

RENDIMIENTO DE GRANOS Y COMPONENTES QUÍMICOS DE MOSTAZAS SEMBRADAS EN ARGENTINA

GRAIN YIELD AND CHEMICAL COMPONENTS OF MUSTARDS PLANTED IN ARGENTINA

Paunero, Ignacio E. Estación Experimental Agropecuaria San Pedro· Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

*Correspondencia: paunero.ignacio@inta.gob.ar

Resumen

El objetivo de este escrito es sistematizar los resultados de rendimientos de granos y análisis químicos de mostazas sembradas en Argentina, realizados en el marco del Proyecto Nacional de Aromáticas del INTA, entre los años 2006 y 2022.

Se realizó el análisis de los rendimientos de granos y sus componentes; la composición de ácidos grasos, de materia grasa y glucosinolatos de los granos de las variedades comerciales y de otros materiales importados por los especieros como materia prima, y usados como semillas, sembrados en Argentina. Se las identificó con el nombre del país de origen y/o el especiero que la suministró y la variedad comercial. Se analizó el comportamiento del cultivar argentino Delfina INTA.

Las evaluaciones llevadas a cabo permiten asegurar la buena adaptación y rendimientos del cultivo de mostaza, similares a la de los principales países productores. El cultivar de mostaza amarilla Delfina INTA presenta características de rendimientos y químicas similares a otras mostazas amarillas importadas con las que fue comparada. Futuros estudios deberán ajustar el manejo agronómico y evaluar distintos sitios de la Argentina para aumentar los rendimientos de granos y determinar la influencia sobre las características químicas de cada lugar.

Palabras claves: *Sinapis alba*, *Brassica juncea*; ácidos grasos; glucosinolatos

Abstract

The objective of this paper is to systematize the results of grain yields and chemical analysis of mustards sown in Argentina, carried out within the framework of the National Aromatics Project of INTA, between 2006 and 2022.

The analysis of grain yields and their components; the composition of fatty acids, fatty matter and glucosinolates of grains of commercial varieties and other materials imported by spice growers as raw material, and used as seeds, sown in Argentina, was carried out. They were identified with the name of the country of origin and/or the spice supplier and the commercial variety. The performance of the Argentine cultivar Delfina INTA was analyzed.

The evaluations carried out allow assuring the good adaptation and yields of the mustard cultivar, similar to those of the main producing countries. The yellow mustard cultivar Delfina INTA presents yield and chemical characteristics similar to other imported yellow mustards with which it was compared. Future studies should adjust agronomic management and evaluate different sites in Argentina to increase grain yields and determine the influence on the chemical characteristics of each site.

Keywords: *Sinapis alba*, *Brassica juncea*; fatty acids; glucosinolates

Introducción

Los principales géneros y especies comerciales de mostaza (familia *Brassicaceae*) son: *Sinapis alba* L. sin. *Brassica hirta*, mostaza blanca o amarilla (MA); *Brassica juncea*, L. mostaza marrón (MM) y mostaza oriental; *Brassica nigra*, L. mostaza negra; *Brassica carinata*, L. mostaza etíope, entre otras (Government of Saskatchewan 2022).

Las mostazas se cultivan en Europa (Alemania, Francia, Reino unido, Hungría, República Checa, entre otros); en Asia (India, Indonesia, China, Sri Lanka); África (Marruecos, Nigeria); América del norte, en Canadá (principal exportador mundial), Estados Unidos (principal importador mundial) y México; Sudamérica (Chile y Argentina). La mostaza constituye la principal especie aromática a nivel mundial en cuanto a su volumen. Argentina importa anualmente una media de 500 toneladas (Bettencourt & Konopka, 1990; Arizio & Curioni, 2016).

El principal uso es para la fabricación del aderezo culinario llamado mostaza, que se utiliza para dar sabor a numerosos platos de la cocina internacional (Robalino Salazar, 2012). Las *Brassicaceae* se utilizan para la

producción de aceite comestible, en especial *B. rapa*, *B. napus*, *B. juncea* y *B. carinata* (Márquez Lema, 2008), para la elaboración de biodiesel (Gil Amores et al., 1996; Cardone et al., 2003; Nath et al., 2016); biofumigación para control de nemátodos y otros patógenos del suelo (Lazzeri et al., 2004, Bellostas et al., 2007; Lara Moya, 2019), recuperación de suelos contaminados por metales pesados (Rebaza Paredes, & Valverde Vásquez, 2019).

En medicina, en la prevención contra el cáncer, especialmente por la presencia de glucosinolatos (beta-tiogluco-sido-N-hidroxisulfatos) y sus productos de descomposición con atributos quimioprotectores (Murillo & Mehta, 2001; Uhl et al., 2004; Fahey, Zalcmann, Talalay, 2001; Vig et al., 2009). Tienen un importante papel en la prevención de enfermedades cardiovasculares, ya que reducen los niveles de colesterol total y de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en sangre, evitando su deposición en las paredes arteriales y, por tanto, disminuyendo el riesgo de arteriosclerosis (Vles & Gottenbos, 1989; Mensik & Katan, 1989). En programas de mejoramiento genético se ha conseguido desarrollar germoplasma con alto contenido en ácido oleico (Márquez Lema, 2008).

El aceite de mostaza es rico en tocoferol, un potente antioxidante, que actúa evitando la rancidez, siendo una ventaja cuando se preparan alimentos a base de harinas de esta especie. Las semillas también poseen compuestos fenólicos (Vetó-Kiszter, et al. 2009). Desde el punto de vista nutricional, los ácidos grasos linoleico y linolénico son esenciales y no pueden ser sintetizados por el hombre, por lo que es imprescindible que se consuman con la dieta (Gunstone, 1992). En las especies de la familia Brassicaceae, el aceite se caracteriza por presentar una gran cantidad de ácidos grasos monoenoicos de cadena larga: ácido eicosenoico (20:1) y ácido erúxico (22:1). Este último es el característico a la mostaza. Desde el punto de vista industrial, los aceites vegetales ricos en ácido erúxico se utilizan para la producción de lubricantes, plásticos y biodiesel (Gil Amores et al., 1996; Cardone et al. 2003; Nath, et al. 2016). Desde el punto de vista nutricional, en ensayos realizados en monos alimentados con dietas con 20 por ciento de aceite de mostaza (rico en ácido erúxico) durante un año tuvieron un efecto negativo en su salud presentando lipidosis cardíaca y lesiones necróticas en diversos órganos (Gopalan et al. 1974; Ackman & Loew 1977). En los humanos no está bien definido el efecto del ácido erúxico sobre la salud (Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria, 2019); todo el aceite de *Brassica* destinado al consumo humano en los países occidentales carece de este ácido graso. Según datos toxicológicos, la ingesta diaria admisible de ácido erúxico es de 500 mg/día para un adulto de peso medio. La cantidad de semilla a consumir para alcanzar la ingesta diaria admisible rondó los 5 gramos de semillas en distintas muestras analizadas (Food Standards Australia and New Zealand, 2003). López Arguello et al. (1999), en ensayos realizados en España, analizando mostazas europeas, encontró que el contenido de materia grasa osciló entre: 27,0 - 40,5 % y que el principal ácido graso de la mostaza, característico de las crucíferas, el erúxico (C22:1) obtuvo una concentración media de $27,7 \pm 5,24$ %, siendo inferiores a los reportados por la FAO (1991) y Abul-Fadl et al. (2011). Otros ácidos grasos predominantes fueron el oléico ($20 \pm 1,68$ %), linolénico ($16,3 \pm 1,95$ %) y linoléico ($15,3 \pm 4,16$ %), en proporciones semejantes a las aportadas por Wolff (1968) para los ácidos oléico y linoleico. La composición de ácidos grasos es benéfica para la salud humana por su contenido de ácidos grasos insaturados (FAO, 1991)

