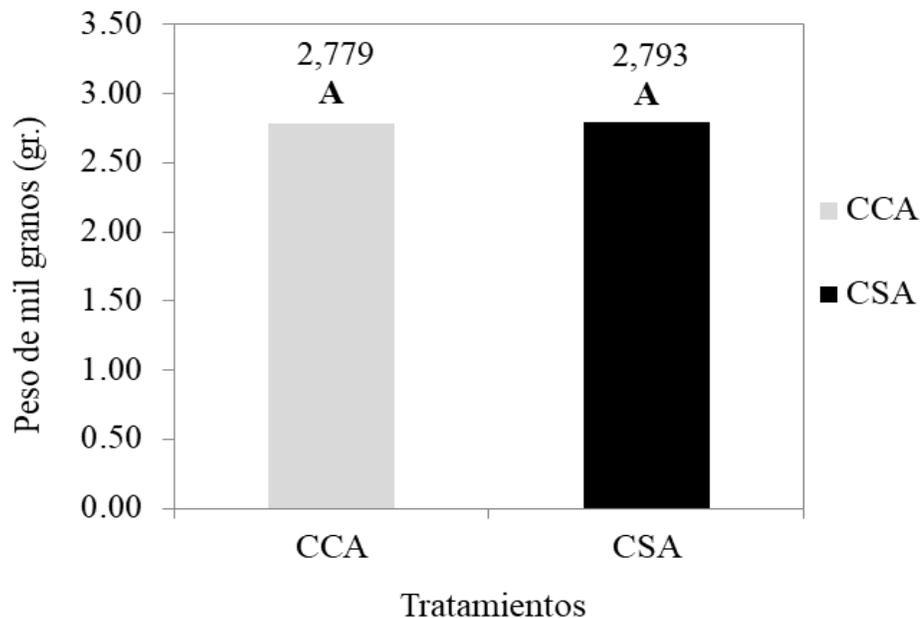


Valores con la misma letra no difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Figura No. 9. Índice de cosecha según tratamiento.

#### 4.1.5 Peso de mil granos

El peso de las semillas no tuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos CCA y CSA (Figura No. 10).



Valores con la misma letra no difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Figura No. 10. Peso de mil granos en gramos según tratamiento.

No se registraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) de rendimiento (kg/ha), producción de biomasa, número de silicuas/m<sup>2</sup>, índice de cosecha y peso de mil granos entre los diferentes tratamientos. Esto no coincide con la hipótesis planteada al inicio, ya que se esperaba que la presencia de *Apis mellifera* generara diferencias en algunos de los parámetros evaluados.

Estos resultados no coinciden con otros trabajos en los cuales también se evaluó el impacto de las abejas sobre componentes de rendimiento en *B. napus* en los que encontraron que la producción de semillas en parcelas con abejas es mayor que sin abejas: 25% más Fujita, 17% más, Rhein, 55 % más, Zander, 27% más, Jenkinson y Glynne-Jones, citados por Free y Nuttall (1968), 10 % más (Koltowosky, 2005), 46% más (Sabbahi et al., 2005), 22% más, Manning y Wallis, citados por Bonmarco (2012), 50,7% más (Kamler y Jas, 2003). Ni tampoco coinciden con autores que reportan mayor peso de semillas (Bonmarco, 2012). La falta de un efecto positivo de *Apis mellifera* en este trabajo a diferencia de los trabajos citados podría estar asociada diversos motivos, entre los que se podría mencionar un posible efecto de las mallas de las carpas

interceptando el viento, el cual cumple un importante rol mejorando la eficiencia de la polinización entomófila (Mesquida et al., 1988).

Pero los resultados obtenidos coinciden con los de Free y Nutall (1968) quienes mostraron que las parcelas con abejas y sin abejas, no tuvieron diferencias significativas estadísticamente en el número de semillas. Otros autores que consideran que la colza con la autogamia tiene buenos rendimientos independientemente de la polinización entomófila, dando efectos no significativos con abejas son: Ewert, Nicolaisen, Becker, Harle, Pearson, Free y Nutall, Williams, Van Praagh et al., citados por Mesquida et al. (1988).

Una explicación de los resultados obtenidos es que si bien las abejas pudieron haber incrementado el número de óvulos fecundados, otros factores limitantes, como por ejemplo la disponibilidad hídrica, pudieron haber determinado un mayor porcentaje de aborto de flores fecundadas, en los tratamientos CCA. En este sentido, las precipitaciones acumuladas durante el período crítico del ensayo fueron deficitarias ya que durante el período de floración se acumularon 148 mm, cuando el requerimiento es de 225 mm (Ruiz et al., 2013). El estrés hídrico en brasicáceas puede afectar el rendimiento de semillas directamente reduciendo el período de floración o determinando un menor número de semillas por silicua y silicuas por planta (Lindstrom et al., 2010). Si bien en las carpas con abejas pudo haberse registrado un mayor porcentaje de fecundación debido a los insectos, la cantidad de granos efectivamente fijado pudo estar restringido por la disponibilidad hídrica.

