

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DEL IMPACTO QUE GENERA EN EL CULTIVO *BRASSICA  
NAPUS* L. LA PRESENCIA DEL POLINIZADOR *APIS MELLIFERA* DURANTE LA  
FLORACIÓN

por

Nicolás DOBREFF ESTÉVEZ  
Mariana Inés ROSAS ALENICOV

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2015

Tesis aprobada por:

Director:

---

Ing. Agr. Sebastián Mazzilli

---

Ing. Agr. Silvana Abbate

---

Ing. Agr. Adela Ribeiro

Fecha:

6 de mayo de 2015

Autor:

---

Nicolás Dobreff Estévez

---

Mariana Inés Rosas Alenicov

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primer lugar a nuestros familiares y amigos que nos han acompañado en nuestro proceso de aprendizaje. Al Ing Agr. Yamandú Mendoza, a Sebastián Díaz y Cecilia Chambon que nos brindaron todo su apoyo en el trabajo de campo. También agradecer infinitamente al Ing. Agr. Sebastián Mazzilli que nos brindó su apoyo y nos enriqueció académicamente, así como también nos orientó para realizar este trabajo para formarnos como Ingenieros Agrónomos.

Nicolás y Mariana

## 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 LA CANOLA A NIVEL GLOBAL Y LOCAL.....	2
2.2 IMPORTANCIA DE POLINIZADORES EN EL CULTIVO DE CANOLA.....	2
2.2.1 <u>Mecanismos reproductivos de canola e interacción con polinizadores</u> .....	3
2.2.2 <u>Condiciones climáticas durante floración y su influencia                 en la actividad de los polinizadores</u> .....	4
2.2.3 <u>Beneficios de la polinización en el cultivo</u> .....	5
2.3 CUANTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS POLINIZADORES.....	6
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	9
3.1 LOCALIZACIÓN.....	9
3.2 DISEÑO.....	9
3.3 DETERMINACIONES.....	10
3.3.1 <u>A campo</u> .....	10
3.3.2 <u>En laboratorio</u> .....	10
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	10
4. <u>RESULTADOS</u> .....	11
4.1 CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA.....	11
4.2 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	12
4.2.1 <u>Rendimiento</u> .....	12
4.2.2 <u>Producción de materia seca</u> .....	13
4.2.3 <u>Índice de cosecha</u> .....	14
4.2.4 <u>Peso de mil granos</u> .....	14

5.	<u>DISCUSIÓN</u> .....	16
6.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	18
7.	<u>RESUMEN</u> .....	19
8.	<u>SUMMARY</u> .....	20
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	21
10.	<u>ANEXOS</u> .....	26

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto de la polinización de <i>Apis mellifera</i> sobre los componentes del rendimiento, resumen de autores.....	6
Figura No.	
1. Precipitaciones y temperatura mensual del ejercicio del cultivo en comparación con el promedio histórico (2002-2012), de la estación meteorológica de EEMAC.....	11
2. Régimen hídrico de 2013, según etapa del cultivo, datos tomados de estación meteorológica de EEMAC.....	12
3. Rendimiento promedio según tratamiento. Valores con las mismas letras, no difieren estadísticamente $P<0,05$ .....	13
4. Producción total de materia seca según tratamiento CCA (carpa con abejas) y CSA (carpa sin abejas). Valores con las mismas letras, no difieren estadísticamente $P<0,05$ .....	13
5. Índice de cosecha según tratamiento. Valores con las mismas letras, no difieren estadísticamente $P<0,05$ .....	14
6. Peso de mil granos según tratamiento. Valores con las mismas letras, no difieren estadísticamente, $P<0,05$ .....	15

## 1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la superficie sembrada con el cultivo colza-canola (*Brassica napus* L.) ha ido en aumento en la última década, llegando a la zafra del año 2013/2014 a un total de 15.000 hectáreas. El principal destino del cultivo en Uruguay es la producción de biocombustible, existiendo políticas públicas que promueven la generación de energías renovables, como sustitutivo o complementario de la energía fósil, con el fin de disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>, para mitigar el calentamiento global, ya que es uno de los principales gases de efecto invernadero.

Dado que la canola necesita de la polinización entomófila para la producción de semilla, sería importante conocer el efecto que generan las abejas sobre la concentración de la floración, el rendimiento y calidad de grano en Uruguay. A nivel nacional no existe información que permita conocer el impacto de la presencia de las abejas sobre el cultivo de canola y el impacto de la presencia del cultivo sobre la colonia de abejas. Esta falta de información fue la principal motivación para realizar el presente trabajo.

El objetivo fue evaluar el impacto que presenta la polinización con *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) sobre los componentes del rendimiento del cultivo colza-canola (*Brassica napus* L.). Para esto se realizó un detallado estudio bibliográfico y un ensayo de campo. La hipótesis de trabajo es que en el país la presencia de abejas *A. mellifera* como polinizadores incrementa el rendimiento del cultivo colza-canola.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IMPORTANCIA DE LA CANOLA A NIVEL GLOBAL Y LOCAL

Una de las principales razones, por la cual existen políticas que incentivan la producción de biocombustible, es que a diferencia de los combustibles fósiles, presentan balances neutros o negativos en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero. A su vez, son una fuente renovable a diferencia de los combustibles fósiles, lo cual da a los países productores independencia energética y promueve el desarrollo rural. En este contexto se espera un aumento en la producción de oleaginosas, que si bien se pueden utilizar para consumo humano, su principal uso será para la producción de biocombustible (OECD y FAO, 2014).

En el mundo se producen 72 millones de toneladas de granos de canola en una superficie de 36 millones de hectáreas. Los principales países o comunidades productoras son: Canadá, China, y la Unión Europea. Según OECD y FAO (2014) las perspectivas mundiales son aumentar el área producida, ya que la demanda de los principales países importadores va en aumento.

A nivel local, el principal destino de la canola es la generación de biocombustible para consumo en el mercado interno, ya que existen empresas estatales nacionales, que producen estos biocombustibles, siendo el total de su materia prima de origen nacional (Ponce de León et al., 2014).

La superficie sembrada en Uruguay en la zafra 2013-2014 fueron 15.000 hectáreas. La tendencia es a aumentar la superficie sembrada para las próximas zafras a 30.000-40.000 hectáreas (Rodríguez, 2015). Una de las limitantes históricas de este cultivo fue su comercialización, aunque cabe destacar que este aspecto hoy en día dejó de ser un problema gracias a que la generación de biocombustibles se cuenta con una demanda estable y creciente (Ponce de León et al., 2014).

### 2.2 IMPORTANCIA DE POLINIZADORES EN EL CULTIVO DE CANOLA

Existen muchos tipos de asociaciones entre insectos y plantas, ya sea antagónicas como benéficas (Ollerton, 1999), una de ellas es la asociación mutualista entre las angiospermas e insectos, siendo para el 90% de éstas imprescindible la polinización por insectos (Linder, citado por Ollerton, 1999). La evolución conjunta entre plantas e insectos, generó asociaciones complejas, a tal punto que muchas especies vegetales no tienen la capacidad de reproducirse sin la acción de polinizadores bióticos. En la ecología de este proceso de mutualismo, se produce la fecundación y a cambio los insectos obtienen recompensas alimenticias y materiales para la construcción de sus nidos. Dentro de los principales grupos de insectos, el más importante y especializado

(considerando sus adaptaciones anatómicas) para la polinización, es el perteneciente al orden Hymenoptera, a su vez también se destacan los órdenes Diptera, Lepidoptera y Coleoptera (Langridge y Goodman 1982, Adegas y Nogueira 1992, Ollerton 1999, Bommarco et al. 2012, Witter et al. 2014).

