

La soja es el principal cultivo de la República Argentina tanto en producción como en superficie sembrada. La expansión de la soja superó a cualquier otro cultivo en la historia de la agricultura de nuestro país. La fuerte concentración en un radio de trescientos kilómetros alrededor del polo industrial y exportador de la zona de Rosario y sus puertos fluviales, representa una ventaja competitiva entre los países productores. Argentina cuenta con 51 plantas aceleradas y una capacidad de molienda de más de 95.000 toneladas. Alrededor de 22 establecimientos activos en Santa Fe suman el 95% de la capacidad diaria de molienda total del país, con 19 terminales portuarias. El complejo sojero tiene una orientación hacia el mercado externo ya que casi la totalidad de la producción se exporta.

A nivel mundial, Argentina es el primer exportador de aceites y harinas proteicas siendo su oferta muy superior a la de Brasil, que ocupa el segundo lugar. Además, es primer exportador mundial de biodiesel en base a aceite de soja y es tercer exportador de poroto luego de Estados Unidos y de Brasil.

Conocer la calidad de la soja de la principal zona productora del país es fundamental para estimar la calidad de los productos y subproductos industriales, y seguir la evolución a través del tiempo de sus principales parámetros: cantidad de proteína y aceite (materia grasa). Por esto, el personal del Laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas de la EEA Marcos Juárez, viene realizando desde hace 20 años un muestreo a la cosecha en acopios y cooperativas de la Región Núcleo Sojera en dos momentos, en soja de primera y de segunda siembra, para evaluar la calidad de la campaña de cada año. Es el único informe oficial que se publica ni bien finaliza la cosecha.

En este libro se sintetizan aspectos generales que hacen al cultivo de la soja tales como producción y exportación en Argentina y el mundo, importancia de la industria sojera a nivel global, complejo sojero y de biodiesel, demanda mundial, cadena de la soja y agregado de valor, integración vertical, productos proteicos, caracterización de procesos industriales, métodos de extracción de aceite, proceso de extrusión-prensado y usos en la alimentación humana, animal y en la piscicultura. Luego se realiza un análisis conjunto de la evolución de la proteína y el aceite en 20 años de análisis, calidad de cultivares con variedades destacadas en proteína y aceite, grano verde, grano dañado y composición bioquímica y nutricional de la soja. Finalmente se incluye lo publicado campaña por campaña sintetizando lo ocurrido en cada cosecha en lo que hace a producción, ambiente de cultivo, sanidad y calidad como se difundió a lo largo de los años.

Está destinado a los integrantes de la cadena de la soja, productores, acopiadores, industrias procesadoras, exportadores, criaderos de semilla, asesores agropecuarios, universidades, estudiantes, consumidores y a quienes sea de utilidad la información aquí generada.

El trabajo fue realizado en el Laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas del INTA-EEA Marcos Juárez, Centro Regional Córdoba.



