

Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR, No 34 (19)

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación de la calidad nutricional de variedades nativas de maíz de Misiones, Argentina

*Nutritional quality assessment of corn landraces of
Misiones, Argentina*

*Avaliação da qualidade nutricional de variedades
nativas de milho de Misiones, Argentina*

Mónica Isabel Heck¹, Raquel Alicia Defacio¹, Marcelo
Edmundo Ferrer¹, Alfredo Gabriel Cirilo¹, Silvina Inés
Fariza¹, Adrián Darío De Lucia¹, Jorge Ariel Blaschik¹

¹ Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA)

monicaheck_81@yahoo.com.ar

Recibido: 15/11/2018 / Aprobado: 27/09/2019 / Publicado:
16/12/2019

Resumen

El maíz es uno de los cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial. En la provincia de Misiones la mayor parte del maíz cultivado corresponde a razas nativas que se adaptan a una gran variedad de situaciones ecológicas. La información acerca de la composición química de estos materiales es escasa. Con el objetivo de evaluar el potencial nutricional del germoplasma local se estudiaron 16 poblaciones nativas de maíz y 4 testigos. La concentración de proteína, aceite, almidón y amilosa y el perfil de ácidos grasos se determinaron mediante métodos validados por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. Los resultados obtenidos revelaron valores de 9,9 a 13,4% de proteína, de 3,81% a 6,11% de aceite, de 66,6% a 74,8% de almidón y de 20% a 24,6% de amilosa. Se observó una variación considerable en la composición de ácidos grasos, con valores medios de 13,4% de palmítico, 2,01% de esteárico, 35,6% de oleico, 48,2% de linoleico y 0,79% de linolénico. Se evidenció una capacidad diferencial de las poblaciones locales para aportar avances en los caracteres de calidad evaluados. La detección de materiales con características sobresalientes, demuestra el potencial genético presente en el germoplasma local y provee información valiosa para el mejoramiento genético y la revalorización de los recursos nativos.

Palabras clave: Variedades nativas; Composición química; Ácidos grasos

Abstract

Corn is one of the most important worldwide food crops. Most of the corn cultivated in Misiones province corresponds to landraces adapted to a great variety of ecological conditions. Information about the chemical composition of these materials is scarce. In order to evaluate the nutritional potential of local germplasm, 16 landraces and 4 controls were studied. The protein, oil, starch and amylose concentration and the fatty acid profile were determined by methods validated by the Association of Official Analytical Chemists. The results obtained showed values of 9.9 to 13.4% of protein, 3.81% to 6.11% of oil, 66.6% to 74.8% of starch, and 20% to 24.6% of amylose. Considerable variation was observed in the fatty acid composition, with average of 13.4% palmitic, 2.01% stearic, 35.6% oleic, 48.2% linoleic and 0.79% linolenic. Native populations showed a differential capacity to provide advances for the quality traits evaluated. Detection of materials with outstanding characteristics shows the genetic potential present in the local germplasm and provides valuable information for genetic improvement and acknowledgment of the value of native resources.

Keywords: landraces; chemical composition; fatty acids

Resumo

O milho é uma das mais importantes culturas alimentares em todo o mundo. Na província de Misiones, a maior parte do milho cultivado corresponde a raças nativas que se adaptam a uma grande variedade de situações ecológicas. Informações sobre a composição química desses materiais são escassas. Com o objetivo de avaliar o potencial nutricional do germoplasma local, foram estudadas 16 populações nativas de milho e 4 testemunhas. A concentração de proteína, óleo, amido e amilose e o perfil de ácidos graxos foram determinados por métodos validados pela Associação de Químicos Analíticos Oficiais. Os resultados obtidos revelaram valores de 9,9 a 13,4% de proteína, de 3,81% a 6,11% de óleo, de 66,6% a 74,8% de amido e de 20% a 24,6% de amilose. Uma considerável variação foi observada na composição dos ácidos graxos, com valores médios de 13,4% palmítico, 2,01% esteárico, 35,6% oléico, 48,2% linoléico e 0,79% linolênico. Populações nativas demonstraram capacidade diferencial para proporcionar avanços nas características de qualidade avaliadas. A detecção de materiais com características marcantes, demonstra o potencial genético presente no germoplasma local e fornece informações valiosas para o melhoramento genético e a revalorização dos recursos nativos.

Palavras-chave: variedades nativas; composição química; ácidos graxos

Introducción

El maíz (*Zea mays*, L.) es uno de los cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial. Es utilizado para la alimentación humana y animal, en forma de grano o forraje, además de sus múltiples aplicaciones industriales ([Singh et al., 2014](#)). Como todos los cereales, es rico en carbohidratos y desequilibrado en proteína, vitaminas y minerales ([Díaz Coronel et al., 2009](#); [Corcuera, 2012](#)). La composición química del grano puede variar en el

contenido y/o calidad de los distintos constituyentes, determinando su valor nutricional y propiedades tecnológicas finales. Esta variación depende de múltiples factores, algunos de ellos imponderables como el clima y el suelo y otros que pueden ser manipulados para conservar y/o mejorar los niveles de calidad del grano cosechado como el genotipo, el manejo del cultivo y el manejo postcosecha ([Corcuera, 2012](#)).

La provincia de Misiones presenta un contexto productivo, socioeconómico y ambiental que lo diferencia claramente del resto de la Argentina. La producción agropecuaria se desarrolla principalmente en explotaciones pequeñas de 10-25 hectáreas (41,7%) con un alto grado de diversificación ([INTA, 2009](#)). En general, los sistemas productivos son de poca inversión tecnológica, centrados en la utilización intensiva de mano de obra familiar y combinados con el uso inadecuado de los recursos naturales ([INDES, 2006](#)). La mayor parte del maíz cultivado corresponde a razas locales de diferentes tipos de textura, formas y color de grano, que se adaptan a una gran variedad de situaciones ecológicas y que satisfacen las necesidades y hábitos de alimentación de la población. Se han identificado al menos 14 razas nativas ([Cámara Hernández y Miente Alzogaray, 2003](#); [Melchiorre et al., 2006](#); [Bracco et al., 2012, 2013](#); [Cámara Hernández et al., 2012](#)) que difieren principalmente en las características de la mazorca y del grano. Sin embargo, hasta el momento no existe una descripción y valoración con el detalle pertinente de las mismas, ni información previa para caracteres de calidad nutricional que permitan delinear procedimientos orientados al aprovechamiento y conservación de la variabilidad genética local.

En los últimos cincuenta años, el maíz argentino ha experimentado pérdidas significativas en su calidad física y química, como consecuencia indirecta del uso de un esquema de mejoramiento centrado en los rendimientos ([Abdala et al., 2018](#)). Mientras que la vitreosidad, la concentración de proteína y el aceite disminuyeron, las concentraciones de almidón y amilosa aumentaron ([Abdala et al., 2018](#); [Caballero-Rothar et al., 2019](#)). Teniendo en cuenta el uso predominantemente alimenticio del maíz en la provincia, el mejoramiento de las propiedades nutricionales del grano tendría un valor significativo para el usuario final, permitiendo diversificar y otorgar valor agregado al cultivo, beneficiando a los agricultores sin la necesidad de modificar sus hábitos de alimentación. El contenido de aceite y proteínas, la estructura del almidón, el balance de aminoácidos y la composición de ácidos grasos constituyen objetivos importantes para el mejoramiento local debido al gran impacto que tienen en la nutrición humana y animal,

la salud y las aplicaciones industriales. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la variabilidad existente en caracteres de calidad bioquímica en poblaciones locales de maíz de la provincia de Misiones e identificar materiales con valor promisorio en términos de valor nutricional para el mejoramiento y/o uso directo.

