

Evaluación preliminar del rendimiento de dos variedades de mostaza blanca (*Sinapis alba* L.)

Comparación de fechas de siembra y fenología del cultivo para la Comarca Andina del Paralelo 42°.



Tesina final de graduación

Autora: Melisa Isaja

Directora: Dra. Cecilia Sobrero

Co-director: Ing. Agr. Eduardo E. Martínez

Tecnicatura en Producción Vegetal Orgánica

Sede Andina- Sub-sede: El Bolsón

7 de mayo del 2020

Índice

Resumen.....	2
Agradecimientos.....	3
Introducción.....	4
Descripción botánica de <i>Sinapis alba</i> L.....	6
Usos y composición.....	7
Producción mundial y nacional de mostaza.....	10
Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....	16
Ciclo ontogénico y fenología del cultivo.....	17
Características agroclimáticas y productivas de la Comarca Andina del Paralelo 42°S.....	23
Justificación.....	27
Objetivos.....	28
Hipótesis.....	29
Materiales y métodos.....	30
1. Diseño del ensayo de la mostaza y labores culturales.....	30
2. Fenología del cultivo y cálculo de tiempo térmico.....	34
3. Evaluación del rendimiento y componentes del rendimiento de mostaza blanca.....	38
Resultados y discusión.....	40
1. Fenología y tiempo térmico para los cultivares Local y Delfina en diferentes fechas de siembra.....	40
1.1. Condiciones climatológicas durante el período del cultivo para las diferentes fechas de siembra.....	40
1.2. Observaciones de fases fenológicas y tiempo térmico para los cultivares Local y Delfina.....	42
2. Rendimiento y componentes del rendimiento para los dos cultivares de mostaza y para diferentes fechas de siembra.....	48
2.1. Altura de plantas.....	51
2.2. Número de ramas florales.....	53
2.3. Silicuas por planta.....	55
2.4. Semillas por silicua.....	57
2.5. Peso de 1000 semillas.....	58
3. Observaciones generales durante el ciclo del cultivo de la mostaza.....	65
3.1. Seguimiento de plagas, presencia de malezas y requerimientos de riego.....	65
3.2. Cosecha, trillado y limpieza del grano de mostaza.....	69
Conclusiones.....	71
Bibliografía.....	75

Resumen

En Argentina la principal zona de producción de mostaza blanca (*Sinapis alba* L.) corresponde a Buenos Aires, constituyendo un cultivo invernal. La Comarca Andina del Paralelo 42° Sur (CAP42°S), con clima templado frío, posee condiciones edafoclimáticas apropiadas para su producción. Si bien se cultiva a escala familiar para la elaboración artesanal de aderezos, no existen registros locales de rendimiento. Con el objetivo de evaluar y mejorar el rendimiento de mostaza en la Comarca, se ensayó el comportamiento de semillas de diferente origen (cultivar Delfina INTA y Cultivar Local), considerando tres fechas de siembra (FS): dos otoñales (1°FS: 24 de abril y 2°FS: 1 de junio) y una primaveral (3° FS: 2 de octubre, según calendarios de siembra CAP42°S), a una densidad de 50 pl.m². Se evaluó el ciclo fenológico del cultivo en las diferentes siembras y se determinó el rendimiento y sus respectivos componentes: la altura de las plantas en floración (H), número de ramificaciones florales (RF), silicuas por planta (SP), granos por silicua (GS) y el peso de 1000 semillas (P1000). Los resultados indicaron diferencias en el rendimiento asociado a la fecha de siembra y al origen de la semilla. La mostaza Local mostró los mejores rendimientos sembrando en otoño, disminuyendo la producción a menos de un tercio en primavera (2960, 2625 y 894 kg.ha⁻¹, respectivamente). El rendimiento del cultivar Delfina fue semejante al Local en la 1°FS y 3°FS aunque, significativamente menor en la 2°FS. En general, en las siembras de otoño el rendimiento es mayor que en la siembra de primavera, observándose las mismas tendencias para las SP y el P1000. La duración del cultivo disminuye al atrasar la fecha de siembra, acortándose el periodo de crecimiento vegetativos y el de fructificación hasta cosecha. El rendimiento de mostaza para la CAP42°S está en el orden de lo observado para otras regiones del país. Incrementar la producción de mostaza blanca en la CAP42°S permitiría abastecer la elaboración de productos regionales con insumos locales, promoviendo la producción en origen y constituyéndose en una alternativa para diversificar la producción agrícola.

Agradecimientos

En primera instancia, quisiera agradecer a la Universidad Nacional de Río Negro y a todos los docentes que fueron parte del camino de mi formación y me ayudaron a llegar al punto en donde me encuentro. También, quiero dar las gracias a los docentes que me brindaron ayuda para poder formar y estructurar esta tesina, desde un consejo de escritura a salir de esos bloqueos momentáneos durante el proceso.

Quiero darle las gracias a mi Directora de Tesina Cecilia Sobrero, que aun cuando no ha sido sencillo el proceso me compartió todos sus conocimientos y herramientas para llevar a cabo este trabajo, además de aprender a la par de situaciones que se nos presentaba de improvisto, como así también agradezco el apoyo del Co-director Eduardo E. Martínez.

Tal trabajo final no pudo ser terminado sin los datos aportados y las herramientas que me brindaron, agradeciendo a:

- Ing. Agr. Ms. Cs. María Victoria Cremona del INTA Bariloche, en el análisis de muestras de suelo.
- Lic. Clara Pissolito, docente de Climatología, en el área de Agroclimatología.
- INTA Campo Forestal Gral. San Martín, Paraje Las Golondrinas, por los datos aportados del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (SIGA).
- Ing. Agr. Walter Alfonso de la Cátedra Producción Vegetal I, Departamento de Tecnología, de la Universidad Nacional de Luján y el productor de semillas G. César del paraje Las Golondrinas, Lago Puelo, quienes me brindaron el material para el comienzo de este trabajo.

No sería capaz de llegar a donde estoy sin el apoyo de mis padres, quienes han sido parte de mis alegrías, tristezas, frustraciones y largas noches de estudio durante mi carrera. Son el pilar fundamental para estar en donde me encuentro hoy, guiándome y haciéndome ver los errores de este largo camino de la vida, que aún me queda por transitar. También agradezco a mis amadas hermanas, que pesar de estar lejos siempre me apoyan y están para mí cuando lo necesito, mostrando que a veces hay que sacrificar cosas para lograr las metas que uno se propone.

Se lo dedico a mis sobrinos más hermosos que me dio la vida, Abril que alegras siempre mis días a pesar de tenerte lejos, la llegada de Francisco que me hace la madrina más feliz y mi sobrino/na que está en camino.

Agradezco a mis grandes amigas/os que me ayudaron a pasar por estos años todo el proceso que llevo este.

El desarrollo de esta tesina no puedo decir que fue fácil, fue un largo camino de aprendizaje y adaptación a lo que uno tiene estructurar como profesional y afianzar los conocimientos y prácticas que permite el desarrollo de este. Este trabajo, representa una meta que nunca pensé que podía superar y donde confiar en mí misma era el escalón principal que debía superar para finalizar el trabajo y así transmitir mis conocimientos.

Esto va para dos grandes ángeles que me guían desde donde estén...

El amanecer vendrá en las noches más oscuras, cada día tienes un paso más que dar para poder crecer...

Introducción

La mostaza es un cultivo alternativo invernal de zonas templadas y las variedades de mostaza más cultivadas a nivel mundial, con fines productivos comerciales, son la mostaza blanca (*Sinapis alba* L.), la mostaza negra (*Sinapis nigra* L.) y la mostaza marrón (*Sinapis juncea* L.), todas ellas pertenecientes a la familia de las Brassicáceas. Las semillas de las diferentes especies de mostaza se caracterizan por tener un intenso sabor acre y algo picante. Esto las hace relevantes para la obtención de harinas para elaboración de condimentos y aderezos, así como extractos para usos cosméticos y medicinales. El nombre mostaza proviene del latín *Mustum ardens* (mosto ardiente) ya que, cuando se mezclaban sus semillas machacadas con mosto, se distinguía el característico sabor picante (Curioni, 2010). La mostaza blanca es una especie nativa de Europa y del Sudoeste de Asia y su cultivo se encuentra difundido en zonas templadas del mundo. Canadá es actualmente el mayor productor y exportador, abarcando más del 50% del mercado total de exportación de las tres variedades, entre las cuales la mostaza blanca cuenta con un 40%. También se encuentran como fuertes productores y exportadores Ucrania, India, República Checa y Hungría (Arizio y Curioni, 2016).

En Argentina, si bien la mostaza se produce en diferentes lugares del país, la zona óptima de mayor producción es el sudeste de la provincia de Buenos Aires. En los años '80 hubo un auge de producción de mostaza en Argentina, pero no se importaba la semilla, sino que se cumplía la demanda interna con producción nacional. En total, la superficie sembrada era de 800 ha

aproximadamente, con un rendimiento medio de 700 kg.ha⁻¹. Sin embargo, ante el proceso de convertibilidad de los años '90, la importación del grano presentaba ventajas comparativas y las empresas elaboradoras optaron por abastecerse del mercado externo. Argentina se convirtió así en uno de los pocos países en importar granos y exportar la mostaza elaborada (Curioni *et al.*, 2010). A partir de 2005, en Argentina se intentó revertir esta situación con el objetivo de ser más competitivos, aumentar la superficie sembrada, y cumplir la demanda interna con producción nacional que superara los 1000 kg.ha⁻¹ (Piola, 2012). En 2012, luego de 7 años de trabajo, surgió el cultivar nacional de mostaza blanca INTA Delfina, que posee un rendimiento que alcanza los 1200 kg.ha⁻¹ (Paunero, 2015).

Para lograr este nivel de rendimiento, es necesario comprender los puntos críticos del ciclo ontogénico de la mostaza blanca, que responderán a factores ambientales como el fotoperiodo, temperatura y disponibilidad de agua. Este conocimiento es fundamental para determinar las fechas de siembra, siendo un recurso que puede utilizar el productor para favorecer las condiciones del cultivo (Curioni *et al.*, 2010; García *et al.*, 2017).

La Comarca Andina del Paralelo 42° Sur (CAP42°S) se encuentra en un valle situado entre cadenas montañosas paralelas a la Cordillera de los Andes, abarcando el suroeste de la Provincia de Río Negro y noroeste de Chubut. La mostaza que se cultiva en la zona es principalmente para la obtención de semillas destinadas a la elaboración de aderezos para consumo familiar o venta local, pero también como abono verde y/o mulching.

La comarca presenta condiciones agroclimáticas semejantes a otras zonas de producción de mostaza del mundo, por lo que presenta una ventaja comparativa interesante para el desarrollo de este cultivo. La producción de mostaza podría exceder la de un cultivo familiar de baja escala, y ser desarrollada como un cultivo de grano, con un manejo orgánico y produciendo materia prima para una posible industria local.

Por lo tanto, poder asentar los primeros datos de rendimiento y comportamiento fenológico en diferentes fechas de siembra para el cultivo de mostaza blanca en CAP42°S, permitirá generar a los productores herramientas de manejo, optimización de recursos y producción, que posibiliten incluir a este cultivo en rotaciones de su sistema productivo. Afianzar su desarrollo y explorar eventuales nichos de agregado de valor a fin de incorporar el producto al mercado orgánico regional y turístico.

Descripción botánica de *Sinapis alba* L.

La mostaza blanca (*Sinapis alba* L. syn. *Brassica hirta* L., *Brassica alba*, Brassicaceae) es una planta herbácea anual que puede alcanzar una altura de 0,8 a 1,50 m, dependiendo de las condiciones agroecológicas de la zona en la que se cultive. Presenta tallo erecto, ramificado, cilíndrico con presencia de vellosidades ásperas. Sus hojas son alternas y levemente pecioladas de forma ovalada, limbo con lóbulos pinatipartido y márgenes dentados. Su raíz es pivotante, carnosa con múltiples raíces secundarias. Las inflorescencias son en

racimos terminales, sus flores son hermafroditas y actinomorfas con pedicelo corto y su fecundación es entomófila, pero puede presentarse una auto fecundación. La planta puede tener entre 5 y 10 racimos, y cada racimo hasta 30 frutos. El fruto es una silicua hispida con terminal aplanada con un largo de 4 a 5 cm. Cada una puede tener desarrolladas entre 4 a 6 semillas con 3 a 4 lóculos y siendo el fruto dehiscente. Las semillas son esféricas e irregulares, con un color que va de verde amarillento a un amarillo rojizo, dependiendo del estado de maduración (Curioni *et al.*, 2010; Saavedra *et al.*, 2015).

Usos y composición

Las propiedades aromáticas de la mostaza y su utilización se deben a que las semillas de mostaza contienen un grupo de compuestos aromáticos. Su principal componente es el glucosinolato sinalbina, el cual es uno de los constituyentes precursores del aceite esencial. La hidrólisis del glucosinolato tiene como producto un aceite volátil denominado *p-hidroxibencil-isotiocianato*, que representa el aroma y sabor picante característico del condimento (Curioni *et al.*, 2010; Alfonso y Curioni, 2015). Según datos bibliográficos del análisis realizado sobre la composición química del germoplasma de semillas del cultivar Delfina, se determinó que la semilla presenta un contenido de proteínas del 25-29%, alto contenido de ácidos grasos insaturados como Oleico (C18:1) 26,1 %, Linoléico (C18:2) 11,7%, Linolénico (C18:3) 10,9%, alto contenido de ácido Erúxico (C22:1) 33,4% y contenido de Glucosinolatos de 96,49 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ (Paunero *et al.*, 2016). Con los valores obtenidos del cultivar Delfina y demás

datos de otras semillas de mostaza en este análisis, se concluyó que contienen un importante aporte nutricional por su bajo contenido en ácidos grasos y alto valores en ác. grasos insaturados de los anteriormente nombrados. En cuanto a los aderezos a base de grano o harina de mostaza, se realizó un estudio con respecto a su contenido de ácidos grasos para caracterizar el producto desde su semilla base. Demostró que los aderezos a base de harina contienen, en promedio, porcentajes similares del perfil de ácidos grasos insaturados más relevante en el grano de mostaza (López *et al.*, 1999; Paunero *et al.*, 2016).

A partir de sus semillas, con un intenso sabor picante, se obtienen diversos productos derivados: mostaza molida para la industria alimenticia como espesante, agente higroscópico y aderezos de productos cárnicos, harina de mostaza para venta directa o como ingrediente de salsas, aderezos y adobos. El aceite de mostaza se utiliza en algunas partes del mundo para la producción de mayonesa y frituras y, por último, el salvado de mostaza como ingrediente en panaderías (Cameroni, 2013).

Además de su uso condimenticio, la mostaza se caracteriza también por ser utilizada como abono verde, con potencial control de especies espontáneas, nematodos y otros patógenos del suelo. Si analizamos su uso como abono verde (AV), práctica cultural que permite mantener y/o mejorar las características fisicoquímicas y biológicas del suelo y como control de especies adventicias, las crucíferas tienen por lo general un desarrollo rápido que proporciona un buen abono cuando se dispone de poco tiempo entre cultivos,

además de una buena biomasa (Casado y Miego, 2008; Ramirez-García *et al.*, 2010; Labrador, 2012 y Saavedra *et al.*, 2015).

Este cultivo posee una buena capacidad exploratoria por su sistema radicular, que le permite utilizar reservas de minerales y acumular una gran cantidad de nutrientes en sus partes aéreas que serán devueltas al suelo, además de favorecer la infiltración hídrica a través del perfil edáfico (Labrador, 2012). Un ensayo realizado con cinco diferentes AV comparados con un barbecho, para el control de maleza, pudo demostrar que la mostaza blanca tuvo una eficiencia significativa en competencia con la maleza, solo dejando que la misma pudiera cubrir el suelo en un 4%, compitiendo además por luz y nitrógeno (Casado y Mielgo, 2008). También, se han realizado diversos estudios en el que consocia gramínea, leguminosa y mostaza blanca como abono verde, donde resaltan que el comportamiento de la mostaza es igual que el comportamiento de la gramínea, siendo una cobertura rápida del suelo con una acumulación de biomasa mayor que la leguminosa (Ramirez-García *et al.*, 2010).

Las plantas presentan metabolitos secundarios que producen una amplia gama de sustancias (aleloquímicos), además de ser parte de sus funciones fisiológicas, que permite la interacción con otras especies generando impactos positivos o negativos en su entorno (Bonfim *et al.*, 2018). Los glucosinolatos presentes en la mostaza liberan isotiocianatos, que disminuyen la capacidad de germinación de las malezas y el crecimiento de ésta. Las especies con más capacidad de inhibición son: *Brassica hirta*, *Brassica nigra*, *B. juncea*, *B. napus*,

B. campestris. Además de ello, la incorporación de la biomasa del cultivo de mostaza es utilizada también para control biológico de efecto nematicidas y herbicidas. Se han realizado este tipo de control sobre cítricos para nematodo *Tylenchulus semipenetrans* y en papa para hongos *Helminthosporium solani* y *Verticillium dahliae*, el cual tuvo una respuesta positiva luego de su incorporación al suelo y posterior descomposición (Casado y Miego, 2008).