Las principales cualidades que debe presentar un polinizador eficiente, es la capacidad de buscar alimentos a grandes distancias y llevar más cantidad de alimento del que necesitan quedando para la generación precedente. En cuanto a *A. mellifera*, las principales características que la hacen el polinizador más eficiente es su ubicuidad, ya que gran proporción de los individuos de la colonia buscan alimento además de ser fieles a las flores que se los brindan (polen y/o néctar), la capacidad de reconocer las especies florales por su color u olores, ya que si no presentaran esta fidelidad o constancia floral, y visitaran en muchas especies florales, no podrían llevar a cabo el proceso de polinización (Ollerton, 1999). Por otra parte, presentan adaptaciones anatómicas que, sumadas a las anteriormente descritas, las convierten en los más virtuosos polinizadores. Por ejemplo, poseen probóscide especializada que les permite pecorear una amplia gama de flores y el cuerpo cubierto de pelos, esto le permite acarrear polen y depositarlos en otras flores (Ollerton 1999, Abrol 2012).

### 2.2.1 Mecanismos reproductivos de canola e interacción con polinizadores

El tipo reproductivo del cultivo de canola es predominantemente autógena y si bien se obtienen buenos rendimientos en ausencia de polinización entomófila, la presencia de *A. mellifera* incrementa el número de óvulos fecundados dentro de las flores (Free y Nutall 1968, Williams 1978, Kevan y Eisikowitch 1990, Manning y Boland 2000). Se ha demostrado que en condiciones de campo las variedades autógenas no necesitan polinización mediada por insectos para incrementar su rendimiento, así como también quedó demostrado que el grado de autogamia varía según cuál sea el cultivar seleccionado y dependiendo de las condiciones climáticas (Williams 1978, Williams 1986).

La autogamia se da solo en cierta fase de la floración, siendo la polinización cruzada el principal mecanismo de reproducción (de Souza Rosa, 2009) encontrando procesos de protandria y protoginia, dependiendo de los cultivares bajo análisis. Estudios demuestran que el polen es viable cuando la flor abre, ya que su maduración ocurre pre antesis, en cambio la maduración del estigma se da luego de la antesis, pero luego de iniciada la floración, la viabilidad del polen cae notoriamente hasta las 72 horas, demostrando evidencia de protandria (de Souza Rosa, 2009), en cambio Mussury y Fernandes (2000) constataron protoginia en la flor de canola mecanismo que favorece la polinización cruzada, siendo posible la autogamia cuando ambos órganos se encuentren receptivos.

Estudios de diversas partes mundo, como por ejemplo Brasil, Serbia, Suecia, Irán, entre otros, afirman que del total de especies que visitan el cultivo durante la floración, el polinizador más frecuente (80 % o superior) es *A. mellifera*, destacando así la importancia de la presencia de dicha especie en el cultivo (Adegas y Nogueira 1992, Pordel et al. 2007, de Souza Rosa 2009, Bommarco et al. 2012, Nedic et al. 2013, Witter et al. 2014), en cambio para Uruguay, no existe mucha información respecto a la frecuencia de polinizadores naturales en cultivos comerciales o flora nativa, sin embargo Santos (2013) ha investigado las diversas especies de abejas que frecuentan las flores en Uruguay, en su trabajo destaca la importancia de las abejas nativas ya sea del género *Bombus* o *Augochlora*, así como también de las introducidas, en este caso *A. mellifera*, como principales polinizadores, ya sea por el número de especies presentes en el Uruguay, o por el número de colmenas de *A. mellifera*. Diversos autores han verificado la capacidad de la especie *A. mellifera* para reconocer y discriminar los compuestos volátiles de las flores de canola (Wright et al. 2002, Cook et al. 2005), a su vez, poseen un sistema visual que permite reconocer el espectro de color floral y gracias a la capacidad de comunicación entre los individuos de la colonia, les permite buscar alimento en una única especie floral (Ollerton, 1999). Según Free y Nutall (1968) los olores del néctar y polen que producen las flores es muy atractivo para las abejas, estas adaptaciones de las flores se debe a la evolución conjunta para atraer un tipo de polinizador específico. Los compuestos volátiles producidos varían según el genotipo, la etapa de floración en la que se encuentran, las condiciones ambientales e incluso en la misma planta, varían cuantitativamente a lo largo del día (Faegri y Van Der Pijl, 1971).

### 2.2.2 Condiciones climáticas durante floración y su influencia en la actividad de los polinizadores

La actividad de *A. mellifera* en el cultivo es muy dependiente de las condiciones climáticas, prefieren temperaturas medias, ya que no se encontraron abejas en el cultivo con temperaturas inferiores a 15° C (Eisikowitch, 1981). Las condiciones climáticas que influyen negativamente en la actividad de las abejas son la ocurrencia de precipitaciones, fuertes vientos, humedad y temperatura altas (80 % o más, entorno a 30° C, respectivamente), en cambio la mayor actividad registrada en países como Croacia e Inglaterra, se da luego de ocurrencia de precipitaciones con temperaturas medias 20-25° C, y humedad de 65 % aproximadamente, en cambio los días que hay precipitaciones su actividad es prácticamente nula (Puškadija et al., 2007). A lo largo del día, la mayor actividad de las abejas es durante las horas de mayor calor, siendo menos activas en las horas de la mañana, coincidente con la baja producción de néctar (Pordel et al., 2007). Estudios realizados en San Pablo, Brasil, demostraron que la hora pico de visita a las flores por *A. mellifera* para recoger polen es entre 8 a 10 de la mañana, y la colecta de néctar es a lo largo del día (Adegas y Nogueira, 1992). Por su parte Free y Nutall (1968), Mesquida et al. (1988) encontraron que la actividad de las abejas en las flores, es mayor

en las horas de la tarde en relación a la mañana, pero la colecta de polen es mayor en horario de la mañana.

### 2.2.3 Beneficios de la polinización en el cultivo

Diversos estudios evalúan los efectos de la polinización entomófila en el rendimiento, se ha encontrado que la presencia de *A. mellifera* incrementa el número de óvulos fecundados dentro de las flores, pero la proporción de esos óvulos que llegan a madurez depende de las condiciones climáticas y del suministro de nutrientes disponible para las plantas (Free y Nutall 1968, Kevan y Eisikowitch 1990, Manning y Boland 2000). El impacto que presenta en los distintos componentes del rendimiento se trata en el siguiente capítulo de este trabajo.

Existen resultados variados respecto a si la polinización por abejas tiene algún efecto en el potencial de germinación de la semilla, algunos autores han encontrado un incremento significativo de 86 a 96% en el porcentaje de germinación de la semilla (Kevan y Eisikowitch, 1990), mientras otros no han encontrado diferencias significativas (Adegas y Nogueira, 1992).

La importancia de la calidad de la semilla de canola, radica en que los productos obtenidos pueden ser destinados para consumo humano (aceite y biocombustible) y/o consumo animal (torta de canola). Los parámetros que la determinan son el contenido de aceite (%), proteína (%), contenido de clorofila (ppm), glucosinolatos (micro moles por gramo) y ácido erúxico (%). Hoy en día no se conocen los mecanismos por los cuales la polinización entomófila afecta a los parámetros de calidad, pero según estudios realizados por Bommarco et al. (2012), la polinización incrementa el contenido de aceite por un mayor tamaño de granos, el cual se debe a un incremento en el largo de silicuas, además disminuye el contenido de clorofila, ya que al concentrar el período de floración la maduración de los granos es más uniforme, si bien es contradictorio con otros autores que afirman que el peso de mil granos (PMG) disminuye cuando existe polinización entomófila, producto de que tiene más grano para llenar (Free y Nutall 1968, Sabbahi et al. 2005, Araneda Durán et al. 2010).

De los beneficios que se obtienen de la polinización entomófila citados anteriormente, así como los del capítulo siguiente, si bien son para un cultivo en particular, existen diversos beneficios para una amplia lista de especies, por lo que es de vital importancia tener consideración por los polinizadores naturales al momento de realizar las prácticas agrícolas, debido al beneficio que producen económico y en el medio ambiente (Santos, 2013) ya que hoy en día se habla no solo a escala país, sino a nivel global de una crisis de polinizadores, que si bien no se deben a una sola causa, es la interacción de varios factores, tales como la pérdida de hábitats por la expansión del área agrícola, el uso de pesticidas, y las enfermedades propias de los polinizadores (virus, bacterias, entre otros) (Kearns 1998, FAO 2014).