Los glucosinolatos, se encuentran en las plantas del orden de las Brassicaceae (Fahey et al. 2001). El contenido en glucosinolatos varía según la especie, el genotipo, el clima, el tipo de suelo, el manejo realizado y la fase de desarrollo en la que se encuentre la planta (Guillard & Allison, 1989; Ciska et al., 2000; Bellostas et al. 2004 y 2007; Charron et al., 2005; Cartea & Velasco, 2008). Los glucosinolatos por hidrólisis por acción de la enzima mirosinasa producen los isocianatos que tienen efectos nematocidas. En *Arabidopsis thaliana*, de la familia Brassicaceae se observaron diferencias significativas entre los órganos tanto en la concentración como en la composición de glucosinolatos. Las semillas latentes y en germinación presentaron la mayor concentración (2,5-3,3% en peso seco), seguidas de las inflorescencias, silicuas (frutos), hojas y raíces (Brown et al., 2003). Shilpa Gupta et al. (2012) estudiaron 97 cultivares de *B. juncea* y las diferencias entre el contenido en hojas y semillas. El total de glucosinolatos en semillas osciló entre 28,85 y 115,88 $\mu\text{mol/g}$ de tejido, con un valor medio de $69,39 \pm 0,26$. Mientras que en hojas osciló entre 0,82 y 102,30 con una media de $44,18 \pm 0,64$. Por su parte, Schilling & Friedt (1991) y Liu et al. (2020) encontraron una alta correlación del contenido de glucosinolatos en hojas y semillas, mientras que otros autores no encontraron relación (Giamoustaris & Mithen, 1995; Shilpa Gupta et al., 2012).

La mostaza tiene 23-30 % de proteínas; aceite fijo 29-40 %; carbohidratos 12-18 % , minerales 4 %. Una característica única es su alto contenido de mucílago. El mucílago es valorado por la industria de la mostaza como estabilizador en preparados de productos alimenticios (Patterson, 2016; Government of Saskatchewan, 2022).

La mostaza tiene posibilidades de cultivo en distintas regiones de la Argentina tanto en secano como bajo riego (Canullo & Sierra, 1984; Falasca & Ulberich, 2012). Puede ser una alternativa de cultivo invernal para pequeños productores de cultivos extensivos en la región pampeana (Paunero, 2006). Uno de los problemas señalados por los productores es que muchas veces se siembran como semillas los granos importados como materia prima mostaza, desconociéndose el nombre de la variedad y sus características químicas (Paunero 2006 y 2011).

Argentina produce granos y harina de mostaza que se utilizan para la preparación del aderezo denominado mostaza elaborada, en la preparación de carnes y otros alimentos, para usos en cosmética y medicina (Arizio & Curioni, 2016). Se estudió su uso potencial para la fabricación de biodiesel (Falasca & Ulberich, 2012; Torterolo, *et al.* 2009); el consumo en fresco de sus hojas en ensaladas (Paunero, 2014). Y se han realizado experiencias que usaron el rastrojo de mostaza como biofumigante, combinado con la solarización, obteniéndose buen control sobre diversos patógenos del

Alfonso *et al.* (2016) realizaron el análisis del contenido de lípidos en distintos momentos de cosecha utilizando el aparato Twisselmann (extracción con hexano) determinando que el máximo valor se obtuvo 16 días después de la madurez fisiológica de las semillas y fue de 27%, coincidiendo con los máximos rendimientos de granos obtenidos. Estos valores fueron superiores a los reportados por Gil Amores *et al.* (1996) que mencionan promedios del 23%.

Rakow *et al.* (2009) señalan rendimientos de 1910 kg.ha⁻¹, 100 cm de altura de plantas, 28,26 por ciento de materia grasa, peso de mil semillas de 6,12 gramos y un contenido de 155,2 μmol.g⁻¹ para el cultivar de MA Andante, en ensayos realizados en el oeste de Canadá. Actualmente, existen los cultivares Adagio y Yellow 80 que superan los rendimientos del cultivar Andante tomado como referencia (Government of Saskatchewan, 2022). En ensayos realizados en Estados Unidos, (Davis *s*, 2008; Brown *et al.*, 2005) determinaron rendimientos promedio de 1409 y 1334 kg.ha⁻¹, para los cultivares de MA Ida Gold y Andante, respectivamente. Ubicándose los rendimientos promedio de Estados Unidos entre 647 y 1111 kg.ha⁻¹ (NASS, 2015). La altura de plantas al inicio de la floración es inferior en las MA respecto a las mostazas marrones (MM), que a su vez son de ciclo más largo. Informes del Gobierno de Saskatchewan, Canadá (Government of Saskatchewan, 2011) señalan para los cultivares de MA Andante y MM Centennial una altura de 95 y 116 cm, porcentaje de materia grasa de 28,3 y 36,5 % y peso de mil semillas de 6,1 y 3 g, respectivamente. Siemens (2014) señala rendimientos promedio de diez años para Canadá de 933 kg.ha⁻¹, para mostazas en general. Menciona además que el contenido de materia grasa es mayor en MM (rango de 33,8 – 41,2 %) respecto a las MA (rango 25,1 – 34,7 %). Existiendo además mayor contenido de ácido oleico y ácido erúico y menor contenido de ac. linoleico en las MA, respecto a las MM. La composición de ácidos grasos del cultivar de MA Andante, principal mostaza que se cultiva en Canadá, fue de: C18:0 = 1 %; C18:1 = 26,8 %; C18:2 = 9,3 %; C18:3 = 10,3 % y C22:1 = 33,6 %. El contenido de glucosinolatos fue de 145 μmol.g⁻¹ (Government of Saskatchewan, 2016). Mientras que la composición del cultivar de MM Centennial fue: C18:0 = 1,2 %; C18:1 = 19,8 %; C18:2 = 21 %; C18:3 = 13,2 % y C22:1 = 23,2 %. Con un contenido de glucosinolatos de 100 μmol.g⁻¹, siendo el rango en las MM entre 84 – 119 μmol.g⁻¹.