Secretaría de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

Calidad de la Soja Argentina - Región Núcleo-Sojera - 20 años

Martha B. Cuniberti

Calidad de la Soja Argentina Región Núcleo-Sojera

Martha B. Cuniberti

20 AÑOS
DE CALIDAD
EN SOJA

INTA Ediciones

Colección
DIVULGACIÓN



Dr. Martha Beatriz Cuniberti

Ingeniera Química y Dra. en Ciencias Agropecuarias de la Escuela para Graduados de la UNC. Especialista y referente nacional e internacional en calidad de trigo y soja. Jefa y Directora Técnica del Lab. de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas del INTA de Marcos Juárez, Córdoba. Realizó becas y pasantías de capacitación internacionales en el CIMMYT, México, EE.UU., Austria, Canadá, Australia, España, Italia, Chile y Brasil. Autora de más de 600 trabajos de investigación y divulgación, 4 libros, 7 capítulos de libros internacionales y 15 capítulos de libros nacionales a lo largo de su trayectoria profesional de 38 años en el INTA. Desde el año 1995, Miembro del Comité de Cereales de Invierno de la CONASE, INASE. Miembro de la Asociación de la Cadena de la Soja Argentina, ACSOJA. Jurado y Dirección de tesis y tesis de Maestría y Doctorados. Evaluadora de artículos científicos en Revistas y Congresos. Revisora de proyectos nacionales e internacionales. Actuó como consultora en Brasil, Chile y Bolivia. Coordinó y participó en numerosos proyectos y trabajos de investigación en el país y en el exterior. Participó en la obtención de 65 cultivares de trigo, 18 variedades de soja y creaciones fitoquímicas. Delegada Argentina y Representante para América Latina en la Asociación Internacional de Ciencia y Tecnología de los Cereales (ICC) con sede en Viena, Austria, desde el año 2000. Miembro Honorario de la Academia de la ICC. En el año 2008 recibió en Madrid, España, la Medalla Friedrich Schwalzer por sus aportes a los ideales y objetivos de la ICC. Miembro de la AACOC y de la AQAC con sede en EE.UU. Participó en numerosas Conferencias, Congresos y Seminarios nacionales e internacionales relacionados a su especialidad, en muchos de ellos como miembro del Comité Científico. Organizó la 1ª Conferencia Latinoamericana de Cereales (LLACC) en Rosario, Argentina, en septiembre del 2007 y participó en la organización de las Conferencias de Chile 2011, Brasil 2015, México 2018 y en los Congresos de Cereales y Pan de España 2009, China 2012 y Turquía 2016. Recibió 6 premios internacionales y 5 premios nacionales. En reconocimientos a su trayectoria profesional recibió dos distinciones, en el 2008 por sus aportes al mejoramiento de la calidad del trigo en el VII Congreso Nacional de Trigo y en el 2016 por sus aportes a la Calidad en la Post-Cosecha por Consulta-Granos y la Red Argentina de Tecnología en Post-Cosecha de Granos.

ISBN 978-097-521-925-0

CALIDAD DE LA SOJA ARGENTINA

Región Núcleo-Sojera

20 AÑOS
DE CALIDAD
EN SOJA

Martha B. Cuniberti

Colaboradoras: Rosana Herrero y Leticia Mir

**Laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado
de Cereales y Oleaginosas**



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

INTA - Centro Regional Córdoba
Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez
Ruta Prov. N° 12 - Km 2,5 - C.C. 21
2580 - Marcos Juárez, Córdoba
(03472) 428622 y líneas rotativas
eemjuarez.cd@inta.gob.ar
inta.gob.ar/marcosjuarez

Septiembre de 2018

La impresión de esta publicación ha sido financiada por:

Fundación ARGENINTA - Centro Regional Córdoba



Cuniberti, Martha

Calidad de la soja argentina: Región Núcleo-Sojera, 20 años de análisis de la calidad / Martha Cuniberti; comentarios de Martha Cuniberti; ilustrado por Martha Cuniberti; prólogo de Martha Cuniberti. – 1ª ed. – Marcos Juárez, Córdoba: Ediciones INTA, 2018.

346 p.: il. ; 28 x 20 cm.

ISBN 978-097-521-925-0

1. Soja. 2. Calidad. 3. Evolución. I. Cuniberti, Martha, com. II. Cuniberti, Martha, ilus. III. Cuniberti, Martha, prolog. IV. Título.

CDD 633.34

INDICE



PROLOGO	07
SUMMARY	08
CAPITULO 1	
IMPORTANCIA DE LA PRODUCCION SOJERA EN ARGENTINA Y EL MUNDO	
INTRODUCCION	09
PRODUCCION Y EXPORTACION DE SOJA EN ARGENTINA Y EL MUNDO	15
IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA SOJERA ARGENTINA A NIVEL GLOBAL	17
Rosario el Polo Sojero Exportador más importante del mundo	17
Complejo Sojero y de Biodiesel. Exportaciones y destinos	19
Harina de Soja. Exportaciones	21
Aceite de Soja. Exportaciones	23
Biodiesel. Exportaciones	24
Exportaciones argentinas en porcentaje	25
LA INDUSTRIA DEL BIODIESEL EN ARGENTINA	26
POSICIONAMIENTO DE ARGENTINA COMO PRODUCTOR Y EXPORTADOR	28
PRODUCCION DE SOJA Y DEMANDA MUNDIAL	29
PERSPECTIVAS DE LA DEMANDA	31
Poroto de Soja	31
Harina de Soja	31
Aceite de Soja	31
CADENA DE LA SOJA Y AGREGADO DE VALOR	32
Cadena de valor en la producción de grano de soja	34
Cadena de valor de productos a base de aceite de soja	35
Productos con proteína de soja. Harina y expellers	36
Productos de soja natural. Usos comestibles	37
Productos alimenticios derivados de la soja	37
PRODUCTOS PROTEICOS DE SOJA	38
PRODUCCION Y CONSUMO MUNDIAL DE HARINA DE SOJA POR HABITANTE	38
CARACTERIZACION DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES DE LA SOJA.	39
Subproductos Oleaginosos. Clasificación de los subproductos	39
METODOS DE EXTRACCION DE ACEITE	40
Método de extracción por solvente	40
Extrusado	41
PROCESO DE EXTRUSADO-PRENSADO DE SOJA	42
Descripción del proceso de extrusado prensado	43