### 2.3 CUANTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS POLINIZADORES

En el siguiente cuadro, se presenta el resumen de los trabajos que han reportado y cuantificado el impacto de la polinización con *A. mellifera* sobre la concentración del período de floración, el rendimiento y sus componentes. Para esto se calculó para cada trabajo, el incremento en rendimiento, la variación de sus componentes en relación a los tratamientos sin abejas. Los resultados presentados en el cuadro, si bien son de autores, años, localidades y materiales experimentales diferentes, tienen en común el diseño experimental ya que sólo evalúan el efecto directo de las abejas. Las unidades experimentales al inicio de la floración, son cubiertas por una malla fina que impide la entrada y salida de insectos, uno de los tratamientos es con exclusión total de insectos, y otro con una colonia de abejas dentro de la malla de manera de asegurar la polinización. En anexo No. 1 se incluye el resumen de autores expandido que evalúa el efecto indirecto de *A. mellifera*, se denomina de esta manera ya que los tratamientos que compara son unidades experimentales con exclusión total de insectos (cubierta con una malla fina), en relación a libre polinización, dicha información se considera relevante, ya que puede ser extrapolable a condiciones reales de producción, teniendo en cuenta que de los polinizadores naturales del cultivo, el más frecuente según la bibliografía consultada, es *A. mellifera*, coincidente con lo encontrado por Santos (2013).

Cuadro No. 1. Efecto de la polinización de *A. mellifera* sobre los componentes del rendimiento, resumen de autores.

Autor	Año	Cultivar	Concentración de floración	% Inc. Rend.	% Inc. Nro. Silicuas	% Inc. Nro. Granos/Silicua	% Inc. PMG
Free y Nuttall	1967	Nilla	S/D	13,00*	-	-	-7,02
Mesquida et al.	1982	Jet neuf	SI	2,18*	-	-	-
Mesquida et al.	1983	Jet neuf	SI	2,12*	-	1,35*	4,28*
Mesquida et al.	1984	Jet neuf	SI	-6,44*	-	19,53*	0,00*
Adegas y Nogueira	1987	CTC 4	S/D	19,23	61,42	-4,21*	-
Kalmer y Jas	1999	Falcon GMS	S/D	24,31*	31,91	2,70	-
Kalmer y Jas	1999	Falcon	S/D	13,80*	15,45	5,65	-
Kalmer y Jas	1999	Lirajet	S/D	16,08*	7,20	4,92	-
Kalmer y Jas	1999	Idol	S/D	-5,08*	-15,66	1,42	-

Kalmer y Jas	1999	Liberator	S/D	17,39*	14,17	4,03	-
Kalmer y Jas	1999	Olymp	S/D	14,10*	-1,48	8,13	-
Kalmer y Jas	2001	Falcon GMS	S/D	59,94	39,94	25,65	-
Kalmer y Jas	2001	Falcon	S/D	31,43	18,38	23,22	-
Kalmer y Jas	2001	Lirajet	S/D	28,85	23,16	19,78	-
Kalmer y Jas	2001	Idol	S/D	40,19	33,68	23,45	-
Kalmer y Jas	2001	Pronto	S/D	43,09	29,67	24,77	-
Kalmer y Jas	2001	Rasmus	S/D	52,71	41,43	17,37	-
Kalmer y Jas	2001	Betty	S/D	66,26	26,81	45,64	-
Kalmer y Jas	2001	Paw 01- 440	S/D	51,47	39,12	27,89	-
Kalmer y Jas	2001	Paw 01- 439	S/D	29,67	5,33	25,34	-
Kalmer y Jas	2001	Paw 99- 429	S/D	49,29	24,59	25,02	-
Oz et al.	2004	Pulsar	NO	26,62	10,10	35,63	8,17*
Oz et al.	2006	Pulsar	SI	20,87	15,74	25,00	- 4,99*
Siddique et al.	2007	Bard 19	S/D	80,13	57,18	25,00	-

\*(No presenta diferencia significativa respecto al tratamiento sin polinizadores).

Se puede ver la discrepancia entre los datos obtenidos en diversos experimentos en cuanto al efecto que causa la polinización con *A. mellifera* en el rendimiento con un rango que va de -6% hasta 80%. Del análisis de este cuadro, el 58 % de los trabajos presentaron respuesta significativa, de los cuales el 64 % presentaron una respuesta a la polinización mayor a 30 %, si bien se concluye que existe un efecto positivo en el rendimiento, al no existir en la mayoría de los experimentos más de un año de evaluación no se puede realizar inferencias sobre si las diferencias observadas son a causa de los materiales experimentales utilizados, ya que se evalúan variedades e híbridos indistintamente, o si bien presentan diferentes tipos de respuesta frente a la polinización. En el trabajo de Klamer y Jas de los años 1999 y 2001, se concluye que la respuesta por parte del cultivo a la acción de los polinizadores presenta gran interacción con el efecto año, más precisamente con las condiciones climáticas durante la floración, así como también la respuesta de cada cultivar es diferente frente a las mismas condiciones, de este trabajo no se puede afirmar la respuesta diferencial de cada cultivar ya sea híbrido, variedad o materiales transgénicos ya que para esto se necesitaría más años de estudios, aunque si se pueden identificar cultivares híbridos que frente a las

mismas condiciones climáticas y de polinización, presentan un mayor grado de respuesta en relación a las variedades y materiales transgénicos.

Para el 65 % de los trabajos que analizan los componentes del rendimiento, se identifica el número de silicuas por unidad de superficie como el más sensible a la polinización, esto deja en claro que la polinización entomófila presenta una estrecha relación con el rendimiento ya que según Diepenbrock (2000) es uno de los principales componentes en la generación del mismo. En cuanto al PMG, si bien pocos autores lo evalúan, existe información muy variada al respecto, ya que si bien Free y Nutall (1968), afirma que el PMG disminuye por causa de una mayor número de granos para llenar, existen otros autores que encontraron un mayor peso de grano en los tratamientos con polinización por *A. mellifera* (Singh, 2004).

En los trabajos que evaluaron la concentración del período de floración (Mesquida et al. 1988, Oz et al. 2008), se concluye que el periodo de floración se acorta con la presencia de polinizadores, sin embargo esto varía dependiendo de las condiciones climáticas de dicho período, ya que existen años donde no hay diferencias. Datos similares fueron obtenidos por Sabbahi et al. (2006), que han demostrado que la introducción en el cultivo de 3 colonias de *A. mellifera* por hectárea durante la floración provoca una reducción de la vida media de las flores respecto al cultivo que no presenta colonia de abejas, lo que provoca una reducción del periodo de floración de 3,8 días. La importancia de un período de floración más concentrado, radica en que la maduración de las semillas más rápida y uniforme, reduciendo posteriores pérdidas en la cosecha. Sabbahi et al. (2006), Oz et al. (2008) encontraron que al acortarse el período de floración, también se reduce el número total de flores producidas, ya que el cultivo genera la máxima capacidad de carga, por lo tanto en caso de baja frecuencia de polinizadores, la planta continúa produciendo flores, ya que aquellas que no han sido polinizadas se mueren, y la planta continúa produciéndolas hasta lograr su máxima capacidad de carga, de manera que se extiende el período de floración.