En resumen, el cultivo de mostaza presenta una amplia capacidad como control biológico y competencia entre malezas. Ante estas características previamente descritas, se puede considerar a la mostaza dentro de un sistema de rotación de cultivos para potenciar sus efectos alelopáticos y además cosechar el grano. Se podría contemplar como cultivo antecesor para reducir la incidencia de malezas o agentes patógenos y como alternativa para cubrir el suelo durante el otoño-invierno.

Producción mundial y nacional de mostaza

La mostaza es una de las principales aromáticas de intercambio mundial en volumen de sus tres variedades cultivadas (Arizio y Curioni, 2016). Como se mencionó anteriormente, la mostaza blanca (*Sinapis alba* L.) es una especie nativa de Europa y del Sudoeste de Asia y su cultivo se encuentra difundido en zonas templadas del mundo, desde Europa (Francia, Alemania, etc.) hasta el sudoeste asiático (India, China, Indonesia, etc.), norte de África, Estados Unidos, Canadá, Chile y Argentina (Curioni *et al.*, 2010).

Según datos analizados del mercado mundial de exportación de la mostaza a Canadá se lo considera como el mayor productor y exportador a nivel mundial con volúmenes entre 169.000 y 240.000 tn, abarcando más del 50% del mercado total de exportación. Además de Canadá, también como fuertes productores y exportadores están Ucrania, India, Republica Checa y Hungría (Arizio y Curioni, 2012 y 2016).

Entre los países que se destacan como fuertes productores-exportadores a nivel mundial, Canadá alcanza anualmente valores de rendimiento de mostaza amarilla entre 1600 y 1700 kg.ha⁻¹ e India alcanza una producción entre 500 a 1490 kg.ha⁻¹; no obstante, Estados Unidos tiene un pequeño porcentaje con rendimientos entre 1665 a 2880 kg.ha⁻¹ (Paunero, 2015).

Si hablamos de importaciones a nivel mundial, el primer importador dominante de mostaza en grano es Estados Unidos, con valores que rondan los 66.000 tn anuales entre 2007-2011, siendo Canadá su proveedor de origen, concentrado en un 98%. Para el continente europeo, los importadores de mayor relevancia son Alemania y Francia que ocupan el segundo y tercer lugar en importaciones: con un volumen promedio anual de 44.000 tn entre 2007-2011 para Alemania, con proveedores de origen Canadá, Hungría, Ucrania y Rep. Checa, seguido por Francia con un volumen de 24.000 tn anuales entre 2006-2010, siendo un 55% de origen canadiense. En el continente asiático, se encuentra como importador dominante Japón con un consumo promedio de 5.700 tn entre 2007-2011, siendo el 90% de origen canadiense. Por último, en

Sudamérica los mayores importadores son Brasil, con promedios de 800 tn anuales entre 2007-2010, y Venezuela en el orden de las 700 tn anuales entre 2006-2010, siendo de origen canadiense un 95% del total importado (Arizio y Curioni, 2012 y 2016).

A nivel nacional, según datos del ComEx (INDEC, 2018), en el decenio 09/19 se han registrado exportaciones de grano solo en el periodo 2008-2010 con un volumen total de 100 tn, siendo la exportación más elevada en 2009 con destino a España de 57 tn y los restantes destinos como Chile y Arabia Saudita. Sin embargo, las importaciones nacionales presentan volúmenes oscilantes dentro del decenio evaluado 09/19 con un total de 5984 tn con un promedio anual de 599 tn. El origen del grano de mostaza importado es principalmente de Canadá con un 70% del volumen total, seguido por Ucrania con el 15%, Rep. Checa con el 12 % e India, Estados Unidos, Polonia dentro del restante 3 %.

Mediante los datos obtenidos de las exportaciones e importaciones, se podría inferir que la producción nacional de grano de mostaza no cubre la demanda anual interna y por ende se importan grandes volúmenes de granos desde los países dominantes del mercado como Canadá. Como ya se ha indicado anteriormente, en los años '80 no hubo importación de semilla de mostaza ya que la demanda interna era satisfecha íntegramente por la producción nacional de una superficie sembrada de 800-1000 ha y con un rendimiento entre 700-800 kg.ha⁻¹. Los productores nacionales de mostaza, al igual que otros productores de grano de la región pampeana, integraban a sus

rotaciones el cultivo de mostaza siguiendo el esquema de contratos con grandes empresas elaboradoras, hasta que, en 1992 frente a la apertura de las importaciones por efecto de la convertibilidad, la producción interna no pudo competir frente al mercado mundial especialmente de Canadá, decayendo las superficies productivas. Ante las ventajas comparativas de la importación de semillas para las empresas elaboradoras, optaron por abastecerse del mercado externo disminuyendo la demanda interna del grano, por lo que Argentina se convirtió en uno de los pocos países que importa granos y exporta la mostaza elaborada, es decir, agregando valor a la materia primaria de otros países (Curioni *et al.*, 2010).

En Argentina las zonas óptimas de producción de mostaza se encuentran en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires con unas 800 ha sembradas, siendo la región de mejor aptitud para el desarrollo de este cultivo (Curioni *et al.*, 2010; Cirera y Jara, 2011).

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente mencionado, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) mediante el proyecto: “Desarrollo de tecnologías innovadoras para la diversificación, intensificación y diferenciación de la producción de aromáticas” se propuso, desde el año 2005, generar un cultivar nacional de calidad y rendimientos acordes a los obtenidos en los países líderes en este cultivo, buscando superar los 1000 kg.ha⁻¹ (Piola, 2012). Este material nacional se registró como INTA-DELFINA (Res. 67/12 INASE) por el obtentor Ing. Ignacio Paunero, el cual realizó evaluaciones del rendimiento del cultivo en diferentes parcelas experimentales en las localidades

de Paraná, provincia de Entre Ríos, San Pedro y Lujan en Buenos Aires. Este cultivar se creó a partir del cruzamiento entre dos materiales de origen canadienses y otro de Republica Checa, presentando buena adaptación sanitaria a la región pampeana húmeda (Paunero, 2015). El cultivar INTA

Delfina surgió, con el objetivo de poder incentivar la producción nacional, aumentar la superficie tradicionalmente sembrada, satisfacer la demanda interna, y disminuir la dependencia de las importaciones (Piola, 2012). Éste cultivar posee un rendimiento promedio de 800 a 1200 kg.ha⁻¹, con una altura de 1,13 m.

Las producciones de mostaza más importantes de Argentina se encuentran en Buenos Aires, pero existen experiencias de cultivo en las provincias Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos, siendo la mostaza consociada a soja de segunda. La existencia de estas investigaciones en otras zonas del país tiene como finalidad ampliar las zonas productivas de la mostaza, evaluando los diferentes rangos agroclimáticos y el comportamiento agronómico del cultivo con el cultivar creado y otros de diferentes orígenes (Curioni *et al.*, 2010; Paunero, 2012).

Los antecedentes en investigación de rendimiento y comportamiento del cultivo en estos lugares se representan en la Tabla 1 (Paunero, 2012, 2015 y 2016; García *et al.*, 2017):

Tabla 1: antecedentes de investigación en comportamiento agronómico y rendimiento de la mostaza blanca (*Sinapis alba L.*) INTA Delfina.

Campaña	Localidad	FS	Altura (cm)	Ciclo (días)	Kg.ha⁻¹
2007	San Pedro Bs.As	26/7	83	-	509,75
2008		14/6	112	-	1620
2009		26/5	95	-	1005
2010		14/5	114	170	452
2011		7/6	136	168	1775
2013		12/6	116	159	2494
2014		30/6	94	130	560
2009	Luján Bs.As	28/5	97	177	1298
		18/6	105	163	256
		14/7	102	132	2378
		22/8	103	107	666
2013	Tres Arroyos	14/5	-	196	1384
2014		1/7	-	141	809
2013	Oro Verde E. Ríos	15/5	-	176	1527
2014	Oro Verde	19/5	-	146	835
		16/6	-	134	1215
	V. Constitución Sta. Fe	-	111	-	1077
	Ramallo	-	118	-	698

Se evaluó a Delfina en varias localidades del país con diferentes fechas de siembra (FS) la altura, duración del ciclo y rendimiento variados (Kg.ha⁻¹). (Paunero,2012, 2015 y 2016; García et al., 2017).

Por otra parte, considerando las temperaturas y precipitaciones medias anuales, se incluye entre las regiones aptas para el cultivo de la mostaza al oeste de la región patagónica, en los valles cordilleranos (Cirera y Jara, 2011;

Paunero, 2015). En 2003 se dio la primera producción de mostaza marrón (*B. juncea*) en la Patagonia argentina, destinada a la fabricación de aderezos 100% naturales, sin conservantes artificiales y que actualmente, siguen produciendo para el mercado nacional e internacional (Arytza, 2019).

En la CAP42°S, salvo las pequeñas producciones familiares, la mostaza de grano que se utiliza en la elaboración artesanal de aderezos y encurtidos no es de producción local, sino que proviene de especieros mayoristas o comercios locales, a partir de cultivos de otras zonas del país o importadas.

Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

El clima adecuado para el cultivo de mostaza es templado a templado-frío y las temperaturas medias óptimas mensuales son de 4 a 12°C, siendo para su crecimiento y desarrollo óptimo una temperatura media de 14 a 16°C, requiriendo primaveras frescas y secas. La siembra puede ser en otoño-inverno benignos y húmedos o en primavera-verano con veranos frescos, con lo cual es un cultivo facultativo en requerimientos de frío, siendo resistente a las heladas y bajas temperaturas (Curioni *et al.*, 2010). Para la germinación necesita una temperatura base mínima de 4°C. En cuanto al fotoperiodo, es un cultivo de día largo, con un umbral para inducción de la floración dado por una duración mínima de 10,30hs (Cirera y Jara, 2011).

Requiere una precipitación mínima de 450-500 mm anuales, siendo el subperiodo de mayor susceptibilidad hídrica el inicio de floración – fin de fructificación.

Precisa suelos profundos franco o franco-arenoso con 70 cm de profundidad efectiva, siendo susceptible a los excesos de humedad, pero con tolerancia a la salinidad. Además de ello, requiere un pH óptimo en un rango levemente ácido de 6-6,5 y con un porcentaje de materia orgánica de 1,5 a 2% (Curioni *et al.*, 2010).

Ciclo ontogénico y fenología del cultivo

Observar las diferentes etapas ontogénicas de un cultivo y los factores ambientales que regulan su desarrollo nos permiten evaluar los factores que pueden afectar al mismo (fotoperiodo, temperaturas, heladas, precipitación) pudiendo establecer un plan de manejo, teniendo en cuenta la densidad de siembra, fecha de siembra, fertilización etc., que permita un cultivo estable con buenos rendimientos. Además de ello, el observar los cambios morfológicos y fisiológicos que experimenta la planta, posibilita identificar las causas de las variaciones en su rendimiento (Coria, 2011).

La mostaza es considerada una planta de día largo (PDL) de clima templado húmedo, pudiendo resistir elevadas o bajas temperaturas dependiendo la fase fenológica en la que se encuentre. La susceptibilidad de las distintas etapas ontogénicas de la mostaza a los factores ambientales reguladores de su desarrollo determina no solo la emergencia, las etapas vegetativas y reproductiva, sino en qué contextos ambientales ocurre un lapso

crítico en la formación y llenado de grano, lo que determinará o condicionará el rendimiento total de cultivo (Curioni *et al.*, 2010; Cirera y Jara, 2011).

El ciclo del cultivo de la mostaza se divide en 3 etapas, dentro de las cuales se pueden identificar diferentes subperiodos fenológicos (Valla, 1979; Curioni *et al.*, 2010; Coria, 2011; Cirera y Jara, 2011; García *et al.*, 2017):

▪ **Etapas vegetativas:**

- ❖ Siembra-emergencia: la semilla entra en contacto con el suelo húmedo y desencadena el proceso de germinación. Se manifiesta en primer lugar la radícula y luego el alargamiento del hipocótilo, emergiendo los cotiledones epigeos. La duración de esta fase dependerá de la humedad y temperatura del suelo, por lo que en mostaza la duración promedio se encuentra entre 10-15 días.
- ❖ Emergencia-botón floral: en esta fase sigue la diferenciación de hojas, con lo cual la planta es sensible a las heladas hasta que alcance el estado de roseta. La amplitud del fotoperiodo dará comienzo a la diferenciación de primordios florales. En mostaza la duración es en promedio entre 45-60 días.

▪ **Etapas reproductivas:**

- ❖ Botón floral-floración: comienza la elongación del tallo principal que se prolonga hacia floración. La finalización se da ante la visualización de los primeros botones florales entre las hojas, además de que se produce la elongación del botón floral. El

cultivo llega a inicio de floración cuando el 50% de las plantas tienen flores abiertas, floreciendo primero la vara principal y luego las ramas florales inferiores que crecen en las axilas de las hojas superiores de la inflorescencia terminal. La duración promedio en mostaza es entre 10-12 días.

- ❖ Floración- inicio fructificación: Caída progresiva de pétalos con la consiguiente formación de las silicuas y cuajado. En este subperiodo coexiste primordios florales, flores y silicuas, en donde solo un porcentaje es transformado en silicuas maduras, acompañado de la senescencia de las hojas durante el proceso de llenado de grano.

Durante la etapa reproductiva se puede identificar una ventana crítica, período en el que genera el potencial aumento de granos por unidad de superficie, entre inicio de floración y final de fructificación, el cual define el rendimiento del cultivo. Durante el subperiodo, se produce un declive progresivo de hojas (reducción del IAF) durante la formación de silicuas, generando una menor eficiencia fotosintética. La amplitud de este subperiodo con una tasa de crecimiento mayor aumenta la acumulación de biomasa total, que asegura una alta relación flores/silicuas por planta, siendo equivalente al rendimiento final de la mostaza.

- **Llenado de grano:** se puede estimar que la madurez comienza en la caída de los últimos pétalos de la vara principal, seguido por el llenado de grano. La madurez fisiológica es el estado que se caracteriza por el cambio de color de la silicua, donde procede el llenado de grano y cambio de color verde a ocre-rojizo para mostaza.

La duración del ciclo ontogénico varía según la zona geográfica, la fecha de siembra y el cultivar elegido. En Argentina, se han realizado múltiples pruebas con cultivares de mostaza en diferentes localidades de Bs. As como San Pedro, Tres arroyos, Sta Lucia, Ramallo, también en la provincia de Santa Fé en Villa Constitución, Córdoba y, por último, en Entre Ríos en la localidad de Oro verde. La duración promedio del ciclo de la mostaza, desde la siembra hasta la cosecha, varía entre 120-140 días.

A nivel nacional, la siembra se realiza en un periodo comprendido entre principios de mayo y principios de septiembre, según las diferentes zonas de producción (Curioni *et al.*, 2010; García *et al.*, 2017). El manejo de la fecha de siembra es uno de los recursos con los que cuenta el productor para ajustar el ciclo de los cultivos, de forma tal que los períodos más críticos para la definición del rendimiento ocurran en condiciones ambientales favorables para el crecimiento, debido a que la radiación, la temperatura y el fotoperiodo tienen una fuerte influencia sobre el crecimiento y desarrollo.

Según las condiciones agroecológicas del cultivo, se desarrolló una cartilla de zonificación con diferentes aptitudes para el ciclo de la mostaza en la

región de producción en seco, clasificadas en zonas del I al V, siendo la más apta la zona IV que comprende, la franja sudeste de Buenos Aires y sur de Córdoba (Curioni *et al.*, 2010). No obstante, se han creado mapas a nivel nacional de aptitud agroclimática teniendo en cuenta la temperatura media anual, precipitación media anual y aptitud agroclimática. Según los parámetros evaluados, (Paunero, 2015) se pudo observar que en la Patagonia a la zona que abarca la CAP42°S se la considera área de amplitud agroclimática apta para el cultivo de mostaza blanca por tener:

- Temp. Media anual con rangos de 6-12°C.
- Precip. Media anual con rangos de 700-800 mm.

Como sabemos, los diferentes eventos fenológicos del cultivo pueden ser analizados sobre tiempo cronológico, bajo un cierto recuento en días, pero que pueden estar influenciado por factores ambientales. Para una mejor medición, se podría expresar el desarrollo del cultivo a través de la temperatura mediante modelos de tiempo térmico (TT) (Ecuación 1), acumulación de unidades de calor o grados día (°Cd), cuantificando la temperatura disponible para el cultivo en base a las temperaturas máximas y mínimas diarias por sobre su temperatura base, que es la temperatura mínima que un cultivo necesita para desarrollarse o que bajo el nivel de esa temperatura detiene el crecimiento y el desarrollo de este. Esta sumatoria térmica permite la predicción de las sucesivas etapas fisiológicas del cultivo, los posibles rendimientos finales y la fecha de cosecha (Cirera y Jara, 2011; Paunero *et al.*, 2016).

Ecuación 1

$$TT = \sum \frac{T.máxima - T.mínima}{2} - T.base = °Cd$$

Para el cultivo de la mostaza blanca, se han realizado varias investigaciones con respecto a la temperatura base necesaria para los diferentes subperiodos y la sumatoria térmica promedio que debería acumular desde siembra a floración. Según datos registrados sobre germoplasma canadiense de mostaza blanca, el cultivo sumó hasta floración un promedio de 600°Cd con una T base de 4°C en Lujan, provincia de Bs. As. (Paunero *et al.*, 2016).

En Argentina, se ha realizado investigaciones en diferentes partes del país por parte del INTA para obtener datos de rendimiento y el comportamiento fenológico del cultivar INTA Delfina (Tabla 1). En San Pedro, provincia de Bs As la duración total del ciclo fue de 151 días siendo su siembra el 14 de junio y cosecha el 12 de noviembre para la campaña 2008.