Materiales y métodos

Se evaluaron diversos parámetros de calidad bioquímica en 16 poblaciones locales de maíz originarias de la provincia de Misiones, 3 testigos comerciales de uso local y un híbrido de alta calidad proteica (QPM) proveniente del cruzamiento de dos líneas del CIMMYT (CML161 y CML165). La elección del material vegetal utilizado se realizó considerando diferentes orígenes, sitios, fechas de colecta y formas raciales ([Tabla 1](#)).

Tabla 1. Poblaciones nativas de maíz de la provincia de Misiones.

Nº	Población	Forma racial	Orige
P1	MNES01	Catete oscuro	Mbya gua
P2	MNES02	Avatí morotí ti	Mbya gua
P3	MNES03	Avatí morotí mitá	Mbya gua
P5	MNES05	D. amarillo marlo fino	Product
P6	MNES06	Dentado amarillo	Product
P7	MNES07	Cravo	Product
P8	MNES08	Semidentado	Product
P9	MNES09	Dentado amarillo	Product
P10	MNES010	Dentado blanco	Product
P11	ARZM05-002	Dentado amarillo	Product
P12	ARZM05-016	Avatí morotí	Product
P13	ARZM05-022	Dentado blanco	Product
P14	ARZM05-026	Cravo	Product
P15	ARZM05-030	Tusón	Product
P16	ARZM05-067	Avatí Morotí Ti	Mbya gua
P17	ARZM05-070	Avatí Morotí Mitá	Mbya gua
T18	Leales 25 plus	Cristalino	Testig
T19	Centralmex	Semidentado	Testig
T20	SH5090	Cristalino	Testig
T21	Hibrido QPM	Semicristalino	Testigo C

* Colecta realizada por el Grupo de Cultivos Anuales (EEA Cerro Azul) ** Materiales del Banco Activo de Germoplasma (EEA Pergamino).

Los materiales evaluados fueron sembrados el 12 de octubre de 2012 en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Cerro Azul, Misiones, sobre

un suelo Argiudol óxico del Orden de los Molisoles. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió en una parcela de dos surcos, de cinco metros de longitud distanciados 0,70 m entre sí. La densidad final fue de 57.200 plantas ha⁻¹. El suelo presentó alto contenido de calcio (15,29 meq/100g), potasio (0,22 meq/100g) y magnesio (4,23 meq/100g) y valores limitantes de materia orgánica (1,80%), fósforo (6,73 ppm) y nitrógeno (0,13%). Se realizó una fertilización a la siembra con 200 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-46-0) y en estadio V4 con 200 kg ha⁻¹ de urea. Los granos incluidos en las muestras utilizadas para el análisis de calidad nutricional se obtuvieron por cruzamientos controlados de al menos diez plantas por población y repetición. La cosecha de los materiales se realizó luego de alcanzada la madurez fisiológica, con una humedad entre el 20 y 25%. Las mazorcas cosechadas se dejaron secar a la sombra, sobre zarandas que permitieron el paso del aire hasta alcanzar una humedad de 14%. Para el armado de cada muestra se seleccionaron espigas granadas adecuadamente. Las mismas se desgranaron de forma manual, tomándose igual cantidad de grano por planta y armándose un pool para todas las semillas pertenecientes a una misma población y repetición. Teniendo en cuenta que el perfil de ácidos grasos puede cambiar con la posición del grano en la espiga ([Jellum, 1967](#), [Dunlap et al., 1995a](#)), para el análisis de la composición relativa de este carácter, se extrajeron 2 granos de la porción central de la espiga de 10 espigas por parcela.

Los análisis químicos fueron realizados por el Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelos y Agua de la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino de INTA, dentro del año de cosechada la muestra, utilizando métodos validados por la A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). La concentración de proteínas (PRO) se midió por el método de micro Kjeldhal ([AACC 46-13, 1995](#)), la concentración de aceite (ACE) se evaluó por extracción continua con solvente ([AACC 30-25, 1995](#)), la concentración de almidón (ALM) se determinó por el método de Dubois *et al.* ([1956](#)) y el contenido de amilosa (AMI) se midió según lo descrito por Knutson ([1986](#)) con modificaciones de Robutti *et al.* ([2000](#)). La extracción de aceite se realizó utilizando el método de extracción en frío con hexano cromatográfico en mortero y la esterificación por transmetilación directa *in situ* con catálisis alcalina ([Percibaldi et al., 1997](#)). El perfil de ácidos grasos se obtuvo por cromatografía gaseosa. Se identificaron los ácidos palmítico (PAL), esteárico (EST), oleico (AOL), linoleico (AL) y linolénico (ALN). Se calculó la relación amilosa/almidón (AMI/ALM), la relación ácido linoleico/linolénico

(AL/ALN), la relación ácido oleico/linoleico (AOL/AL) y la relación insaturados-saturados (IN:SAT).

Los datos se sometieron a un análisis de varianza para todas las variables evaluadas, seguido por el Test de DGC que permite crear grupos homogéneos excluyentes preservando las tasas de error ([Di Rienzo et al., 2002](#)). Se utilizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) y un análisis de clúster para clasificar las poblaciones y revelar la forma en que las variables individuales contribuyeron a la agrupación obtenida. Los Componentes Principales (CP) se calcularon a partir de la matriz de correlaciones entre los caracteres. Aquellas variables con un coeficiente de correlación mayor a 0,65 se usaron para discriminar entre poblaciones ([Sneath y Sokal, 1973](#)). La interpretación visual de los resultados se obtuvo mediante la construcción de un gráfico bidimensional, utilizando los dos primeros CP. El Análisis de Clúster se construyó basado en la matriz de distancias euclídeas estandarizadas y el método de encadenamiento UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using arithmetic Averages). La bondad de ajuste del dendrograma obtenido se determinó a través del coeficiente de correlación cofenética (CCC) ([Sneath y Sokal, 1973](#)). Todos los análisis fueron llevados a cabo usando el software estadístico Infostat Versión 2012 ([Di Rienzo et al., 2012](#)).

Resultados y discusión

Las poblaciones nativas evaluadas mostraron diferencias significativas para concentración de proteína, aceite, almidón y perfil de ácidos grasos (ácido oleico, linoleico y linolénico), evidenciándose materiales con un desempeño superior o igual a los testigos comerciales utilizados (Tabla [2](#) y [3](#)).

Tabla 2. Tipo de endosperma, Días a floración, Concentración de proteína, aceite, almidón, amilosa de las poblaciones nativas de maíz y testigos evaluados.