La limitante hídrica durante el período evaluado también pudo haber afectado el comportamiento de las abejas, debido a una menor producción de néctar por las flores, un menor tamaño de las mismas y como consecuencia son menos atractivas para los insectos (Lindstrom et al., 2010).

Otra razón de porque no hubo diferencias significativas en los tratamientos evaluados, es que todas las mediciones se llevaron a cabo considerando la planta entera y no comparando partes de la planta como puede ser la rama principal. Mesquida et al. (1988) en uno de sus ensayos hicieron esta comparación y concluyeron que el mismo efecto de la polinización por insectos en la producción, puede ser apreciado de manera diferente, según si se considera la rama principal o la planta entera. Lerin, citado por Mesquida et al. (1988) encontró que es precisamente en la rama principal donde los insectos tienen gran efecto, ya que las primeras cincuenta flores abiertas del tallo principal son polinizadas antes que las flores de plantas sin insectos. De esta manera las vainas se desarrollan más rápido en esta parte de la rama y las flores de arriba del tallo principal estarán sujetas a un aborto fisiológico, y se diluye el efecto de la polinización. Por lo tanto si se comparan el número de silicuas de tramos del tallo principal entre plantas con y sin polinizadores, se podrían encontrar diferencias entre ellas, lo que no ocurre al comparar plantas enteras; con respecto a este trabajo al comparar plantas

enteras, no se encontraron diferencias significativas en ambos tratamientos. En las carpas sin polinizadores se termina logrando el mismo número de granos por metro cuadrado, dándose un efecto compensatorio. Si existieran factores limitantes (hídricos, nutricionales, etc.), el número final de granos por metro cuadrado no sería el mismo en comparación con el tratamiento con abejas. Las plantas que son polinizadas desarrollan semillas más rápido que las no polinizadas, de esta manera el período de floración es más corto y uniforme (Mesquida et al., 1988) dándose así una maduración fisiológica de granos homogénea.

En el presente estudio, las carpas con abejas generaron un importante uniformidad en la floración individual de cada planta, determinando un acortamiento de dicho período lo que determina la uniformización de la maduración fisiológica del cultivo. Este aspecto resulta de gran importancia teniendo en cuenta que una de las limitantes de este cultivo es el elevado porcentaje de pérdida de cosecha, consecuencia de la dehiscencia de silicuas. Este mismo efecto fue observado en colza (Mazzilli et al., 2016).

## 4.2 INSECTOS POLINIZADORES

Durante el período de floración de *B. carinata* y *B.napus* se colectaron varias especies de insectos. En el análisis primario de laboratorio se seleccionaron las especies con potencial polinizador, determinando un total de 10 morfo especies. Seis de ellas se clasificaron hasta el nivel de especie, una a nivel de género, dos hasta el nivel de familia y una en el nivel de orden (Figura No. 11).