En la localidad de Tres Arroyos, Bs As, la duración del cultivar fue de 141 días siendo la fecha de siembra el 1 de julio y la cosecha el 18 de noviembre en campaña 2014.

Por último, en Oro Verde en la provincia de Entre Ríos el ciclo tuvo una duración de 176 días siendo la fecha de siembra el 15 de mayo y su cosecha el 7 de noviembre en campaña 2013 (Paunero, 2015).

El conocimiento de las etapas ontogénicas de la mostaza nos permitirá elaborar estrategias de manejo que puedan mejorar el rendimiento y demarcar

los aspectos críticos del cultivo para las condiciones agroecológicas de la CAP42°S. Además, para lograr buenos rendimientos es necesario comprender los puntos críticos del ciclo que responderán a factores ambientales que regularán la duración de estas, teniendo en cuenta las fechas de siembra, fertilización, densidad (Curioni, *et al.*, 2010; García *et al.*, 2017). En la CAP42°S, de acuerdo con los calendarios de siembra locales para la agricultura familiar, la siembra de mostaza para grano se recomienda para el mes de septiembre.

Características agroclimáticas y productivas de la Comarca Andina del Paralelo 42°S

Los valles cordilleranos de la Patagonia presentan características agroclimáticas que permite el desarrollo de productos que son diferenciados por su origen y calidad en materia prima y productos elaborados. Comprende las localidades de San Carlos de Bariloche y valle del Río Manso Inferior en la Provincia de Río Negro; Valle 16 de octubre en la Provincia de Chubut; la Comarca Andina del Paralelo 42° Sur, compartida por las últimas dos provincias y Los Antiguos en la Provincia de Santa Cruz, (Madariaga, 2009).

La Comarca Andina del Paralelo 42° Sur (CAP42°S), se encuentra en un valle situado entre una cadena montañosa paralela a la cordillera de los Andes al Oeste y un conjunto de cadenas montañosas al Este, continuando su descenso hacia la meseta, abarcando el suroeste de la Provincia de Río Negro y noroeste de Chubut.

La CAP42°S está conformada por una microregión bi-provincial de municipios y parajes cordilleranos de las provincias de Río Negro (El Foyel, Ñorquinco y El Bolsón con los parajes de Mallín Ahogado, Los Repollos, El Manso) y Chubut (Lago Puelo, El Hoyo, Epuyén, con los parajes Las Golondrinas, Entre Ríos, Cerro Radal, Puerto Patriada), vinculados por la Ruta Nacional N° 40 y otras rutas provinciales.

El relieve montañoso en la región presenta una altitud media de 350 metros sobre el nivel del mar (msnm), protegido por cordones de 2000 metros de altura dada a la presencia de la Cordillera de los Andes, provocando un gradiente de precipitación que disminuye de Oeste a Este, con medias anuales de 900 mm (50% concentrado de mayo – agosto). Esto determina una gran variabilidad climática del valle, generando microclimas que pueden ser más o menos favorables, permitiendo el desarrollo de producciones agrícolas intensivas (Bustos y Rocchi, 1993).

El clima de la comarca es templado o templado frío, caracterizada por un ambiente seco durante el periodo estival con humedad relativa (%HR) del 30-40%, y con ocurrencias de vientos en promedio de 8 a 9 kilómetros por hora, lo cual no es considerado un factor crítico para la producción (Bustos y Rocchi, 1993). En cuanto a las temperaturas anuales, presenta una media en el orden de los 10,2 °C, una temperatura máxima media de 16,9 °C y una mínima media de 3,4°C y una precipitación anual en el orden de los 962 mm según los datos obtenido del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para el periodo comprendido entre 1990 y 2010 (Figura 1).

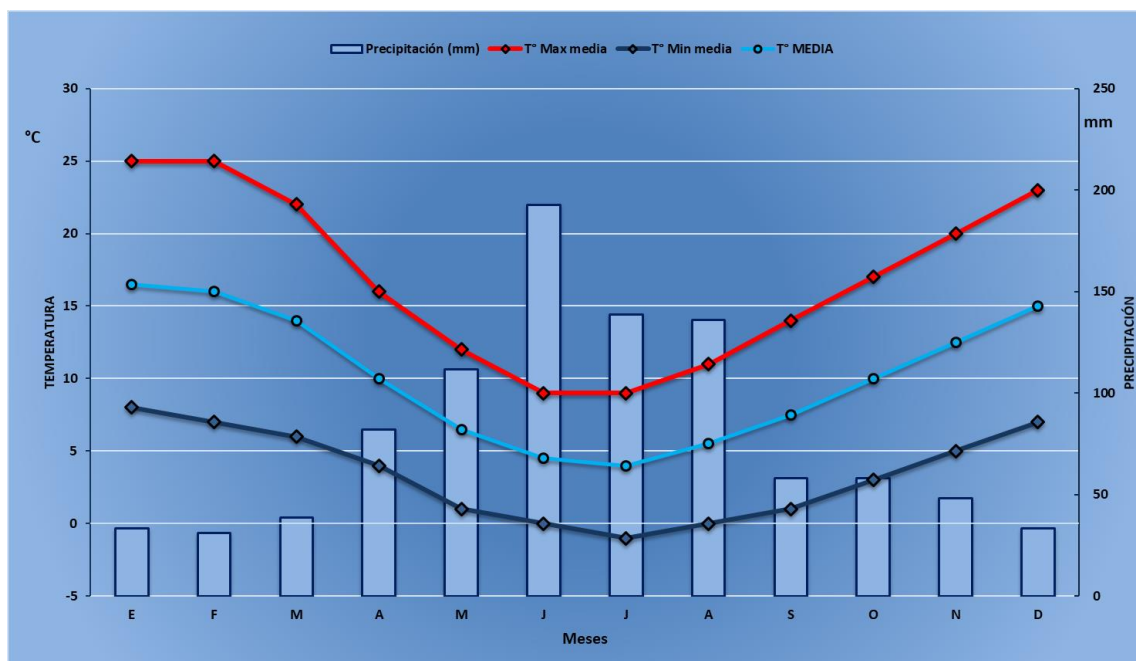


Figura 1: Valores climáticos medios 1990-2010 para El Bolsón. Datos obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN).

En cuanto a los suelos, son profundos con textura franco-arenosa a arcillosa y en los sectores cercanos a los ríos la granulometría es gruesa, con arenas acompañadas de gravas. El horizonte tiene una estructura grumosa que se va transformando a los 20-30 centímetros en bloques débiles a moderados. La clasificación de suelos, en las zonas bajas de El Bolsón, Camino de los Nogales y en El Hoyo se pueden clasificar como Molisoles por influencia hídrica y las zonas restantes con sectores de pendientes suaves corresponde clasificarlos como Andisoles con fuerte influencia de cenizas volcánicas, (Lanciotti y Cremona, 1999). Se debe resaltar que en la comarca existe una amplia variabilidad de suelos según las zonas. Además de ello, el suelo de la Comarca presenta rangos de pH 6,2 a 6,8 y con una conductividad eléctrica,

indicadora de salinidad, menor a $0,20 \text{ dS.m}^{-1}$ y, por último, la zona posee abundante materia orgánica dentro del orden de 5 a 9 %MO (Lanciotti, 1980).

Dadas las características agroclimáticas descriptas, podemos decir que la zona tiene aptitud amplia para la producción de fruta fina, lúpulo, horticultura, cultivo de aromáticas, apicultura y la producción agroindustrial de dulces, conservas, cerveza, aceites esenciales, etc. (Madariaga, 2009). De acuerdo con los requerimientos edafoclimáticos mencionados anteriormente para el cultivo de la mostaza, las condiciones descriptas para la Comarca son también propicias para el desarrollo del cultivo de la mostaza en la región.

A pesar de contar con las condiciones agroclimáticas apropiadas para el cultivo de mostaza, en la Comarca Andina del Paralelo 42 el cultivo de este grano no ha sido desarrollado con fines comerciales, sino más bien como complemento de otras producciones de la Agricultura Familiar restringida a superficies pequeñas en chacras y huertas familiares, no existiendo registros productivos más allá de los ocasionalmente llevados por los propios productores. Se la usa también eventualmente como abono verde y/o mulching.

Justificación

En resumen, la Comarca presenta condiciones agroclimáticas óptimas para el desarrollo de la mostaza blanca, pudiendo ser un complemento de otras producciones de la Agricultura Familiar y tener la posibilidad de dar valor agregado a la producción.

En este marco, la CAP42°S presenta una ventaja comparativa interesante para poder desarrollar este cultivo con una visión que exceda la de un cultivo familiar de baja escala, y sea desarrollado como un cultivo de grano, con un manejo orgánico y produciendo materia prima para una posible industria local. No obstante, se desconoce el rendimiento de este cultivo en la zona, y es necesario establecer las fechas de siembra más adecuadas para el desarrollo del cultivo.

En este trabajo, se propuso generar datos de rendimiento para la zona, comparando la respuesta de los cultivares, en diferentes fechas de siembra. Se realizaron además registros fenológicos, así como el cálculo de tiempo térmico para las diferentes siembras.

Los resultados preliminares nos brindarán datos para generar herramientas de manejo que posibiliten incluir a este cultivo en su sistema productivo, proporcionando una alternativa en la secuencia y rotaciones de cultivos, explorando eventuales nichos de agregado de valor a fin de incorporar el producto al mercado orgánico regional.

Objetivos

- General:
 - ❖ Evaluar el rendimiento del cultivo de mostaza para la CAP42°S, comparando el comportamiento de dos cultivares en diferentes fechas de siembra.
- Específicos:
 - ❖ Comparar el rendimiento, en la CAP42°S, de dos cultivares de mostaza blanca (*Sinapis alba L.*): uno local y cultivar seleccionado por el INTA (*S. alba L.* var. Delfina).
 - ❖ Evaluar los rendimientos en 3 fechas de siembra diferentes, dos en otoño y una en primavera.
 - ❖ Comparar para las diferentes siembras y cultivares la respuesta de los diferentes componentes del rendimiento.
 - ❖ Descripción de las etapas fenológicas del cultivo de mostaza en las diferentes siembras.
 - ❖ Establecer el tiempo térmico para las diferentes etapas fenológicas del cultivo de mostaza en CAP42°S, para diferentes fechas de siembra.
 - ❖ Generar registros de rendimiento y comportamiento del cultivo en la zona como herramienta para la toma de decisiones del productor.

- Profesional:
 - ❖ Afianzar conocimientos adquiridos durante la carrera y articular diferentes contenidos desarrollados en las materias.

Hipótesis

1. El rendimiento de un cultivar local de mostaza será equivalente o mayor al cultivar Delfina.
2. Las fechas de siembra tendrán una gran incidencia en el rendimiento final de ambos cultivares.
3. La variación en la fecha de siembra incide en la fenología del cultivo de mostaza.
4. Las condiciones agroecológicas de la CAP42°S son adecuadas para el desarrollo de la mostaza.
5. En la CAP42°S pueden obtenerse rendimientos equivalentes a las zonas de producción nacional.

Materiales y métodos

1. Diseño del ensayo de la mostaza y labores culturales

Se evaluó, en ensayos preliminares a campo, el rendimiento de dos cultivares de mostaza blanca (*Sinapis alba* L. Brassicaceae), comparando el efecto de diferentes fechas de siembra en el comportamiento del cultivo. Se describió, además, la fenología del cultivo y se calculó el tiempo térmico, a lo largo del desarrollo del cultivo de las diferentes siembras. Se utilizó el cultivar Delfina INTA y un cultivar de semillas de origen local. La semilla local fue cedida por el productor de semillas Georgio César del paraje Las Golondrinas, Lago Puelo, mientras que el cultivar de semillas Delfina INTA fue aportado por el Ing. Agr. Walter Alfonso de la Cátedra Producción Vegetal I, Departamento de Tecnología, de la Universidad Nacional de Luján.

Previo al desarrollo del ensayo a campo, se evaluó el porcentaje de germinación (PG) de los lotes de semillas de diferente origen. El ensayo de germinación se realizó en cajas de Petri, utilizando discos de papel de filtro, con 20 semillas cada una. Se realizaron 5 repeticiones por cada cultivar, llevándose a cámara de germinación con 50% de Humedad y una temperatura promedio de $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (ISTA, 2009).

El rendimiento de los dos cultivares de mostaza blanca se evaluó comparando tres fechas de siembra (FS), considerando dos siembras otoñales y una primaveral: 1°FS (24/04/2016), 2°FS (01/06/2016) y 3° FS (02/10/2015). Si bien, la siembra primaveral fue realizada en octubre del 2015 y

cronológicamente correspondería a la 1er siembra ensayada, se la consideró en este trabajo como la 3°FS porque es la más tardía en la secuencia de fechas de siembra, considerando que la mostaza es un cultivo invernal y el periodo de siembra se inicia en otoño, pudiéndose extender hasta comienzos de la primavera, según la región (Curioni *et al.*, 2010; García *et al.*, 2017).

Los ensayos a campo se realizaron en un lote experimental ubicado en el Paraje Las Golondrinas (Lago Puelo, Chubut, 537 msnm) en bancales de cultivo con orientación N-S, de 8 m x 0,90 m. Como se puede observar en la Figura 2, se consideró como unidad experimental, líneas de siembra de 2 m, a 0,20 m de distanciamiento entre línea y 0,10 m entre planta (densidad de 50 pl.m⁻²), de acuerdo con los resultados de rendimiento obtenidos por Arif *et al.* (2012) para diferentes densidades de siembra.



Figura 2: unidad experimental de bancales de 8 m x 0,90 m, con líneas de siembra de 2 m y 0,20 m entre línea. *Figura A*, Los cultivares se identificaron con carteles de color verde para Local y rojo para Delfina y *Figura B*, raleo de plantas cada 10 cm.

El diseño experimental para cada fecha de siembra fue de bloques aleatorizados, realizando 4 repeticiones por tratamiento. Según los datos obtenidos del porcentaje de germinación, la semilla Local presenta un 100% de PG mientras que el cultivar Delfina un 52% de PG y por lo que la siembra se realizó a chorrillo. Para asegurar su germinación, se ralearon plántulas a 0,10 m para respetar el distanciamiento del ensayo.

La preparación de suelo fue llevada a cabo mediante labranza manual hasta 30 cm de profundidad, incorporando luego el abono y realizando un laboreo fino para propiciarle a la semilla mejor contacto con el suelo, demarcando por último las líneas de siembra.

Previamente a la realización del ensayo, se realizó un análisis de suelo (Laboratorio de Suelo del INTA Bariloche) donde se evaluó pH, conductividad eléctrica (CE, $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), % de nitrógeno total (NT) y fosforo disponible (P, ppm).

Utilizando un protocolo de muestreo de suelo (Santos J.D., Wilson R.M. y Ostinelli M.M., 2017), se tomaron 8 sub-muestras de cada bancal, que luego se unificó a una sola muestra de 1 kg por cada bancal, para asegurar una homogeneidad del suelo. El resultado obtenido del análisis de suelo indica que este es levemente ácido (pH de 6,62), no salino (CE $0,19 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$), posee valor alto en nitrógeno (0,62 %NT) y el fósforo está dentro del rango bajo (5,64 ppm). Considerando estos valores, se abonó con estiércol de oveja maduro a razón de $10 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$, con un contenido nutricional promedio de 2,5% NT, 1,63% P_2O_5 Y 2,8 % K_2O (obtenido de la cátedra de Fertilidad de los suelos), el cual apporto $250 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $72 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ aplicándose $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, previo a la siembra una

cantidad de 0,5 kg.m² y el restante al inicio de la etapa de elongación de la roseta, previo a la floración.

El desmalezado se manejó manualmente en el momento de formación de roseta y floración, siendo en las siembras de otoño poco el requerimiento de esta actividad. Además, el riego se realizó mediante un sistema de aspersión móvil, donde su ubicación cubría el radio de los bancales de cada tratamiento evaluado, siendo el riego más frecuente en la fase de floración y fructificación, a demanda del cultivo. Durante el desarrollo del cultivo, se hizo un seguimiento de la presencia de plagas en las diferentes siembras, realizando un control orgánico de ser necesario.

La labor cultural de cosecha se realizó manualmente teniendo en cuenta, para evitar pérdida de grano por dehiscencia de la silicua, que el cultivo presente los siguientes indicadores de madurez: silicuas de color amarillo-amarronado y los granos de color amarillo y consistentes al presionarlos (García *et al.*, 2017). La cosecha de los tratamientos fue realizada en época de verano, siempre respetando las condiciones de cosecha. En cuanto a la trilla y limpieza del grano, se realizó de forma manual, en diferentes etapas, mediante sistemas de tamices y viento para que el grano final salga limpio y disminuir en gran proporción las impurezas por presencia de partes de la silicua.

