

Interacción genotipo x ambiente entre cinco genotipos de raps canola en dos tipos de suelo de la Región de La Araucanía, Chile

Genotype x environment interaction among five rapeseed genotype in two types of soil of La Araucanía Region, Chile

Jaime Solano Solis^{1}, Leandro Domínguez Sandoval¹, Claudia Castillo Rubio^{1,2}*

RESUMEN

El raps canola (*Brassica napus* L.) representa una alternativa para diversificar la producción adaptándose a las condiciones de suelo y clima de la zona centro sur del país. Se estableció un ensayo para evaluar el comportamiento de cinco genotipos de raps de primavera en dos tipos de suelos de la región de La Araucanía (Andisol y Ultisol). El modelo experimental correspondió a un factorial 5x2 que consistió en cinco genotipos y dos tipos de suelo. Las variables a evaluar en el estudio fueron rendimiento del grano y contenido de aceite de la semilla. Los resultados mostraron efectos significativos de la interacción genotipo x ambiente (suelo) para estos parámetros. El mayor rendimiento en el Ultisol correspondió a los genotipos 'Ability' y 'Sonja', mientras en el Andisol, correspondió a los genotipos 'Gladiador', 'Salsa' y 'Hyola 618'. El mayor porcentaje de aceite en el grano correspondió a los genotipos 'Ability' y 'Sonja', en el Ultisol; y a 'Gladiador', 'Salsa' y 'Hyola 618', en el Andisol. Los resultados del análisis combinado de varianza para el rendimiento por planta de los cinco genotipos de raps y los dos ambientes (tipos de suelo) confirmaron la existencia de efecto de interacción genotipo x suelo.

Palabras clave: adaptación genotípica, estabilidad geográfica, rendimiento, aceite en semilla

ABSTRACT

*The rapeseed (*Brassica napus* L.) represent an alternative to diversify the production adapting to the soil and climate conditions of the South Central zone of the country. The purpose this work was studied the effects of the interaction of five genotypes of spring rapeseed and two typical soils representative of La Araucanía Region, Andisol and Ultisol. The experimental model corresponded to 5x2 factorial design, which consisted in five genotypes and two types of soil. Variables to be evaluated in the study were: grain yield and oil content of the seed. The results showed genotype x environment (soil) significant interaction effects for grain yield and percentage of seed oil. The highest yield in Ultisol corresponded to the genotype 'Ability' and 'Sonja', while Andisol were achieved by 'Gladiador', 'Salsa' and 'Hyola 618' genotypes. The highest percentage of oil in the grain corresponded to 'Ability' and 'Sonja', in the Ultisol and 'Gladiador', 'Salsa' and 'Hyola 618' genotypes in the Andisol. The results of the combined analysis of variance for yield per plant of five rapeseed genotypes and two environments (soil types), confirmed the existence of genotype x soil interaction effect.*

Key words: genotypic adaptation, geographic stability, grain yield, seed oil

¹ Carrera de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Rudecindo Ortega 02950, Temuco, Chile.

² Núcleo de Investigación en Producción Alimentaria, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco.

* Autor para correspondencia: jsolano@uct.cl

Fecha de Recepción: 20 diciembre, 2018.

Fecha de Aceptación: 30 enero, 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005002202>. Publicado en línea: 11-marzo-2019.