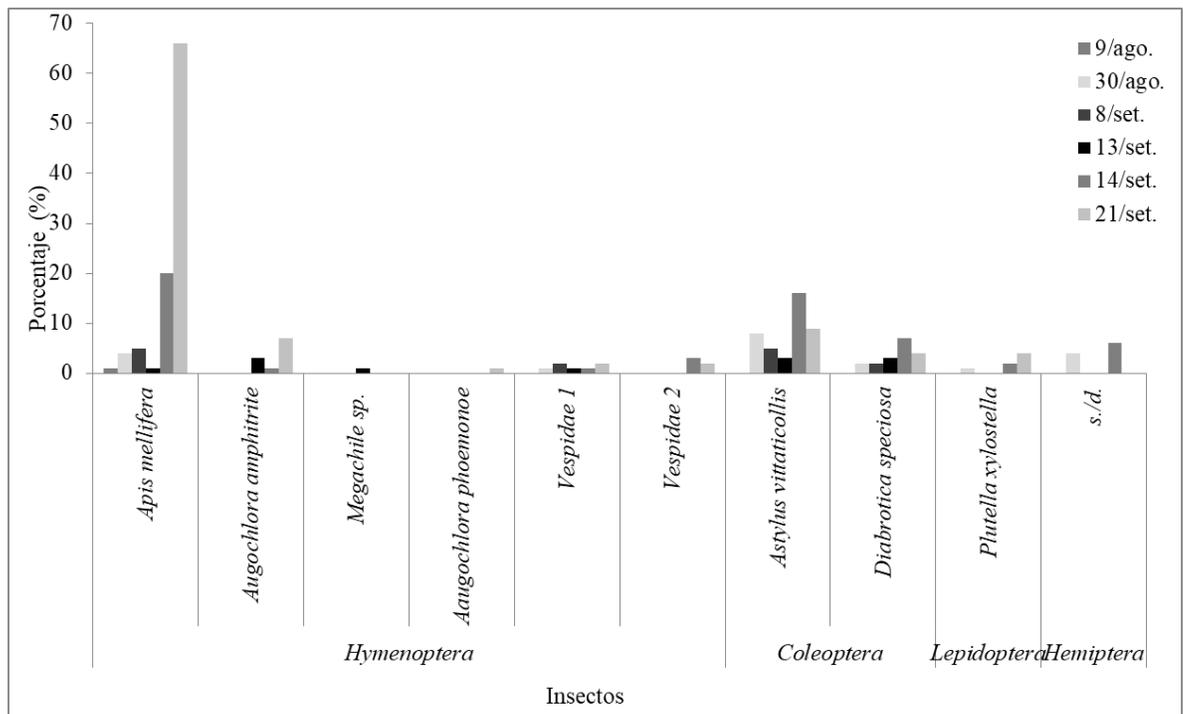


Figura No. 11. Especies polinizadoras registradas en el periodo de floración en trampas de plato (amarillas + azules).

El insecto que apareció con mayor frecuencia fue *Apis mellifera*, esto es entendible dado que esta especie tiene una conformación social de miles de individuos por colonia y estas abejas son las que el ser humano cuida y mantiene en colonias artificiales para la producción de miel ceras propóleos y otros productos de la colmena. En Uruguay el manejo de colonias de estas abejas, está ampliamente distribuido por todo el territorio y especialmente Paysandú es tercer departamento en mayor número de productores (308 productores) que manejan en torno a las 69727 unidades productivas. Siendo el segundo departamento con mayor número de colmenas registradas en el sistema SINATPA 2016 del MGAP (2016).

Por otro lado se han realizado estudios de usos de recursos alimenticios por las abejas melíferas en Uruguay y se conoce que estas abejas utilizan las brasicáceas como

recurso de proteínas/polen para sus crías (Santos et al., 2009). De igual modo otros autores han detectado la presencia de la abeja melífera sobre el cultivo de brasicáceas (Rosa et al., 2010). Además dado que estas abejas presentan un ciclo anual y necesitan recurso alimenticios durante todo el año, es muy valorado para las abejas este recurso en la época que florece, porque es de los primeros recursos poliníferos y nectaríferos disponible en abundancia para el desarrollo de las crías y los apicultores movilizan sus colmenas intencionalmente a las cercanías de este cultivo para aprovechar el desarrollo temprano de sus colmenas. Algo que se percibe en los resultados es que la frecuencia ha ido en aumento en las fechas muestreadas. Esto puede deberse al incremento en el número de flores por metro cuadrado a medida que avanzó la época de muestreo y las parcelas fueron más atractivas para las abejas. Otro motivo que podría explicar el aumento del número de *A. mellifera* colectado podría ser consecuencia de la entrada progresiva de más unidades productivas a los campos linderos, debido al manejo de los apicultores de la zona.

Durante el período de evaluación se registró la presencia de tres especies de abejas nativas (N=13) interactuando con el cultivo. Dos de ellas pertenecientes a la familia Halictidae (N=12), grupos de abejas de pequeño porte, con coloraciones metalizadas en su cuerpo y que se las conoce con potencial polinizador de muchas especies vegetales (Michener, 2007). Estas abejas son estacionales, solo se las observa en primavera y verano y son solitarias (no forman colonias), por lo que su número es escaso en la naturaleza. Esto explica porque aparecieron en las trampas en escaso número solo a partir del 13 de setiembre. Otro aspecto a resaltar respecto de estas abejas es que no han sido domesticadas por el ser humano, por lo que su presencia en el cultivo proviene del aporte de algún borde natural al mismo, donde estas abejas tienen su sitio de anidamiento. Los nidos de estas abejas se realizan en galerías en el suelo que ellas mismas excavan (Michener, 2007). Este estudio conforma para Uruguay el primer reporte de abejas nativas interactuando con el cultivo de *B. carinata* en busca de alimentos.

La tercer especie de abeja nativa (N=1) que se registró en el cultivo pertenece a la familia Megachilidae, una familia de abejas solitarias también con ciclo estacional y que también aparecen en la naturaleza en la primavera, para invernar en las estaciones de otoño e invierno (Michener, 2007), lo que explica que se haya registrado recién a mediados de setiembre. Este grupo de abejas se conoce por su enorme eficiencia como polinizador de algunos cultivos de leguminosas que se implantan para forraje. Por su sistema de acopio de polen y su comportamiento robusto sobre las flores se ha usado en diversas experiencias de polinización en otros países, especialmente para mejorar la producción de semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, Pitts-Singer y Cane, 2011). Su sistema de nidificación consiste en nidos realizados por las hembras solitarias, con cortes de hojas que colectan de la naturaleza y depositados en huecos existentes en el lugar (Michener, 2007). Por este motivo, la presencia de bordes en el cultivo es importante para sostener la nidificación de estas especies de abejas, que han sido reportadas

mejorando la producción de brasicáceas (Adegas y Nogueira 1987, Morandin y Winston 2005) y de otros cultivos.