2. Fenología del cultivo y cálculo de tiempo térmico

Para la descripción de la fenología del cultivo, se realizaron observaciones periódicas, desde la siembra y a lo largo del crecimiento y desarrollo hasta la cosecha, para cada cultivar y en cada fecha de siembra, para establecer la fecha de ocurrencia de las diferentes fases fenológicas. Se reconocieron las siguientes fases fenológicas (Figura 3 y 4): emergencia, observación de cotiledones sobre la superficie del suelo evidenciando la germinación; botón floral (Bf), observación del cambio en el desarrollo del ápice y reconocimiento de pimpollos; floración (Flo), considerando la observación de la antesis de las primeras flores abiertas y cosecha (Cos), cuando las ramas presentan los frutos con una coloración amarillo amarronado. Se calcularon los siguientes subperiodos fenológicos y como se considera el inicio de cada uno: siembra a emergencia (S-E) con la presencia de los cotiledones en la línea, emergencia a botón floral (E-Bf) con formación de roseta en un 20% de la línea, botón floral a floración (Bf-Flo) ante la presencia de flores en un 10% de las plantas, floración a cosecha (Flo-Cos) con cuajado de las silicuas en un 30 % de las plantas y cambio de coloración. Se considera el subperíodo como el tiempo transcurrido entre una fase y la otra.

Para evaluar la fenología del cultivo en las diferentes siembras y para los cálculos de tiempo térmico se consideraron la temperatura máxima y mínima diarias, así como las precipitaciones mensuales, obtenidas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria que tiene a disposición una estación meteorológica automática con el sistema SIGA (Sistema de Información y

Gestión Agrometeorológico), ubicado en el Campo Forestal San Martín de Las Golondrinas. Estos datos se compararon, con los valores medios históricos de temperatura y precipitación de los últimos 20 años registrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), para la localidad de El Bolsón.

A partir de los datos registrados del SIGA, se calculó el tiempo térmico o grados día ($^{\circ}\text{Cd}$) para cada subperiodo fenológico, desde la siembra a la cosecha. En cada subperiodo y tratamiento se realizó la suma térmica diaria, que consta del siguiente cálculo: $T.T (^{\circ}\text{Cd}) = \sum \frac{(t^{\circ}\text{max} + t^{\circ}\text{min})}{2} - ^{\circ}\text{T base}$ (Pascale y Damario, 2004).

Cada subperíodo del ciclo de vida de la planta tiene una T base distinta, por lo que es necesario estimarla para cada uno de los subperíodos de desarrollo, para que cada subperiodo pueda llegar a término e iniciar el siguiente. No obstante, se tomará el dato para cada subperiodo a evaluar la T base de 4°C , basándose en los registros bibliográficos en Paunero *et al.*, (2016). Se evaluó los rangos mínimos y máximos y el promedio de $^{\circ}\text{Cd}$, para ambos cultivares durante las tres fechas de siembras, desde S-Flo y el total de la sumatoria térmica del ciclo, desde S-Cos.

Comparación de fechas de siembra y fenología del cultivo para la Comarca Andina del Paralelo 42°.

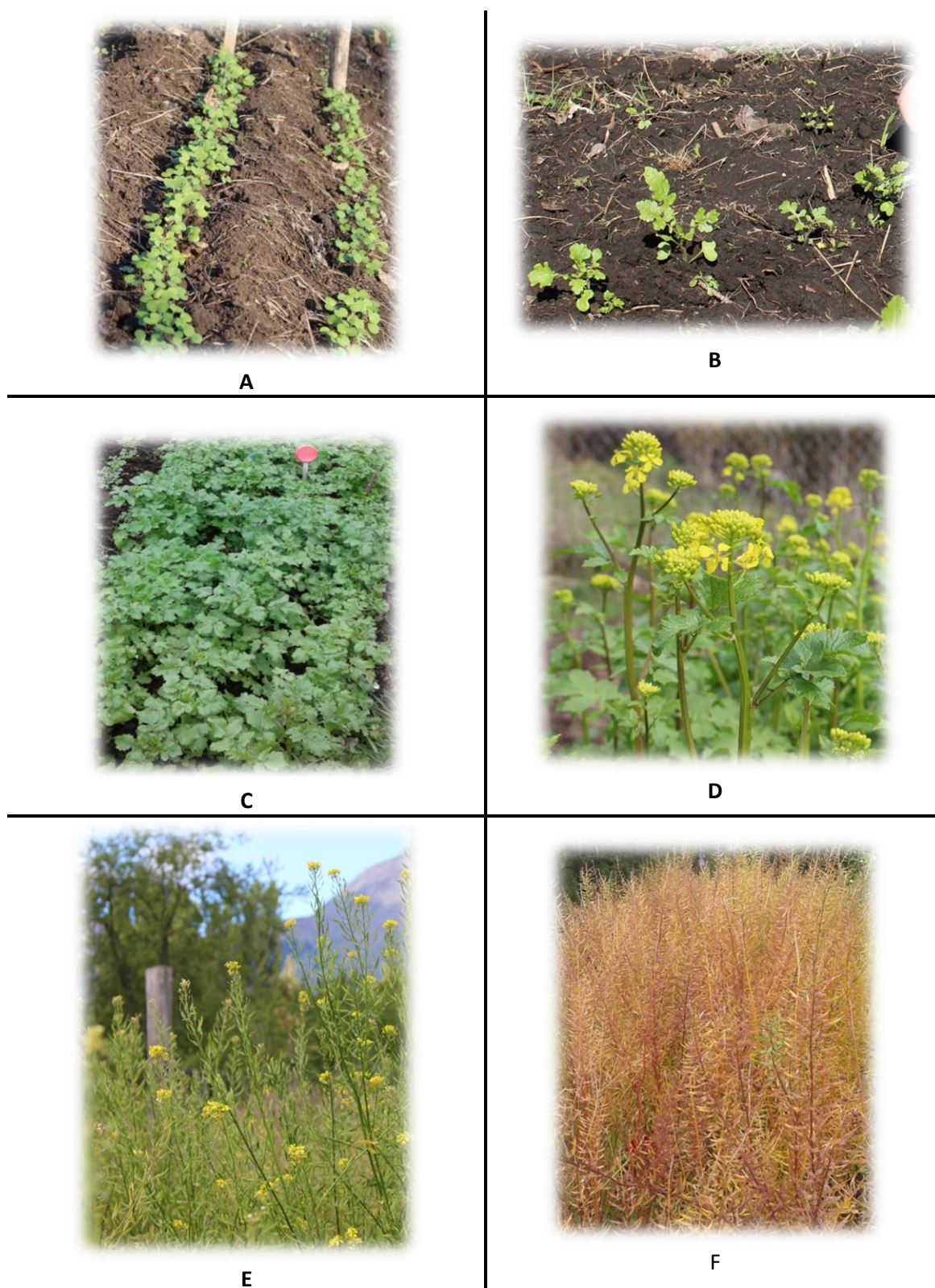


Figura 3: Fases fenológicas del ciclo ontogénico de la mostaza. Las imágenes son: Figura A: representa la fase de emergencia con presencia de los cotiledones que evidencia la germinación. Figura B: desarrollo de plántula con hojas verdaderas. Figura C: botón floral, cambio de ápice y reconocimiento de pimpollos. Figura D: antesis, apertura de las primeras flores. Figura E: fructificación, cuajado y maduración de silicua. Figura F: cosecha, silicua madura. Material de obtención propia.

Comparación de fechas de siembra y fenología del cultivo para la Comarca Andina del Paralelo 42°.



1



2



3



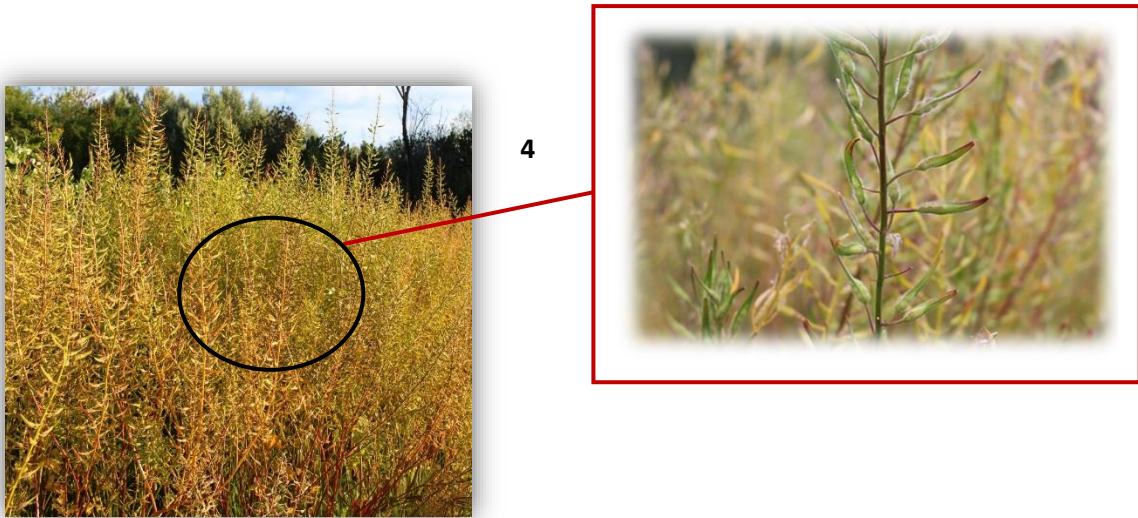


Figura 4: Observación de algunas fases visible de la mostaza durante la etapa reproductiva. Las siguientes figuras son las siguientes: Figura 1, botón floral (Bf). Figura 2, inicio de cuajado en floración plena. Figura 3, fruto cuajado en fructificación plena. Figura 4: inicio de maduración de la silicua con cambio de color verdoso a ocre anaranjado. Material de obtención propia.

3. Evaluación del rendimiento y componentes del rendimiento de mostaza blanca

Para cada ensayo de siembra, se evaluó, en ambos cultivares, el rendimiento en grano ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y los siguientes componentes de rendimiento a lo largo del desarrollo de cultivo: la altura de la planta en floración (H): el número de ramas florales por planta (RF), el número de silicuas por planta (SP), el número de granos por silicua (GS) y el peso de 1000 semillas (P1000). La altura de la planta en floración (H) y el número de ramas florales por planta (RF) se midió sobre el total de las plantas al momento de floración plena, cuando las primeras flores abiertas en la inflorescencia cuajaron en frutos (Figura 4). El número de silicuas por planta (SP) se calculó como el promedio de la contabilización total de las silicuas para cada planta, al momento de la cosecha (Figura 5). El número de granos por silicua (GS) para cada repetición

se estimó a partir del conteo de 3 submuestras de 30 silicuas y el peso de 1000 semillas (P1000) se estimó a partir del peso promedio de submuestras de 400 semillas.

Los datos obtenidos en los ensayos se analizaron mediante gráficos representativos y mediante análisis de la varianza (ANOVA simple), utilizando la prueba de Tukey para la comparación de medias.



Figura 5: toma de datos a campo de las componentes de rendimiento para el cultivar Local (L) y Delfina (D). **Figura A:** medición de altura (H) en antesis, **Figura B:** contabilización de ramas florales (RF) en inicio de floración, **Figura C:** medición de altura (H) en plena floración y **Figura D:** contabilización de granos por silicua (GS) y la cantidad de silicuas por planta (SP).

Resultados y discusión

1. Fenología y tiempo térmico para los cultivares Local y Delfina en diferentes fechas de siembra.

1.1. Condiciones climatológicas durante el período del cultivo para las diferentes fechas de siembra

En la Figura 6 se presenta los datos de temperatura y precipitaciones registrados durante los meses del cultivo para las tres siembras de mostaza, desde octubre de 2015 a diciembre de 2016, en comparación con los valores climáticos históricos (1990-2010, SMN). Se indican los valores promedio mensuales de los registros diarios de las temperaturas mínimas media (T mín), máximas media (T máx) y medias (T media), así como los valores de precipitaciones medias mensuales.

De manera general, los valores de temperaturas registrados durante el desarrollo de los cultivos y los valores históricos (1990-2010) son similares en la temporada de invierno, pero difieren en mayor proporción en los meses de otoño, primavera y verano, superando en 2 a 4°C a los valores históricos de T máx y T mensual. En cuanto a las precipitaciones (Figura 6), los valores medios mensuales mostraron una tendencia similar a la de los valores históricos. Se observó, no obstante, que, en el periodo entre octubre de 2015 a diciembre de 2016, la primavera de 2015 y 2016 fueron más secas respecto de los registros históricos, pero para el periodo de mayo a

agosto de 2016 se registraron mayores precipitaciones, superando los valores registrados históricamente para esos meses.

Si se analizan los datos de temperatura durante las fechas de siembra evaluadas, en particular para la 1^{ra} siembra de otoño y en la 3^{ra} siembra de primavera, se puede denotar algunas fluctuaciones por encima de los registros históricos. Durante el desarrollo del cultivo sembrado en la 1[°]FS (24 de abril del 2016), los valores medios mensuales de la T máx media y la media en el ciclo presentaron valores para la época otoñal con diferencia de 2°C a 3°C por encima de la histórica y entre 5°C a 7°C para mediados de primavera por lo que las temperaturas dadas para el crecimiento de la mostaza fueron más cálidas desde la siembra. Para la 2[°]FS (1 de junio del 2016), los valores registrados presentaron variación de las medias frente a los históricos de 1990-2010 igual para la época primaveral de la primera fecha otoñal, pero con la diferencia que los primeros 2 meses desde la siembra, mostraron valores entre 1°C a 2°C por debajo de la histórica para la temperatura máx. y mín. media. Por último, para 3[°]FS (2 octubre de 2015), la T máx. y la T mín. media presentaron una diferencia de 1°C por encima de la histórica, a diferencia de las demás medias que son similares a las históricas. Es importante destacar que la temperatura media de los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2016, no solamente superaron a los valores medios históricos, sino que además fueron entre 3 y 4°C superiores a las medias registradas para esos meses en la primavera de 2015 (Figura 6).

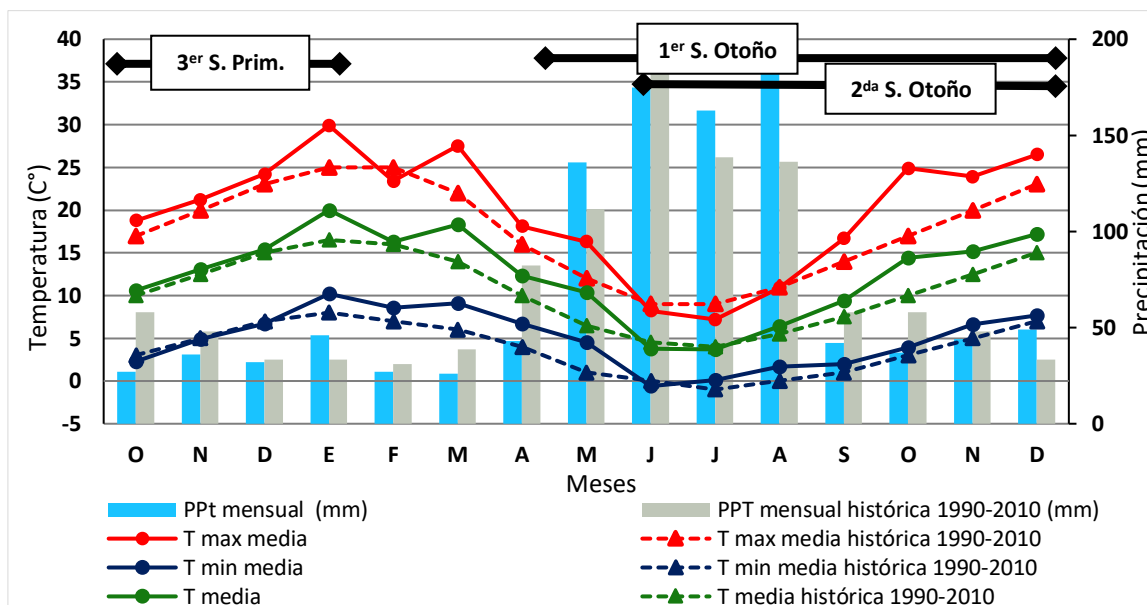


Figura 6: Temperatura medias, máximas y mínimas y precipitaciones para el periodo de octubre de 2015 a diciembre de 2016. Comparación con valores promedios de temperatura y precipitaciones históricas (1990-2010). Datos obtenidos de Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y SIGA2. Las barras horizontales indican los meses que abarcaron los ensayos de la 1er y 2da siembras otoñales y de la 3er siembra de primavera, desde la siembra hasta la cosecha.

1.2. Observaciones de fases fenológicas y tiempo térmico para los cultivares Local y Delfina.

La Figura 7 y la Tabla 2 muestran los resultados de las observaciones de la fenología del cultivo para las diferentes fechas de siembra ensayadas. Se compara, para el cultivar Local y el Delfina, la duración de los diferentes subperiodos fenológicos y la duración total del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha. Se diferenciaron los subperiodos: siembra- emergencia (S-E), emergencia- botón floral (E-Bf), botón floral – floración (Bf-Flo), floración- cosecha (Flo-Cos).

Como se observa en la Figura 7 y Tabla 2, el ciclo del cultivo de mostaza se acortó a medida que se atrasó, desde otoño a primavera, la fecha de siembra (FS) para ambos cultivares. A pesar del atraso en la siembra en la 2° fecha de otoño y la diferencia en días en los subperiodos, ambos

cultivares se comportaron similares a partir de botón floral a floración (BF-Flo), llegando simultáneamente a cosecha. La duración del ciclo fue más larga para la fecha de siembra otoñal (1°FS). En los dos cultivares se observó que la duración del ciclo, desde siembra a cosecha, fue mayor cuando la siembra se realizó en la 1°FS de otoño con 241 días para cultivar Local (L) y 242 días para Delfina (D), seguido por la segunda fecha otoñal (2°FS) con 211 días para Local y 217 días para Delfina. El ciclo más corto se dio en la siembra primaveral con una duración de 87 días para la mostaza Local y 89 días para Delfina.