El cultivar Ida Gold es un cultivar seleccionado por su alta adaptación a condiciones ambientales lluviosas del noroeste de Estados Unidos (Brown *et al.* 1998). Tiene una media de 55,5 días desde la siembra hasta el inicio de floración; una altura a cosecha de 129,02 cm y rendimientos de 1482 kg.ha⁻¹, sembrado utilizando labranza convencional y 1347 kg.ha⁻¹, en siembra directa. Siendo 27 % el contenido de materia grasa; 244,05 μmol.g⁻¹ los glucosinolatos totales y con una composición de ácidos grasos de: C18:0 = 1,1 %; C18:1 = 28,1 %; C18:2 = 10,2 %; C18:3 = 10,3 % y C22:1 = 31,7 % (University of Idaho, 2016). DuVal, (2015) en ensayos de fertilización nitrogenada, utilizando el mismo cultivar Ida Gold encontró variaciones según los niveles de fertilizante aportado. Los rangos registrados en el número de frutos por planta (N°fr.pt⁻¹), número de semillas por fruto (N° sem.fr⁻¹), peso de mil semillas (Pmilg) y rendimientos (kg.ha⁻¹) fueron:

N°fr.pt-1 = 56,9 – 87,8; N° sem.fr-1 = 3,6 – 4,6 ; peso de semillas 6,9 – 7,1 g y rendimientos entre 1532 – 2579 kg.ha⁻¹.

En un cultivar de MA europeo se encontró una altura de planta, N°fr.pt⁻¹, N° sem.fr⁻¹, Pmilg y rendimientos de: 133,4 cm; 79,4; 4,9; 5,4 g y 1200 kg.ha⁻¹, respectivamente, en ensayos con un distanciamiento entre filas de 45 cm, en un sitio con niveles de lluvias similares a San Pedro (Zajac *et al.*, 2011).

Se han estudiado los rendimientos y sus componentes en mostazas sembradas en San Pedro, Buenos Aires, en distintos años (Paunero, 2009, 2012a, 2014, ; Paunero & Polenta 2012; Paunero *et al.*, 2016). Se ha obtenido una mostaza argentina denominada Delfina INTA (Paunero 2012b). Se evaluaron los rendimientos de granos de mostaza en el campo experimental de la Universidad Nacional de Luján en distintas fechas de siembra y determinaron los mayores rendimientos en siembras efectuadas el 18 de junio (2561,7 kg.ha⁻¹) y el 14 de julio (2377,8 kg.ha⁻¹) sin diferencias entre ambas (García *et al.* , 2017). Se dispone de información no publicada de evaluaciones efectuadas en San Pedro y Tres Arroyos, en Buenos Aires; Paraná, Entre Ríos; Burruyacu, Tucumán y Gral. Roca, Río Negro.

El objetivo de este escrito es sistematizar los resultados de rendimientos de granos y análisis químicos de mostazas sembradas en Argentina, realizados en el marco del proyecto nacional de Aromáticas del INTA, entre los años 2006 y 2022.

Materiales y métodos

Se presentan los rendimientos de granos y sus componentes obtenidos en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) San Pedro, en distintas campañas y resultados de parcelas de evaluación obtenidos en: Chacra Experimental Integrada (CEI) Barrow, en Tres Arroyos, BsAs; Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEOC), en Tucumán; Escuela Agropecuaria CET 17, Gral. Roca (Río Negro) y EEA Paraná, Entre Ríos. El peso de mil semillas se analizó en el laboratorio de semillas de la EEA Pergamino de INTA.

Se realizó el análisis de la composición de ácidos grasos incluido el ácido erúsico, de materia grasa y glucosinolatos de los granos de las variedades comerciales y de otros materiales importados por los especieros como materia prima y usados como semillas. Se las identificó con el nombre del país de origen y/o el especiero que la suministró y la variedad comercial. Se indicó si era amarilla (MA) o marrón (MM).

Para los análisis de los ácidos grasos se utilizó la norma IRAM 5651:1997, el porcentaje de materia grasa S.S.S. por LPE. 0096 (Materia grasa–Método Butt) y el contenido de glucosinolatos ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) por la norma IRAM 14824:1995 para colza modificada. Las modificaciones fueron: peso de la muestra 0,1 g y Sephadex 2 ml. No se realizaron análisis de proteínas, u otros componentes.

En el cultivar Delfina INTA se determinó el contenido de glucosinolatos ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) en estado vegetativo, en plena floración y en las semillas, y la materia grasa (S.S.S.) y el contenido de glucosinolatos ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) en distintas localidades de Argentina.

Resultados y discusión

Los rendimientos de granos y sus componentes, de mostazas sembradas en la EEA San Pedro en distintos años se presentan en la Tabla 1 y los rendimientos obtenidos Chacra Experimental Integrada (CEI) Barrow, en Tres Arroyos, BsAs; Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEOC), en Tucumán; Escuela Agropecuaria CET 17, Gral. Roca (Río Negro),y EEA Paraná, Entre Ríos, en las Tablas 2 y 3, respectivamente.

La mayoría de los rendimientos estuvieron por encima del promedio nacional de Canadá de 933 kg.ha⁻¹ (Siemens, 2014), y el promedio para MA de Estados Unidos, que se ubicó entre 647 y 1111 kg ha⁻¹ (NASS, 2015). En los ensayos realizados en la provincia de Tucumán se obtuvieron los menores rendimientos, en Tres Arroyos y Gral. Roca fueron similares, mientras que en Entre Ríos fueron inferiores a los obtenidos en San Pedro, excepto en la siembra del 16 de junio de 2014 (Tablas 2 y 3).

En San Pedro, la altura de las plantas fue mayor en las MM y el peso de mil semillas fue menor, respecto a

las MA, similar a lo obtenido por Davis *et al.* (2008) y el Gobierno de Saskatchewan, Canadá (Government of Saskatchewan, 2016).

Rakow *et al.* (2009) señalan rendimientos de 1910 kg.ha⁻¹, 100 cm de altura de las plantas y peso de mil semillas de 6,12 gramos para el cultivar de MA Andante, en ensayos realizados en el oeste de Canadá. Davis *et al.* (2008) determinaron rendimientos promedio de 1334 kg.ha⁻¹. Mientras que Informes del Gobierno de Saskatchewan, Canadá (Government of Saskatchewan, 2011) señalan rendimientos de 1657 kg.ha⁻¹, con una altura de 95 cm, y peso de mil semillas de 6,1 g. Todos utilizando el mismo cultivar. Por su parte, en San Pedro, los rendimientos obtenidos por este cultivar fueron muy superiores (2663,4 kg.ha⁻¹), fue mayor la altura de las plantas (124 cm) y menor el peso de mil semillas (4,7 g). Siendo este último, mayor estadísticamente respecto a otras MA, sembradas en ese año (Tabla 1).

El cultivar Ida Gold obtuvo rendimientos de 2058,6; 2126,9 y 683,6 kg.ha⁻¹ en San Pedro, los años 2011, 2013 y 2014, respectivamente, superiores a los 1409 kg.ha⁻¹, obtenidos como promedio de once sitios de ensayo por Davis *et al.* (2008); excepto en el año 2014, en donde los rendimientos fueron inferiores por la influencia de factores climáticos (Paunero *et al.*, 2016). La altura de las plantas a cosecha también fue el doble que las registradas por los mismos autores, donde fue de 45 cm. En los mismos sitios de ensayos los rendimientos promedio obtenidos para el cultivar Andante (1334 kg.ha⁻¹), también fueron inferiores a los obtenidos en San Pedro. Comparando los rendimientos obtenidos en San Pedro, con los rendimientos obtenidos en el lugar donde fue obtenido este cultivar, los mismos fueron superiores a los señalados tanto para zonas de cultivo donde se utiliza labranza convencional, como en donde se realiza siembra directa; siendo las plantas cosechadas en San Pedro, de menor altura que las logradas en Estados Unidos, en los años 2013 y 2014 y de mayor altura en 2011 (University of Idaho, 2016).