Población	Tipo de endosperma	Floración	Proteína	Ac
P1	Harinoso	73,3	11,37 ^a	5,
P2	Harinoso	74,8	11,63 ^a	4,
P3	Harinoso	70,6	11,87 ^a	5,
P5	Dentado	79,0	12,33 ^a	4,
P6	Dentado	79,8	11,83 ^a	4,
P7	Dentado	79,8	11,70 ^a	4,
P8	Semidentado	83,7	12,07 ^a	4,
P9	Dentado	79,2	12,10 ^a	4,
P10	Dentado	75,9	11,83 ^a	4,
P11	Dentado	77,9	11,73 ^a	4,
P12	Harinoso	81,0	10,50 ⁰	4,
P13	Dentado	79,6	11,87 ^a	5,
P14	Dentado	76,3	12,20 ^a	4,
P15	Semidentado	77,1	12,27 ^a	4,
P16	Harinoso	77,7	10,70 ⁰	4,
P17	Harinoso	61,8	11,90 ^a	4,
T18	Cristalino	70,0	12,07 ^a	4,
T19	Semidentado	81,6	12,47 ^a	4,
T20	Cristalino	70,4	11,47 ^a	3,
T21†	Semicristalino	70,0	10,83 ⁰	5,
Promedio		76,3	11,74 ^{**}	4,
Mínimo‡		58,0	9,90	
Máximo‡		92,0	13,40	
D.E.		6,8	0,71	
C.V.		8,9	6,03	

Los resultados se presentan como porcentaje de materia seca.

†Híbrido QPM. ‡ Valores mínimos y máximos obtenidos teniendo en cuenta todos los materiales evaluados y las 3 repeticiones/material. *, **, ***

Significante a $p < 0,05$, $0,01$ y $0,001$. ns: no significativo. Valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes $P < 0,05$.

La concentración de proteína varió de 9,90 a 13,40%, con un valor promedio de 11,74% ([Tabla 2](#)). Este parámetro varía de 8 al 11% del peso del grano entero en materiales no mejorados específicamente para esta característica ([FAO, 1993](#)). A nivel mundial los valores reportados para la concentración de proteína en maíz fluctúan, según la fuente consultada, entre 6,15 a 15,01% ([ILSI Argentina, 2006](#)) y entre 6 a 12% ([Corn Refiners Association, 2006](#)). De los materiales evaluados, el 80% presentó niveles superiores a los valores reportados por ILSI para materiales cultivados en Argentina (11,50%) y en Brasil (11,04%)(ILSI Crop Composition Database Version 5.0). Las poblaciones P5, P8, P9, P14 y P15 y los testigos T18 y T19 se destacaron por presentar un mayor nivel de proteína en sus granos ($> 12\%$).

La concentración media de aceite de los materiales evaluados fue de 4,79%, con un rango de variación de 3,81% a 6,11%. Los valores obtenidos se hallan por encima del 4,3% reportado a nivel mundial por la Corn Refiners Association (2006) y dentro del rango citado por ILSI a nivel mundial (1,74% y 5,56%) y nacional (2,68% y 5,56%) (ILSI Argentina, 2006). Si bien los valores reportados en el presente trabajo se encuentran por debajo del 6% recomendado para ser considerado como maíz de alto aceite (HOC), los tenores de aceite detectados en los materiales P3 (5,57%), P13 (5,31%) y el testigo QPM T21 (5,53%) sugieren una cierta ventaja comparativa en la alimentación humana y animal, pudiendo ser de gran utilidad en futuros programas de mejoramiento locales. La mayor ventaja del maíz HOC es su mayor eficiencia alimentaria (Lambert *et al.*, 1998). El aceite tiene 2,25 veces más contenido calórico por unidad de peso que el almidón (Singh *et al.*, 2014). Se han informado aumentos de hasta 16,8 kcal/lb de energía metabolizable por cada punto porcentual adicional de aceite en maíz (Adams *et al.*, 1994). Estos incrementos cobran importancia en la alimentación de aves, ganado lechero, cerdos y ovejas (Han *et al.*, 1987; Adams *et al.*, 1994; Saleh *et al.*, 1997; Lambert *et al.*, 1998; Singh *et al.*, 2014; Scott *et al.*, 2019) al reducir los costos de suplementación de las raciones (Corcuera, 2012; Scott *et al.*, 2019). El aumento de este nutriente es importante también para la alimentación humana debido a la calidad del aceite de esta especie (Paliwal, 2001; Wassom *et al.*, 2008). Además, al aumentar el tamaño del germen, la cantidad y calidad de proteínas de estos maíces aumentan, mejorando el balance nutricional (Lambert *et al.*, 1998; Singh *et al.*, 2014; Rajendran *et al.*, 2017), lo que resulta sumamente beneficioso para comunidades que utilizan el maíz para consumo en fresco y/o a través de productos derivados de la nixtamalización.

La concentración media de almidón (70,10%) coincide con los valores reportados por Corn Refiners Association (2006) que ubica el rango mundial para este carácter entre 61% y 78%. En el presente trabajo se detectaron 5 poblaciones con concentraciones medias por encima del 70% (P1, P2, P7, P8 y P12). Los valores obtenidos son similares a los hallados por Robutti *et al.* (2000) al evaluar 239 poblaciones locales de Argentina de diferentes tipo de endosperma y resultan superiores a los reportados por otros autores (Singh *et al.*, 2001; Berardo *et al.*, 2009; Pinto *et al.*, 2009).

La concentración de amilosa promedio, del total de las poblaciones analizadas (22,47%) fue menor a la reportada por Robutti *et al.* (2000) para poblaciones locales de Argentina (27,19%) y a la hallada por Pinto *et al.* (2009) en 20 variedades locales de maíz de Brasil (25,59%). Estas diferencias estarían asociadas con el ambiente de evaluación en el primer caso (ambiente templado vs. subtropical) y con la diversidad racial analizada en el segundo caso. Pinto *et al.* (2009) evaluaron variedades locales dentadas y semidentadas, sin incluir materiales harinosos como

los del presente trabajo. La concentración de amilosa aumenta en endospermas más duros ([Dombrink-Kurtzman y Knutson, 1997](#); [Robutti et al., 2000](#); [Caballero-Rothar et al., 2019](#)), lo cual explicaría los valores más elevados obtenidos por dicho autor.