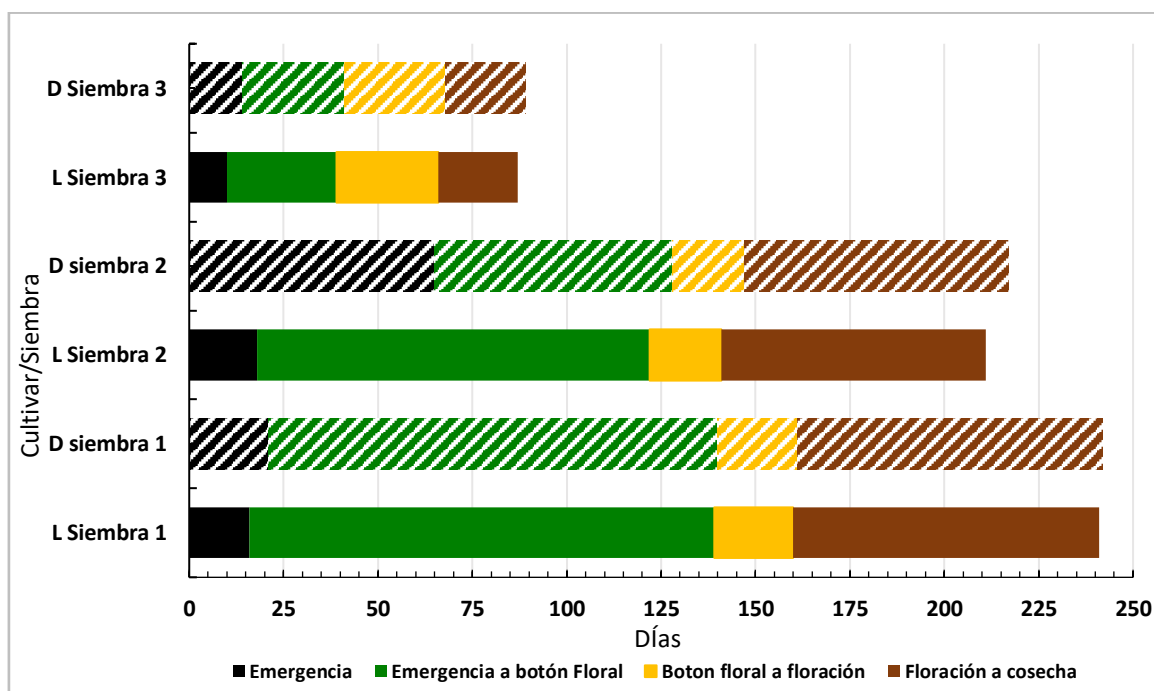


Figura 7: Duración de las fases fenológicas del cultivar Local (L) y Delfina (D) expresado en días y por cada subperíodo fenológico visible para las fechas de siembra siendo 1: 1er fecha de siembra otoñal (24/04/2016), 2: 2da fecha de siembra otoñal (01/06/2016) y 3: 3ra fecha de siembra primaveral (02/10/2015), Los subperíodos considerados son: siembra- emergencia (S-E), emergencia- botón floral (E-Bf), botón floral – floración (Bf-Flo), floración- cosecha (Flo-Cos).

Analizando la longitud en días de cada subperíodo y para cada tratamiento, se observó que (Figura 7, Tabla 2):

- Para el subperiodo S-E, el comportamiento de los cultivares en los diferentes tratamientos mostraron una gran diferencia entre ellos. Se puede denotar que la emergencia del cultivar Local fue más rápida para las tres fechas de siembra en comparación con Delfina cuya germinación fue más lenta. Para la 3°FS, ambos cultivares germinaron más rápido que en las siembras de otoño, debido a las temperaturas mayores registradas en los días seguidos a la siembra, promoviendo la rápida acumulación de temperatura necesaria (Figura 6). Para el caso del cultivar Delfina en la 2°FS la emergencia se evidenció recién a los 65 días de la siembra, a diferencia de la semilla local que emergió a los 18 días, a pesar de las bajas temperaturas medias del mes de junio.
- En las siembras otoñales, el subperiodo E-Bf, tuvo mayor amplitud de días en comparación con la 3°FS. Al comparar la respuesta de ambos cultivares, el cultivar Local no presentó una diferencia en la duración de este subperiodo para las fechas otoñales, pero sí se observa un acortamiento de éste para la fecha primaveral (3°FS). En cuanto a Delfina, se observa un gran acortamiento del subperiodo E-Bf conforme se atrasa la fecha de siembra (Figura 7, Tabla 2). El subperiodo más amplio se dio para el cultivar Local con 129 días y Delfina con 119 días, siendo los más acotados los de la 3°FS con un comportamiento similar en ambos cultivares en cantidad de días. Se puede evidenciar que el acortamiento del subperiodo E-Bf, que representa la etapa fenológica de crecimiento vegetativo del cultivo,

produciría la disminución de biomasa, lo cual se verá reflejada en el rendimiento final. Dado que la mostaza, en relación a la respuesta fotoperiódica a la floración, es un cultivo de día largo (García *et al.*, 2017), esta reducción en la duración del subperiodo E-Bf, evidenciado claramente en la siembra de primavera (3°FS), estaría determinado por la acumulación de temperatura y el aumento del fotoperiodo (mayor a 10,32 hs, fotoperiodo crítico) con el avance de la primavera, provocando que el cultivo acumule rápidamente los requerimientos de luz y temperatura por un corto lapso de tiempo, aumentando la tasa de desarrollo e induciendo la floración.

- El subperiodo Bf-Flo, no presento amplia diferencia en días para las fechas otoñales en ambos cultivares. Si la planta no logra satisfacer sus requerimientos de horas de luz diarias y temperatura, continuará en crecimiento vegetativo, extendiéndose de esta manera el subperiodo. No obstante, se puede remarcar que la duración de éste fue, para la fecha primaveral, eventualmente mayor en días en los cultivares Local y Delfina, a diferencia de las demás fechas.
- En el subperiodo Flo-Cos, se observó que hay diferencias en su duración para las tres fechas de siembra. Este, presenta mayor amplitud para ambos cultivares en las respectivas fechas otoñales y un acortamiento para la fecha primaveral sustancialmente diferente a las demás fechas. Esta diferencia pudo deberse que, ante un incremento de temperatura, se requirio menor tiempo para que se complete este subperiodo, siendo más rápida la tasa de desarrollo.

Tabla 2: Duración en días de los subperíodos fenológicos en función de los cultivares Local y Delfina para las diferentes fechas de siembra.

Tratamiento	Cultivar	Subperiodos				Días totales
		S-E	E-Bf	Bf-Flo	Flo-Cos	
1°FS (24/04/16)	Local	16	123	21	81	241
	Delfina	21	119	21	81	242
2°FS (01/06/16)	Local	18	104	19	70	211
	Delfina	65	63	19	70	217
3°FS (02/10/15)	Local	10	29	27	21	87
	Delfina	14	27	27	21	89

FS: fechas de siembra. Los subperiodos considerados son: siembra- emergencia (S-E), emergencia- botón floral (E-Bf), botón floral – floración (Bf-Flo) y floración- cosecha (Flo-Cos).

De manera general, se observaron resultados similares a lo observado en el trabajo de García y colaboradores (2017) en la descripción de la fenología del cultivo de mostaza para ensayos a diferentes fechas de siembra, desde mayo a agosto, en la provincia de Buenos Aires. Estos autores observan una reducción en la duración del ciclo del cultivo al atrasar la fecha de siembra, más cercana a la primavera. También, se observa que la duración del cultivo es menor a lo observado para las siembras de otoño en la CAP42°S, alcanzando la cosecha a los 177 hasta los 107 días, en siembra de mayo a agosto, respectivamente.

Es importante destacar que, si bien en la prov. de Bs. As. la fecha de siembra se extiende a lo largo del invierno, en la CAP42°S, la siembra en junio, julio y agosto estaría limitada por las bajas temperaturas invernales que caracterizan la región.

Para el caso de la prov. de Bs. As, las siembras de otoño de mostaza le permiten al productor realizar la cosecha, liberando el lote tempranamente para luego realizar la siembra de otro cultivo, siendo en la mayoría de los casos rotación con soja de segunda (Paunero, 2016).

En la Comarca, las siembras de mostaza en otoño temprano permitirían tener cubierto el suelo durante el periodo invernal y, además, tener el periodo de la cosecha a finales de diciembre, pudiendo realizar alguna siembra hortícola. Si realiza una siembra primaveral, dentro de los límites que permite el cultivo, podría realizar la cosecha de la mostaza durante enero y que le permitiría sembrar un verdeo de invierno o pastura durante el mes siguiente, permitiendo tener el suelo cubierto y posible alimento para pastoreo de animales en época de baja oferta forrajera.

Con respecto al tiempo térmico, el cultivar Local y Delfina durante las tres fechas de siembra tuvo como resultado una \sum térmica promedio, desde S-Flo, de 482°Cd para Local y 493°Cd para Delfina. El ciclo total del cultivo tuvo una \sum térmica promedio, desde S-Cos, para el cultivar Local de 1289°Cd y el cultivar Delfina de 1301°Cd.

Los resultados obtenidos del tiempo térmico promedio, mostraron que los °Cd del subperiodo S-Flo estuvieron en un rango mínimo de 428°Cd con máximo de 522°Cd para el cultivar Local y un rango mínimo de 429°Cd con un máximo de 533°Cd para Delfina. Para los rangos obtenidos por Paunero y colaboradores (2016) para germoplasma de mostaza blanca de diferentes orígenes y de diferentes campañas, se puede remarcar que el cultivar Delfina

está cerca del mínimo obtenido para Delfina en el ensayo de la campaña 2014 con 537,8 °Cd en la localidad de San Pedro, Bs. As.

Cabe destacar, que los resultados obtenidos en nuestro ensayo son más bajos con respecto al promedio S-Flo de 600°Cd obtenidos en Lujan, provincia de Bs. As. (Paunero *et al.*, 2016).

2. Rendimiento y componentes del rendimiento para los dos cultivares de mostaza y para diferentes fechas de siembra.

Los resultados generales del ensayo indicaron que hay diferencias significativas en el rendimiento, asociado a la fecha de siembra y al origen de la semilla. En la Figura 8 se indican los resultados de rendimiento de los ensayos realizados en las tres fechas de siembra con los cultivares Delfina y Local.

De manera general, se observó que los mejores rendimientos corresponden a las siembras de otoño, respecto de la de primavera. Al comparar los cultivares evaluados, ambos tuvieron similar respuesta, a excepción de lo registrado para la 2^oFS de otoño en donde el cultivar Delfina tuvo un rinde significativamente inferior a la semilla Local.

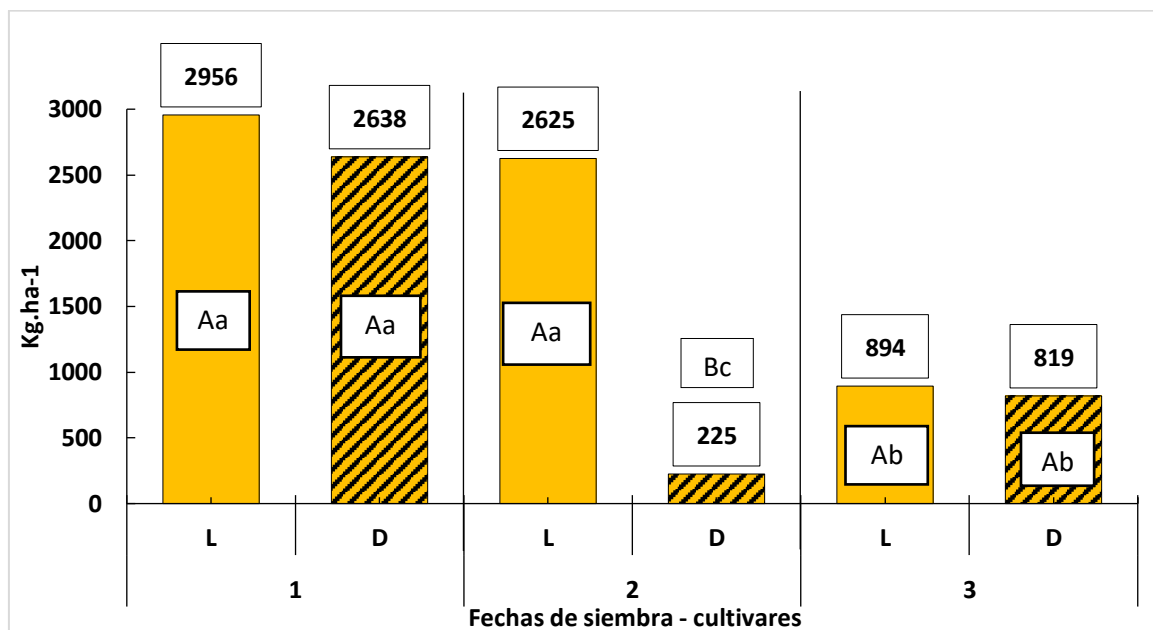


Figura 8: Rendimiento promedio en Kg.ha⁻¹ para cada cultivar y fechas de siembra. Las fechas correspondientes son **1:** 1er siembra otoñal (24/04/2016), **2:** 2da fecha otoñal (01/06/2016) y **3:** 3ra fecha primaveral (02/10/2015), siendo los cultivares **L:** local y **D:** delfina. Para cada fecha de siembra, letras mayúsculas iguales indican que los cultivares no difieren significativamente entre sí. Para cada cultivar, letras minúsculas iguales indican que el rendimiento no difiere significativamente con la fecha de siembra (Tukey $p \leq 0,05$).

Se puede observar en la Figura 8, que los mayores rendimientos se dan en la 1°FS de otoño, siendo semejantes los rendimientos de ambos cultivares. Sin embargo, se puede ver que no hay diferencias significativas en el rinde del cultivar Local entre ambas fechas de siembra de otoño, si bien se registraron mayores rendimientos en la primera siembra de otoño. Para el cultivar Delfina, el rendimiento fue muy diferente entre la 1°FS y 2°FS, siendo muy bajos los rendimientos cuando la siembra se realizó avanzado el otoño. En la 2°FS de otoño, el cultivar Local mostró un rinde de 2625 Kg.ha⁻¹ siendo significativamente mayor que cultivar Delfina con 225 Kg.ha⁻¹. El rendimiento del cultivar Delfina en esta siembra fue significativamente menor que en las demás fechas de siembra. Esta reducción en el rendimiento pudo deberse a las

bajas temperaturas registradas durante los días seguidos a la siembra, lo que habría generado el atraso en la emergencia del cultivar (Tabla 2, Figura 7). Esta demora en la germinación, de 45 días más en comparación a lo evidenciado en la semilla Local, generó un acortamiento en el subperiodo E-Bf y Bf-Flo, siendo esto crítico, observándose un bajo desarrollo de biomasa y la consecuente disminución en el rendimiento final (Cirera y Jara, 2011).

Para la 3°FS primaveral, ambos cultivares no presentaron una diferencia significativa, con rindes similares en la semilla Local y Delfina, de 894 y 819 Kg.ha⁻¹, respectivamente. No obstante, los rendimientos fueron muy bajos en comparación con los obtenidos en la 1° y 2°FS de otoño. Si se observan los valores de temperatura en la Figura 6, ambos cultivares se desarrollaron a temperaturas más elevadas y fotoperiodo mayor a las de las siembras de otoño. En consecuencia, se acorta el subperiodo (Tabla 2) y aumenta su tasa de desarrollo, dando como resultado un bajo nivel de biomasa en el periodo vegetativo.

Al comparar los datos bibliográficos de rendimiento registrados en la Tabla 1 para INTA Delfina, con rangos entre 452 y 2562 kg.ha⁻¹, los resultados obtenidos con este cultivar en el ensayo para la CAP42°S, para la 1° y 3° FS, están dentro de los promedios de rendimiento para las zonas de producción. Para la segunda fecha otoñal, el rendimiento de este cultivar fue muy por debajo de lo que se esperaría en comparación con los antecedentes para otras zonas de producción.

Por último, para la fecha primaveral el rendimiento está dentro del promedio obtenido en las zonas productivas del país como San Pedro, Lujan y tres arroyos, Sta. Fe (Paunero, 2012, 2015 y 2016; Curioni *et al.*, 2010; García 2017).

Si comparamos los diferentes componentes de rendimiento de ambos cultivares para las tres fechas de siembra, se observó que:

2.1. Altura de plantas

Para la altura en plena floración se encontró que hay diferencias significativas entre cultivares en sus distintas fechas de siembra, (Figura 9).

En las tres siembras, la altura del cultivar Local alcanzó valores similares, siendo similares a lo observado para el cultivar Delfina solo en la 1°FS. La altura en el cultivar Delfina se redujo significativamente en la segunda siembra de otoño y en la siembra de primavera, en comparación con la 1°FS (Figura 9).