La presencia de abejas del género *Bombus* en cultivos de brasicáceas ha sido reportada por diversos autores (Mesquida et al. 1988, Hayter y Cresswell 2003, Morandin y Winston 2005, Stanley et al. 2013). En el presente estudio no se registró la caída de este tipo de abejas. En Uruguay, se conoce que hay presente al menos dos especies de este género: *B. pauloensis* y *B. bellicosus*. La primera es reportada para el norte del país interactuando con flora variada (Santos et al., 2017). Posiblemente en el presente estudio no se hayan capturado ejemplares de este género debido a que en el periodo evaluado solo se encuentran en la naturaleza reinas iniciando nidos y no hay obreras (pues esta abeja social conforma nidos de cientos de individuos) en el campo. Durante los meses de floración de las brasicáceas, solo se avistan reinas colectando polen y néctar sobre un rango muy limitado de recursos (Michener 2007, Santos et al. 2017). Por otro lado, dado que es conocido que las especies de este grupo de polinizadores no se colectan fácilmente con las trampas de caída<sup>2</sup>, para ampliar los conocimientos, deberían realizarse estudios de colecta directa sobre las flores.

Mesquida et al. (1988) reportan en sus estudios la presencia de una especie de coleóptero sobre el cultivo de *B. napus*, con potencial polinizador. En este trabajo, se colectaron dos especies de coleópteros: 41 ejemplares de *Astylus vittaticollis* y 18 de *Diabrotica speciosa*. *Diabrotica speciosa* conocida plaga de cultivos (Bentancour y Scatoni, 2010) pero con potencial polinizador reportado en algunos estudios como el de Sanches Junior y Malerbo-Souza (2004) quienes resaltan el posible potencial polinizador en este insecto al cual avistaron con gran frecuencia sobre las flores de algodón (41%).

*Diabrotica speciosa* podría también ser considerado vector polinizador de forma indirecta del cultivo de *Momordica charantia*, ya que utiliza el polen y el néctar para alimentarse (Lenzi et al., 2005). En este sentido, un estudio de relevamiento directo sobre las flores *Brassica carinata* debe ser realizado para evaluar la presencia y el rol de este coleóptero en el cultivo.

Durante el período de evaluación, se colectó otra especie de coleóptero, *Astylus vittaticollis*, conocido por su dieta polífaga de polen y néctar sobre las flores actuando como posible vector polinizador para diversas especies vegetales. En observación de laboratorio bajo la lupa se pudo corroborar la abundante vellosidad que posee en todo su cuerpo e incluso se detectaron granos de polen en ellos, reforzando la hipótesis de su rol como polinizador.

Respecto de los demás taxones identificados pueden ser relevantes polinizadores las avispas de la familia Vespidae que poseen comportamientos de colecta

---

<sup>2</sup>Santos, E. 2018. Com. personal

de néctar sobre las flores y en ese accionar pueden transportar granos de polen en su cuerpo, al igual que los insectos de la orden Hemíptera, pero todos ellos se encontraron con menor abundancia que los demás insectos.

Respecto de los ejemplares de *Plutella xylostella*, colectados en las trampas, no se conoce su potencial como insecto polinizador aunque es conocido que los adultos de esta especie se alimentan de néctar de las flores y es posible que utilicen las flores de *B. carinata* como recurso nectarífero. Esta plaga aparece en las trampas de plato a partir de la segunda fecha de muestreo, compartiendo el ambiente con los demás insectos que nombraron anteriormente con potencial polinizador para este u otros cultivos. Esta ocurrencia simultánea de adultos de la principal plaga del cultivo con otros insectos, debiera ser considerada a la hora de manejar tratamientos sanitarios sobre el cultivo contra esta plaga, tratando de utilizar tratamientos selectivos que no afecten las poblaciones de otros insectos benéficos para el ecosistema.

## 5. CONCLUSIONES

En las condiciones climáticas en que se desarrolló el experimento, no se determinaron efectos significativos sobre los componentes de rendimiento (biomasa, números de silicuas/ m<sup>2</sup>, peso de mil granos e índice de cosecha) con la introducción de *Apis mellifera* en carpas de exclusión de insectos durante la floración de un cultivo comercial de *Brassica carinata* var. Avanza 641(AGR-004). Pero se constató un acortamiento del período de floración del cultivo, permitiendo así tener una floración más uniforme, lo que permite tener una cosecha más eficiente y minimizar las pérdidas.

Al evaluar la riqueza de especies interaccionando con el cultivo de *Brassica carinata* y *Brasica napus* se constató que los mismos resultan un recurso visitado por varios insectos. La importancia de estos cultivos para los polinizadores en particular radica en que los mismos ofrecen una fuente temprana de alimentos ricos en néctar y polen para sus crías, permitiendo el desarrollo temprano de las colmenas.

*Apis mellifera* fue la especie con potencial polinizador obtenidos en las trampas de plato, el que apareció en mayor frecuencia fue, a su vez se encontraron tres especies de abejas nativas interactuando con el cultivo, dos pertenecientes a la familia Halictidae y una perteneciente a la familia Megachilidae. Estas especies encontradas no son exclusivas de las brasicáceas, por lo tanto es importante la conservación de bordes en el cultivo, para el sostén de la nidificación y recursos alimenticios de estas especies de abejas. También se encontraron insectos plagas con posible potencial polinizador que se desconoce, y que los mismos pueden llevar a realizar aplicaciones que afecten a los insectos benéficos.