El cultivar Delfina INTA no tuvo diferencias en los rendimientos, ni en ninguno de los componentes evaluados, excepto en el peso de mil semillas que fue inferior, con respecto al cultivar Andante, en el año 2013. Tampoco tuvo diferencias estadísticas con el cultivar Ida Gold, en el mismo año. El año 2014 fue afectado por factores climáticos.

El número de plantas a cosecha por metro lineal, tuvo variaciones en los distintos años, por diferentes condiciones de crecimiento, pero se encontró dentro del rango que permitió obtener los altos rendimientos presentados. El mayor número de plantas por unidad de superficie no influye en el Pmil(g), en rangos entre 86 y 119 plantas por metro cuadrado (Brown *et al.*, 2005). En San Pedro, la cantidad de plantas fue el doble de esos valores, por lo que pudo haber influido en el menor Pmil(g) de semillas obtenido. En este aspecto, también influye el ajuste en la fertilización nitrogenada (DuVal, 2015).

En el cultivar Ida Gold, respecto a lo medido por DuVal, (2015), se registró que el N°fr.pt⁻¹ fue superior en 2011 y 2013 e inferior en 2014, con rendimientos en la misma tendencia; el N° sem.fr⁻¹, salvo en 2011 estuvo por debajo, así como el Pmil(g).

En general, las MA cosechadas en San Pedro tuvieron menor altura, N° sem.fr⁻¹ y Pmil(g), que el cultivar utilizado por Zajac *et al.*, (2011), en Polonia, aunque similar a mayor N°fr.pt⁻¹, según los distintos años evaluados, probablemente por la menor densidad de plantación utilizada por estos autores.

Los resultados de los análisis químicos de las distintas mostazas sembradas en Argentina se presentan en la Tabla 4

Excepto en el cultivar Ida Gold, el contenido de materia grasa fue mayor en las mostazas marrones (MM) respecto a las mostazas amarillas (MA) en concordancia con lo encontrado por Siemens (2014); los rangos de variación estuvieron dentro de los valores encontrados por López Arguello *et al.* (1999) en mostazas europeas. El contenido de este componente encontrado en el cultivar Andante fue levemente superior al encontrado por los autores: Rakow *et al.* (2009); Government of Saskatchewan, (2011) y University of Idaho, (2016).

El ácido graso predominante fue el erúsico, característico de la mostaza, que fue superior a los valores registrados por López Arguello *et al.* (1999), en ensayos realizados en España, analizando mostazas europeas, y semejantes a los reportados por la FAO (1991) y Abul-Fadl *et al.* (2011) en estudios realizados en Egipto.

El ac. erúsico determinado en el cultivar Andante en San Pedro, fue superior al registrado en Canadá (Siemens, 2014), y al encontrado en el cultivar Ida Gold, en Estados Unidos (University of Idaho, 2016).

Se encontró mayor contenido de ácido oleico y ácido erúsico en las MA, con respecto a la MM Centenial, en concordancia con lo obtenido por Abul-Fadl *et al.* (2011) y Siemens (2014). Pero en los cultivares de MM Golden y Ruby los porcentajes de ácido erúsico fueron mayores a los de las MA, contrario a lo encontrado en otras MM por los citados autores.

La mostaza constituye una fuente de aporte desde el punto de vista nutricional, ya que posee un contenido muy bajo de ácidos grasos saturados, y provee en altas concentraciones ácidos grasos insaturados, de alto valor nutricional predominando los ácidos oleico, linoleico y linolénico (Wolff, 1968; López Arguello *et al.* 1999; Abul-Fadl *et al.* 2011).

El contenido más alto de glucosinolatos se observó en el cultivar Andante seguido por Delfina INTA e Ida Gold en las MA y Centenial, Ruby y Golden, en las MM. El cultivar Andante tuvo menos glucosinolatos que los determinados por Rakow *et al.* (2009) y Government of Saskatchewan, (2016), situación influenciada probablemente por el genotipo y las condiciones ambientales (Charron *et al.*, 2005). Los autores Guillard & Allison 1989, Ciska *et al.* 2000; Bellostas *et al.* 2004 y 2007; Cartea, M.E. & Velasco, P. 2008; Siemens, 2014 señalan que el contenido de glucosinolatos varía según el genotipo, el clima, el tipo de suelo, el manejo del cultivo y la fase de desarrollo en la que se encuentre la planta. También fueron muy inferiores los contenidos de este componente en el cultivar Ida Gold cosechado en San Pedro, respecto a los valores obtenidos en Estados Unidos (University of Idaho, 2016). Por su parte el cultivar de MM Centenial tuvo un contenido de glucosinolatos dentro del rango entre 84 – 119 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ registrado en Canadá por Siemens (2014). Siendo inferiores los contenidos de los cultivares Golden y Ruby, de origen japonés. Deberán continuarse los estudios químicos para confirmar estas tendencias, y determinar la influencia del genotipo, las condiciones ambientales y de manejo utilizadas.

El contenido de glucosinolatos en distintos momentos de desarrollo y/o partes de las plantas del cultivar Delfina INTA se presenta en la Tabla 5

Los valores determinados en las diferentes partes de las plantas estuvieron de acuerdo con Brown *et al.*, (2003) y Shilpa Gupta *et al.*, (2012) donde el total de glucosinolatos en semillas osciló entre 28,85 y 115,88 $\mu\text{mol/g}$, y por encima del valor medio; mientras que en hojas estuvo en los valores menores registrados por esos autores. También se encontró una alta correlación entre hojas y semillas (-0,88) en concordancia con Schilling & Friedt (1991) y Liu *et al.* (2020). Por estos resultados, en el caso de usarse la mostaza Delfina INTA para control de patógenos del suelo, deberían incorporarse al final del ciclo con los granos en plena madurez. El rastrojo que aporta al suelo es de un volumen total de entre 2.677 kg.ha^{-1} y 4.200 kg.ha^{-1} , con una elevada relación C/N lo que implica que son de lenta descomposición (García *et al.*, 2011). La distribución porcentual de la materia seca en los componentes aéreo, raíz y frutos (silículas) de las plantas de mostaza se midieron en San Pedro en la campaña 2006 Figura 1

La composición de los principales ácidos grasos de la mostaza Delfina INTA en distintos años se presenta en la Tabla 6

El contenido de ácido erúsico estuvo dentro de los valores encontrados por López Arguello *et al.* (1999), en ensayos realizados en España, analizando mostazas europeas, que varió entre: 27,0 - 40,5 % y en coincidencia con informes de FAO (1991), con rangos de variación entre años inferiores al 5 por ciento. Los ácidos grasos predominantes fueron el oléico, linolénico y linoléico, que fueron inferiores a los obtenidos por dichos autores que obtuvieron en oleico ($20 \pm 1,68$ %), linolénico ($16,3 \pm 1,95$ %) y linoléico ($15,3 \pm 4,16$ %). Posee un contenido muy bajo de ácidos grasos saturados (Tabla 6).