Introducción

El raps (*Brassica napus* L.) pertenece a la familia de las Brassicaceae y es uno de los cultivos más importantes del mundo (Bybordi, 2010). La producción a nivel mundial alcanza una cifra aproximada de 50 millones de toneladas, siendo los principales productores China y la Comunidad Económica Europea. En Chile, durante la temporada 2016, se establecieron 53.352 ha, lo que corresponde al 42% de la superficie de cultivos industriales, con una producción de 2.120.162 qqm y rendimientos de 39,7 qqm ha⁻¹ (ODEPA, 2017). El rendimiento de un genotipo está determinado por las interacciones del Genotipo con el Ambiente (GxA). El conocimiento del GxA es ventajoso para aumentar la eficiencia de los programas de mejoramiento y selección de los mejores genotipos (Andrés-Meza *et al.*, 2017). El cultivar ideal es aquel que presenta un alto rendimiento de semilla y alta estabilidad al ser evaluado en distintos ambientes (Yan *et al.*, 2007; Escobar *et al.*, 2011; López-Salinas *et al.*, 2015). Para el contenido de aceite en raps, varios estudios enfatizan en la variabilidad e interacciones significativas entre ambientes y genotipos (Shafti *et al.*, 1992; Marjanovic-Jeromela *et al.*, 2008). Según Dolinassou *et al.* (2017) debe considerarse la mejora de la variedad para la estabilidad en el contenido de aceite de semilla o la adaptación a un entorno específico. La adaptabilidad y estabilidad de una variedad en ámbitos diversos se suele probar por su grado de interacción con diferentes entornos del cultivo (Okuno *et al.*, 1971). Para Huhn y Leon (1985), la semilla de raps y el rendimiento de aceite son resultado de la expresión de los genotipos modulada por la interacción continua con el medio ambiente. Sin embargo, Kuchtova *et al.* (1996) encontraron distintas respuestas de los genotipos a los factores ambientales. Para satisfacer los requerimientos de aceite comestible, el mejoramiento en la calidad de las semillas de raps sería uno de los objetivos más importantes para su cultivo en el futuro. La producción del cultivo de raps se basa principalmente en cultivares dos veces mejorado (tipo 00), sin ácido erúxico y bajos niveles de glucosinolatos en las semillas (Marjanovic-Jeromela *et al.*, 2011). Al establecer el cultivo de raps, es importante identificar las condiciones edafoclimáticas del sitio de siembra, para elegir correctamente entre la amplia gama de genotipos disponibles en el mercado. Por ejemplo, considerar el tipo de suelo. En la región de La Araucanía, Chile, mayoritariamente se encuentran los Andisoles y en menor grado los Ultisoles (Besoain, 1999).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de cinco genotipos de raps canola establecidos en dos suelos típicos de la región de La Araucanía, a través del rendimiento y contenido de aceite en la semilla.

Materiales y métodos

Descripción de suelos

Se seleccionaron dos suelos de la región de La Araucanía: un Andisol y un Ultisol. El Andisol pertenece a la serie Temuco (Soil Survey Staff, 1996), proveniente de la localidad de Pillanlelbún, ubicada a 11 km al noreste de Temuco, provincia de Cautín (38°34'S; 72°27'O). La localidad se encuentra en su mayor parte ocupando las terrazas aluviales del río Cautín, de posición baja, plana a ligeramente ondulada, de terraza fluvial. El material de origen corresponde a limo sobre grava, sin matriz arenosa, de composición mixta, con una pluviometría que fluctúa entre los 1.200 y 2.000 mm y con cubierta vegetal constituida principalmente por *Nothofagus obliqua* y *Laurelia sempervirens*. Presenta un drenaje interno y externo medio, con erosión libre, y caracterizado por un bajo contenido de fósforo. El Ultisol correspondió a un suelo serie Chol-Chol, ubicado en la reducción "Curaca", a 3 km al norte de la localidad de Chol-Chol, provincia de Cautín (38° 36' 0" S, 72° 51' 0" W) y de posición baja. El material de origen proviene de arcillas aluviales, del tipo andesítica y basáltica. El área presenta una pluviometría que fluctúa entre los 1.200 y 1.500 mm con cubierta vegetal caracterizada por *N. obliqua* y *L. sempervirens*. Además presenta un drenaje externo, medio a lento; interno, lento y erosión libre (Mora *et al.*, 2004).

Genotipos

Se utilizaron cinco genotipos primaverales de raps canola: a) 'Hyola 618 Clearfield', híbrido precoz; b) 'Gladiador', genotipo de polinización abierta semiprecoz; c) 'Salsa', híbrido semiprecoz; d) 'Sonja', híbrido semiprecoz y e) 'Ability', genotipo de polinización abierta semiprecoz.