Del resumen de los trabajos presentados, se puede concluir que la presencia de *A. mellifera* durante la floración presenta un efecto positivo en el rendimiento y las principales variables que lo generan, así como también presenta efecto indirecto en la cosecha del grano disminuyendo las pérdidas en la misma, sin embargo todos los trabajos consultados coinciden en que para que se visualice un efecto significativo ya sea en rendimiento o en la concentración del período de floración, las condiciones climáticas durante la floración tienen que ser compatibles con los requerimientos de los polinizadores, para que puedan realizar sus actividades de colecta de alimentos.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

El experimento se llevó a cabo en el departamento de Paysandú, en el predio perteneciente a la terminal de carga de ANCAP (Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland), en el empalme de ruta nacional número 3 con la ruta nacional número 26, latitud 32°05'11.23"S y longitud 57°51'10.81"O. El trabajo de campo se efectuó entre el 27 de agosto y 31 de octubre de 2013 sobre un cultivo comercial de canola, momento en el cual el cultivo atravesaba el período crítico para la determinación del rendimiento (PC), el cual queda definido el número potencial de granos por superficie, que abarca el inicio de la floración hasta la mitad de llenado de granos (Schwab, 2010).

#### 3.2 DISEÑO

El ensayo fue instalado en un cultivo comercial. La variedad utilizada de canola en este trabajo fue Rivette, una variedad primaveral de ciclo intermedio. Se instalaron 2 tratamientos con un diseño de parcelas apareadas, teniendo 6 pares de muestras apareadas (repeticiones).

Se utilizaron 6 colmenas de *A. mellifera*, subespecie mellifera. Obtenidas de colmenas de Inia La Estanzuela, la edad de la colmena era de un año, ya que fue preparada exclusivamente para el ensayo. El tamaño era pequeño, con 15.000 a 20.000 individuos en promedio aproximadamente y libres de enfermedades, ya que previo a instalarlas en el cultivo se curaron contra varroa y se realizaron análisis de nosema. La densidad de abejas por superficie, era muy alta, no extrapolable a condiciones de campo, de manera de asegurar la polinización. Periódicamente se revisaron las colmenas para constatar posible mortalidad de abejas y se les proporcionó agua en forma ilimitada.

Los tratamientos consistían en carpas con abejas (CCA) y carpas sin abejas (CSA). El tamaño de las parcelas fue de 6 x 4 m. Previo al inicio de la floración, el 27 de agosto de 2013 se instalaron las carpas de estructura de hierro, cubiertas por una malla de 4 mm<sup>2</sup> que impide la entrada de polinizadores, el 31 de agosto de 2013 se introdujo una colmena en cada unidad experimental de los tratamientos correspondientes a CCA y se mantuvieron hasta el momento de cosecha.

### 3.3 DETERMINACIONES

#### 3.3.1 A campo

A campo se observó regularmente el avance de la floración hasta la cosecha (30 de octubre de 2013). Se seleccionaron 2 surcos centrales de cada unidad experimental, se cortaron con tijeras al ras del suelo todas las plantas en 4 metros lineales y se contabilizó el número de plantas. Las muestras fueron colocadas en bolsas de arpillera, para el posterior secado y maduración en el galpón.

#### 3.3.2 En laboratorio

Se midió materia seca total secando el total de la muestra en estufa a 60°C hasta peso constante. Posteriormente, se trilló manualmente y se peso el rendimiento de cada muestra para luego llevar a kg/ha. Para calcular el peso de mil granos se contaron y pesaron 100 granos, repitiendo el procedimiento 3 veces.

### 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar los datos se realizó la prueba t apareada para medir la significancia de la diferencia de medias de las muestras pareadas, utilizando es software InfoStat 2011/p (Di Rienzi et al., 2013).

El diseño utilizado fue:  $Y_{ij} = \mu_d + \epsilon_{ij}$

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

$\mu_d$ : media de las diferencias de los tratamientos CCA-CSA

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

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

## 4. RESULTADOS

### 4.1 CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA

La temperatura media durante el ciclo del cultivo fue similar al promedio histórico (2002-2012), en agosto se puede apreciar que el promedio de temperatura del año de desarrollo del cultivo fue  $1,3^{\circ}$  C inferior al valor normal, pero consideramos que esta diferencia no afecta el desarrollo del cultivo (Figura 1). En cuanto a las precipitaciones, existieron diferencias respecto al promedio histórico, en mayo y noviembre del año bajo estudio, superando al promedio histórico por 112 milímetros (mm) y 73 mm respectivamente. En cambio en junio, agosto y octubre las precipitaciones registradas fueron menores, respecto al promedio histórico por 53 mm, 68 mm y 44 mm respectivamente. Los demás meses en los cuales se desarrolló el cultivo (julio y setiembre), no se registraron diferencias (Figura 1).

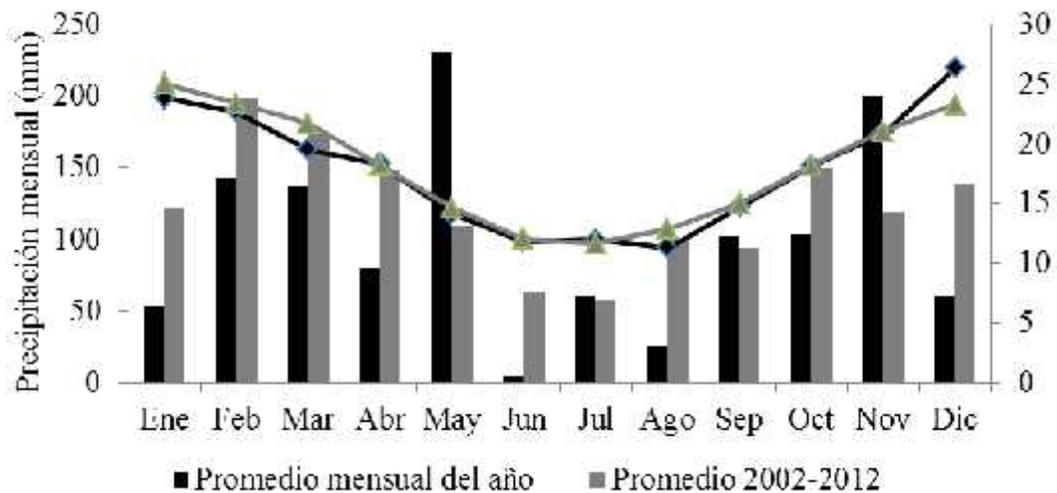


Figura No. 1. Precipitaciones y temperatura mensual del ejercicio del cultivo en comparación con el promedio histórico (2002-2012), de la estación meteorológica de EEMAC.

Para el total del período del cultivo (8 de junio al 31 de octubre), las precipitaciones fueron menores en relación al promedio histórico de 2002-2012 (290 mm en 2013, versus 464 mm en el promedio histórico). Durante el período de barbecho total llovieron 249 mm, sin embargo 15 días antes de la siembra llovieron 45 mm. Los 30 días después de la siembra llovieron 30 mm, en 2 días (26 y 27 días después de la siembra). Durante el período crítico de generación del rendimiento (PC) que va desde 27 de agosto hasta 15 de octubre, llovieron 146 mm, pero las lluvias fueron registradas 10

días después de iniciado el mismo. Durante el período de floración, que se da entre el 27 de agosto al 2 de octubre, las precipitaciones que se registraron en 6 días, 3 de los registros no sobrepasaron los 7 mm, en cambio para los otros 3 se registraron precipitaciones de 20, 46 y 41 mm, siendo el acumulado del período 100 mm, (Figura 2) la humedad y temperatura promedio del período registradas fueron de 65 % y 15° C, respectivamente.