Los contenidos de materia grasa y glucosinolatos en la mostaza Delfina INTA, en distintos años en San Pedro, Buenos Aires se presentan en la Tabla 7

El contenido de materia grasa estuvo entre los valores de las mostazas europeas de entre 27,0 - 40,5 % (López Arguello *et al.* 1999) y los glucosinolatos entre los valores determinados por Shilpa Gupta *et al.* (2012) en semillas que osciló entre 28,85 y 115,88 $\mu\text{mol/g}$.

Los contenidos de materia grasa y glucosinolatos en la mostaza Delfina INTA, en distintas localidades de

Argentina se presentan en la Tabla 8

Se observan promedios y CV(%) del 29,16 y 10,48 % en la materia grasa y 97,5 y 20,67 % en el contenido de glucosinolatos. El contenido de materia grasa estuvo entre los valores de las mostazas europeas (López Arguello *et al.* 1999) y los glucosinolatos entre los valores determinados por Shilpa Gupta *et al.* (2012) y Brown *et al.*, (2003), con valores superiores en San Juan. Estas variaciones fueron debidas fundamentalmente a la interacción del genotipo con las condiciones ambientales de los distintos sitios y años evaluados. Los valores obtenidos fueron similares a otras MA con las que fueron contrastadas (Charron *et al.*, 2005; Paunero *et al.*, 2016).

Conclusiones

Las evaluaciones llevadas a cabo en San Pedro, provincia de Buenos Aires permiten asegurar la buena adaptación y rendimientos del cultivo de mostaza, similares a la de los principales países productores. El cultivar de mostaza amarilla Delfina INTA presenta características de rendimientos y químicas similares a otras mostazas amarillas importadas con las que fue comparada. Futuros estudios deberán ajustar el manejo agronómico y evaluar distintos sitios de la Argentina para aumentar los rendimientos de granos y determinar la influencia sobre las características químicas de cada lugar.

Tabla 1. Altura de plantas a cosecha y componentes del rendimiento, de mostazas sembradas en San Pedro. Años 2006-2014

Año	Origen, proveedor ó cultivar/color	N°pt*m ⁻²	N°fr*pt ⁻¹	N° sem*fr ⁻¹	Alt (cm)	Pmil(g)	Kg*ha ⁻¹
2006	Canadá, Engelmann SRL/(MA)	140	134,52	4,06	98,62	4,59	1511,7
2008	Canadá, Seis Erre S.A. (MA)	215 a	116 a	3,85 b	103,80 a	4,97	1381a
	Rep. Checa, Arisco S.A. (MA)	175 ab	147,70 a	3,825 b	119,12 a	5,05	1572a
	Sel. San Pedro (MA)	160 b	163,80 a	4,27 a	111,62 a	5,36	1620a
2010	Canadá, Unilever /(MA)	221,88 c	89,875 a	3,27 b	135 b	4,38 a	1381,9 a
	Canadá, Centenial/ (MM)	362,50 a	74,2 ab	10,72 a	184 a	2,63 d	1482,8 a
	Canadá, Seis Erre S.A. /(MA)	298,13 b	66,03 ab	3,47 b	118 b	4,07 b	699,4 b
	Canadá, Platario/ (MA)	283,13 b	88,4 a	3,62 b	133 b	4,16 b	677,6 b
	Sel. San Pedro/ (MA)	251,25 bc	60,18 b	3,4 b	114 b	3,84 c	451,9 b
2011	Estados Unidos, Ida Gold/(MA)	145,00 a	148,95 a	3,8 b	135 b	4,70 b	2058,6 a
	Canadá, Platario/ (MA)	128,10 a	150,05 a	3,84 b	139 b	3,98 c	1889,4 a
	Canadá, Seis Erre/ (MA)	145,60 a	132,85 ab	3,77 b	140 b	4,91 a	2196,7 a
	Canadá, Centenial/ (MM)	138,10 a	142,05 ab	8,72 a	175 a	1,88 d	1042,5 b
	Sel. San Pedro / (MA)	138,10 a	117,8 b	3,8 b	136 b	4,21 c	1774,8 a
2012	Japón, Golden/ (MM)	185,00 a	166,53 a	13,1 a	121 a	1,47 b	1653,4 a
	Japón, Ruby/ (MM)	150,00 a	286,13 a	12,82 a	118 a	1,63 a	2048,6 a
2013	Japón, Ruby/ (MM)	165,00 b	228,15 ab	11,95 a	139 a	1,47 d	3577,2 a
	Japón, Golden/ (MM)	158,90 b	250,48 a	9,35 b	144 a	1,17 e	2730,5 ab

Ref: N°pt*m-2= número de plantas por metro cuadrado; N°fr*pt-1= número de frutos por planta; N° sem*fr-1= número de semillas por fruto; Alt (cm)= altura de plantas en centímetros; Kg*ha-1= rendimiento en kilogramos por hectárea. Letras iguales en la misma columna, en el mismo año, indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre cultivares (Duncan $\alpha=0,05$).

Tabla 2. Altura de plantas a cosecha y componentes del rendimiento, de mostazas sembradas en San Pedro. Años 2006-2014

EEOC, Loc. La Cruz, Departamento Burruyacú; provincia de Tucumán	CEI Barrow, Tres Arroyos, provincia de BsAs		CET 17, Gral. Roca, provincia de Río Negro	
	Años			
Variable	2015	2016	2017	2022
Fecha de siembra	28 mayo	2 junio	01 junio	9 jun
Inicio de floración	5 agosto	18 agosto	16 sept	23 sep
Altura plantas (cm)	160	110	121	142
Fecha cosecha	26 noviembre	25 octubre	22 noviembre	30 noviembre
Ciclo siembra a cosecha	181	145	174	174
Rendimiento (kg*ha ⁻¹)	457	467	1205	1286
Responsables: Dr. Oscar N. Vizgarra; Ing. Agr. Diego E. Méndez. EEOC.			Responsable: Ing Agr Liliana B. Iriarte	Responsable: Prof. Soledad Eugeni

Tabla 3. Rendimientos obtenidos con el cultivar Delfina INTA en la EEA Paraná (Entre Ríos). Años 2014, 2015 y 2019.