La composición de ácidos grasos mostró una variación considerable en el germoplasma evaluado, observándose diferencias significativas en el contenido de ácido oleico, linoleico y linolénico ([Tabla 3](#)). Los valores resultan consistentes con los reportados por [Dunlap et al. \(1995a, 1995b\)](#) y [Egesel et al. \(2011\)](#). Las concentraciones medias de ácido esteárico (2,01%) están en el orden de lo reportado por ILSI a nivel nacional y mundial (1,83% y 1,90%), en tanto que las concentraciones medias de ácido palmítico (13,36%), son ligeramente superiores (12,6% y 12,5%). Por otra parte, los materiales evaluados presentaron una mayor concentración media de ácido oleico (35,61%) y menor concentración de ácido linoleico (48,22%) y linolénico (0,79%) con respecto a los reportados por ILSI a nivel mundial (26,5%, 56,7% y 1,38% respectivamente) y a nivel nacional (26,1%, 57,2% y 1,38% respectivamente). Estas diferencias estarían relacionadas principalmente con los factores ambientales preponderantes en cada ambiente analizado. La composición de ácidos grasos en maíz se ve afectada principalmente por la radiación solar interceptada por planta y la temperatura durante el llenado del grano ([Izquierdo et al., 2009](#); [Zuil et al., 2012](#)). Por lo general, aceites provenientes de regiones más cálidas, como la provincia de Misiones, presentan una mayor proporción de ácidos grasos saturados que aceites procedentes de climas más fríos ([Thompson et al., 1973](#); [Dunlap et al., 1995a](#); [Eyherabide et al., 2005](#); [Alezones et al., 2010](#)). A su vez, al aumentar la temperatura se incrementan la relación oleico-linoleico ([Canvin, 1965](#); [Eyherabide et al., 2005](#); [Izquierdo et al., 2008](#)) por modulación de la actividad de la enzima oleato desaturasa, que convierte el ácido oleico en ácido linoleico ([Garcés et al., 1992](#); [Aguirrezábal et al., 2009](#), [Izquierdo et al., 2009](#)). Teniendo en cuenta que los aceites con un mayor porcentaje de ácido oleico presentan una alta estabilidad oxidativa requerida para la fabricación de biocombustibles y productos alimenticios (formulación de grasas de fritura y margarinas entre otros) ([Zuil et al., 2012](#)) y un posible efecto hipocolesterolemico, el uso de prácticas de cultivo que aumentan la radiación solar interceptada por la planta y la temperatura durante el llenado del grano (manejo de la localidad, fecha y/o densidad de siembra), podrían ayudar a obtener aceites con un mayor porcentaje de este carácter.

Tabla 3. Composición de ácidos grasos de poblaciones nativas de maíz y testigos evaluados.

Población	PAL	EST	AOL	AL	ALN
P1	12,57	1,97	37,23 ^a	47,33 ^b	0,90
P2	13,43	2,07	35,70 ^a	47,97 ^b	0,83
P3	12,90	1,60	40,43 ^a	44,20 ^b	0,87
P5	13,40	1,83	33,87 ^a	50,10 ^b	0,80
P6	13,43	2,03	34,43 ^a	49,27 ^b	0,80
P7	12,93	2,27	37,63 ^a	46,40 ^b	0,77
P8	12,27	1,90	36,23 ^a	48,87 ^b	0,73
P9	14,60	2,03	35,03 ^a	47,57 ^b	0,77
P10	13,00	1,97	30,80 ^b	53,50 ^a	0,73
P11	13,40	2,30	37,27 ^a	46,37 ^b	0,67
P12	12,87	2,20	41,43 ^a	42,67 ^b	0,83
P13	13,97	2,43	39,73 ^a	43,10 ^b	0,77
P14	13,23	2,17	38,43 ^a	45,33 ^b	0,83
P15	14,37	1,90	31,47 ^b	51,53 ^b	0,70
P16	13,43	2,40	36,77 ^a	46,47 ^b	0,90
P17	13,27	1,90	30,53 ^b	53,37 ^a	0,90
T18	12,53	2,07	34,53 ^a	50,07 ^b	0,77
T19	13,53	1,93	35,80 ^a	48,13 ^b	0,60
T20	13,60	1,57	29,93 ^b	53,97 ^a	0,87
T21†	14,43	1,73	34,93 ^a	48,20 ^b	0,67
Promedio	13,36 ^{ns}	2,01 ^{ns}	35,61 ^{***}	48,22 [*]	0,79
Mín. ‡	11,60	1,20	25,40	35,80	0,60
Máx. ‡	16,10	4,00	44,90	60,00	1,00
D.E.	0,90	0,56	4,24	4,52	0,13
CV	6,75	27,67	11,91	9,37	13,33

Los resultados se presentan como porcentaje de materia seca.

†Híbrido QPM. ‡ Valores mínimos y máximos obtenidos teniendo en cuenta todos los materiales evaluados y las 3 repeticiones/material.

*, *** Significante a $p < 0,05$ y $0,001$. ns: no significativo.

Valores seguidos por la misma letra en la misma columna no difieren significativamente a $p < 0,05$.

PAL: ácido palmítico; EST: ácido esteárico; AOL: ácido oleico; AL: ácido linoleico; ALN: ácido linolénico; AL/ALN: relación ácido linoleico-linolénico; IN:SAT: relación insaturados-saturados.

El perfil de ácidos grasos obtenido muestra una relación adecuada entre grasas insaturadas y saturadas. La alta proporción de ácidos grasos mono y poli-insaturados en el maíz tiene efectos importantes sobre la salud ya que su consumo está asociado a disminuciones de las concentraciones séricas de colesterol y de la presión sanguínea ([Siri-Tarino et al., 2010](#)). Sin embargo, para un correcto funcionamiento del organismo, es necesario que la proporción de ácido linoleico (omega-6) y linolénico (omega-3) sea la adecuada (rango 4:1). En el aceite de maíz y otros aceites vegetales esta relación presenta un claro desequilibrio (10:1 o más) ([Olivera Carrión, 2006](#)). Los valores encontrados (62:1) responden a esta

tendencia, con resultados similares a los reportados por Corcuera (2012), aunque de mayor magnitud que los indicados por la Asociación Argentina de Grasas y Aceites (ASAGA) a nivel país (46:1) (Olivera Carrión, 2006). Teniendo en cuenta que estos ácidos grasos no son sintetizados por el cuerpo humano, resulta esencial incorporarlos a través de la dieta. Una relación desequilibrada en el aceite y la ingesta excesiva de ácido linoleico como el que se observa en comunidades que presentan al maíz como elemento esencial de su dieta pueden promover la patogénesis de enfermedades cardiovasculares, cáncer, enfermedades autoinmunes e inflamatorias (Olivera Carrión, 2006; Corcuera, 2012). Con relación a la nutrición animal, el maíz posee con respecto a las pasturas tradicionales un mayor contenido de ácido oleico y linoleico y menor concentración de linolenico (Morand-Fehr y Tran, 2001; Martínez Marín *et al.*, 2010). En cerdos y aves de corral, los ácidos grasos de la dieta se absorben sin cambios en el intestino, los poliinsaturados omega-3 y omega-6 no pueden sintetizarse y las concentraciones tisulares responden rápidamente a los cambios en la alimentación (Wood y Enser, 1997). El empleo de maíz en la dieta de aves ponedoras provoca un aumento del tamaño de los huevos y una mayor concentración de omega-6 y omega-3 como consecuencia del incremento en la ingesta de ácidos grasos poliinsaturados (Moraes y Vartorelli, 2006). En rumiantes el tejido graso contiene una mayor proporción de ácidos grasos saturados y menor de poliinsaturados, debido al proceso de biohidrogenación (BH) que ocurre en el rumen (Wood y Enser, 1997; Castillo *et al.*, 2013). Debido a que este proceso es afectado por la proporción de forraje/grano y el tipo y la cantidad de ácidos grasos (Noble *et al.*, 1974; Gerson *et al.*, 1985; Dhiman *et al.*, 1999), el sistema de producción y el plan nutricional utilizado tiene un impacto considerable en el perfil lipídico y la concentración del ácido graso linoleico conjugado (CLA), un componente de la grasa bovina con efectos beneficiosos para la salud humana (Dhiman *et al.*, 1999; Volpi Lagreca *et al.*, 2013). Se ha reportado una disminución del contenido de CLA y omega-3 en carne y leche al aumentar el nivel de suplementación (Duckett *et al.*, 1993; Jahreis *et al.*, 1997; Dhiman *et al.*, 1999; Dhiman *et al.*, 2005; Schor *et al.*, 2008; Daley *et al.*, 2010; Volpi Lagreca *et al.*, 2013; Marín *et al.*, 2017). Sin embargo, dependiendo del nivel de inclusión en la dieta y el tiempo de suministro, los efectos no serían tan marcados generando productos aceptables a nivel nutricional y sensorial (Duckett *et al.*, 1993; Depetris y Santini, 2006; Volpi Lagreca *et al.*, 2013). Teniendo en cuenta el potencial observado en el germoplasma local para estas características, sería posible obtener ganancias adicionales a través del mejoramiento para dichos caracteres. Considerando además, los