Si bien este es el primer estudio de prospección de insectos en brassicas, el mismo abre un abanico de futuras líneas de investigación a nivel nacional, con el objetivo de estudiar el impacto de los polinizadores silvestres sobre las brassicas y otros cultivos de importancia económica, la frecuencia y el momento en el que se encuentran en distintas zonas del país.

## 6. RESUMEN

El cultivo de *Brassica carinata*, es cultivado en varios países del mundo. Su importancia a nivel mundial está dada en el uso que se le da para la producción de biocombustibles a partir de su aceite, además de tener un remanente con alimentos proteicos que sirven para la alimentación animal. Los biocombustibles producidos a partir del mismo reducen las emisiones de gases de efecto invernadero en más del 70% en comparación con los combustibles fósiles. En el Uruguay, la superficie sembrada con este cultivo en el 2018 superó las 10000 hectáreas. Si bien esta especie presenta un alto porcentaje de autofecundación, la presencia de polinizadores en la brasicáceas mejoró los componentes del rendimiento en diversos estudios. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto de la polinización entomófila sobre los diferentes componentes del rendimiento de *Brassica carinata* y la identificación de polinizadores silvestres, cuya información es nula en el país. Para ello se realizó un experimento en una chacra comercial en Paysandú, Uruguay, en donde se comparó el rendimiento de *Brassica carinata* var. Avanza 641 en un tratamiento, sin presencia de insectos (CSA) y otro con presencia de *Apis mellifera* (CCA) en carpas de exclusión. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento. Se evaluó: rendimiento en grano (kg/ha), biomasa, número de silicuas por m<sup>2</sup>, índice de cosecha y peso de granos. Estos parámetros analizados no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, a diferencia de lo encontrado en *Brassica napus* en diversos trabajos nacionales e internacionales. La presencia de *Apis mellifera* concentró el período de floración de *B. carinata*, lo cual es considerado de importancia para incrementar la eficiencia del proceso de cosecha. En la prospección de insectos realizadas con trampas de plato (amarillas y azules) se encontraron tres especies nativas (dos pertenecientes a la familia Halictidae, y una a la familia Megachilidae) con gran potencial polinizador en cultivos de brasicáceas durante el periodo de floración. Este es el primer registro de especies de polinizadores silvestres nativos en el cultivo de *Brassica carinata* en el país. La presencia de especies benéficas durante la floración de este cultivo remarca la importancia de realizar un manejo de plagas racional durante este período con el fin de minimizar los impactos negativos hacia los mismos. La inclusión de *Brassica carinata* en el esquema de rotación agrícola nacional determina una importante fuente de alimentos a polinizadores durante un período de recursos limitados.

Palabras clave: *Brassica carinata*; *Apis mellifera*; Polinizadores silvestres; Rendimiento.

## 7. SUMMARY

The cultivation of *Brassica carinata*, is cultivated in several parts of the world. Its importance worldwide is given in the use that is given to the production of biofuels from its oil, in addition to having a remnant with protein foods that are used for animal feed. Biofuels produced from it reduce greenhouse gas emissions by more than 70% compared to fossil fuels. In Uruguay, the area planted with this crop in 2018 exceeded 10,000 hectares, although this crop has a high percentage of self-fertilization for the fertilization of the ovules and seed formation, the presence of pollinators in the Brassicacea family improved the components of performance in various studies. The objective of this work was to evaluate the impact of entomophilic pollination on the different components of yield, and the identification of wild pollinators, whose information is null in the country. For this, an experiment was carried out in a commercial farm in Paysandú, Uruguay, where the performance of *Brassica carinata* var. Advances 641 (AGR-004) in one treatment, without the presence of insects (CSA) and another with the presence of *Apis mellifera* (CCA) in exclusion tents. A randomized complete block design with three repetitions per treatment was used. It was evaluated: grain yield (kg / ha), biomass, number of siliques per m<sup>2</sup>, harvest index and grain weight. These analyzed parameters did not present significant differences between treatments, unlike that found in *Brassica napus* in several national and international works. The presence of *Apis mellifera* concentrated the flowering period, which is considered important to increase the efficiency of the harvest process. In the prospection of insects three native species were found (two belonging to the family Halictidae, and one to the family Megachilidae) with great pollinating potential in brassicas cultures during the flowering period. This is the first record of native wild pollinator species in the cultivation of *Brassica carinata* in the country had not been surveyed so far. The presence of beneficial species during the flowering of this crop highlights the importance of conducting a rational pest management during this period in order to minimize the impact on beneficial organisms. The inclusion of *Brassica carinata* in the national agricultural rotation scheme determines an important source of food for pollinators during a period of limited resources.