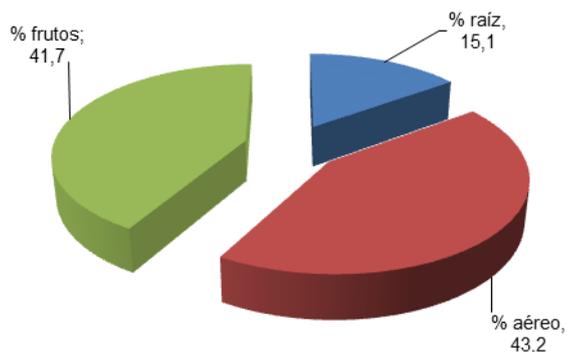
EEA Paraná. Loc. Oro Verde, Provincia de Entre Ríos		
Año	Fecha de siembra	Rendimiento (kg*ha ⁻¹)
2014	19-may	839
2014	16-jun	1215
2015	24-abr	526
2019	30-abr	651
2019	16-may	604
2019	5-jul	822
Responsable: Ing. Agr. Leonardo Coll		

Tabla 4. Resultados de análisis químicos de mostazas sembradas en Argentina. San Pedro, Buenos Aires. Años 2011 a 2022.

	República Checa Unilever (MA)	Canadá Platario (MA)	Canadá Seis Erre (MA)	Argentina Delfina INTA (MA)	Estados Unidos Ida Gold (MA)	Canadá Andante (MA)	Canadá Centenial (MM)	Japón Golden (MM)	Japón Ruby (MM)
Materia grasa S.S.S.	31,8	32,0	32,6	31,4	24,8	28,5	41,8	36,1	39,7
Ac Palmítico 16:0	3,0	3,2	3,1	3,1	3,1	3	3,1	2,5	2,5
Ac Esteárico 18:0	1,1	1,2	1,2	1,2	1	1	1,5	1,3	0,8
Ac Oléico 18:1	25,9	26,3	26,3	26,1	25,3	25,2	23,1	12,7	11,5
Ac. Linoléico 18:2	10,9	11,3	11,1	11,7	12	10,9	20,5	16,8	17,4
Ac Linolénico 18:3	10,9	11,0	11,2	10,9	10,5	10,9	14,1	11,8	11,9
Ac Araquidónico 20:4	0,7	0,7	0,7	0,8	0,1	0	0,9	0,0	0,0
Ac. Gadoléico 20:1	11,1	11,10	11,5	11,1	9,6	10,4	13,6	7,7	7,2
Ac Erúcido 22:1	34,8	33,6	33,5	33,4	36,2	34,3	21,8	43,8	46,5
Glucosinolatos µm/g	Sd	Sd	Sd	96,49	82,87	134	99	82	91

Tabla 5. Contenido de glucosinolatos en distintos estados fenológicos de mostaza Delfina INTA. San Pedro, Buenos Aires. Año 2011.

	Vegetativo*	Plena Florac.*	Semillas**
Promedio	5,49	9,48	89,17
Desv. Star.	0,38	1,08	16,71
CV (%)	6,92	11,39	14,90
Ref: * Promedio de tres repeticiones; ** Promedio de cuatro años			

Figura 1. Distribución de la materia seca de mostaza en el momento de la cosecha. San Pedro, Buenos Aires. Año 2006.**Tabla 6.** Composición de ácidos grasos de la mostaza Delfina INTA sembrada en San Pedro, BsAs, en distintos años.

Ácido graso	Años					CV (%) entre años
	2010	2011	2013	2021	2022	
Ac Palmítico 16:0	2,8	3,1	2,9	2,8	3,1	5,16
Ac Esteárico 18:0	1	1,2	1	1,1	1	8,44
Ac Oléico 18:1	25,6	26,1	24,2	23,7	23,8	4,45
Ac.Linoléico 18:2	9,8	11,7	10,4	10,0	11,1	7,46
Ac Linolénico 18:3	11	10,9	10,6	10,7	11,5	3,21
Ac. Gadoléico 20:1	10,8	11,1	10,3	10,3	9,6	5,49
Ac Erúcico 22:1	37	33,4	36,4	36,8	35,4	4,12

Referencias: CV (%): coeficiente de variación en porcentaje, entre años.

Tabla 7. Contenido de materia grasa y glucosinolatos en Delfina INTA, en distintos años, en San Pedro, Buenos aires.

	Años						CV (%) entre años
	2011	2013	2016	2017	2021	2022	
Materia grasa S.S.S.	31,4	29,8	30,5	32,2	37,1	26,5	11,12
Glucosinolatos $\mu\text{m/g}$	96,49	Sd	86,06	98,02	76,1	93	9,31

Referencia: Sd = sin datos.

Tabla 8. Contenidos de materia grasa y glucosinolatos en la mostaza Delfina INTA, en distintas localidades de Argentina

Componente	Localidad/año							
	Bs As San Pedro (Sta, Lucía)/ 2015	San Juan Jachal/ 2015	Tucumán Burruyacu/ 2015	Bs As Pergamino/ 2016	Bs As EEA San Pedro/ 2017	Córdoba Río Primero/ 2018	Bs As Tres Arroyos/ 2018	Catamarca Santa María/ 2018
Materia grasa S.S.S	30,3	28,3	25,5	29,4	32,2	24,7	31,6	31,5
Glucosinolatos $\mu\text{m/g}$	72,67	129,37	92,81	116,59	98,02	110,99	77,06	82,52

BIBLIOGRAFÍA

Abul-Fadl, M.M.; El-Badry, N.; Ammar, M.S. 2011. Nutritional and Chemical Evaluation for Two Different Varieties of Mustard Seeds. *World Applied Sciences Journal* 15 (9): 1225-1233.

Ackman, R.G.; Loew, F.M. 1977. The Effects of High Levels of Fats Rich in Erucic Acid (from Rapeseed Oil) or Cetoleic and Cetelaidic Acids (from Partially Hydrogenated Fish Oil) in a Short-Term Study in a Non-Human Primate Species. *European Journal of lipid science and technology* vol.79, n°1: 15-24. <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/15214133b/1977/79/1>

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria, 2019. Ácido erúxico, un contaminante presente en aceites y grasas vegetales. *Acsa brief*, 4p. https://acsa.gencat.cat/web/.content/50_Actualitat/Butlletins/acsaBrief/2019/016-ac.erucic/ACSA_Acid_CAST-V1.pdf

Alfonso, C.; Curioni, A.; García, M.; Cavallero, M.; Martire, C. ; Valerio I. 2016. Determinación del rendimiento y contenido de lípidos en mostaza blanca (*Sinapis alba* L) en cuatro fechas de cosecha. En: *Memoria técnica: Investigaciones en plantas aromáticas y medicinales*. Compiladores: Paunero, Spotorno, Poggi. Libro

digital. Ediciones INTA. pp: 43-46.

Arizio, O.; Curioni, A. 2016. Mostaza, un grano oleaginoso, aromático y medicinal. Análisis del mercado mundial y principales importadores regionales. *Horticultura Argentina* 35 (87):5-18.

Bellostas, N., Sørensen, J. C., & Sørensen, H. (2007). Profiling glucosinolates in vegetative and reproductive tissues of four Brassica species of the U-triangle for their biofumigation potential. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(8), 1586-1594.

Bellostas, N., Sørensen, J. C., & Sørensen, H. (2004). Qualitative and quantitative evaluation of glucosinolates in cruciferous plants during their life cycles. *Agroindustria*, 3(3), 5-10.