antecedentes favorables respecto al progreso obtenible por selección para perfil de ácidos grasos (Eyherabide *et al.*, 2005; Pollak y Scott, 2005) podría ser posible desarrollar materiales con un patrón adecuado de ácidos grasos para diferentes usos.

El ACP permitió explorar la diversidad presente e identificar patrones de agrupamiento en el germoplasma local. Al ubicar las poblaciones en un plano determinado por los dos primeros CP se pudo observar que las mismas se distribuyeron en los cuatro cuadrantes del biplot mostrando una gran variabilidad genética en la composición bioquímica de los granos (Figura 1). Los dos primeros CP explicaron el 56,7% de la variación total observada para los 13 caracteres de calidad analizados, siendo las variables con mayor distancia al origen las de mayor influencia en la clasificación de las poblaciones (Figura 2). De esta manera, el agrupamiento de los materiales se basó principalmente en el contenido de almidón ácido oleico (AOL), ácido linoleico (AL), ácido linolénico (ALN), ácido palmítico (PAL), la relación insaturados-saturados (IN:SAT), la relación oleico-linoleico (AOL/AL) y la relación linoleico/linolénico (AL/ALN). Mientras que caracteres como concentración de proteína, aceite, amilosa y ácido esteárico tuvieron un menor peso en la clasificación.

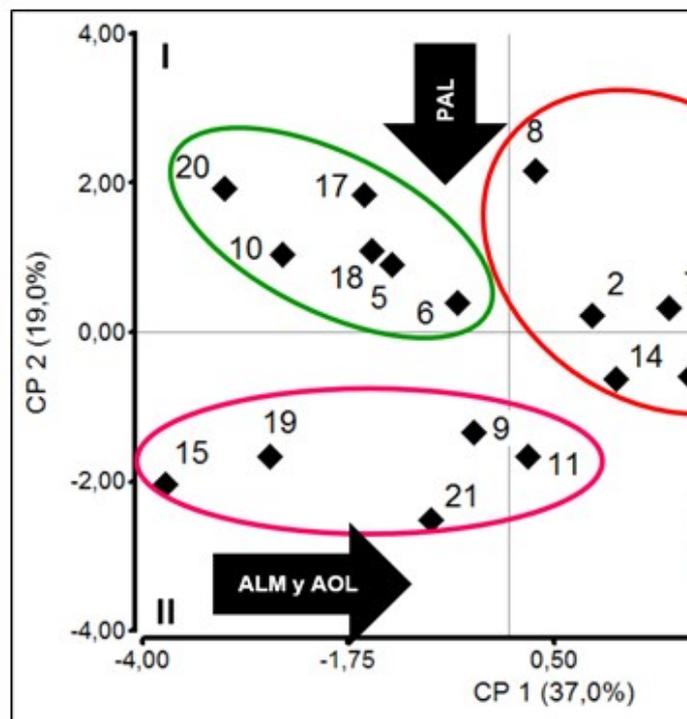


Figura 1. Análisis de componentes principales para caracteres de calidad nutricional en poblaciones locales de maíz de la provincia de Misiones.

Ref: Grupo 1 (rojo), Grupo 2 (azul), Grupo 3 (naranja), Grupo 4 (verde) y grupo 5 (rosa). La nomenclatura de las variables se detalla en Materiales y Métodos.

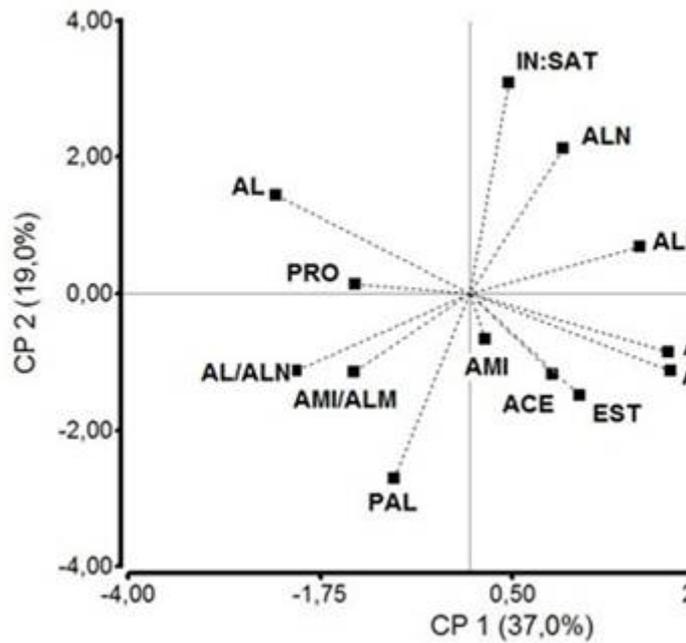


Figura 2. Proyección sobre el plano principal de las variables de calidad nutricional y su contribución en la separación de poblaciones nativas de maíz de la provincia de Misiones. La nomenclatura de las variables se detalla en Materiales y Métodos.

La estructura de agrupación obtenida con el ACP fue congruente con lo observado en el análisis de clúster ([Figura 3](#)). Con ambas técnicas se diferenciaron cinco grupos que reflejaron diferencias en el contenido de almidón y composición de ácidos grasos principalmente.