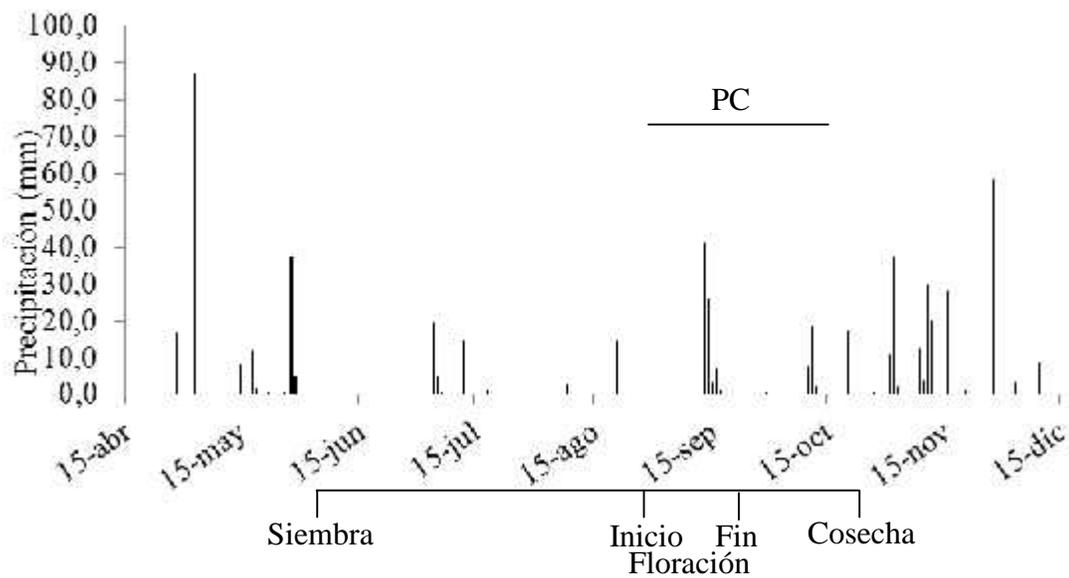


Figura No. 2. Régimen hídrico de 2013, según etapa del cultivo, datos tomados de estación meteorológica de EEMAC.

## 4.2 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

### 4.2.1 Rendimiento

Los resultados productivos indican que existieron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) en rendimiento (Figura 3). El tratamiento CCA presentó una superioridad de 16,5 % respecto al tratamiento CSA, lo cual coincide con la bibliografía consultada.

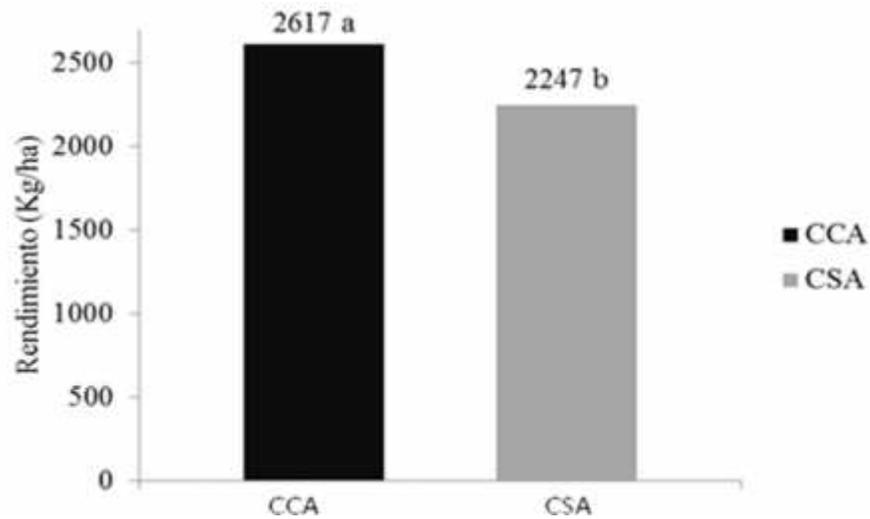


Figura No. 3. Rendimiento promedio (kg/ha) según tratamiento. Valores con las mismas letras, no difieren estadísticamente  $P < 0,05$ .

#### 4.2.2 Producción de materia seca

A pesar de las diferencias en rendimiento, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en la producción de biomasa total (Figura 4).

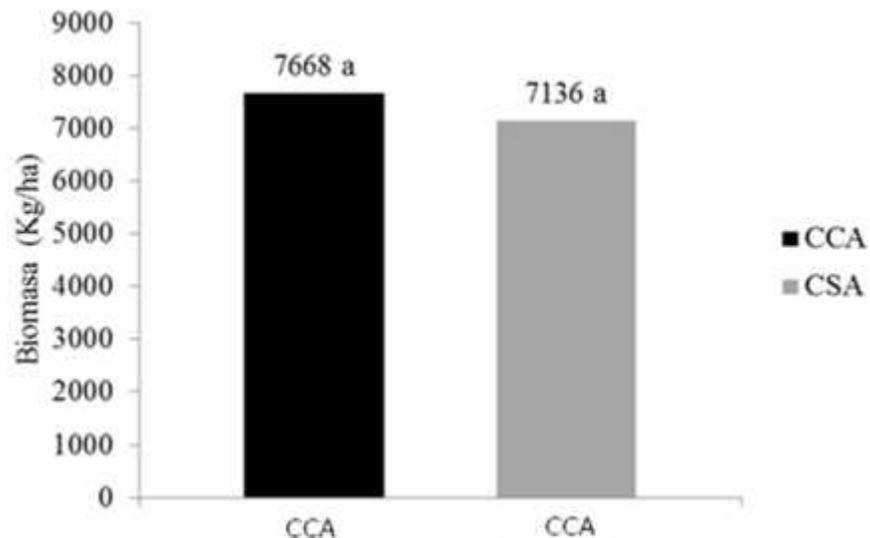


Figura No. 4. Producción total de materia seca (kg/ha) según tratamiento. Valores con las mismas letras, no difieren estadísticamente  $P > 0,05$ .

#### 4.2.3 Índice de cosecha

El tratamiento CCA fue 6,25 % estadísticamente superior respecto al tratamiento CSA (Figura 5).

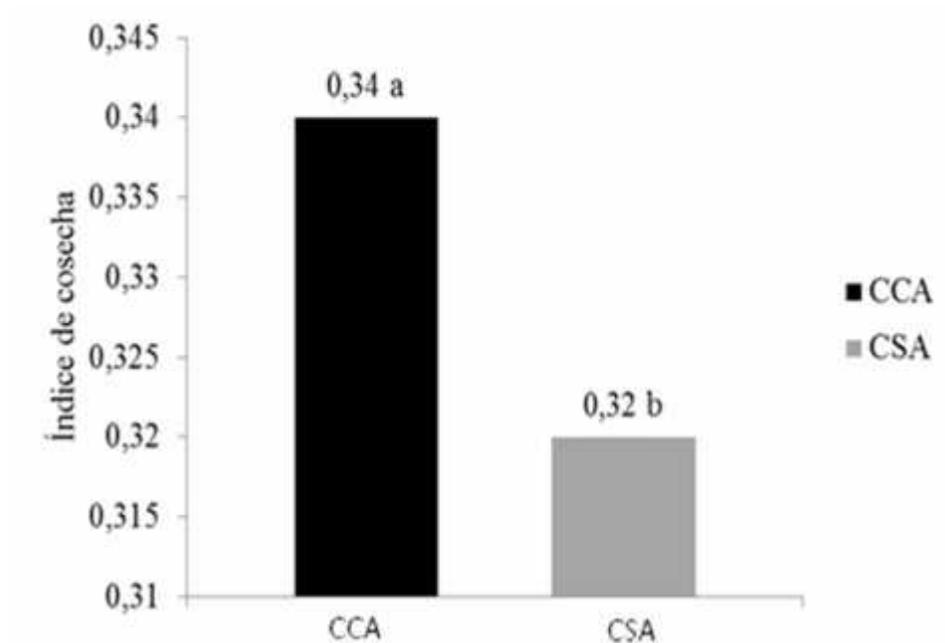


Figura No. 5. Índice de cosecha según tratamiento. Valores con las mismas letras, no difieren estadísticamente  $P > 0,05$ .

#### 4.2.4 Peso de mil granos

A diferencia de las demás variables en estudio que aumentaron consecuencia de la presencia de polinizadores, el peso de mil granos (PMG) fue 6% menor en relación al tratamiento sin abejas (Figura 6).