Bettencourt, E. & Konopka, J., 1990. Directorio de colecciones de germoplasma. Recopilación. 4: Hortalizas *Abelmoschus*, *Allium*, *Amaranthus*, *Brassicaceae*, *Capsicum*, *Cucurbitaceae*, *Lycopersicon*, *Solanum* y otras hortalizas. CIRE, Roma, Italia. 250 págs.

Brown, J.; Davis, J.B. & Esser, A. 2005. Pacific Northwest condiment yellow mustard (*Sinapis alba* L.) grower guide. Subcontract report - National Renewable Energy Laboratory. University of Idaho. [Online]. Available at <http://www.nrel.gov/docs/fy05osti/36307.pdf>.

Brown P.D., Tokuhisa J.G., Reichelt M., Gershenzon J. (2003) Variation of glucosinolate accumulation among different organs and developmental stages of *Arabidopsis thaliana*. *Phytochemistry* 62:471–481

Brown, J.; Davis, J.B.; Erickson, D.A; Brown, A.P. & Seip, L. 1998. Registration of 'IdaGold' yellow mustard. *Crop Science* 38(2):541

Canullo, G y Sierra, E. 1984. Zonificación agroclimática para el cultivo de la mostaza blanca (*Sinapis alba*) en la Argentina. F.A.UBA.

Cardone, M.; Mazzoncini, M.; Menini, S.; Rocco, V.; Senatore, A.; Maurizia Seggiani, M.; Vitolo, S. 2003. *Brassica carinata* as an alternative oil crop for the production of biodiesel in Italy: agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization, *Biomass and Bioenergy*, Volume 25, Issue 6: 623-636,

Cartea, M.E. & Velasco, P. 2008. Glucosinolates in Brassica foods: bioavailability in food and significance for human health. *Phytochem Rev* (2008) 7: 213. doi:10.1007/s11101-007-9072-2. Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11101-007-9072-2>

Charron CS, Saxton AM, Sams CE (2005) Relationship of climate and genotype to seasonal variation in the glucosinolate-myrosinase system. I. Glucosinolate content in ten cultivars of *Brassica oleracea* grown in fall and spring seasons. *J Sci Food Agric* 85:671–681.

Ciska, E., Martyniak-Przybyszewska, B., & Kozłowska, H. (2000). Content of glucosinolates in cruciferous vegetables grown at the same site for two years under different climatic conditions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(7), 2862-2867.

Davis, J. B. ; Lauver, M.; Brown, J. & Wysocki, D. 2008. 2008 Pacific Northwest mustard variety trial results. <https://www.cals.uidaho.edu/brassica/Variety-trial-info/MVTrep08.pdf> .

DuVal, Alyssa Susan. 2015. Applied Nitrogen Effects on Yellow Mustard (*Sinapis alba* L.) Production in the Willamette Valley. (Tesis M.Sc.). Oregon State University. 94 p.

Fahey JW, Zalcmann AM, Talalay P (2001) La diversidad química y la distribución de glucosinolatos e isotiocianatos entre las plantas. *Fitoquímica* , 56 (1), 5-51.

Falasca, S.L.& Ulberich, A.C. 2012. La mostaza blanca (*Sinapis alba*), fuente de biodiesel para Argentina. In: Estudios ambientales III: Tandilia y el sudeste bonaerense. 1a ed.- Tandil. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. pp:69- 78. (Ulberich, Ana, coord.)

FAO, 1991. Utilización de alimentos tropicales: semillas oleaginosas tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

Food Standards Australia and New Zealand 2003. Erucic acid in food. A toxicological review and risk assessment. Technical report series N° 21, June.

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):17-27-

García, M.; Alfonso, W.; Curioni, A.; Cavallero, M. y Bruno, M. 2011. Caracterización de rastrojo de mostaza blanca (*Sinapis alba* L.) en situación de cosecha mecanizada. *Horticultura Argentina* 30(133 ISSN de la edición on line 1851-9342 73): Sep.-Dic. 2011. XXXIV Congreso Argentino de Horticultura. En: Libro de resúmenes N° 453, pp133.

Giamoustaris A, Mithen R (1995) The effect of modifying the glucosinolate content of leaves of oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) on its interaction with specialist and generalist pests. *Ann Appl Biol* 126: 347-363.

Gil Amores A.; Vázquez C.A.; Dorado M P. 1996. “Tres cultivos para aprovechamiento energético” *Agricultura* 749 5p. Revista Agropecuaria Editorial Agrícola Española S.A. Madrid.

Gopalan, C.; Krishnamurthi, D.; Shenolikar, I.S. 1974. Myocardial Changes in Monkeys Fed Mustard Oil. *Nutrition and Metabolism* (1974) 16 (6): 352–365. <https://karger.com/anm/issue/16/6>

Government of Saskatchewan 2022. Saskatchewan Mustard Development Commission. Mustard Production Manual. <https://saskmustard.com/production-manual/index.html>

Government of Saskatchewan 2016. Varieties of Grain Crops 2016. <http://publications.gov.sk.ca/documents/20/83845-Varieties-Grain-Crops-2016.pdf>

Government of Saskatchewan 2011. Mustard Production Manual

Guillard, H. & Allison, D.W. 1988. Yield and nutrient content of summer and fall- grown forage Brassica crops. *Can. J. Plant Sci.* 68: 721-731.

Gunstone, F.D. 1992. Gamma linolenic acid—occurrence and physical and chemical properties, *Progress in Lipid Research*, Volume 31, Issue 2: 45-161.

Lara Moya, L.M. 2019. Evaluación del contenido de Isotiocianatos de los extractos vegetales de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), mostaza (*Raphanus raphanistrum* L.) y mastuerzo (*Tropaeolum majus*) y su actividad nematocida in vitro para el control de *Meloidogyne*. Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación para la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Universidad de Ambato. Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30550>

Lazzeri, L., Curto, G., Leoni, O., & Dallavalle, E. (2004). Effects of glucosinolates and their enzymatic hydrolysis products via myrosinase on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(22), 6703-6707.

Liu, S. , Huang, H. , Yi, X. , Zhang, Y. , Yang, Q. , Zhang, C. , Fan, C. and Zhou, Y. (2020) Dissection of genetic architecture for glucosinolate accumulations in leaves and seeds of *Brassica napus* by genome-wide association study. *Plant Biotechnol* <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7206990/>

López Arguello, E.; Barrera Vázquez, C. & Bosch Bosch, N. 1999. Estudio analítico de la composición en ácidos grasos de mostaza y salsas de mostaza. *Grasas y Aceites*, . 50(6):444-447. <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewFile/692/703>

Márquez Lema, A. 2008. Mejora genética del contenido en glucosinolatos en semillas de mostaza etíope (*Brassica carinata* A. Braun). Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, España.

Mensink, R. P., & Katan, M. B. (1989). Effect of a diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low-density and high-density lipoprotein cholesterol in healthy women and men. *New England Journal of Medicine*, 321(7), 436-441.