En la 1°FS de otoño se observó plantas con las mayores alturas en comparación con las demás fechas de siembra. Esto es debido a que el ciclo de siembra a cosecha de ambos cultivares fue el más prolongado y por ende permitió al mismo un desarrollo constante en sus diferentes etapas fenológicas, observándose en la Tabla 2 que ambos cultivares tuvieron una amplitud del subperiodo E-Bf mayor, en comparación con las demás fechas, con 123 días para Local y 119 días para Delfina. Una etapa vegetativa más prolongada

permite al cultivo desarrollarse mejor y poder suplir los requerimientos necesarios para asegurar el desarrollo reproductivo y aumentar el rendimiento final. Si observamos la temperatura en la Figura 6, la T media en este subperiodo fue baja esto, sumado al bajo fotoperiodo no ha generado un efecto importante para inducir al desarrollo de la siguiente fase.

Para la 2° y 3°FS el cultivar Delfina tuvo una elevada T media con respecto a su T base para los subperiodos E-Bf y Bf-Flo, como se puede observar en la figura 6, en comparación de la 1°FS. Esto genera que acumule temperatura en menos tiempo y dando como resultado la floración temprana con una baja elongación de las plantas (Figura 8).

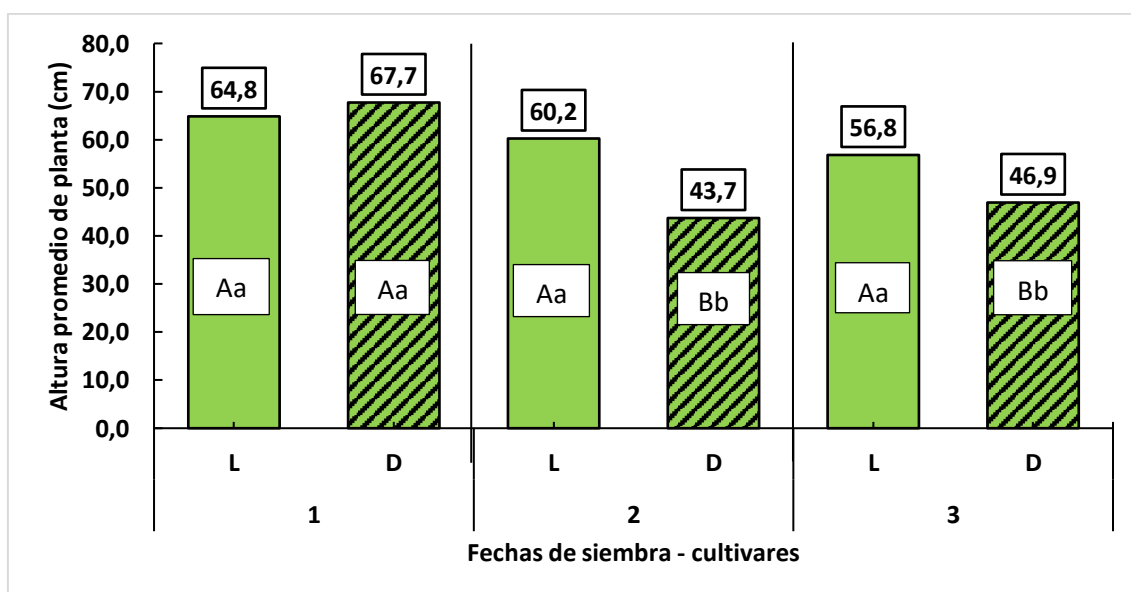


Figura 9: Altura promedio de plantas en plena floración para cada cultivar por fecha de siembra. Las fechas correspondientes son **1:** 1er siembra otoñal (24/04/2016), **2:** 2da fecha otoñal (01/06/2016) y **3:** 3ra fecha primaveral (02/10/2015), siendo los cultivares **L:** local y **D:** delfina. Para cada fecha de siembra, letras mayúsculas iguales indican que los cultivares no difieren significativamente entre sí. Para cada cultivar, letras minúsculas iguales indican que la altura no difiere significativamente con la fecha de siembra (Tukey $p \leq 0,05$).

2.2. Número de ramas florales

La Figura 10 compara los resultados en número promedio de ramas florales (RF) por planta en plena floración, para los cultivares de mostaza Local y Delfina en las tres fechas de siembra evaluadas en este trabajo. Los resultados mostraron que hay diferencias significativas en el número de ramas florales (RF), tanto entre cultivares como en las diferentes siembras

En la Figura 10 se observa que en las tres siembras las plantas del cultivar Local desarrollaron mayor cantidad de ramas florales en comparación con el cultivar Delfina. Al comparar la respuesta entre las diferentes siembras, se observó que en la 1° y 3° FS no hubo diferencias en cuando a la cantidad de RF, tanto en el cultivar Local como en el Delfina. Para la 2°FS otoñal el número de ramas florales es inferior en ambos cultivares, con valores de 5,6 y 3 RF para la Local y Delfina, respectivamente.

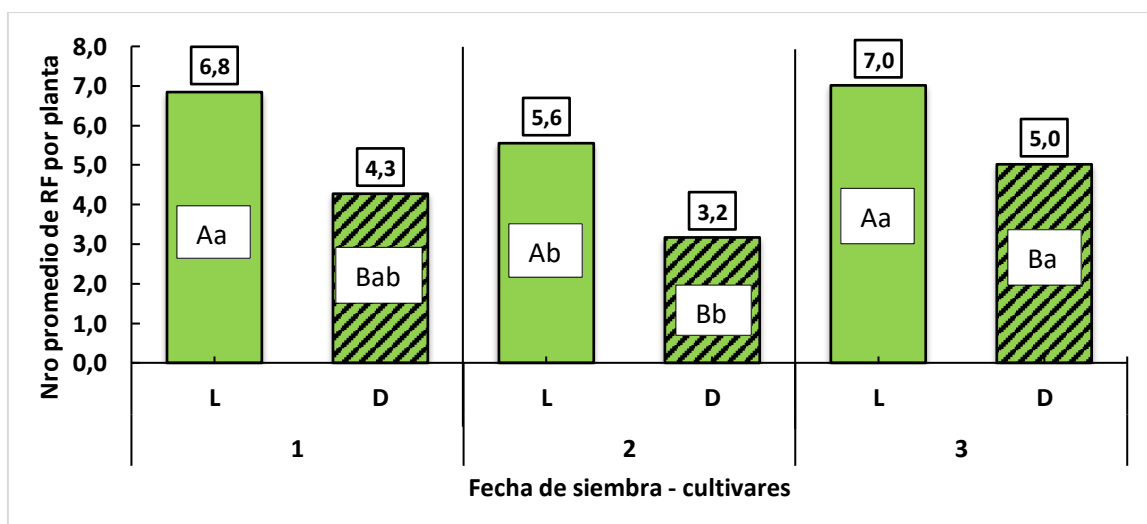


Figura 10: Promedio de ramas florales (RF) por planta en plena floración para cada cultivar por fechas de siembra. Las fechas correspondientes son **1:** 1er siembra otoñal (24/04/2016), **2:** 2da fecha otoñal (01/06/2016) y **3:** 3ra fecha primaveral (02/10/2015), siendo los cultivares **L:** local y **D:** delfina. Para cada fecha de siembra, letras mayúsculas iguales indican que los cultivares no difieren significativamente entre sí. Para cada cultivar, letras minúsculas iguales indican que el número de ramas florales no difiere significativamente con la fecha de siembra (Tukey $p \leq 0,05$).

En la 2°FS, el número de RF en el cultivar Delfina fue menor respecto de las plantas de la 1° y 3° fecha de siembra.

Se pudo observar que cultivar Local, en cantidad de ramas en las tres fechas siembra, superó ampliamente al cultivar Delfina, aun habiendo diferencias significativas en la 2°FS.

El promedio de ramas florales obtenidas para ambos cultivares en las tres fechas de siembra fueron cercanos a los datos obtenidos por García y colaboradores (2017) para Luján. En las siembras escalonadas en la CAP42°S, se puede ver una situación similar, que a pesar de que para la 3°FS la duración del subperiodo E-Bf para los cultivares Local y Delfina fueron acotados (Tabla 2), presentaron buenos números de ramificación. No obstante, este no resultó en un mayor rendimiento en grano, pudiendo deberse a una menor traslocación de fotoasimilados correlacionándose con la baja biomasa desarrollada (Figura 8).

Cuando el cultivar Delfina se sembró en la segunda fecha otoñal, las plantas desarrollaron la menor cantidad de RF, lo que puede deberse a múltiples factores. El retraso en su emergencia de casi 65 días cuando el promedio normal se encuentra entre 10-15 días (Paunero, 2015), y la rápida acumulación de temperatura para el subperiodo E-Bf (Figura 6 y Tabla 3), provocó que su ciclo vegetativo sea más acotado llevado al cultivo a una menor producción de biomasa (García *et al.*, 2017).

En cuanto al cultivar Local, si bien fue alto el número de RF en las plantas de la 3er siembra, esto no se corresponde con valores altos de rendimiento en la siembra. De manera contraria, en la 2da siembra de otoño, si bien el número de ramas florales es significativamente menor a lo observado en las plantas sembradas en la 1er siembra de otoño, el rendimiento en ambas fechas de siembra otoñal fue similar (Figuras 8 y 10).

2.3. Silicuas por planta

En la Figura 11 puede verse los resultados del número promedio de silicuas por planta (SP) desarrolladas en los cultivares de mostaza Local y Delfina, en las diferentes fechas de siembra evaluadas. De manera general, se observó que hubo variaciones significativas en el número de frutos por planta asociado a las fechas de siembra y al cultivar de mostaza.

Al comparar la respuesta entre cultivares en la producción de frutos (SP), los resultados mostraron que en ambas siembras de otoño hay diferencias significativas entre la producción de SP del cultivar Local y Delfina (Figura 11). Para la 3°FS los cultivares Local y Delfina desarrollaron semejante cantidad de silicuas, aunque con valores significativamente menores a lo observado en la 1°FS.

Al considerar la respuesta del cultivar Local en las diferentes siembras, se ve que en la 1°FS y 2°FS las silicuas producida son semejantes, a diferencia de ocurrido en la fecha primaveral donde las SP son significativamente menores, con valores medios entre 300 y 157 SP para las siembras de otoño y

primavera, respectivamente. Para el caso del cultivar Delfina entre las tres siembras se evidencia una diferencia en las SP significativa, denotándose los valores más bajos en la 2°FS con 73 silicuas por planta.

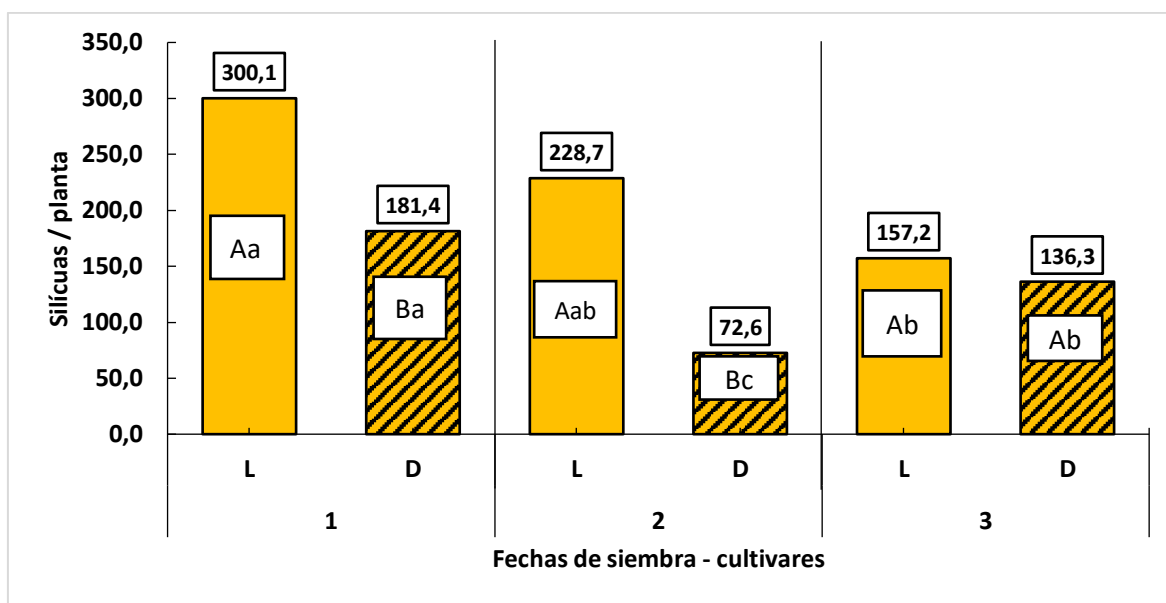


Figura 11: Número promedio de Silicuas por planta para cada cultivar por fechas de siembra. Las fechas correspondientes son 1: 1er siembra otoñal (24/04/2016), 2: 2da fecha otoñal (01/06/2016) y 3: 3ra fecha primaveral (02/10/2015), siendo los cultivares L: local y D: delfina. Para cada fecha de siembra, letras mayúsculas iguales indican que los cultivares no difieren significativamente entre sí. Para cada cultivar, letras minúsculas iguales indican que el número de silicuas por planta no difiere significativamente con la fecha de siembra (Tukey, $p \leq 0,05$).

Al evaluar los rendimientos obtenidos en las diferentes siembras y cultivares, se ve que los mejores rendimientos están asociados a los mayores valores de SP producidos (Figura 11).

Los datos bibliográficos informados para el cultivar Delfina de la Tabla 1 para las diferentes campañas de cultivo en las zonas de producción de mostaza, presentan similitud en los valores de SP, con valores medios de SP entre 79-152. Estos valores están en el orden de los valores más bajos y

medios observados para los ensayos en la CAP42°S pero inferiores para los observados para el cultivar Local en la 1°FS donde se cuantificaron 300 SP.

2.4. Semillas por silicua

La Figura 12 muestra los resultados del número de semillas por silicua (GS) de las plantas de mostaza de los cultivares de Local y Delfina en las tres fechas de siembra. Como se puede ver, no se encontraron diferencias significativas en el número GS entre los dos cultivares y entre las diferentes fechas de siembras.

El comportamiento del cultivo en el desarrollo de las semillas en ambos cultivares fue dentro del rango de 4 a 5 semillas por silicuas, habiendo excepción en la 2°FS donde algunas silicuas contenían hasta 7 semillas.

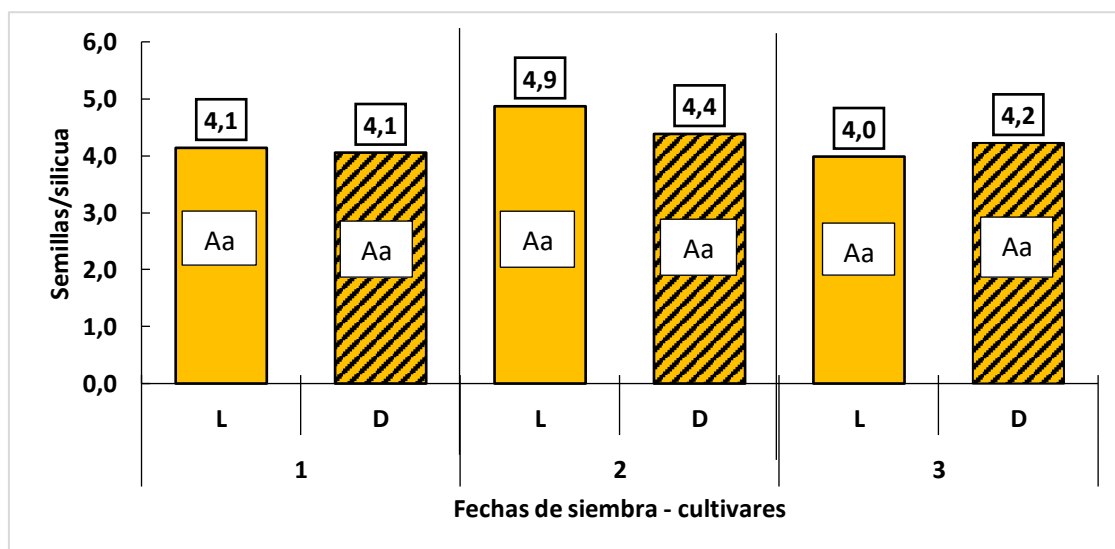


Figura 12: Promedio de granos por silicua para cada cultivar por fecha de siembra. Las fechas correspondientes son 1: 1er siembra otoñal (24/04/2016), 2: 2da fecha otoñal (01/06/2016) y 3: 3ra fecha primaveral (02/10/2015), siendo los cultivares L: local y D: delfina. Para cada fecha de siembra, letras mayúsculas iguales indican que los cultivares no difieren significativamente entre sí. Para cada cultivar, letras minúsculas iguales indican que el número de semillas por silicua no difiere significativamente con la fecha de siembra (Tukey, $p \leq 0,05$).

A pesar de las diferencias en el resultado las componentes de rendimiento desarrolladas anteriormente para cada cultivar, no se han encontrado características distintivas en la cantidad de semillas por silicua. Si bien para el cultivar Delfina, en la segunda fecha de siembra otoñal y en la primaveral, los subperiodos E-Bf y FI-Cos fueron más cortos (Figura 7, Tabla 2), habiendo desarrollado las plantas menor altura, menor cantidad de ramas florales y menor número de silicuas por planta, estas diferencias no modificaron la cantidad de semillas por fruto que producen las plantas, aunque sí se evidenció un rendimiento inferior respecto de la primer siembra de otoño (Figura 8).