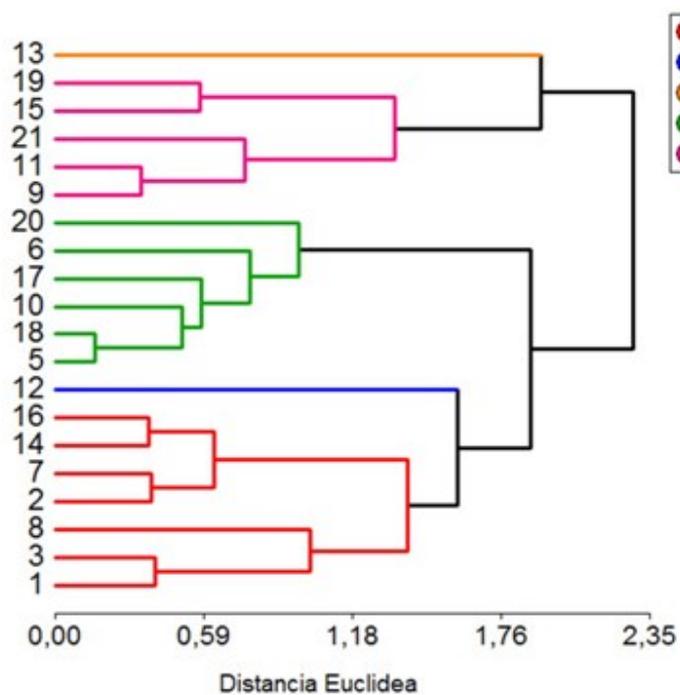


Figura 3. Análisis de clúster para variables de calidad nutricional en poblaciones locales de maíz de la provincia de

Misiones, utilizando distancias Euclídeas y método de encadenamiento UPGMA.

Las asociaciones carácter-población en cada cuadrante (I-IV) sugiere que las poblaciones ubicadas en el cuadrante III y IV (Grupo 1, 2 y 3) presentan granos con altos contenidos de almidón y ácido oleico, en tanto que las que se encuentran en los cuadrantes I y II (Grupo 4 y 5) exhiben una mayor concentración de ácido linoleico y una relación AL/ALN más desbalanceada. De estos materiales, las poblaciones con valores positivos en la CP2 (Grupo 1, 2 y 4) presentan una mayor proporción de ácido linoleico e insaturados totales (IN:SAT) y un menor contenido de ácido palmítico ([Figura 1](#)).

El cultivo por años de esas poblaciones en diferentes localidades y bajo diferentes condiciones de manejo podrían haber contribuido a generar las diferencias de composición entre variedades ([Osorno y Carena, 2008](#)), al igual que las correlaciones positivas o negativas con otras características bajo selección, tales como rendimiento, peso de mil granos, etc. ([Jaradat y Goldstein, 2013](#)).

Teniendo en cuenta que no existe información previa para caracteres de calidad nutricional en el germoplasma local, ni procesos de selección formal para los mismos, los resultados obtenidos en este trabajo proveen información valiosa para su utilización futura en programas de mejoramiento centrados en la mejora de estos caracteres. Tanto el ACP como el análisis de clúster muestran una clasificación preliminar de los materiales en grupos de diversidad genética similar, de manera que el mejorador puede decidir las mejores variedades a ser seleccionadas basadas en los caracteres de importancia ([Shegro *et al.*, 2013](#)). Del mismo modo, brinda información preliminar de cuales genotipos tienen una mayor probabilidad de tener éxito como parentales, disminuyendo el número de combinaciones posibles a ser usadas en un programa de mejoramiento para esos caracteres ([Osorno y Carena, 2008](#)). El siguiente paso deberá incluir el mejoramiento de estos nuevos grupos de diversidad genética a través de selección recurrente recíproca, lo que permitirá aumentar las respuestas heteróticas entre poblaciones. Además la incorporación del análisis de otros atributos de calidad adicionales, tales como contenido de carotenoides, tocoferoles y composición de aminoácidos, reviste también gran interés, si se tiene en cuenta el uso principalmente alimenticio que tiene el maíz en la región. Sin embargo al tratarse de resultados obtenidos en un ambiente y condición de manejo particular, sería conveniente la evaluación en nuevos ambientes y condiciones de manejo. Esto permitirá aumentar la

eficiencia de selección de las poblaciones, identificar materiales con adaptación a nichos específicos o a zonas más amplias y generar información para el ajuste y validación de protocolos de producción que permitan expresar además del potencial agronómico una mayor calidad definida en función de la demanda.

Conclusiones

Se evidenció una capacidad diferencial de las poblaciones locales para aportar avances en los caracteres de calidad evaluados. Se identificaron materiales con características sobresalientes en cuanto a concentración de proteína, almidón, aceite y en la composición de ácidos grasos. El potencial observado para los caracteres de calidad evaluados en el germoplasma nativo sugiere cierta ventaja comparativa en la alimentación humana y animal.

Los resultados obtenidos brindan información preliminar valiosa desde el punto de vista del mejoramiento genético y la revalorización de los recursos nativos. El empleo de técnicas multivariadas permitió la identificación y selección preliminar de poblaciones o grupos de poblaciones con características diferenciales para los caracteres de calidad evaluados, sentando las bases para futuros programas de mejoramiento locales.

Agradecimientos

Los autores agradecen especialmente a los productores, comunidades Mbya y al Banco de Germoplasma de Maíz (EEA INTA Pergamino) por cedernos para su estudio muestras de las poblaciones nativas de maíz evaluadas. Al Dr Rafael Moreira Soares (EMBRAPA SOJA) por sus valiosos aportes en la traducción del resumen al portugués.

Bibliografía

1. AACC. American Association of Cereal Chemists (1995) Approved Method of the AACC. 9th Edition, American Association of Cereal Chemists, St. Paul.
2. ABDALA, L. J.; VITANTONIO-MAZZINI, L. N.; GERDE, J. A.; MARTÍ RIBES, F.; MURTAGH, G.; BORRÁS, L. (2018) Dry milling grain quality changes in Argentinean maize genotypes released from 1965 to 2016. *Field Crops Research* 226:74–82.
3. ADAMS, M. H.; WATKINS, S. E.; WALDROUP, A. L.; WALDROUP, P. M. (1994) Utilization of high-oil corn in diets for broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research* 3:146-156.
4. AGUIREZÁBAL, L.; MARTRE, P.; PEREYRA-IRUJO, G.; IZQUIERDO, N.; ALLARD, V. (2009) Chapter 16: Management and breeding strategies for the improvement of grain and oil quality. In: *Crop Physiology. Applications for*