Mitidieri, M.S., Brambilla, M.V., Barbieri, M.O., Piris, E.B., Celie, R.E., Chaves, E. (2021). Tomato crop health, yield, and greenhouse soil conditions after 17 years of repeated treatments of biofumigation and solarization. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development* 8, 123-139 [https://doi.org/10.15377/2409-9813.2021.08.10\(2021\)](https://doi.org/10.15377/2409-9813.2021.08.10(2021)).

Mitidieri, M.S., Peralta, R., Barbieri, M.O., Brambilla, M.V., Piris, E.B., Sasia, F., Obregon, V.G., Vasquez, P.A., Iriarte, L.B., Reybet, G.E., Baron, C. (2017a). Biofumigation experiences in Argentina. *International Biofumigation Network*. <https://www.harper-adams.ac.uk/research/cipm/page.cfm?id=2>

Mitidieri M.S.; Brambilla M.V., Barbieri M.O., Piris E., Celié R., Paunero I., y Arpía E. (2017b). Tratamientos combinados de biosolarización y cianamidad cálcica en un invernadero hortícola. En: 4° Congreso Argentino

de Fitopatología 19, 20 y 21 de Abril de 2017. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/intasp-4tocaf-presentacion-mitidieri-b2041.pdf>

Murillo, G. y Mehta, RG (2001). Verduras crucíferas y prevención del cáncer. *Nutrición y cáncer* , 41 (1-2), 17-28.

Nass. 2015. United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service: national statistics for mustard. [Online]. Available at http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/result.php?8D042495-6492-34DB-8E55-4A6C0976686§or=CROPS&group=FIELD%20CROPS&comm=MUSTARD

Nath, U. K., Kim, H. T., Khatun, K., Park, J. I., Kang, K. K., & Nou, I. S. (2016). Modification of fatty acid profiles of rapeseed (*Brassica napus* L.) oil for using as food, industrial feed-stock and biodiesel. *Plant Breeding and Biotechnology*, 4(2), 123-134.

Patterson, C.A. 2016. Mustard: Protein, musilage, and bioactives. Research and commercialization. Final report for The Saskatchewan Mustard Development Commission. 147 p.

Paunero, I.E.; Gaetán, S.; Riquelme Virgala, M.; Bazzigalupi, O. 2016. Análisis del comportamiento agronómico y la calidad de los granos de germoplasma de mostaza. *Horticultura Argentina* 35 (86):5-18

Paunero, I.E. 2014. Evaluación de cultivares de mostaza marrón (*Brassica juncea*) en el noreste bonaerense. *Horticultura Argentina* 33(82) (resumen n° 379).

Paunero, I.E. & Polenta, G. 2012. Evaluación agronómica y química de germoplasma de mostaza. In: *Memoria técnica: investigaciones en mostaza, coriandro y otros.* - 1a ed. San Pedro, Buenos Aires. Ediciones INTA, p. 12- 14 (Paunero, I.E. ed.).

Paunero, I.E. 2012 a. Evaluación de germoplasma de mostaza, campaña 2011. *Horticultura Argentina* 31(76): (resumen n. 260)

Paunero, I.E. 2012 b. Delfina INTA: primer cultivar argentino de mostaza (*Sinapis alba* L.). *Horticultura Argentina* 31(76) (resumen n° 254.)

Paunero, I. E. (ed.) 2011. Análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del sector aromático argentino. 1a ed. San Pedro, Ediciones INTA, 2011. 32 p. - (Boletín de Divulgación Técnica n. 20)

Paunero, I. E. 2009. Evaluación de cultivares de mostaza (*Sinapis alba* L.) en San Pedro. Campaña 2008 [en línea]. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ip_0901.pdf

Paunero, I.E. (comp.).2006. Problemática del sector aromático en la región pampeana, año 2006. San Pedro, Bs.As., Ediciones INTA. p. 7-8.

Rakow, G.; Raney J. P.; Relf-Eckstein, J. & Rode, D. 2009. AC Pennant, AC Base and Andante yellow condiment mustard cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, 89(2): 331-336.

Rebaza Paredes, D. R., & Valverde Vasquez, K. J. (2019). Evaluación del potencial fitorremediador de la especie *Brassica juncea* (mostaza) en suelos contaminados con zinc y arsénico provenientes de relaves mineros.

Robalino Salazar, R. G. 2012. Cocina internacional conceptos y técnicas francesas utilizadas en diferentes productos. Tesis (Licenciado en Arte Culinario y Administración de Alimentos y Bebidas), Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Hospitalidad, Arte Culinario y Turismo; Quito, Ecuador. <https://repositorio.usf-q.edu.ec/handle/23000/2253>

Siemens, B.J. 2014. Quality of western Canadian mustard 2014. Canadian grain commission. 13 p.

Schilling W, Friedt W (1991) Breeding of 00-rapeseed (*Brassica napus* L.) with differential glucosinolate content in the leaves. Proc. 8th Int. Rapeseed Conf. Saskatoon, Canada.

Shilpa Gupta, Manjeet K Sangha, Gurpreet Kaur, Amarjeet K Atwal, Shashi Banga and Surinder S. Banga (2012) Variability for Leaf and Seed Glucosinolate Contents and Profiles in a Germplasm Collection of the *Brassica juncea*. *Biochem Anal Biochem* 1:120. <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/variability-for-leaf-and-seed-glucosinolate-contents-and-profiles-in-a-germplasm-collection-of-the-brassica-juncea-32856.html>

Tortero, M. K., Ovando, G. G., Sorlino, D., & De Haro Bailón, A. (2009). Ensayo comparativo de tres especies del género *Brassica* con potencial para la producción de biocombustibles en Córdoba, Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13.

Uhl, M., Kassie, F., Rabot, S., Grasl-Kraupp, B., Chakraborty, A., Laky, B., ... & Knasmüller, S. (2004). Efecto de vegetales *Brassica* comunes (coles de Bruselas y col roja) sobre el desarrollo de lesiones preneoplásicas inducidas por 2-amino-3-metilimidazo [4, 5-f] quinolina (IQ) en hígado y colon de ratas Fischer 344. *Revista de cromatografía B*, 802 (1), 225-230.

University of Idaho. 2016. Brassica and Breeding Research. (s.f.). *IdaGold. Yellow Condiment Mustard* (*Sinapis alba* L.). <https://www.cals.uidaho.edu/brassica/Variety-info/IDAGOLD.pdf>

Vető-Kiszter, A., Schuster-Gajzágó, I., & Czukor, B. (2009). Heat sensitivity of different mustard (*Sinapis alba* L.) genotype myrosinase enzyme. *Acta alimentaria*, 38(1), 17-26.

Vig, A. P., Rampal, G., Thind, T. S., & Arora, S. (2009). Bio-protective effects of glucosinolates—A review. *LWT-Food Science and Technology*, 42(10), 1561-1572.

Vles, R. O., & Gottenbos, J. J. (1989). Nutritional characteristics and food uses of vegetable oils.

Wolff, J.P. 1968. *Manuel d'analyse des corps gras*. París: Azoulay.

Zajac, T.; Oleksy, A.; Stoklosa, A.; Klimek-Kopyra, A. 2011. Comparison of morphological traits, productivity and canopy architecture of Winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) and white mustard (*Sinapis alba* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality* 84: 183-191.