Al comparar los resultados obtenidos en estos ensayos con los antecedentes bibliográficos para el cultivar Delfina (Tabla 1), se ve que son similares, variando entre 3,93 a 4,10 semillas por silicua. Se observó además que estos valores son similares, en las diferentes las fechas de siembra abordadas (Paunero, 2015), coincidiendo esto con lo observado en los ensayos realizados para la CAP42°S.

2.5. Peso de 1000 semillas

Los resultados obtenidos de la evaluación del peso de las 1000 semillas (P1000) se indican en la Figura 13. Como se puede observar, el P1000 no difiere significativamente entre los cultivares Local y Delfina, para cada fecha de siembra evaluada.

Al comparar los valores entre las diferentes fechas de siembra, no hubo diferencias significativas en el P1000 de las plantas sembradas en ambas fechas de otoño, no así en la 3ªFS que presenta peso de semilla significativamente menores. (Figura 13). El P1000 promedios para ambos cultivares fue de 6,3 gr en las siembras de otoño y 4,5 gr, en la siembra de primavera (Tabla 2). Estos valores están en el orden de lo citado para el cultivar Delfina en la Tabla 1 donde se muestran datos promedio de P1000 entre 3,6 y 5,6 gr. En este caso el cultivar Local superó ampliamente el promedio general para Delfina.

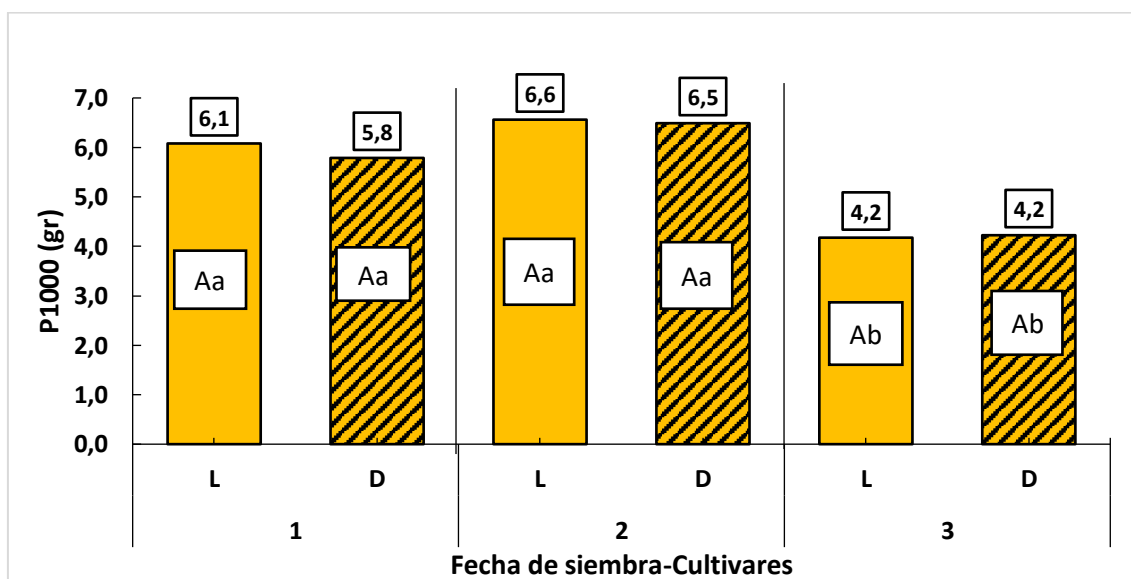


Figura 13: Peso promedio de 1000 semillas para cada cultivar por fecha de siembra. Las fechas correspondientes son **1:** 1er siembra otoñal (24/04/2016), **2:** 2da fecha otoñal (01/06/2016) y **3:** 3ra fecha primaveral (02/10/2015), siendo los cultivares **L:** local y **D:** delfina. Para cada fecha de siembra, letras mayúsculas iguales indican que los cultivares no difieren significativamente entre sí. Para cada cultivar, letras minúsculas iguales indican que el peso de 1000 no difiere significativamente con la fecha de siembra (Tukey, $p \leq 0,05$).

De manera general, de los resultados obtenidos en los ensayos preliminares de evaluación del cultivo de mostaza en la CAP42°S, se puede

destacar que el rendimiento de los cultivares Local y Delfina, en las tres fechas de siembra, fue semejante, siendo los valores más altos para las fechas otoñales y los más bajos en primavera, exceptuando a la respuesta de Delfina en la 2°FS (Figura 8) con un rendimiento significativamente menor en comparación con demás siembras.

Los valores de rendimiento alcanzados por el cultivar Local están en el orden de lo observado para el rendimiento de mostaza en otras regiones del país (Curioni *et al.*, 2010; García *et al.*, 2017). Para el caso del cultivar Delfina, salvo cuando la siembra se realiza avanzado el otoño, los rendimientos se corresponden con los valores bibliográficos para este cultivar (Tabla 1).

Tabla 3: Rendimiento y componentes del rendimiento, duración del ciclo de cultivo y tiempo térmico de los cultivares de mostaza Local y Delfina para las diferentes fechas de siembra.

FS	Cultivar	H (cm)	RF	SP	GS	P1000	°Cd	Rendimiento Kg.ha ⁻¹	Ciclo (días)
1	L	64,84 ±9	6,84 ±1.8	300,2±54	4,14±0.14	6,08±0.12	1289	2956±494	241
	D	67,71 ±16	4,28 ±0.7	181,4±47	4,05±0.22	5,79±0.15	1301	2637±547	242
2	L	60,23 ±13	5,55 ±1.9	228,7±57	4,86±0.48	6,56±0.49	1289	2625±614	211
	D	43,7 ±2.5	3,17 ±1.1	72,6±33	4,38±0.88	6,49±1.24	1301	225,0±159	217
3	L	56,81 ±14	7,01 ±0.8	157,2±48	3,98±0.10	4,18±0.07	1289	894±411	89
	D	46,92 ±5	5,02 ±0.8	136,3±43	4,22±0.48	4,22±0.48	1301	819±376	87

L: cultivar Local, D: cultivar Delfina. Las fechas de siembra (FS) 1: 1°FS otoñal (24/04/2016), 2: 2°FS otoñal (01/06/2016) y 3: 3°FS primaveral (02/10/2015), Componentes del rendimiento: altura (H) y ramas florales (RF) en plena floración, silicuas por planta (SP), granos por silicua (GS), peso de mil semillas (P1000) y Σ térmica promedio de S-Cos (°Cd). Los valores corresponden a la media \pm error estándar.

Si analizamos las componentes de rendimiento en su conjunto para ambos cultivares (Tabla 3), se pueden observar algunos puntos importantes en las diferentes FS como:

- ✓ En la 1°FS y 3°FS, si bien el promedio de ramas florales desarrolladas por las plantas fue semejante (Figura 10), se observó que la cantidad de silicuas por planta (SP) y el P1000 en la fecha primaveral para Local y Delfina fue sustancialmente menor en comparación con la primera siembra de otoño, tanto en el cultivar Local como en el Delfina (Figura 11). Estos valores mayores en los componentes del rendimiento, SP y P1000, y su correlación con los máximos rendimientos observados en la primera siembra otoñal se podría deber a que esta siembra presentó una mayor amplitud para el subperiodo fenológico E-Bf (Tabla 2), suponiéndose que la tasa de crecimiento fue constante, lo que permitió un mejor ciclo vegetativo para sustentar los destinos productivos, pudiendo verse un mejor resultado en el rendimiento final (Figura 8). Por el contrario, los cultivares de la 3°FS tuvieron un subperiodo E-Bf mucho más corto, con una diferencia de 92 días. En esta siembra, al estar el cultivo durante la primavera expuesto a temperaturas (Figura 6 y Tabla 2) y fotoperiodos mayores a su umbral, se produjo la inducción temprana de la floración con un menor desarrollo de biomasa vegetativa y menos producción de fotoasimilados para los destinos productivos. Aun cuando no hay diferencia significativa en las RF para ambas fechas, la disminución en SP pudo deberse al poco cuajado de las silicuas como

una posible respuesta fisiológica de la planta ante una ineficiencia en la traslocación de fotoasimilados para el desarrollo de las silicuas. También se observó que, si bien son semejantes en cantidad de semillas por silicua para ambas siembras, presentaron un menor P1000 en comparación con la 1°FS, por el acortamiento del subperiodo Flo-Cos (Tablas 2 y 3), comprobando así que el llenado de grano fue menos eficiente cuando la siembra fue en primavera respecto de la otoñal. Estas observaciones llevan a considerar la importancia de remarcar que los subperiodos críticos, que comprende E-Bf y Bf-Flo, deben presentarse en una época en que las temperaturas (Figura 6 y Tabla 2) y el fotoperiodo no superen los valores umbrales que inducen el acelerado desarrollo de estos subperiodos, pudiendo tener un mejor resultado en las componentes de rendimiento y consecuentemente, un mayor rendimiento en grano.

- ✓ Al comparar ambas siembras otoñales, el cultivar Local fue semejante en rendimiento, altura, SP, GS y P1000, diferenciándose solamente en el componente de RF, por lo que no afectó al rendimiento final, que fue similar en ambas siembras. En cuanto a la mostaza Delfina, se puede evidenciar en la Tabla 3 que para estas siembras los valores obtenidos del ensayo en altura, RF y SP fueron sustancialmente menores en la 2da de otoño, en comparación tanto de la primera fecha de otoño como la primaveral. Esta situación podría deberse a que el cultivar tuvo un amplio retraso de germinación de aproximadamente 65 días desde su siembra, por lo que se produjo un atraso en el ciclo vegetativo y el

acortamiento del subperiodo E-Bf (Figura 7). No obstante, los bajos valores de RF y SP, P1000 tuvo valores altos, comparables a los de la 1°FS, posiblemente debido a que tuvo menos destinos los asimilados por la baja carga de silicuas y por lo que habrían desarrollado semillas más grandes. Se puede remarcar que el cultivar Delfina al tener menos destinos de los asimilados por una baja carga de silicuas, se podría comprobar a través de ello el motivo de un valor más alto en peso.

- ✓ Considerando que la mostaza tiene un fotoperiodo crítico de 10,30 hs, que acelera el cambio de fase acortando la duración del subperiodo (García *et al.*, 2017; Cirera y Jara, 2011; Curioni y Arizio, 2010), podemos observar que la 3°FS (Tabla 4) presentó el inicio o plenitud de la ventana crítica, que comprende inicio de floración y fructificación, en fechas donde la duración del día fue igual o mayor al umbral requerido. El fotoperiodo de la zona requerido para la mostaza (SHN, 2019) podría ser cubierto hasta el 15 de agosto con 10,69 hs y superando las 12 hs a partir de 20 de septiembre aproximadamente. Por el contrario, las fechas de la ventana crítica para la 1° y 2°FS se dan durante un fotoperiodo igual o menor al óptimo, por lo que los subperiodos tuvieron mayor duración y dando el inicio de antesis a fines de septiembre con 12 hs.
- ✓ El tiempo térmico de la mostaza para el cultivar Local y Delfina, tanto desde S-Flo o para el ciclo total, mostraron pocos °Cd de diferencia con una temperatura base de 4°C, por lo que se podría inferir que ambos cultivares compensaron sus requerimientos de temperatura a pesar de

que las siembras fueron en diferentes momentos del año y en años distintos.

Tabla 4: Fechas aproximadas en las cuales se dieron los eventos visibles del ciclo ontogénico de la mostaza para los cultivares: Local (L) y Delfina (D) para las diferentes fechas de siembra (FS).

Fases	1ra siembra		2da siembra		3ra siembra	
	L	D	L	D	L	D
FS	24-04-16		01-06-16		02-10-15	
Emergencia	3-05-16	15-05-16	19-06-16	4-08-16	12-10-15	14-10-15
Hojas verdaderas	25-05-16	01-06-16	-	-	17-10-15	20-10-15
Inicio de roseta	26-08-16		-	-	3-11-15	
Botón floral	10-09-16		1-10-16	6-10-16	10-11-15	
Inicio de elongación	18-09-16		-	-	18-11-15	
Inicio de antesis	26-09-16	-	15-10-16	-	25-11-15	
Plena floración	1-10-16		20-10-16		30-11-15	
Fructificación	13-10-16		3-11-16		15-01-16	
Cosecha	21-12-16		26-12-16		21-1-16	

Teniendo en cuenta el análisis en conjunto del comportamiento del cultivo y su rendimiento en las tres fechas de siembra con su rendimiento final, se comprobó que la dilatación de la fecha de siembra incide en el crecimiento y desarrollo de los cultivares, tanto por el efecto del fotoperiodo como por las temperaturas. La observación de los estadios fenológicos, la sumatoria térmica y los requerimientos base de un cultivo de día largo, son datos importantes para establecer el mejor momento de siembra, independientemente del objetivo con el cuál realice el cultivo.

3. Observaciones generales durante el ciclo del cultivo de la mostaza.

3.1. Seguimiento de plagas, presencia de malezas y requerimientos de riego.

A lo largo del desarrollo de los cultivos de mostaza correspondientes a las diferentes fechas de siembra, se ha observado y registrado la aparición de plagas diferentes en el cultivo (Figura 15, 16 y 17). Además de ello, se realizaron observaciones en la aparición y control de malezas y los requerimientos de riego durante el ciclo ontogénico.

Durante el seguimiento del ciclo del cultivo de ambas siembras de otoño, se ha observado la presencia de una plaga clave para las crucíferas, *Plutella xylostella* (Lepidoptera-Yponomeutidae), o bien conocida como la “Polilla de las coles”, cuyas larvas se alimentan de hojas y brotes (Virgala, 2015; Paunero, 2016). Si bien es una plaga que se ha observado en la CAP42°S durante la primavera y verano de 2016-2017, habiendo generado en esa temporada grandes daños en cultivos de Crucíferas (Martínez, comunicación personal), para el caso de la mostaza de siembras de otoño no ha sido una plaga crítica ya que apareció en el cultivo ya avanzado su desarrollo. Se registró la presencia de adultos durante la floración al inicio del cuajado de los frutos, generando los primeros estadios larvales, poco daño foliar (Figura 15).

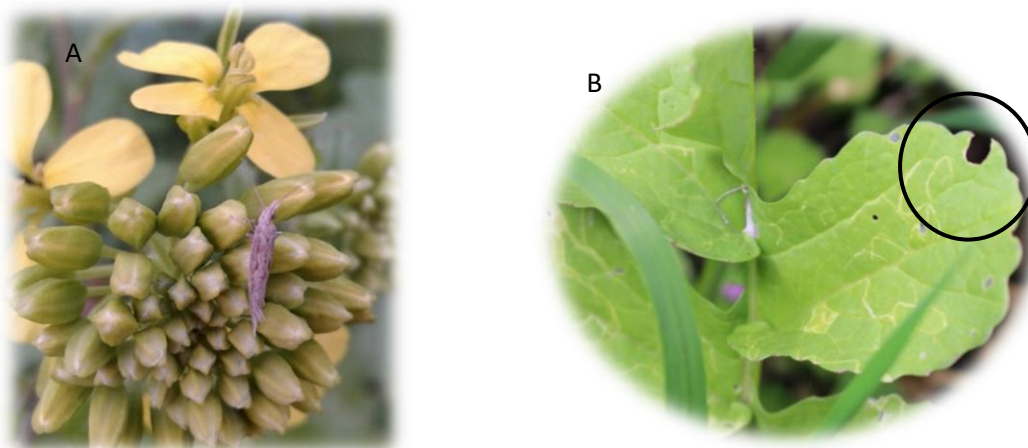


Figura 15: plaga clave de las crucíferas *Plutella xylostella* (Lepidoptera-Yponomeutidae), conocida como la “Polilla de las coles”. En la Figura A se puede identificar al adulto durante floración y en la Figura B se puede observar en el círculo que el daño foliar generado por el primer estadio larval en el cultivo de mostaza. Material de obtención propia.

Para el caso de la siembra de primavera, cuya floración y cuajado de frutos se extendió desde fines de noviembre hasta enero, se observó la aparición, en algunas plantas solamente, del fitosuccívoro *Brevicorine brassicae* (Homoptera-Aphididae) o más conocido como “Pulgón del repollo”, plaga específica de las Crucíferas, que genera secreciones cerosas que los protegen y están asociados a los abortos florales y atrofas foliares, encontrándose en alta densidad desde el inicio de floración del cultivo con días secos y altas temperaturas (Virgala, 2015; Paunero, 2016). Para el control de esta plaga, se realizó una única aplicación de agua jabonosa (jabón blanco neutro 7%). No obstante, en las plantas atacadas se observó el daño generado en la formación del fruto (Figura 16).

Comparación de fechas de siembra y fenología del cultivo para la Comarca Andina del Paralelo 42°.



Figura 16: plaga específica de las crucíferas *Brevicorine brassicae* (Homóptera-Aphididae) o “pulgón del repollo”. Genera aborto floral y atrofia foliar. Se la encuentra en inicio de floración durante días calurosos y secos. Material de obtención propia.

Por último, en el ciclo del cultivo de las siembras otoñales se observó la presencia de una plaga no específica, *Liriomyza* sp. (Díptero- Agromizidae), o más conocida como el “Minador”, la cual generó daño en hojas avanzadas alimentándose del parénquima en forma de serpentina, realizado por los diferentes estadios larvales de la mosca. Si bien el daño fue avanzado, no afectó al cultivo ya que se encontraba en floración e inicio de fructificación (Figura 17).