- genetic improvement and agronomy. ISBN:978-0-12-374431-9.
5. ALEZONES, J.; AVILA, M.; CHASAIGNE, A.; BARRIENTOS, V. (2010) Caracterización del perfil de ácidos grasos en granos de híbridos de maíz blanco cultivados en Venezuela. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 10(4), 397-404.
 6. BERARDO, N.; MAZZINELLI, G.; VALOTI, P.; LAGANA, P.; REDAELLI, R.(2009) Characterization of maize germplasm for the chemical composition of the grain. J. Agric. Food Chemistry, 57:2378-2384.
 7. BRACCO, M.; LIA, V.V.; HERNÁNDEZ, J.C.; POGGIO, L.; GOTTLIEB, A.M.(2012) Genetic diversity of maize landraces from lowland and highland agro-ecosystems of Southern South America: implications for the conservation of native resources. Annals of Applied Biology, 160:308-321.
 8. BRACCO, M.; LÍA, V.V.; POGGIO, L.; CÁMARA HERNÁNDEZ, J.A.; GOTTLIEB, A.M.(2013) Caracterización genética de razas de maíz autóctonas de Misiones, Argentina. Revista Ciencia y Tecnología, 20:52-60.
 9. CABALLERO-ROTHAR, N. N.; ABDALA, L. J.; BORRÁS, L.; GERDE, J. A. (2019) Role of yield genetic progress on the biochemical determinants of maize kernel hardness. Journal of Cereal Science 87 (2019) 301–310.
 10. CÁMARA HERNÁNDEZ, J. y MIANTE ALZOGARAY, A.M. (2003) Caracterización y clasificación en razas, de maíces nativos de la Provincia de Misiones, Argentina. In Proceedings of the IV Simposio de recursos genéticos para América Latina y el Caribe, Mar del Plata, Argentina.
 11. CÁMARA HERNÁNDEZ, J.; MIANTE ALZOGARAY, A.M; BELLÓN, R.; GALMARINI, A.J. (2012) Razas de maíz nativas de la Argentina. Ed. Fac. Agronomía, UBA. 174 pp.
 12. CANVIN, D. (1965) The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several seed crops. Can. J. Bot., 43, 63–69.
 13. CASTILLO V., J.; OLIVERA A., M.; CARULLA F., J. (2013) Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: una revisión. Rev. U.D.CA Actualidad & Divulgación Científica 16(2): 459-468.
 14. CORCUERA, V. R. (2012) Desarrollo y evaluación de nuevo germoplasma de maíz (*Zea mays L.*) para uso especial en argentina. Tesis presentada para optar al Grado de Doctor Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Valencia. 394p.
 15. CORN REFINERS ASSOCIATION (2006) Corn Oil, 5th ed., Corn Refiners Assoc. Inc., Wash. (DC), USA, 24 p.
 16. DALEY, C. A.; ABBOTT, A.; DOYLE, P. S.; NADER, G.A; LARSON, S. (2010) A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutrition Journal 9:10 <http://www.nutritionj.com/content/9/1/10>
 17. DEPETRIS, G.J. y SANTINI, F.J. (2006) Particularidades nutricionales del grano de maíz en la alimentación de bovinos de carne. En: Maíz y Nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal, ILSI Argentina, 2:28-31.

18. DHIMAN, T. R.; ANAND, G. R.; SATTER, L. D.; PARIZA, M. W. (1999) Conjugated Linoleic Acid Content of Milk from Cows Fed Different Diets. *Journal of Dairy Science* 82:2146–2156.
19. DHIMAN, T. R.; NAM, S.; URE, A. L. (2005) Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid Content in Milk and Meat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45(6):463-482.
20. DÍAZ CORONEL, G. T.; SABANDO ÁVILA, F. A.; ZAMBRANO MONTES, S.; VÁSCONEZ MONTÚFAR, G. H. (2009) Evaluación productiva y de calidad del grano de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades de la provincia de Los Ríos. *Ciencia y Tecnología*, 3:15-23.
21. DI RIENZO, J.A.; GUZMAN, A.W.; CASANOVES, F. (2002) A multiple-comparison method base on the distribution of the root node distance of a binary tree. *American Statistical Association and the International Biometric Society. Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 7(2):129-142.
22. DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA M.; ROBLEDO C.W. (2012) *InfoStat versión 2012*. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
23. DOMBRINK-KURTZMAN, M.A. y KNUTSON, C.A. (1997) A study of maize endosperm hardness in relation to amylose content and susceptibility to damage. *Cereal Chemistry*, 74(6):776-780.
24. DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem*, 28(3): 350-356.
25. DUCKETT, S. K.; WAGNER, D. G.; YATES, L. D.; DOLEZAL, H. G.; MAY, S. G. (1993) Effects of time on feed on beef nutrient composition. *Journal of Animal Science* 71(8):2079–2088.
26. DUNLAP, F.G.; WHITE, P.J.; POLLAK, L.M.; BRUMM, T.J. (1995a) Fatty acid composition of oil from adapted, Elite Corn Breeding Materials. *JAOCs*, 72(9):981-987.
27. DUNLAP, F.G.; WHITE, P.J.; POLLAK, L.M. (1995b) Fatty acid composition of oil from exotic corn breeding materials. *JAOCs*, 72(9):989-993.
28. EGESEL, C.O.; KAHRIMAN, F.; GÜL, M.K. (2011) Discrimination of maize inbreds for kernel quality traits and fatty acid composition by a multivariate technique. *Acta Sci Agron*, 33(4):613-620.
29. EYHERABIDE, G. H.; PERCIBALDI, N. M.; BORRÁS, F. S.; PRESELLO, D.A. (2005) Mejoramiento de la calidad nutricional del aceite de maíz mediante el desarrollo y selección recurrente intrapoblacional. *Actas VIII Congreso Nacional de Maíz*, 16 al 18 de noviembre de 2005. Rosario. Argentina. pp336-339.
30. FAO. 1993. *Maize in human nutrition*. 168 p. Roma, Italia.
31. GARCÉS, R.; SARMIENTO, C.; MANCHA, M. (1992) Temperature regulation of oleate desaturase in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. *Planta*, 186:461-465.

32. GERSON, T.; JOHN, A.; KING, A.S. (1985). The effects of dietary starch and fiber on the in vitro rates of lipolysis and hydrogenation by sheep rumen digesta. *The Journal of Agricultural Science*: 105:27–30.
33. HAN, Y.; PARSONS, C. M.; ALEXANDER, D. E. (1987) Nutritive Value of High Oil Corn for Poultry. *Poultry Science*, 66(1): 103–111
34. ILSI ARGENTINA 2006. Perfil de la composición de la producción del maíz cultivado en la Argentina. En: *Maíz y Nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal*, ILSI Argentina, 2:53-61.
35. ILSI CROP COMPOSITION DATABASE VERSION 5.0. www.cropcomposition.org
36. INDES. Instituto de Desarrollo Social y Promoción Humana (2006) Enfoque integral de chacras. Documento de Sistematización 2006. Instituto de Desarrollo Social y Promoción Humana. Posadas. Misiones. 36 p.
37. INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2009) Plan de Tecnología Regional 2009-2012. Centro Regional Misiones. Documentos Institucionales. Ediciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 72 p.
38. IZQUIERDO, N.G. Y AGUIRREZÁBAL, L.A.N. (2008) Genetic variability in the response of fatty acid composition to minimum night temperature during grain filling in sunflower. *Field Crops Research*, 106:116–125
39. IZQUIERDO, N.G.; AGUIRREZABAL, L.A.N.; ANDRADE, F.H.; GEROUDET, C.; VALENTINUZ, O.; PEREYRA IRAOLA, M. (2009) Intercepted solar radiation affects oil fatty acid composition in crop species. *Field Crops Research*, 114:66–74
40. JAHREIS, G.; FRITSCH, J.; STEINHART, H. (1997) Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. *Nutrition Research* 17(9):1479-1484.
41. JARADAT, A.A. y GOLDSTEIN, W. (2013) Diversity of maize kernels from a Breeding Program for protein quality: I. Physical, biochemical, nutrient, and color traits. *Crop. Science*, 53:956-976.
42. JELLUM, M.D. 1967. Fatty Acid Composition of Corn (*Zea mays* L.) Oil as Influenced by Kernel Position on Ear. *Crop Science*, 7(6):593-595.
43. KNUTSON C. A. (1986) A simplified colorimetric procedure for determination of amylose in maize starches. *Cereal Chemistry*, 63(2): 89-92.
44. LAMBERT, R. J.; ALEXANDER, D. E.; HAN, Z. J. (1998) A High Oil Pollinator Enhancement of Kernel Oil and Effects on Grain Yields of Maize Hybrids. *Agronomy Journal* 90(2): 211-215.
45. MARÍN, M. P.; MELÉNDEZ, P. G.; ARANDA, P.; RÍOS, C. (2017) Conjugated linoleic acid content and fatty acids profile of milk from grazing dairy cows in southern Chile fed varying amounts of concentrate. *Journal of Applied Animal Research* 46(1): 150-154.
46. MARTÍNEZ MARÍN, A. L.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M.; PÉREZ ALBA, L.; GÓMEZ CASTRO, G. (2010) Digestión