Establecimiento del ensayo

El estudio se realizó durante la primavera de 2014 bajo condiciones de invernadero. Las semillas de raps se colocaron a germinar en cámara de germinación

(marca Labotecgroup), de acuerdo con las normas de la International Seed Testing Rules para cultivos industriales. A los 15 días, se realizó el trasplante de las plántulas más vigorosas y homogéneas a contenedores plásticos de 8 l de capacidad, que contenían los suelos seleccionados en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Se aplicó una fertilización equivalente a 200 kg N ha⁻¹, 180 kg P₂O₅ ha⁻¹ y 50 kg K₂O ha⁻¹. Para el aporte de boro, se realizaron dos aplicaciones foliares de Terra Sorb (30 ml x 10 l de agua). Desde el estado inicial de la plántula hasta roseta, el riego fue manual, añadiendo 250 ml de agua maceta⁻¹ diarios y luego, hasta la cosecha 1 l maceta⁻¹ cada 2 (dosis equivalente a 81.967 l ha⁻¹ d⁻¹). La temperatura fue controlada mediante un sistema de aire acondicionado, fluctuando entre 20°C y 30°C y con iluminación artificial. La cosecha se realizó después de 6 meses de establecido el cultivo, cuando las plantas tenían sobre un 95% de silicuas secas, estadio fenológico 79 del raps en etapa de formación de fruto según tabla de clasificación BBCH (Weber y Bleiholder, 1990). Las silicuas se cortaron con tijeras de podar y se colocaron en bolsas de papel. Posteriormente, las semillas de las silicuas se separaron en forma manual y las impurezas se eliminaron con tamizado a 1 mm, con aplicación de aire en forma superficial, mediante un secador, extrayendo las partículas más livianas y volátiles. Luego, las semillas se pesaron y guardaron en bolsas de papel, identificadas por genotipo y tipo de suelo para ser almacenadas en seco.

Evaluaciones morfológicas

Se midieron los siguientes parámetros morfológicos: a) altura de planta, que se determinó mediante regla métrica de 0 a 3 m, midiendo desde la base de la planta hasta el extremo del último ápice; b) número de ramas laterales, obtenido por el conteo del número total presente en la planta; c) número de silicuas por rama, contabilizando el número total presente en cada rama lateral de la planta; y d) número de semillas por silicua.

Evaluaciones productivas e industriales

Se realizaron las siguientes evaluaciones productivas e industriales: a) rendimiento por planta, determinado a partir de todas las semillas limpias separadas de las silicuas presentes en la planta y pesadas en balanza de precisión; y b) porcentaje

de materia grasa en las semillas, analizado por el método de determinación rápida de aceites y grasas por extracción con solvente a alta temperatura. Por este método se determina la grasa cruda mediante extracción con éter de petróleo, extrayéndose principalmente triglicéridos y pequeñas cantidades de lípidos solubles. En balanza analítica (Sartorius) se pesó 1 g de muestra sobre un filtro XT4 (tecnología ANKOM) y se llevó a 105°C durante 8 h en estufa de secado (Memmert). Luego, se dejó enfriar en desecador por 15 min para determinar la pérdida de peso debido a la humedad contenida en la muestra. Posteriormente, la muestra se sometió al extractor de grasa (modelo XT10, ANKOM) por un periodo de 2 h, se secó en estufa por 8 h a 105°C, se enfrió en desecador y nuevamente se pesó.

Análisis estadístico

Los datos de rendimiento y porcentaje de materia grasa se sometieron a un análisis de varianza factorial, donde las fuentes de variación fueron descompuestas en efectos del genotipo, efectos del ambiente (suelo) y efectos de la interacción G x A (suelo). Para discriminar entre medias, se utilizó el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher ($p \leq 0,05$). Para el análisis estadístico se utilizó el software STATGRAPHICS Centurion XVI, versión 16.1.11 (32-bits). Los datos de rendimiento por planta, se sometieron además a un análisis de varianza individual por cada ambiente (tipo de suelo) y en forma conjunta mediante un análisis combinado de varianza utilizando el software SPSS versión 15.0.