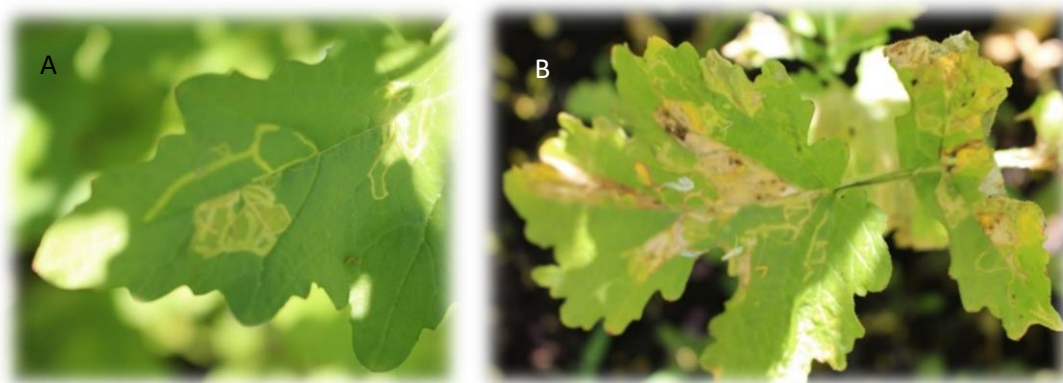


Figura 17: Plaga no específica *Liriomyza* sp. (Díptero-Agromizidae), conocida como “Minador”. Los daños que genera son caminos en serpentina debajo de la epidermis foliar, el estadio larval. Se observa en la Figura A el daño generado por los primeros estadios larvales y en la Figura B el daño mayor luego del consumo del parénquima foliar de las larvas mayores hasta que alcanzan el estadio de pupa.

Es importante mencionar que se observó lo largo de toda la floración en las tres fechas de siembra, una alta presencia de abejas en el cultivo, así como otros himenópteros y micro himenópteros. La mostaza, considerada una especie melífera (Figura 17), constituye una especie importante como cultivo asociado a la producción apícola, a la vez de promover el desarrollo de otros polinizadores y de proveer de néctar y/o polen para el desarrollo de controladores biológicos.



Figura 17: presencia de *Apis mellifera* y otros himenópteros en cultivo de mostaza.

Se considero la incidencia de malezas en las siembras, durante el desarrollo del cultivo para ambas siembras de otoño, no siendo requerido el desmalezado. La presencia de malezas fue mínima debido a la competencia interespecífica que ejerce la mostaza sobre ellas, en cuanto a su rápido crecimiento en cobertura vegetal al inicio de la primavera y el efecto alelopático de inhibición de crecimiento sobre otras especies (Bonfim, 2018). A diferencia de ello, cuando la siembra se realizó en primavera, se tuvo que realizar el desmalezado durante por lo menos 3 veces en el ciclo, hasta mediados del

subperiodo Bf-Flo, cuando la cobertura del suelo fue máxima. Por lo que conforme se dilata la fecha de siembra (Tabla 4), debido a la mayor competencia por el espacio de las plántulas en primavera, el desarrollo de maleza es mayor y esto demanda mayor mano de obra en desmalezado.

En cuando al manejo del riego, la demanda de los cultivares para las fechas otoñales fue mucho menor, ya que el cultivo tuvo su crecimiento y desarrollo en la época donde las precipitaciones son más abundantes (mayo-agosto) en la zona. Como se pudo observar en la Figura 6, las precipitaciones fueron igual o mayor que la media histórica 1990-2010 entre los meses de mayo – agosto y para diciembre del 2016, por lo que la demanda del cultivo fue cubierta por las lluvias en los subperiodos críticos E-Bf y Bf-Flo (Tabla 4). Por el contrario, para la 3°FS las precipitaciones fueron iguales o menores que las medias históricas, necesitando complementar la demanda hídrica del cultivo con sistema de riego en los puntos críticos del cultivo.

3.2. Cosecha, trillado y limpieza del grano de mostaza.

Durante el ensayo, el proceso de cosecha, trillado y limpieza de semillas se han realizado de manera manual como se puede visualizar en la Figura 18, lo que demandó muchas horas de trabajo. Para poder ampliar la escala del cultivo en la Comarca a parcelas mayores, es importante mejorar las herramientas disponibles o desarrollar maquinaria apropiada de cosecha y trilla para cultivo de grano fino a diferente escala.



Figura 18: Cosecha de los cultivares Local y Delfina para las siembras otoñales. Material de obtención propia.

Conclusiones

- Los ensayos realizados permitieron generar los primeros registros de rendimiento de la mostaza blanca para la CAP42°S, comparando el comportamiento de dos cultivares diferentes y evaluando además los momentos de siembra más apropiados.
- La CAP42°S, con clima templado frío y con precipitaciones concentradas en otoño e invierno, posee condiciones edafoclimáticas apropiadas para la producción de mostaza, alcanzando rendimientos en producción de granos equivalentes o superiores a los registrados para otras regiones del país productoras de mostaza.
- Los mayores rendimientos en el cultivo de mostaza se observaron en las siembras de otoño, disminuyendo el mismo cuando la siembra es en primavera. Para la CAP42°S, dadas las bajas temperaturas y las altas precipitaciones, no es posible realizar siembras en invierno.
- A pesar del atraso en la siembra, los menores rendimientos obtenidos en la fecha primaveral, para ambos cultivares, están dentro del promedio de rendimientos observados en las zonas productivas nacionales.
- El cultivar Local presentó buenos rendimientos en las tres fechas de siembra, siendo los valores más altos durante la 1° y 2° FS de otoño con valores comparables o superiores a los de las zonas más productivas de Argentina.
- El rendimiento del cultivar Delfina fue similar al cultivar Local, pero demostró ser un cultivar sensible a las temperaturas umbrales de frío

para su germinación, por lo que en la siembra tardía de otoño el rendimiento en grano fue muy bajo.

- El ciclo ontogénico del cultivo de la mostaza se acortó conforme se dilató la fecha de siembra, desde otoño hacia la primavera, para ambos cultivares.
- A pesar del desfasaje entre las siembras otoñales, ambos cultivares llegaron simultáneamente a cosecha, evidenciándose en las siembras tardías el acortamiento de algunas de sus fases fenológicas.
- Las variaciones de temperatura y fotoperiodo durante el cultivo asociada a cada fecha de siembra tuvieron una gran incidencia sobre los cultivares, traduciéndose variaciones en las componentes de rendimiento y el rendimiento en grano.
- En las siembras de otoño se desarrollaron plantas más altas, con mayor número de ramas florales y de frutos y mayor peso de semillas, lo que se traduce en un mayor rendimiento. No obstante, para la siembra de primavera, donde los subperiodos fenológicos fueron inducidos en menos días, las silicuas por planta y en P1000 fueron significativamente menores que las demás siembras.
- Cuando la siembra de mostaza se realiza durante el otoño, además de obtener mayor rendimiento, el cultivo se desarrolla como cobertura del suelo durante otoño-invierno, con el beneficio de una mayor competencia con malezas por su desarrollo vegetativo, se requiere menor riego por la concentración de las precipitaciones durante el invierno y se observa una menor incidencia de plagas.

- La elección de la fecha de siembra es relevante para una mejor expresión del potencial productivo de los cultivares de mostaza disponibles, permitiendo así un mejor uso de los recursos, menor requerimiento de mano de obra y una reducción en el control sanitario durante el ciclo del cultivo.
- Las fechas de siembra que se podrían recomendar al productor para el cultivo de mostaza, teniendo en cuenta el fotoperiodo y temperatura de la zona, son desde principios de abril a mediados de mayo o desde mediados de agosto a principios de primavera, independientemente de los objetivos que posea el productor.
- Si bien el cultivo tuvo resultados positivos para las fechas evaluadas en Las Golondrinas, estos datos siguen siendo preliminares y se deberá realizar más ensayos en demás localidades de la comarca para seguir obteniendo datos más concluyentes y precisos, tanto del cultivar Local como Delfina. Cabe destacar que, en este ensayo las mostazas durante el otoño se desarrollaron en condiciones benignas.
- Dado que la semilla de mostaza Local demostró tener muy buena respuesta en rendimiento, rusticidad y tolerancia a las bajas temperaturas, es importante conservar y propagar su germoplasma.
- La semilla Delfina mostro buena respuesta en rendimiento, tanto superior como dentro de los rendimientos esperados de otras zonas, por lo que es un buen material para sembrar para la zona. No obstante, es importante recalcar que no es recomendable a sembrar en fechas muy tardías hacia el invierno por su susceptibilidad a las bajas temperaturas.

- El cultivo de mostaza blanca constituye una alternativa más para diversificar la producción agrícola en la CAP42°S.
- En la implementación de cultivos agroecológicos en la región, la mostaza es relevante como abono verde y como cultivo alelopático para el control de malezas y enfermedades del suelo, además de ser una especie melífera cuyo cultivo podría favorecer y complementar la producción apícola.
- La producción de mostaza puede brindar la posibilidad de abrir un nicho poco explorado del agregado de valor de la mostaza, para desarrollar un producto artesanal local desde el origen, tanto de aderezos a base de mostaza, elaboración de encurtidos o venta de grano, siendo parte del circuito turístico y la gastronomía de la zona.

Bibliografía

- Alfonso W. y Curioni A. (2015). Complejo plantas aromáticas y medicinales. Curso de posgrados/extracurricular. Universidad Nacional de Lujan. pp. 35-41.
- Arif, M., Asif, M., Salman M. (2008). Linter and intra row spacing effects on growth, seed yield and oil contents of white mustard (*Sinapis alba L.*) under rainfed conditions. Pak. J. Agri. Sci. Institute of Horticultural Sciences, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan. Vol. 49(1), pp. 21-25.
- Arizio, O. y Curioni, A. (2012). Análisis del mercado internacional de mostaza. Período 1990-2009. U. Nacional de Luján. En memoria técnica: investigaciones en mostaza, coriandro y otros. Ed. literaria a cargo de I. E. Paunero. 1a ed. San Pedro, Buenos Aires: Ediciones INTA, 2012. cap. 1: Art 1.14, pp. 48-50.
- Arizio O. P. & Curioni A. O. (2016). Mostaza, un grano oleaginoso, aromático y medicinal. Análisis del mercado mundial y principales importadores regionales. Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján, Bs. As. Horticultura Argentina 35 (87), pp. 5-18.
- Aytza. (2019). Empresa de aderezos varios y producción de mostazas. Fecha de consulta: 25 de septiembre del 2019. <http://www.marianarytza.com.ar/empresa.php>
- Bonfim F.P.G., Menezes, G.M.T., Gomes, J.A.O.T., Daniela A., Mendoza, J. D. S., Souza Parreiras, N. (2018). Alelopatía: el potencial de las plantas medicinales en el control de especies espontáneas. Departamento de horticultura, Facultad de C. Agronómicas, UNESP. Botucatu, Sao Paulo, Brasil. Revista "Centro Agrícola", Vol.45, No.1, pp. 78-87.
- Bustos, J. C.; Rocchi, V. C. (1993). Caracterización termopluviométrica de veinte estaciones meteorológicas de Río Negro y Neuquén. Publicación interna E.E.A. Bariloche. INTA, pp. 25.
- Cameroni G. (2013). Semilla de mostaza. Subsecretaría de Agregado de Valor y Nuevas Tecnologías. Dirección de Agroalimentos. Ficha técnica de la mostaza. pp. 1-3.
- Caruso, G.F. (2012). Determinación de las temperaturas cardinales para la germinación de semillas de mostaza amarilla *Sinapis alba* y mostaza marrón *S. juncea*. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Católica Argentina. pp. 2-17.
- Casado G, G. y Mielgo A. M. A. (2008). Buenas Prácticas en Producción Ecológica, Uso de Abonos Verdes. Centro de Investigación y Formación en

Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Granada-España. pp. 22.

- Cirera, L. y Jara, S. (2011). Determinación de Índices Bioclimáticos de mostaza blanca (*Sinapis alba L.*) VI Congreso Cubano de Meteorología. La Habana, Cuba.
- ComEx, Sistema de consulta de Comercio Exterior de bienes, INDEC. (2018). Sistema de consulta de comercio exterior de bienes. Fecha de consulta:1/10/2019. <https://comex.indec.gov.ar/search>
- Coria, L. A. (2011). Producción de Materia Seca y Rendimiento de Colza (*Brassica napus L.*) en Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río cuarto, pp.2-4.
- Curioni, A, Alfonso. W y Arizio. O. (2010). Mostaza blanca (*Sinapis alba L. syn. Brassica hirta*). Agrotecnología, calidad y mercados. Universidad Nacional de Lujan. pp. 2-22.
- García, M. de la N. (2015). Complejo de aromáticas y medicinales. Módulo 1 descriptores morfológicos, fenológicos, fenométricos y agronómicos de especies seleccionadas. Curso de posgrado/extracurricular. Universidad Nacional de Lujan.
- García, M., Cañón, H., Alfonso, C., Cavallero, M. y Curioni, A. (2017). Efecto de la fecha de siembra sobre la fenología y el rendimiento en un cultivo de mostaza blanca (*Sinapis alba L.*) en Luján, provincia de Buenos Aires. Horticultura Argentina 36 (89): ISSN de la edición online 1851-9342, pp.17-27.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2009). International Rules for Seed Testing, 2009. Seed Science and Technology, Vol. 27, pp. 1-333.
- Lanciotti, M. L. (1980). Fertilidad de suelos en Patagonia. Informe de beca. E.E.A. Bariloche. INTA. pp. 21.
- Lanciotti, M. L. y Cremona, M. V. (1999). Los suelos del área de influencia de la Agencia de Extensión Rural de El Bolsón. Proyecto PRODESAR. INTA-GTZ. INTA Bariloche. pp. 27.
- López A. C., Barrera V. C. y Bosch, N. B. (1999). Estudio analítico de la composición en ácidos grasos de mostaza y salsas de mostaza. Departamento de Nutrición y Bromatología II: Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid, España. Grasas y Aceites Vol. 50. Fase. 6 (1999), pp. 444-447.

- Labrador, J. (2012). Criterios para la elección y cultivo de un abono verde y su influencia en la fertilidad del suelo: Los abonos verdes, mucho más que una técnica para la fertilización del suelo en la producción ecológica. Vida rural artículo 10. pp. 26-31.
- Madariaga, M. (2009). Sistema de soporte de decisiones para la producción agrícola de los valles cordilleranos patagónicos (SSD). Grupo Sistemas de Producción, Economía y Sociología Rural INTA — EEA Bariloche.
- Pascale, J. A. y Damario A. E. (2004). Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Editorial FAUBA, 1ra. ed. septiembre 2004.
- Paunero I. (2015). Evaluación de material genético de mostaza (*Sinapis alba*). En Curso de Postgrado: Complejo cultivos aromáticos y medicinales. Economía, mercados, agrotecnología y calidad. Universidad Nacional de Luján, Bs.As.
- Paunero, I.E. (2016). Adversidades en los cultivos de coriandro y mostaza. Jornada de actualización técnica. 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Ediciones INTA.
- Paunero, I.E., Gaetán, S., Virgala, R. M., y Bazzigalupi, O. (2016). Análisis del comportamiento agronómico y la calidad de los granos de germoplasma de mostaza. Horticultura Argentina 35 (86), pp. 5-18.
- Paunero, I.E. y Polenta, G. (2012). Evaluación agronómica y química de germoplasma de mostaza. Memoria técnica: investigaciones en mostaza, coriandro y otros. Ed. literaria a cargo de I. E. Paunero. 1a ed. San Pedro, Buenos Aires: Ediciones INTA, Capítulo 1: Art. 1.3, pp. 12-14.
- Piola. M. (2012). Delfina INTA: La primera mostaza Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA. <http://inta.gob.ar/noticias/delfina-inta-la-primer-mostaza-argentina>.
- Ramírez-García J., Carrillo J. M., Ruiz, M. y Quemada M. (2010). Comparación de gramínea, leguminosa y crucífera para actuar como cubiertas vegetales destinadas a su empleo como abono verde. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Centro de Recursos Fitogenéticos. Universidad Politécnica de Madrid, España. IV Jornadas Fertilización SECH. Actas de Horticultura 61. pp. 2-17.
- Saavedra, M., Castillo, F., Pérez-Melgares, J.D., Hidalgo, J.C. y Alcántara, C. (2015). Características de *Sinapis alba* subsp. *mairei* como Cubierta Vegetal y para Biofumigación. Edita Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura,

Comparación de fechas de siembra y fenología del cultivo para la Comarca Andina del Paralelo 42°.

Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Córdoba, España. pp. 1-27.

- Santos J.D., Wilson R.M. y Ostinelli M.M. (2017). Metodología de Muestreo de Suelo y Ensayos a Campo: Protocolos básicos comunes. Programa Nacional de Suelos, 2da Edición. INTA
- Servicio de Hidrografía Naval (SHN). (2019). Observatorio de Astronomía: Salida y puesta del sol. <http://www.hidro.gov.ar/Observatorio/Sol.asp>. Fecha de consulta: 20/11/19.
- Valla J.J. (1979). Botánica: Morfología de las Plantas Superiores. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires. 1ª ed. 22ª reimp. 2011.
- Virgala, R.B.M. (2015). Plantas Aromáticas y Medicinales: Manejo y control de insectos y plagas animales. Curso de posgrados/extracurricular. Universidad Nacional de Luján, Bs. As.