- de los lípidos en los rumiantes: una revisión. *Interciencia* 35 (4): 240-246.
47. MELCHIORRE, P.; BARTOLONI, N.; CÁMARA HERNÁNDEZ, J.(2006) Phenetic relationships among native races of maize (*Zea mays* ssp. *mays*) from North-eastern Argentina (Misiones). *Journal of Genetics and Breeding*, 60:173–182.
48. MORAES, L. y VARTORELLI, F.(2006)Particularidades nutricionales del grano de maíz en la alimentación de aves. En: *Maíz y Nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal.* ILSI Argentina, 2:39-41.
49. MORAND-FEHR, M. y TRAN, G. (2001) La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Productions Animales* 14: 285-302.
50. NOBLE, R. C.; MOORE, J. H.; HARFOOT, C. G. (1974) Observations on the pattern of biohydrogenation of esterified and unesterified linoleic acid in the rumen. *British Journal of Nutrition* 31:99–108.
51. OLIVERA CARRIÓN, M. (2006) Aporte nutricional de las principales formas de consumo del maíz en la alimentación humana. En: *Maíz y Nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal.* ILSI Argentina, 2:56-62.
52. OSORNO, J.M. y CARENA, M.J. (2008) Creating groups of maize genetic diversity for grain quality: implications for breeding. *Maydica*, 53:131-141.
53. PALIWAL, R.L. (2001) Usos del maíz. En: *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción.* Colección FAO: Producción y protección vegetal, Roma, Italia.
54. PERCIBALDI, N.M.; BORRÁS, F.S.; ROBUTTI, J.L. (1997) Método rápido de extracción y metilación para determinar ácidos grasos en mejoramiento genético del aceite de maíz. VI Congreso Nacional de Maíz, Pergamino; Argentina. 12 al 14 de noviembre de 1997.
55. PINTO, A.T.B.; PEREIRA, J.; OLIVEIRA, T.R.; PRESTES, R.A.; RODRIGUES MATTIELO, R.; MOTTIN DEMIATE, I.(2009) Characterization of corn landraces planed grown in the Campos Gerais Region (Paraná, Brazil) for industrial utilization. *Braz. Arch.Biol. Technol.*, 52:17-28.
56. POLLAK, L.M. y SCOTT, M.P.(2005) Breeding for grain quality traits. *Maydica*, 50: 247-257.
57. RAJENDRAN, A.; CHAUDHARYAN, D.; MAHAJAN, V. (2017) Corn oil research and improvement: A review. *Journal of Crop and Weed* 13(2): 247-252.
58. ROBUTTI, J.; BORRÁS, F.; FERRER, M.; PERCIBALDI, M.; KNUTSON, C.A. (2000) Evaluation of Quality factors in Argentine Maize races. *Cereal Chemistry*, 77(1):24-26.
59. SALEH, E.A.; WATKINS, S.E.; ENGLAND, J.A.; WALDROUP, P.W.(1997) Utilization of high oil corn in broiler diets varying in energy content. *J. Appl. Poultry Res.*, 6:107-115.
60. SCHOR, A.; COSSU, M. E.; PICALLO, A.; MARTÍNEZ FERRER, J.; GRIGERA NAÓN, J. J.; COLOMBATTO, D.

- (2008) Nutritional and eating quality of Argentinean beef: A review. *Meat Science* 79:408-422.
61. SCOTT, P.; PRATT, R. C.; HOFFMAN, N.; & MONTGOMERY, R. (2019) Chapter 10: Specialty Corns. In: *Corn*. 289–303 pp. doi:10.1016/b978-0-12-811971-6.00010-3.
62. SHEGRO, A.; LABUSCHAGNE, M.T.; SHARGIE, N.M.; VAN BILJON, A. (2013) Multivariate analysis of nutritional diversity in Sorghum landrace accessions from Western Ethiopia. *Journal of Biological Sciences*, 13(2):67-74.
63. SINGH, S.K.; JOHNSON, L.A.; POLLAK, L.M.; HURBURGH, C.R. (2001) Compositional, Physical, and Wet-Milling Properties of Accessions Used in Germplasm Enhancement of Maize Project. *Cereal Chemistry*, 78(3):330-335.
64. SINGH, N.; VASUDEV, S.; YADAVA, D.K.; CHAUDHARY, D.P.; PRABHU, K.V.(2014) Oil improvement in maize: potential and prospects. In: Chaudhary DP, Kumar S, Langyan, S (eds) *Maize: Nutrition dynamics and novel uses*. Springer. New Delhi, India.
65. SIRI-TARINO, P.W.; SUN, Q.; HU, F.B.; KRAUSS, R.M. (2010) Saturated fatty acids and risk of coronary heart disease: modulation by replacement nutrients. *Curr Atheroscler Rep*, 12:384-390.
66. SNEATH, P.H.A. y SOKAL, R.R. (1973) Numerical Taxonomy: The principles and practice of numerical classification. In: Freeman, W.H., & Co (eds.). San Francisco.
67. THOMPSON D, JELLUM M, YOUNG C. (1973) Effect of Controlled Temperature Environments on Oil Content and on Fatty Acid Composition of Corn Oil. *J Am Oil Chem Soc*, 50(12):540-542.
68. VOLPI LAGRECA, G.; PORDOMINGO, A.J.; ALENDE, M.; GARCÍA, P.T. (2013) Grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos de la carne de novillos con diferentes estrategias de recría o terminación. En: avances en calidad de carne bovina implicancias de la alimentación, la genética y el manejo. *Publicación Técnica N° 92:97-107*. Ediciones INTA. ISSN 0325-2132.
69. WASSOM, J.J; MIKKELINENI, V.; BOHN, M.; ROCHEFORD, T. R. (2008) QTL for fatty acid composition of maize kernel oil in Illinois High Oil x B73 backcross-derived lines. *Crop Sci.*, 48: 69-79.
70. WOOD, J. D. y ENSER, M. (1997) Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition* 78(1):49-60.
71. ZUIL, S.G.; IZQUIERDO, N.G.; LUJÁN, J.; CANTARERO, M.; AGUIRREZÁBAL, L.A.N. (2012) Oil quality of maize and soybean genotypes with increased oleic acid percentage as affected by intercepted solar radiation and temperature. *Field Crops Research* 127 (2012) 203–214