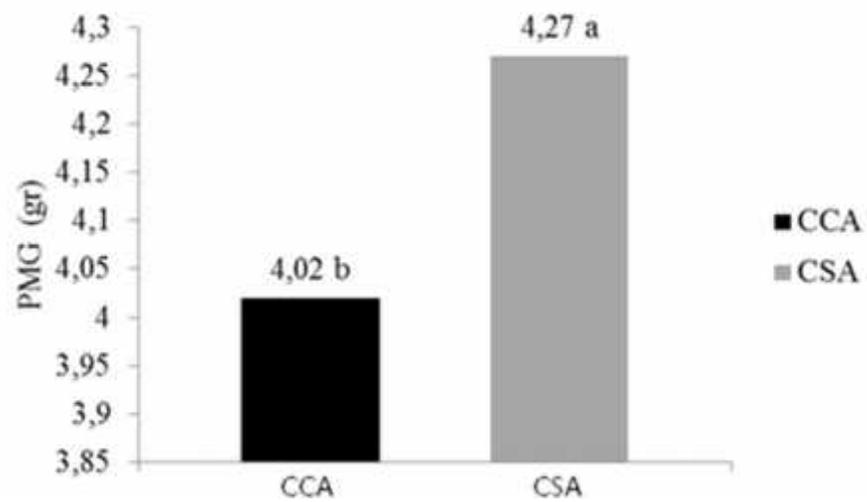


Figura No. 3. Peso de mil granos (g) según tratamiento. Valores con las mismas letras, no difieren estadísticamente,  $P < 0,05$ .

## 5. DISCUSIÓN

Dadas las condiciones climáticas descriptas anteriormente, podemos decir que pudo haber tenido impacto en el cultivo ya que al considerar la temperatura que en agosto fue menor respecto al promedio histórico (2002-2012), pudo haber provocado más días a floración, respecto a las precipitaciones podemos decir que el cultivo se desarrolló con limitantes hídricas en los momentos más importantes, que fueron entre V4 y E (elongación), (según escala CETIOM), y al inicio del PC, pudiendo haber limitado la producción de biomasa. Si bien es muy importante considerar las precipitaciones durante el desarrollo del cultivo porque es uno de los factores esenciales para definir el rendimiento, ese análisis escapa a la finalidad de este trabajo, ya que el tema central del análisis climático es durante el período de floración, momento en el cual los polinizadores interactúan con el cultivo.

El análisis de precipitaciones con el que contamos para realizar el análisis es de los datos brindados por la estación meteorológica de EEMAC, a su vez hay que considerar el hecho de que las colonias de abejas se encontraban dentro de carpas excluidoras de insectos, lo que puede provocar una disminución de la radiación y del viento y un aumento de la temperatura y humedad relativa, lo ideal hubiera sido contar con el dato exacto de las condiciones climáticas dentro de las carpas. Del análisis de las condiciones climáticas en el período de floración, previamente descrito en el capítulo anterior, se podría decir que la actividad de las abejas no se vio afectada, si bien las condiciones registradas de temperatura y humedad se encontraron en algunos momentos por debajo del rango óptimo para la actividad de las abejas, el periodo de floración fue de 37 días por lo que en el total del ciclo la actividad de las abejas no se vio disminuida, ya que se verificó un incremento en el rendimiento.

En este trabajo se obtuvo un incremento de 16,5% en el rendimiento del cultivo de canola con la introducción de *A. mellifera* durante el período de floración. Este resultado es similar al encontrado por Manning y Boland (2000) de 16 %, pero inferior a Manning y Wallis (2005), Sabbahi et al. (2005) que constataron 20 % y 46 % de incremento en el rendimiento respectivamente. Los resultados publicados por Free y Nutall (1968), Adegas y Nogueira (1992), Kalmer y Jas (2003), Koltowsky (2005), Araneda Duran et al. (2010), Nedic et al. (2013) son inferiores a los obtenidos en el presente trabajo.

La materia seca no presentó diferencias entre tratamientos, esto puede deberse a que la mayor parte de la biomasa se define en la etapa vegetativa, lo que está en línea con lo esperado, en la medida que los tratamientos bajo estudio no tienen efecto en la producción de materia seca. El aumento de rendimiento, sin cambios aparentes en la producción total de biomasa se podría explicar por cambios en el índice de cosecha (IC), es decir en una mayor partición de asimilados a granos, posiblemente por mejoras en el proceso de fecundación, lo cual podría estar explicado por un mayor número de granos

por unidad de superficie. Otro componente que varía es el PMG, resultado de tener mayor número de granos para llenar, coincidente con lo indicado por Diepenbrock (2000), Sabbahi et al. (2005), Oz et al. (2008), Araneda Duran et al. (2010), es importante aclarar que *A. mellifera* provoca un incremento en el número de óvulos fecundados, por lo que la maduración de los mismos depende de la tasa de crecimiento del cultivo durante el periodo de llenado de granos.

Al analizar los resultados presentados previamente y de los diferentes autores, cabe destacar la importancia que presentan los polinizadores ya sea en este trabajo específico para el cultivo de canola en el rendimiento y las posteriores implicancias en la cosecha, así como también para una amplia lista de cultivos.

De este trabajo, se plantearon una serie de interrogantes a responder, que bien pueden ser futuras líneas de investigación.

¿Se concentra el período de floración por acción de *A. mellifera*, y uniformidad en la cosecha?

¿Los parámetros de calidad de grano varían con la presencia de polinizadores?

Solo teniendo los datos de aceite de este ensayo, se puede empezar a contestar la pregunta, las referencias consultadas indican que existe poca información respecto a la acción de polinizadores en la calidad de grano, como puede ser contenido de aceite, glucosinolatos, ácido erúxico, proteína, entre otros, de manera que es importante continuar generando información a nivel local, para nuestras condiciones con los cultivares que se encuentran disponibles en el mercado.

## 6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones climáticas imperantes durante el año en estudio, la introducción de *A. mellifera* subespecie mellifera, durante la floración del cultivo de canola (var. Rivette) provocó un incremento de 16,5 % en el rendimiento del cultivo explicado principalmente por un aumento en el índice de cosecha y el número de granos por unidad de superficie, por lo que aceptamos la hipótesis planteada a inicio de este trabajo, coincidiendo con el 60 % de la bibliografía consultada.

Si bien los resultados obtenidos no son extrapolables a otras situaciones, dado que como se mencionó, los mismos están íntimamente ligados a las condiciones climáticas durante el periodo de floración, la interacción con el cultivar seleccionado y por sobre todo, si bien la presencia de *A. mellifera* incrementa número de óvulos fecundados depende de la capacidad de compensación por parte del cultivo, la proporción de éstos que lleguen a ser granos maduros. La información aquí generada demuestra la importancia de la presencia de *A. mellifera* en el cultivo de canola y por ende la necesidad de implementar prácticas en el cultivo que minimicen el impacto negativo hacia las abejas.

Se considera de interés que futuras líneas de investigación se orienten a estudiar el impacto de *A. mellifera* en la sincronización de la floración y la calidad de grano.

## 7. RESUMEN

Existe preocupación mundial por el uso de combustibles fósiles por los gases que emiten, y el hecho de que es una fuente de energía no renovable, por esos motivos se ha promovido en el escenario mundial la producción de energía renovable (bioenergía), de origen vegetal que, a su vez, le da al país independencia energética. A nivel nacional la producción de biocombustible a partir de *Brassica napus*. L., está tomando mayor relevancia ya que la superficie de producción va en aumento y el 100 % de lo producido es para dicho destino. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto de la polinización por *Apis mellifera*, en los componentes del rendimiento en el cultivo. El experimento se llevó a cabo en Uruguay, en el departamento de Paysandú, en el predio de ANCAP-ALUR. El diseño experimental constó de 6 combinaciones de muestras apareadas. Las parcelas estaban cubiertas con una malla excluidora de polinizadores (4 mm<sup>2</sup>), existiendo 2 tratamientos: 1- carpas sin abejas (CSA) y 2- carpas con abejas (CCA), las últimas tenían una colmena dentro de manera que polinicen las flores. Las variables medidas son biomasa kg ha-1 y rendimiento en kg ha-1, midiendo dos de sus componentes: peso de mil granos (PMG) e índice de cosecha (IC). De las variables analizadas, las que presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos son el rendimiento CCA: 2.617 kg ha-1, CSA: 2.247 kg ha-1 (16,5 % superior); el IC CCA: 0,34, CSA: 0,32 y PMG CCA: 4,02 gramos, CSA: 4,27. La producción de biomasa no tuvo diferencias entre tratamientos, siendo CCA: 7.668 kg ha-1, CSA: 7.136 kg ha-1.