Resultados y discusión

Las determinaciones de precocidad, altura de planta, semillas por silicua y cantidad de ramas del raps establecido en el Andisol mostraron que los genotipos 'Salsa' y 'Hyola 618' fueron más precoces que 'Sonja' y 'Ability'. Al término de la temporada, los cinco genotipos evaluados, independiente del tipo de suelo, alcanzaron una alta tasa de crecimiento vegetativo con desarrollo de individuos muy altos y precoces debido a condiciones de alta humedad y temperaturas superiores a 25°C. Los resultados mostraron que los genotipos 'Gladiator' y 'Salsa' incrementaron la altura de planta en un 25% a 30%, con valores cercanos a 2 m manteniendo su condición fenológica de híbridos semiprecoces y cumpliendo su ciclo fenológico en aproximadamente 5 meses.

Algunos parámetros evaluados de componentes de rendimiento del cultivo y características morfológicas de la estructura de la planta que permiten estimar rendimientos finales son número de ramas laterales, número de silicuas por rama y número de semillas por silicuas (Nassimi *et al.*, 2006). En ambos suelos, se observa que el genotipo 'Hyola 618' presentó el mayor número de ramas laterales, pero a la vez el menor número de silicuas por rama. El alto número de ramas laterales es una característica que favorece la capacidad compensatoria del cultivo. En la Tabla 1, se muestra el análisis de varianza para el rendimiento por planta en los cinco genotipos de raps en los dos ambientes, y se observa que existió interacción significativa entre los genotipos y suelos ($p=0,0014$). Esto indica que un agricultor, al decidir el establecimiento de una variedad o híbrido de raps, debería considerar el tipo de suelo disponible a fin de seleccionar el genotipo que permita expresar el mayor potencial de rendimiento.

En efecto, el establecimiento del cultivo en un Ultisol incrementó significativamente el rendimiento del genotipo 'Ability'; mientras que con Andisol son favorecidos los genotipos 'Hyola 618' debido al efecto de la interacción (Tabla 2).

La interacción significativa presentada entre el genotipo 'Ability' y el Ultisol hace al cultivar recomendable en este tipo de suelo de la región de La Araucanía, lo cual además estaría asociado

a un incremento en el número de ramas laterales. En Andisol, 'Hyola 618' muestra un mayor rendimiento que en el Ultisol, asociado a un mayor número de silicuas por rama, alcanzando niveles productivos similares a los de los otros genotipos. El efecto G x A es un antecedente relevante al momento de seleccionar un genotipo, ya que con esta interacción se puede priorizar un cultivar que se adapte de mejor forma a las condiciones ambientales de un determinado agroecosistema (Castellarín *et al.*, 2005). Este análisis ha sido utilizado en diferentes cultivos industriales como trigo (Solano *et al.*, 1998), frejol (López-Salinas *et al.*, 2015) y raps (Shafti *et al.*, 1992; Marjanovic-Jeromela *et al.*, 2008; Escobar *et al.*, 2011).

Por otra parte, los resultados del análisis combinado de varianza para el rendimiento por planta de cinco genotipos de raps en los dos tipos de suelo, confirmaron la existencia de diferencias significativas para el efecto de interacción genotipo por ambiente (suelo). En Chile, los efectos de la interacción genotipo x ambiente en diferentes zonas agrícolas donde se cultiva raps han sido cuantificados por Escobar *et al.* (2011). Los autores reportan que la interacción genotipo x ambiente ha sido significativa para el rendimiento unitario. La variación en el rendimiento se debió al efecto del ambiente y de la interacción G x A, coincidiendo esto último con los resultados obtenidos en el presente estudio. Reportes de Escobar *et al.* (2011) muestran que el híbrido 'Monalisa' fue el de mayor

Tabla 1. Análisis de varianza para el rendimiento por planta.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Genotipo	59,2898	4	14,8224	2,04	0,1154
Ambiente (suelo)	6,3248	1	6,3248	0,87	0,3590
Genotipo x ambiente (suelo)	170,4550	4	42,6136	5,85	0,0014
Residuo	211,1020	29	7,2793	-	-
Total	461,7530	38	-	-	-

Tabla 2. Interacción G x A sobre el rendimiento promedio por planta, para cinco genotipos de raps en dos tipos de suelo.