Calidad del grano de soja para extrusión-prensado	44
Acondicionamiento del grano de soja antes del proceso de extrusión- prensado	44
Efecto de la temperatura sobre la calidad del expeller	44
Algunas consideraciones para la producción de expeller	45
Características del extrusado y usos en la alimentación animal	45
AGREGADO DE VALOR EN LA PRODUCCIONDE BIOCOMBUSTIBLES	45
MODELO DE INTEGRACION VERTICAL PARA EL AGREGADO DE VALOR EN ORIGEN	48
USOS EN LA ALIMENTACION HUMANA	50
Valor Nutricional de la proteína y el aceite de soja	50
Usos en la dieta humana	51
Alimentos a base de soja.....	52
BENEFICIOS PARA LA SALUD	55
USOS EN LA ALIMENTACION ANIMAL Y EN LA PISCICULTURA	56
CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	59

CAPITULO 2

CALIDAD DE LA SOJA. ANALISIS CONJUNTO DE 20 AÑOS DE RELEVAMIENTO

INTRODUCCION	65
IMPORTANCIA DE LA PROTEINA Y EL ACEITE DE LA SOJA	66
FACTORES QUE INFLUYEN EN SU EXPRESION	66
Efecto del ambiente de cultivo sobre la proteína y el aceite	66
Efecto genético. Grupos de Madurez	68
Interacción genotipo-ambiente en la expresión de la cantidad de proteína y aceite	69
Proteína. Componentes de variación	70
Aceite. Componentes de variación	72
Consideraciones a tener en cuenta	73
PROBLEMÁTICA DE LA BAJA PROTEINA	73
Qué puede hacer el productor?	73
Necesidades de la industria	74
1. Proteína de la Harina de Soja.....	74
2. Consecuencia de la caída de proteína en la producción nacional. Acciones.....	75
3. Producción de Aceite. Biodiesel	75
EVOLUCION DE LA CANTIDAD DE PROTEINA Y ACEITE A TRAVES DE LOS AÑOS	76
1. EN MUESTRAS DE ACOPIOS Y COOPERATIVAS	76
Proteína.....	76
Diferencia de proteína entre soja de 1ª y 2ª siembra.....	78

Aceite	79
Diferencias en el contenido de aceite entre soja de 1ª y 2ª siembra	79
PROFAT (Proteína + Aceite)	80
2. EVOLUCION DE LA PROTEINA Y EL ACEITE EN ENSAYOS DE LA RECSO	80
PRESENCIA DE GRANO VERDE. CAUSAS Y CONSECUENCIAS	83
GRANO DAÑADO Y ACIDEZ	87
CALIDAD DE VARIEDADES	90
1. Ensayos de la RECSO.....	90
1.1. Proteína. Variedades destacadas	91
1.2. Aceite. Variedades destacadas	92
2. Variedades en Campo de Productores.....	94
COMPOSICION BIOQUIMICA Y NUTRICIONAL DE LA SOJA	96
EFFECTO DEL AMBIENTE EN LA COMPOSICION BIOQUIMICA DEL GRANO DE SOJA ARGENTINA	100
CONCLUSIONES	107
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	109

CAPITULO 3

CALIDAD DE LA SOJA POR CAMPAÑAS. Período 1997/98 al 2017/18

INTRODUCCION	119
METOLOGIA Y FUNDAMENTOS DE LOS ANALISIS DE CALIDAD	120
Proteína	120
Aceite	121
Acidez	121
Peso Hectolítrico	121
Peso de 1000 granos.....	122
Grano Verde	122
Grano Dañado	122
CAMPAÑA 2017/18.....	125
CAMPAÑA 2016/17.....	141
CAMPAÑA 2015/16.....	155
CAMPAÑA 2014/15.....	167
CAMPAÑA 2013/14.....	179
CAMPAÑA 2012/13.....	191
CAMPAÑA 2011/12.....	203
CAMPAÑA 2010/11.....	215
CAMPAÑA 2009/10.....	227
CAMPAÑA 2008/09.....	237