Keywords: *Brassica carinata*; *Apis mellifera*; Wild pollinators; Performance.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abbate, S.; Silva, H.; Ribeiro, A. 2015. Manejo de plagas en el cultivo de colza. Paysandú, Facultad de Agronomía. 17 p.
2. Adegas, J. E. B.; Nogueira Couto, R. H. 1992. Entomophilous pollination in Rape (*Brassica napus* L. var. oleifera) in Brazil. (en línea). *Apidologie*. 23(3): 203-209. Consultado ago. 18. Disponible en [https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/1992/03/Apidologie\\_0044-8435\\_1992\\_23\\_3\\_ART0002.pdf](https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/1992/03/Apidologie_0044-8435_1992_23_3_ART0002.pdf)
3. Aizen, M. A.; Harder, L. D. 2009. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. (en línea). *Current Biology*. no 19: 915-918. Consultado ago. 2018. Disponible en [10.1016/j.cub.2009.03.071](https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.03.071)
4. Bentancour, C. M.; Scatoni I. B. 2010. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. 3<sup>a</sup>. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 582 p.
5. Biesmeijer, J. C.; Roberts, S. P. M.; Reemer, M.; Ohlemuller, R.; Edwards, M.; Peeters, T.; Schaffers, A. P.; Potts, S. G.; Kleukers, R.; Thomas, C. D.; Settele, J.; Kunin, W. E. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*. 313:351- 354.
6. Bonmarco, 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 jul. 18. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1007/s00442-012-2271-6>
7. Borges, R.; Gowda, V.; Zacharias, M. 2003. Butterfly pollination and high-contrast visual signals in a low-density distylous plant. *Oecologia*. 36:571-573.
8. Bosch, J.; Blas, M.; Lacasa, A. 1992. *Osmia cornuta* (Hymenoptera; megachilidae), un nuevo polinizador para los almendros. *Fruticultura Profesional*. no. 44: 65 - 71.
9. Bouaid, A.; Diaz, Y.; Martinez, M.; Aracil, J. 2005. Pilot plant studies of biodiesel production using *Brassica carinata* as raw material. *Catalysis Today*. 106(1):193- 196.

10. Cardone, M.; Mazzoncini, M.; Menini, S.; Rocco, V.; Senatore, A.; Seggiani, M.; Vitolo, S. 2003. *Brassica carinata* as an alternative oil crop for the production of biodiesel in Italy: agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization. (en línea). Biomass and Bioenergy. 25(6): 623- 636.  
Consultado ago. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com>.
11. Dalmazzo y Roig-Alsina, R. 2011. Revision of the species of the New World genus *Augochlora* (Hymenoptera, Halictidae) occurring in the southern temperate areas of its range. Zootaxa. 2750: 15 - 32.
12. De la Cuadra, S. 1992. La importancia de las abejas en la polinización de los frutales. La Palma. 5: 27 - 34.
13. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). (en línea). Field Crop Research. 67(1): 35-49. Consultado set. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429000000824?via%3Dihub>
14. Dukas, R.; Real, L. 1993. Effects of nectar variance on learning by bumblebees. Animal Behaviour. 45: 37 - 41.
15. Free, J. B. 1963. The Flower Constancy of Honeybees. Journal of Animal Ecology. 32:119-131.
16. \_\_\_\_\_. 1967. Factors determining the collection of pollen by honeybee foragers. Animal Behaviour. 15: 134-144.
17. \_\_\_\_\_.; 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 ago. 2018. Disponible en <http://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1017/S0021859600065631>
18. Gasol, C.; Gabarrell, X.; Anton, A.; Rigola, M.; Carrasco, J.; Ciria, P.; Solano, M.; Rieradevall, J. 2007. Life cycle assessment of a *Brassica carinata* bioenergy cropping system in southern Europe. Biomass and Bioenergy. 31: 543–555.
19. Graham, J. 1993. The Hive and Honey Bee. Hamilton, Illinois, Dadant. 1324 p.