Genotipo	Ultisol (g planta ⁻¹)	Andisol (g planta ⁻¹)
Sonja	6,742abc	4,455bc
Ability	10,788 ^a	5,030bc
Hyola 618	1,097c	7,378ab
Gladiador	5,357abc	8,523ab
Salsa	5,263bc	7,904ab

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD de Fisher ($p \leq 0,05$).

rendimiento y el más estable en todos los ambientes. En este contexto, Long *et al.* (2007) señalan que es ampliamente aceptado que caracteres cuantitativos, como el rendimiento de semilla, presentan un control poligénico y su expresión depende de las condiciones del ambiente. La interacción G x A es una condición que se investiga con el fin de encontrar la mejor opción agronómica para ambientes específicos de producción y alcanzar rendimientos superiores (Castellarín *et al.*, 2005; López-Salinas *et al.*, 2015). El ambiente es la suma total de todas las condiciones externas que afectan el crecimiento y el desarrollo de un genotipo, como la textura del suelo, pH, profundidad, contenido de materia orgánica, fertilidad, temperatura, luz, agua, enfermedades e insectos que contribuyen adicionalmente a la variabilidad de los genotipos (Rozenboom *et al.*, 2008). Por otra parte, Pinilla *et al.* (2010) observaron que el establecimiento de diferentes genotipos de raps en distintos suelos Andisoles, del valle y lomaje, muestra importantes efectos de interacción G x A. Según Vizgarra *et al.* (2012) la interacción G x A es una variable que se debe considerar para el rendimiento, encontrando genotipos adaptados a ciertas condiciones específicas de calidad de suelo. De esta forma, se puede explotar un mayor potencial de rendimiento.

En la Tabla 3, se presenta el análisis de varianza para el porcentaje de aceite en la semilla de los cinco genotipos establecidos en los dos tipos de suelo de la región de La Araucanía. Se observa que existieron efectos de interacción significativos entre genotipos y ambiente (suelo), condición importante de considerar al momento de seleccionar líneas avanzadas pensando en el rendimiento industrial.

Los resultados muestran que los genotipos 'Ability' y 'Sonja' alcanzaron un alto porcentaje de aceite en el Ultisol, pero estadísticamente no diferente de 'Hyola 618' y 'Gladiador', mientras los mejores porcentajes en el Andisol se lograron con los genotipos 'Gladiador', 'Salsa', 'Hyola 618' y 'Ability' (Tabla 4). Los genotipos 'Hyola 618', 'Gladiador' y 'Salsa' mostraron la mayor acumulación de aceite en la semilla en el Andisol, mientras que el genotipo 'Ability' lo hizo en el Ultisol. Por otra parte, 'Ability' es un genotipo con alta capacidad adaptativa en relación con la acumulación de aceite en la semilla, mostrando similar contenido de aceite en ambos tipos de suelo.

En relación con la acumulación de aceite en el grano, diversos autores han reportado interacciones significativas entre genotipos y ambiente para el contenido de aceite en raps (Shafti *et al.*, 1992;

Tabla 3. Análisis de varianza para porcentaje de aceite en la semilla.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Genotipo	162,716	4	40,6789	2,28	0,0852
Ambiente (suelo)	287,271	1	287,2710	16,07	0,0004
Genotipo x ambiente (suelo)	561,110	4	140,2780	7,85	0,0002
Residuo	518,318	29	17,8730	-	-
Total	1547,070	38	-	-	-

Tabla 4. Interacción G x A sobre el porcentaje de aceite en la semilla para cinco genotipos de raps en dos tipos de suelo.

Genotipo	Ultisol (%)	Andisol (%)
Sonja	32,618b	25,692bc
Ability	35,192b	35,578ab
Hyola 618	26,632bc	36,388ab
Gladiador	26,513bc	37,886a
Salsa	23,964c	36,618ab

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD de Fisher ($p \leq 0,05$).