CAMPAÑA 2007/08	247
CAMPAÑA 2006/07	255
CAMPAÑA 2005/06	265
CAMPAÑA 2004/05	273
CAMPAÑA 2003/04	279
CAMPAÑA 2002/03	291
CAMPAÑA 2001/02	303
CAMPAÑA 2000/01	315
CAMPAÑA 1999/00	325
CAMPAÑA 1998/99	333
CAMPAÑA 1997/98	337
PUBLICACIONES DE DIVULGACION	341
GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD	344
AGRADECIMIENTOS	345

PROLOGO



Argentina es importante a nivel mundial por su producción de soja, ocupando junto al complejo sojero un lugar preponderante en la economía argentina con el 84% de su producción con destino a la exportación. El reducido consumo interno exige una demanda externa en continua expansión para ubicar la producción y la exportación de harinas, aceites y biodiesel.

Tiene un perfil netamente exportador y ha privilegiado el agregado de valor en la industria procesadora de oleaginosas exportando menos del 20% como grano, representando los envíos al exterior de harina proteica el 66% y de aceite el 12%, éste último bajo porcentaje explicado por la demanda de aceite para la producción de biodiesel.

Un aumento de la demanda de energía limpia a nivel global para los próximos años traerá aparejado requerimientos de mayores contenidos de aceite en el grano, aspecto favorable para la soja argentina que se caracteriza por los altos contenidos de aceite de sus cosechas.

El país se diferencia de otros que también procesan soja por la concentración geográfica de sus plantas, ya que alrededor del 80% de la capacidad de molienda se ubica en la zona del Gran Rosario, centro de la principal zona productiva. Por las terminales de Up-River se despachan los productos derivados de la industrialización. Conocer la calidad de nuestros granos de soja a través del contenido de proteína y aceite es de mucha importancia ya que de ella depende la calidad de la harina de soja de alta proteína llamada Hi-Pro, principal producto de nuestras exportaciones sojeras, del aceite y de otros subproductos de la industrialización.

Todos los años a cosecha desde hace 20 años, el personal del Laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas de la EEA Marcos Juárez, Córdoba, realiza un relevamiento en acopios y cooperativas de la región núcleo sojera para conocer la calidad de la soja. De esta manera, es el único laboratorio del país que dispone de datos históricos de la principal zona productora. Anualmente se realiza un informe que sale a difusión ni bien finaliza la cosecha de soja de primera y segunda siembra.

El objetivo de este libro fue sintetizar todos los aspectos que hacen a la producción sojera argentina, importancia en las exportaciones y en la economía nacional, su difusión y área sembrada, factores que afectan la expresión de cantidad de proteína y aceite, condiciones ambientales, rendimiento, sanidad y calidad en un análisis conjunto de 20 años y luego se presentan campaña por campaña los informes de calidad de cada cosecha como se fueron publicando anualmente. Las distintas temáticas están contenidas en tres capítulos. Capítulo 1: Importancia de la producción sojera en Argentina y el mundo, Capítulo 2: Calidad de la Soja. Análisis Conjunto de 20 años de relevamiento y el Capítulo 3: Calidad de la soja por campañas. Período 1997/98 al 2017/18.

Se resume así la tarea de tantos años como referente en calidad de soja, con citas bibliográficas de parte de los trabajos de investigación realizados en este período. También se mencionan importantes aportes de otros especialistas relacionados al cultivo de soja.

El libro esta destinado a todos los integrantes de la cadena de la soja, productores, acopiadores, exportadores, asesores agropecuarios oficiales y privados, industriales, criaderos de semilla, consumidores, universidades, estudiantes y demás interesados en esta información.

Dra., Ing. Qca. Martha B. Cuniberti

SUMMARY



Argentina is an important player at global level for its contribution to soybean production, occupying the soybean complex a relevant place in the Argentine economy with 84% of its production destined for export. A small internal market demands continuous external expansion to locate the excedents in flours, oils and biodiesel.