20. Guerrero-Díaz, M. M.; Lacasa-Martínez, C. M.; Hernández-Piñera, A.; Martínez Alarcon, V.; Lacasa Plasencia, A. 2013. Evaluation of repeated biodisinfestation using *Brassica carinata* pellets to control *Meloidogyne incognita* in protected pepper crops. Spanish Journal of Agricultural Research. 11(2):485-493.
21. Gurr, G. M.; Wratten, S. D.; Barbosa, P. 2000. Success in conservation biological control of arthropods. In: Gurr, G.; Wratten, S. eds. Biological Control: measures of Success. Boston, Kluwer. pp. 105- 132.
22. Hama, H.; Suzuki, K.; Tanaka, H. 1992. Inheritance and stability of resistance to *Bacillus thuringiensis* formulations of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Yponomeutidae). Applied Entomology and Zoology. 27: 355-362.
23. Hayter, K. E.; Cresswell, J. E. 2006. The influence of pollinator abundance on the dynamics and efficiency of pollination in agricultural *Brassica napus*: implications for landscape-scale gene dispersal. (en línea). Journal of Applied Ecology 43(6): 1196-1202. Consultado set. 2018. Disponible en <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2664.2006.01219.x>
24. Jauker, F.; Bondarenko, B.; Beckert, H. C.; Steffan-Dewentert, I. 2012. Pollination efficiency of wild bees and hoverflies provided to oilseed rape. (en línea). Agriculture and Forest Entomology. 14(1): 81-87. Consultado ago. 18. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1111/j.1461-9563.2011.00541.x>
25. Jean - Prost P. 1995. Apicultura. 3a. ed. Madrid, España. Mundi- Prensa. 741 p.
26. Kamler, F.; Jas, S. 2003. Influence of pollination by honey bee on seed yield on selected cultivars of winter rape. (en línea). Journal of Apiculture Science. 47(2): 119-125. Consultado oct. 2018. Disponible en <http://www.jas.org.pl/Influence-of-pollination-by-honey-bee-on-seed-yield-on-selected-cultivars-of-winter-rape,0,244.html>
27. Kearns, C. A.; Inouye, D. W.; Waser, N. M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. Annual Review of Ecology and Systematics.29: 83 -112.
28. Keller, I.; Fluri, P.; Imdorf, A. 2005. Pollen nutrition and colony development in honey bees: Part I. Bee World. 86(2): 3 - 10.

29. Koltowski, Z. 2005. The effect of pollinating insects on the yield of Winter rapeseed (*Brassica napus* L. *napus* f. *biennis*) cultivars. (en línea). Journal of Apiculture Science. 49(2): 29-41. Consultado oct. 2018. Disponible en <http://www.jas.org.pl/pdf/81.pdf>
30. Labandeira, C.; Sepkoiski, J. 1993. Insect diversity in the fossil record. Science. 261: 310-315.
31. Lenzi, M.; Orth, A.; Guerra, T. 2005. Ecología da polinização de *Mormodica charantia* L. Curcubitaceae. Revista Brasileira de Botânica. 28(3): 505-513.
32. Lin, J. G.; Hung, C. H.; Siin, C. N. 1989. Teflubenzuron resistance and microsomal monooxygenases in larvae of the Diamondback Moth. Pesticide Biochemistry Physiology. 35:20-25.
33. Lindstrom, S. A. M.; Klatt, B. K.; Smith, G. H.; Bonmarco, R. 2017. Crop management affects pollinator attractiveness and visitation in oilseed rape. (en línea). Basic and Applied Ecology. 26: 82-88. Consultado oct. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S143917911730052X?via%3Dihub>
34. Liu, M. Y.; Tzeng, Y. J.; Sun, C. N. 1982. Diamondback Moth resistance to several synthetic pyrethroids. Journal of Economic Entomology. 74:393-396.
35. López, A.; Sotomayor, C. 1992. Las abejas como polinizantes en frutales. Chile Agrícola. 17: 270 - 272.
36. Mazzilli, S.; Abbate, S.; Mendoza, Y.; Rosas, M.; Dobreff, N.; Silchenko, S.; De Andrea, F.; Fros, D. 2016. El rol de *Apis mellifera* en el cultivo de canola (*Brassica napus* L.). Cangüé.no. 37:14-18
37. Mesquida, J.; Renard, M.; 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. 2018. Disponible en <https://hal.inria.fr/file/index/docid/890728/filename/hal-00890728.pdf>
38. MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, UY). 2016. Registro nacional de propietarios de colmenas. (en línea). Montevideo. 3 p.

Consultado 21 oct. 2018. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-general-de-la-granja/comunicados/RNPC\\_2016](http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-general-de-la-granja/comunicados/RNPC_2016)

39. \_\_\_\_\_. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Registro apícola. (en línea). Montevideo. 3 p. Consultado 21 oct. 2018. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/noticia/unidad-organizativa/direccion-general-de-la-granja/30-01-2018/Registro-Apicola-2018>.
40. Michener, C. D. 1974. The Social Behavior of the Bees: a comparative study. Cambridge, Massachusetts, Harvard University. 404 p.
41. \_\_\_\_\_. 2007. The Bees of the World. Baltimore, John Hopkins University. 913 p.
42. Miyata, T.; Kawai, H.; Saito, T. 1982. Insecticide resistance in the Diamondback Moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae). Applied Entomology and Zoology. 17:539-542.
43. Morandin, L. A.; Winston, M. L. 2005. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. (en línea). Ecological Applications. 15(3): 871-881. Consultado oct. 2018. Disponible en <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/03-5271>
44. Nanda, R.; Bhargava, S. C.; Tomar D. P. S.; Rawson H. M. 2006. Phenological development of *Brassica campestris*, *B. juncea*, *B. napus* y *B. carinata* grown in controlled environments and from 14 sowing dates in the field.(en línea). Field Crops Research. 46(1-3): 93-103. Consultado set. 2018. Disponible en [https://sci-hub.tw/10.1016/0378-4290\(95\)00090-9](https://sci-hub.tw/10.1016/0378-4290(95)00090-9)
45. Ocampo, H. 2018. UPM incrementó en más de 30% la superficie de siembra con carinata. (en línea). El Observador, Montevideo, UY, jun. 22: s.p. Consultado 28 jul. 2018. Disponible en <https://www.elobservador.com.uy/nota/upm-incrementa-en-mas-de-30-la-superficie-de-siembra-con-carinata--2018622500>
46. 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 ago. 2018.