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

## 8. SUMMARY

There is worldwide concern about the use of fossil fuels by gases emitted, and the fact that it is a nonrenewable energy source for these reasons has been promoted on the world stage the production of renewable energy (bioenergy) from vegetables sources, its provide to the country energy independence, national production of biofuels from *Brassica napus*. L., it is taken more relevance being that the production area is increasing and 100% of the production it is destiny to biofuels. This paper aims to assess the impact of pollination by *Apis mellifera* in yield components in the culture. The experiment was conducted in Uruguay, in the department of Paysandú, on the campus of ANCAP-ALUR. The experimental design was paired plots, having 2 treatments: covered plots with a mesh excluder pollinators, which in this work tent was called without bees (CSA) and the other treatment was covered with a mesh plot with a hive within the same way that pollinate the flowers (CCA) and 7 combinations of paired samples. The measured variables are biomass ha-1 and yield in kg ha-1, measuring two components: thousand grains weight (PMG), harvest index (IC). The variables which shown significant statistical difference was yield CCA: 2.617 kg ha-1, CSA: 2.247 kg ha-1 (16.5 % upper); el IC CCA: 0.34, CSA: 0.32 y PMG CCA: 4.02 gram, CSA: 4.27. The variable biomass production did not show statistical difference, being CCA: 7.668 kg ha-1, CSA: 7.136 kg ha-1.

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

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Abrol, D. P. 2012. Honeybee and crop pollination. (en línea). In: Abrol, D. P. Pollination biology; biodiversity conservation and agricultural production. 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](http://link.springer.com.proxy.timbo.org.uy:443/chapter/10.1007/978-94-007-1942-2_5)
2. Adegas, J. E. B.; Nogueira Couto, R. H. 1992. Entomophilous pollination in rape (*Brassica napus* L. var. oleífera) in Brazil. (en línea). Apidologie. 23(3): 203-209. Consultado dic. 2014. Disponible en [http://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/1992/03/Apidologie\\_0044-8435\\_1992\\_23\\_3\\_ART0002.pdf](http://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/1992/03/Apidologie_0044-8435_1992_23_3_ART0002.pdf)
3. 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.).(enlínea). Chilean Journal of Agricultural Research. 70(2): 309-314. Consultado ene. 2015. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v70n2/AT14.pdf>
4. Bommarco, R.; Marini, L.; Vaissière, B. E. 2012. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. (en línea). Oecología. 169(4): 1025-1032. Consultado dic. 2014. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v70n2/AT14.pdf>
5. Cook, S.; Sandoz, J.; Martin, A.; Murray, D.; Poppy, G.; Williams, I. 2005. Could learning of pollen odours by honey bees (*Apis mellifera*) play a role in their foraging behaviour?. Physiological Entomology. 30 : 164-174.
6. 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 dic. 2014. Disponible en <http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/5321/1/000411902-Texto%2bCompleto-0.pdf>
7. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.); a review. (en línea). Field Crops Research. 67(1): 35-49- Consultado mar. 2015. Disponible en <http://ac.els-cdn.com.proxy.timbo.org.uy:443/S0378429000000824/1-s2.0->

[S0378429000000824-main.pdf?\\_tid=a472b9a6-c6b3-11e4-9d2e-00000aacb35f&acdnat=1425943738\\_417a716fd583c307c0dd17b4353c0adc](http://www.infostat.com.ar/S0378429000000824-main.pdf?_tid=a472b9a6-c6b3-11e4-9d2e-00000aacb35f&acdnat=1425943738_417a716fd583c307c0dd17b4353c0adc)

8. 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 ene. 2015. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
9. Eisikowitch, D. 1981. Some aspects of pollination of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science of Cambridge. 96: 321-326.
10. Faegri, K.; van der Pijl, L. 1971. The principles of pollination ecology. 2<sup>nd</sup>. rev. ed. Oxford, Pergamon. 291 p.
11. 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 mar. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3547s.pdf>
12. Free, J. B.; Nuttall, P. M. 1968. The pollination of oilseed rape (*Brassica napus*) and the behavior of bees on the crop. Journal of Agricultural Science. 71(1): 91-94. Consultado nov. 2014. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=4780332>
13. 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 ene. 2015. Disponible en <http://api.opisik.pulawy.pl/Influence-of-pollination-by-honey-bee-on-seed-yield-on-selected-cultivars-of-winter-rape,0,244.html>
14. Kevan, P. G.; Eisikowitch, D. 1990. The effects of insect pollination on canola (*Brassica napus* L. cv. O.A.C. Triton) seed germination. (en línea). Euphytica. 45(1): 39-41. Consultado mar. 2015. Disponible en <http://link.springer.com.proxy.timbo.org.uy:443/article/10.1007/BF00032148#page-1>
15. 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 Apicultural Science. 49(2): 29-41. Consultado nov. 2014. Disponible en <http://www.jas.org.pl/The-effect-of-pollinating-insects-on-the-yield-of-winter-rapeseed-Brassica-napus-L-var-napus-f-biennis-cultivars,0,68.html>

16. Langridge, D. F.; Goodman, R. D. 1982. Honeybee pollination of oilseed rape, cultivar Midas. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 22(115): 124-126.
17. Manning, R.; Boland, J. 2000. A preliminary investigation into honeybee (*Apis mellifera*) pollination of canola (*Brassica napus* cv. Karoo) in Western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 40(3): 439-442.
18. \_\_\_\_\_; Wallis, I. R. 2005. Seed yields in canola (*Brassica napus* cv. Karoo) depend on the distance of plants from honeybee apiaries. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 45(10): 1307-1313.
19. 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 tests. (en línea). *Apidologie*. 19(1): 51-72. Consultado ene. 2015. Disponible en <https://hal.inria.fr/file/index/docid/890728/filename/hal-00890728.pdf>
20. Mussury, R. M.; Fernandes, W. D. 2000. Studies of the floral biology and reproductive system of *Brassica napus* L. (Cruciferae). (en línea). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 43(1): s.p. Consultado mar. 2015. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/babt/v43n1/v43n1a14>
21. Nedić, N.; Macukanović-Jocić, M.; Rancić, D.; Rørslett, 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 nov. 2014. Disponible en <http://link.springer.com.proxy.timbo.org.uy:443/article/10.1007/s11829-013-9247-2/fulltext.html>
22. OECD; FAO (Organization for Economic Co-operation and Development; Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2014. OECD-FAO Agricultural Outlook 2014-2023. (en línea). Roma. 329 p. Consultado feb. 2015. Disponible en [http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2014\\_agr\\_outlook-2014-en#page1](http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2014_agr_outlook-2014-en#page1)
23. 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 feb. 2015. Disponible en [http://www.academia.edu/1200447/La\\_evoluci%C3%B3n\\_de\\_las\\_relaciones\\_polinizador-planta\\_en\\_los\\_Artr%C3%B3podos](http://www.academia.edu/1200447/La_evoluci%C3%B3n_de_las_relaciones_polinizador-planta_en_los_Artr%C3%B3podos)