Marjanovic-Jeromela *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos mostraron efectos significativos de interacción genotipo x ambiente, lo cual coincide con Pinilla *et al.* (2010), quienes señalan que el aceite en el grano es un parámetro importante en la producción de raps, ya que entrega el aporte que se obtendrá en el procesamiento de las semillas para la generación de aceite. Además, Zaman *et al.* (2004) indican que el efecto generado por el suelo se debe al contenido nutritivo disponible, lo cual limita el contenido de grasa. Por otra parte, existe una alta demanda para su uso en la dieta de salmones, por el alto contenido de ácidos grasos Omega-3, en reemplazo del aceite de pescado. En general, los valores del porcentaje de aceite en el grano de los genotipos estudiados resultaron más bajos que los informados en la literatura, lo cual podría explicarse por las altas temperaturas alcanzadas en la etapa de maduración de las plantas. Por ejemplo, el listado de cultivares de polinización abierta e híbridos primaverales comerciales de raps muestra valores entre 48% y 50% de aceite en la semilla. Además, esto podría explicarse por el ciclo vegetativo más corto de los raps de primavera. La existencia de la interacción G x A (suelo) obliga a ser cuidadoso en la selección del

cultivar a establecer para cada condición de suelo, para de esta forma explotar positivamente su presencia.

Conclusiones

Las evaluaciones agronómicas efectuadas al cultivo de raps de primavera mostraron que algunos de los genotipos estudiados, como 'Gladiator' y 'Salsa', aumentaron su altura de planta en un 25% a 30% en comparación con la descripción oficial, alcanzando alturas cercanas a los 2 m. La estructura de planta mostró algunas modificaciones en el Ultisol, y la mayoría de los genotipos presentó un incremento en el número de ramas laterales y número de semillas por silicua. En el Andisol, se observó una reducción en el número de ramas laterales y un incremento en el número de silicuas por rama en todos los genotipos estudiados. Se presentaron efectos interacción G x A (suelo) para el rendimiento de grano por planta. El mayor rendimiento en el Ultisol correspondió al genotipo 'Ability'. En el Andisol, no existieron diferencias entre los genotipos estudiados. Se mostraron efectos de interacción G x A (suelo) para el porcentaje de aceite en la semilla.

Literatura citada

- Andrés-Meza, P.; Vásquez-Carrillo, M.; Sierra-Macías, M.; Mejías-Contreras, J.; Molina Galán, J.; Espinosa-Calderón, A.; Gómez-Montiel, N.; López-Romero, G.; Tadeo-Robledo, M.; Zeina-Córdoba, P.; Cebada-Merino, M.
2017. Genotype-environment interaction on productivity and protein quality of synthetic tropical maize (*Zea mays* L.) varieties. *Interciencia*, 42 (9): 578-585.
- Besoain, M.
1999. Los suelos volcánicos y la fertilización fosfatada. In: Besoain, M.; Rojas, C.; Montenegro, A. (Eds). *Las rocas fosfóricas y sus posibilidades de uso agrícola en Chile*. Colección libros INIA. Santiago, Chile. Pp. 13-21.
- Bybordi, A.
2010. Effects of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Notulae Scientiae Biologicae*, 2:81-83.
- Castellarín, J.; Pedrol, H.; Andriani, J.; Salvagioti, F.
2005. Influencia de elementos climáticos-precipitaciones, temperatura y radiación sobre el rendimiento y las enfermedades del cultivo de trigo en Oliveros (Santa Fe). Campaña 2004/2005. EE-Oliveros INTA. Argentina. *Para Mejorar la Producción*, 28: 8 – 12
- Dolinassou, S.; Noubissí, J.B.T.; Mamoudou, M.; Nguimbou, R.M.; Njintang, N.Y.
2017. Genotype x environment interactions and oil content stability analysis of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Northern Cameroon. *Journal Plant Breeding and Crop Science*, 9 (4): 45-53.
- Escobar, M.; Berti, M.; Matus, I.; Tapia, M.; Johnson, B.
2011. Genotype x environment interaction in canola (*Brassica napus* L.) seed yield in Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71 (2): 175-186.
- Huhn, M.; Leon, J.
1985. Phenotypic yield stability depending on plant density and on mean yield per plant of winter rapeseed varieties and of their F1 and F2-generations. *Journal Agronomy Crop Science*, 162: 172-179.
- Kuchtova, P.; Baranyk, P.; Vasak, J.; Fabry, J.
1996. Yield forming factors of oilseed rape. *Rosling Oleiste*, 17: 223-234.
- Long, Y.; Shi, J.; Qiu, D.; Zhang, C.; Wang, J.; Hou, J.; Zhao, J.; Shi, L.; Park, Beom-Seok; Choi, S. R. Y.; Lim, P.; Meng, J.
2007. Flowering time quantitative trait loci analysis of oilseed *Brassica* in multiple environments and genome wide alignment with *Arabidopsis*. *Genetics*, 177: 2433-2444.
- López-Salinas, E.; Tosquy-Valle, O.; Villar-Sánchez, B.; Acosta-Gallegos, J.; Rodríguez-Rodríguez, J.; Andrés-Meza, P.
2015. Rendimiento y estabilidad de líneas mejoradas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38 (2): 173-181.
- Marjanovic-Jeromela, A.; Marinkovic, R.; Mijic, A.; Jankulovska, M.; Zdunic, Z.; Nagl, N. 2008. Oil yield stability of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73 (4): 217-220.