47. Pitts-Singer, T. L. 2008. Past and Present Management of Alfalfa Bees. In: James, R. R.; Pitts-Singers, T. L. eds. Bee Pollination in Agricultural Ecosystems. Oxford, UK, University Press. pp. 105-123.
48. Ricci, M.; Culebra, S.; Sgarbi, C.; Vasicek, A.; Chamorro, A.; Paglioni, A.; López, C.; La Rossa, R. 2011. Parámetros biológicos y demográficos de áfidos (Hemiptera: aphididae) en variedades de colza canola (*Brassica napus* L.). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Cuyo). 43:91-102.
49. Rosa, A. S.; Blochtein, B.; Ferreira, N. R.; Witter, S. 2010. *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) as a potential *Brassica napus* pollinator (cv. Hyola 432) (Brassicaceae), in Southern Brazil. (en línea). Brazilian Journal of Biology. 70(4): 1075-1081. Consultado nov. 2018. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-69842010000500024&lng=en&nrm=iso&tIng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842010000500024&lng=en&nrm=iso&tIng=en)
50. Ruiz, C. J. A.; Medina, G.; González, A. I. J.; Flores, L. H. E.; Ramírez, O. G.; Ortiz, T. C.; Byerly, M. K. F.; Martínez, P. R. A. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. 2ª. ed. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 564 p. (Libro Técnico no. 3).
51. Sabbahi, R.; de Oliveira, D.; Marceau, J. 2005. Influence of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Density on the Production of Canola (Crucifera: Brassicaceae). (en línea). Journal of Economic Entomology. 98(2): 367-372. Consultado 20 oct. 2018. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1603/0022-0493-98.2.367>
52. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2006. Does the honeybee (Hymenoptera: Apidae) reduce the blooming period of canola? (en línea). Journal Agronomy and Crop Science. 192(3): 233-237. Consultado 20 oct. 2018. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1439-037X.2006.00206.x>
53. Sanches-Junior, J.; Malerbo-Souza, D. 2004. Freqüência dos insetos na polinização e produção de algodão. Acta Scientiarum. Agronomy. 26 (4): 461-465.
54. Santos, E.; Invernizzi, C.; García, E.; Cabrera, C.; Di Landro, R.; Saadoun, A.; Daners, G. 2009. Contenido de proteína cruda del polen de las principales especies botánicas utilizadas por las abejas melíferas en Uruguay. Agrociencia (Uruguay). 13(2): 9-13.

55. \_\_\_\_\_.; 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). 17 (1): 81-90.
56. \_\_\_\_\_. 2015. Valor económico del servicio de polinización realizado por las abejas en la Horticultura de Uruguay. *Actualidad Apícola*. 1: 34-37.
57. \_\_\_\_\_.; Arbulo, N.; Salvarrey, S.; Invernizzi, C. 2017. Distribución de las especies del género *Bombus Latreille* (Hymenoptera, Apidae) en Uruguay. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 76(1-2): 1-6.
58. Seepaul, R.; Bliss, C. M.; Wright, D. L.; Marois, J. J.; Leon, R.; Dufault, N.; George, S.; Olson, S. M. 2016. *Carinata, the Jet Fuel Cover Crop: production manual for the Southeastern United States*. Gainesville, FL, University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences Extension Service. 8 p. (SS- AGR-384).
59. Stanley, D. A.; Gunning, D.; Stout, J. C. 2013. Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation. (en línea). *Journal Insect Conservation*. 17(6): 1181-1189. Consultado set. 2018. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s10841-013-9599-z>
60. Talekar, N. S.; Shelton. A. M. 1993. Biology, ecology and management of diamondback moth. *Annual Review of Entomology*. 38: 275–301.
61. Viejo, J.; Ornos, C. 1997. Los insectos polinizadores una aproximación antropocéntrica. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 20: 71 – 74.
62. Weiss, E. A. 1983. *Oilseed crops*. New York, Longman. pp. 551-562.
63. Westwood, M. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Madrid, Mundi-Prensa. 461 p.
64. Winston, M. 1987. *The biology of the honey bee*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press. 281 p.
65. Yang, Z.; Jia, S. R.; Pua E. C. 1991. High frequency regeneration from hypocotyls explants of *Brassica carinata* A. Br. (en línea). *Plant Cell*,

Tissue and Organ Culture. 24(2): 79-82. Consultado ago. 2018.  
Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007%2F00039734>

66. \_\_\_\_\_.; Tian, Z.; Huang, B.; Huang, R.; Meng, J. 1999. Production of somatic hybrids between *Brassica oleracea* and the C3-C4 intermediate species *Moricandia nitens*. *Theoretical and Applied Genetics*. 99:1281–1286.