24. Oz, M.; Karasu, A.; Cakmak, I.; Goksoy, A. T.; Ozmen, N. 2008. Effect of honeybees pollination on seed setting, yield and quality characteristics of rapeseed (*Brassica napus oleifera*). Indian Journal of Agricultural Sciences. 78(8): 680-683.
25. Puškadija, Z.; Stefanic, E.; Mijic, Z.; Paradzikovic, N.; Florijancic, T.; Opacak, A. 2007. 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 mar. 2015. Disponible en [http://hrcak.srce.hr/index.php?id\\_clanak\\_jezik=24437&show=clanak](http://hrcak.srce.hr/index.php?id_clanak_jezik=24437&show=clanak)
26. Ponce de León, J.; Crosa, I.; Silveira, J. P. 2014. El cultivo de canola en el Uruguay. Historia y situación actual. (en línea). In: Simposio Latinoamericano de Canola (1st., 2014, Rio Grande del Sur, Brasil). Trabajos presentados. s.n.t. s.p. Consultado feb. 2015. Disponible en <http://www.alur.com.uy/eventos/2014/simposio-canola/presentacion-36.pdf>
27. Pordel, M. R.; Hatami, B.; Mobli, M.; Ebadi, R. 2007. Identification of insect pollinators of three different cultivars of winter canola and their effect on seed yield on Isfahan. (en línea). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science. 10(4): 413-426. Consultado mar. 2015. Disponible en [http://jstnar.iut.ac.ir/browse.php?a\\_id=632&sid=1&slc\\_lang=en](http://jstnar.iut.ac.ir/browse.php?a_id=632&sid=1&slc_lang=en)
28. Rodríguez, F. 2015. Se incrementará el número de área de siembra de colza. (en línea). La Prensa, Salto, UY. feb. 17:3. Consultado feb. 2015. Disponible en <http://laprensa.com.uy/index.php/rurales/31849-se-incrementara-el-numero-de-area-de-siembra-de-colza?format=pdf>
29. 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.
30. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2006. Does the honeybee (Hymenoptera: Apidae) reducing the blooming period of canola? Journal Agronomy and CropScience.192(3): 233-237.

31. 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 feb. 2015. Disponible en <http://www.bib.fcien.edu.uy/files/etd/biol/uy24-17144.pdf>
32. Schwab, M. I. 2010. Comportamiento agronómico de colza según fechas de siembra. (en línea). Tesis Ing. Agr. Buenos Aires. Argentina. Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias. 48 p. Consultado feb. 2015. Disponible en <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/comportamiento-agronomico-colza-fechas-siembra.pdf>
33. Siddique Munawar, M.; Raja, S.; Siddique, M.; Niaz, S.; Amjad, M. 2009. The pollination by honeybee (*Apis mellifera* L.) increases yield of canola (*Brassica napus* L.). (en línea). Pakistan Entomological Society. 31(2): 103-106. Consultado ene. 2015. Disponible en [http://www.pakentomol.com/Downloads/Issues/2009-2/ent4-paper%20canola%20paperfinal\[ms%20munawar.pdf](http://www.pakentomol.com/Downloads/Issues/2009-2/ent4-paper%20canola%20paperfinal[ms%20munawar.pdf)
34. Singh, B.; Kumar, M.; Sharma, A. K.; Yadav L. P. 2004. Effect bee pollination on yield attributes and seed yield of toria (*Brassica campestris* var. Toria). Environment and Ecology. 22 (3): 571-573.
35. Witter, S.; Blochtein, B.; Nunes-Silva, P.; Pereira, F.; Bremm, C.; Lanzer, R. 2014. The bee community and its relationship to canola seed production in homogenous agricultural areas. Journal of Pollination Ecology. 12 (3): 15-21.
36. Wright, G. A.; Skinner, B. D.; Smith B. H. 2002. Ability of Honeybee *Apismelliferatodetect* and discriminate odors of varieties of canola (*Brassica rapa* and *Brassica napus*) and snapdragon flowers (*Antirrhinum majus*). (en línea). Journal of Chemical Ecology. 28(4): 721-740. Consultado feb. 2015. Disponible en [http://www.researchgate.net/publication/11336556\\_Ability\\_of\\_honeybee\\_Ap\\_is\\_mellifera\\_to\\_detect\\_and\\_discriminate\\_odors\\_of\\_varieties\\_of\\_canola\\_%28Brassica\\_rapa\\_and\\_Brassica\\_napus%29\\_and\\_snapdragon\\_flowers\\_%28Antirrhinum\\_majus%29](http://www.researchgate.net/publication/11336556_Ability_of_honeybee_Ap_is_mellifera_to_detect_and_discriminate_odors_of_varieties_of_canola_%28Brassica_rapa_and_Brassica_napus%29_and_snapdragon_flowers_%28Antirrhinum_majus%29)

## 10. ANEXOS

Anexo No. 1.

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Cultivar</b>	<b>% Inc. Rend.</b>	<b>% Inc. Silicuas</b>	<b>% Inc. Granos/Silicua</b>	<b>% Inc. PMG</b>	<b>Concentración floración</b>
Free y Nuttall	1967	Zollerngold	-	-	-	-4,56	S/D
Adegas, Nogueira Couto	1987	CTC 4	0,00	32,46	2,10	-	S/D
Koltowski	1999	Kana	-13,49	1,14	22,74	-9,62	S/D
Koltowski	1999	Lirajet	-36,62	1,00	22,92	-10,44	S/D
Koltowski	1999	Liropa	-2,73	1,21	19,55	-4,19	S/D
Koltowski	1999	Marita	-9,67	12,93	19,76	1,18	S/D
Koltowski	1999	Polo	-10,87	9,39	14,61	-14,47	S/D
Koltowski	1999	Silvia	-0,77	-10,64	19,22	-4,75	S/D
Koltowski	1999	Skrzesz	-16,37	-1,73	25,56	-8,21	S/D
Koltowski	2000	Kana	12,80	15,74	4,80	-8,50	S/D
Koltowski	2000	Lirajet	-1,49	10,10	15,93	-17,09	S/D
Koltowski	2000	Liropa	19,38	0,00	20,24	-3,32	S/D
Koltowski	2000	Marita	31,17	9,52	22,71	0,18	S/D
Koltowski	2000	Polo	28,59	7,84	21,50	-4,24	S/D
Koltowski	2000	Silvia	16,26	8,40	15,22	-5,70	S/D
Koltowski	2000	Skrzesz	6,64	-11,97	22,66	-8,39	S/D
Koltowski	2001	Kana	28,70	-12,50	17,80	11,74	S/D
Koltowski	2001	Lirajet	15,21	-15,24	18,12	16,03	S/D
Koltowski	2001	Liropa	2,35	-14,38	12,32	7,02	S/D
Koltowski	2001	Marita	7,08	-2,82	16,63	10,39	S/D
Koltowski	2001	Polo	34,03	-12,03	12,60	25,25	S/D
Koltowski	2001	Silvia	35,54	-9,83	17,13	18,06	S/D
Koltowski	2001	Skrzesz	14,56	-20,61	18,09	13,03	S/D
Oz et al.	2004	Pulsar	-74,23	-26,37	-25,00	-17,79	Si
Araneda Durán et al.	2005	Spirit, Bilbao y Artus	10,31	22,68	4,17	-15,19	S/D
Araneda Durán et al.	2005	Spirit, Bilbao y Artus	33,78	47,42	16,42	-14,81	S/D

Bommarco et al.	2005	SW Stratos TM	18,07	-	-	-10,53	S/D
Oz et al.	2006	Pulsar	-39,63	-44,42	-18,46	5,74	Si
De Souza Rosa et al.	2007	Hyola 432	61,38	15,64	35,45	-	S/D
Nedic´ et al.	2009	KWC "Triangle"	10,31	44,98	20,63	-22,45	S/D
Shakeel, Inayatullah	2009	Ganyou	-	23,94	34,64	33,33	S/D
Shakeel, Inayatullah	2009	Oscar	-	24,84	18,37	34,55	S/D