- Marjanovic-Jeromela, A.; Nagl, N.; Gvozdanic-Varga, J.; Hristov, N.; Kondić-Špika, A.; Marinković, M.
2011. Genotype by environment interaction for seed yield per plant in rapeseed using AMMI model. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 46 (2): 174-181.
- Mora, M.; Alfaro, M.; Williams, P.; Stehr, W.; Demanet, R.
2004. Effect of fertilizer input on soil acidification in relation to growth and chemical composition of a pasture, and animal production. *Revista de las Ciencias del Suelo y Nutrición Vegetal* 4 (1): 29-40.
- Nassimi, A.; Raziuddin, W.; Naushad, A.
2006. Heterotic studies for yield associated traits in *Brassica napus* L. using 8x8 diallel crosses. *Pakistan Journal Biological Sciences*, 9: 2132-2136.
- ODEPA.
2017. Información nacional de superficie sembrada, producción y rendimientos anuales. Estadísticas productivas. Disponible en <http://www.odepa.cl/estadísticas/productivas>. Consultado: 25/8/2018.
- Okuno, C.; Kikuchi, F.; Kumagai, K.; Shiyomi, M.; Tabuchi, H.
1971. Evaluation of varietal performance in several environments. *Bulletin National Institute Agriculture*, 18: 93-147.
- Pinilla, H.; Bravo, C.; Sanhueza, H.
2010. Requerimiento de potasio de un híbrido y un cultivar de canola (*Brassica napus*) cv. Oleifera y su efecto en la producción en dos suelos Andisoles de la Región de La Araucanía. *IDESIA*, 28 (3): 81-86.
- Roozenboom, K.; Schapaugh, T.; Tuinstra, M.; Vanderlip, R.; Milliken, G.
2008. Testing wheat in variable environments: Genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. *Crop Science*, 48: 317-330.
- Shafti, B.; Malher, K.A.; Price, W.J.; Auld, D.L.
1992. Genotype x environment interaction effects on winter rapeseed yield and oil content. *Crop Science*, 32: 922-927.
- Soil Survey Staff.
1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report, vol. 42. USDA SCS. Washington DC, USA. 700 p.
- Solano, J.; Barriga, P.; Krarup, H.; Figueroa, H.
1998. Estabilidad temporal del rendimiento de genotipos mutantes de trigo, mediante el modelo de interacción multiplicativa y efectos principales aditivos (AMMI: Additive Main effect and Multiplacative Interaction model). *Agro Sur*, 26 (2): 19-32.
- Vizgarra, O.; Beebe, S.; Morales, F.; Bellone, C.; Ploper, D.
2012. Interacción genotipo por ambiente en cultivares de poroto para el Noroeste Argentino. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 89 (2): 25-36.
- Weber, E.; Bleiholder, H.
1990. Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von mais, raps, faba-bohne, sonnenblume und erbsen - mit A-bildungen. *Gesunde Pflanzen*, 42: 308-321.
- Yan, W.; Kang, M.; Ma, B.; Woods, S.; Cornelius, P.
2007. GGE biplot vs AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47: 643-635.
- Zaman, H.; Asghar, M.; Farrukh, M.; Aziz, I.
2004. Effect of different potassium fertilization levels on growth, seed yield and oil contents of canola (*Brassica napus* L.). *International Journal of Agriculture and Biology. Pakistan*, 6: 557-559.