The country has a clear export profile and has favored the addition of value in the oilseed processing industry: it exports less than 20% as grain, 66% as protein meal and 12% as oil, the latter low percentage explained by the demand of oil for biodiesel production.

An increase in the demand of clean energy at global level for the next years will require higher oil content in soybeans, an advantageous aspect for Argentine soybeans characterized by the high oil content of their crops.

Argentina differs from other countries processing soybean due to the geographical concentration of its crushing industries, since around 80% of the milling capacity is located in the Gran Rosario area, center of the main productive zone. The products derived from industrialization are exported through the Up-River terminals. Knowing the quality of our soybeans through the protein and oil content is very important since the quality of soybean high-protein flour called Hi-Pro -the main product the exportation-, oil, and other sub-products of soybean industrialization exports depends on it.

Every year since 20 years before, the staff of the Wheat and Soybean Quality Laboratory of INTA-EEA Marcos Juárez, Córdoba, collect samples of soybean in stores and cooperatives at harvest of the Central Region of the country to establish its quality. It is the only laboratory in the country that has historical information on the main production area. Every year, a report is published at the end of soybean crop cycle.

The objective of this book was to synthesize all the aspects of Argentine soybean production, the relevance of the crop in national exports and in the economy, diffusion and sown area, factors affecting the expression of protein and oil content and quality, environmental conditions, yield, diseases and quality in a joint analysis of 20 years. Then are presented campaign by campaign the quality reports of each harvest as they were published annually. The different topics are included in three chapters. Chapter 1: Importance of soybean production in Argentina and in the world, Chapter 2: Soybean Quality. Analysis of 20 years of studies, and Chapter 3: Soybean quality by crops. Period 1997/98 to 2017/18.

The work of so many years is summarized as reference for the soybean quality, with bibliographic citations from part of the research carried out in this period. Important contributions from other specialists related to soybean production are also mentioned.

The book is addressed to all members of the soybean chain, producers, stakeholders, exporters, agricultural advisers coming from official and private sectors, industry, seed breeders, consumers, universities, students and all those who are interested in this information.

Dr., Chem. Eng. Martha B. Cuniberti

CAPITULO 1

IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN SOJERA EN ARGENTINA Y EL MUNDO



+

+

+

+

INTRODUCCION



Argentina produce el 5% del total de granos del mundo y participa en un 15% en el comercio de granos y subproductos.

Tiene una larga trayectoria en la producción de oleaginosas, iniciada con los cultivos de maní y lino. En 1968 el total de semillas oleaginosas que se procesaba correspondía un 76 % a girasol, 14 % a maní, 9 % a algodón y 1 % a soja.

Hasta 1970 la industrialización de la soja no tenía mayor importancia, las fábricas de aceite trabajaban al 50 % de su capacidad productiva y no aumentaba la producción de soja por falta de porotos de soja.

El auge exportador del complejo soja tubo comienzo a mediados de los años '70. La expansión productiva se vio acompañada por la modernización de la molienda y fue estimulado por la demanda mundial de soja.

A fines de 1970 hubo un aumento en la superficie sembrada y la producción, comenzando un proceso de expansión agroindustrial hasta alcanzar un papel fundamental en la economía argentina. Es así que a partir de los últimos años de la década del '70, la producción de soja ha crecido constantemente en nuestro país. Este importante aumento de producción se ha logrado no solo con incrementos de superficie sembrada, sino también con altos rendimientos unitarios acompañado por el avance en los desarrollos genéticos debido al esfuerzo conjunto de entidades públicas y privadas, fortalecidas en su accionar por el apoyo de la industria aceitera y los sectores comerciales.

La producción sojera ha impulsado el desarrollo de una estructura industrial para la elaboración de aceites y harinas que ha ganado rápidamente participación en el mercado internacional de estos productos, localizada en las áreas de producción y equipadas con las más modernas tecnologías a nivel mundial.

La expansión de la soja en el país, en área y en producción, superó a cualquier otro cultivo en la historia de la agricultura argentina. Esto plantea problemas sobre el uso del recurso tierra, de los factores de producción, capital y mano de obra, la competencia con las producciones estivales y un cambio relevante de la biodiversidad.

Si bien el crecimiento se inició en las provincias norteañas, desde 1980 a la actualidad se ha expandido a todas las regiones agrícolas del país. Esto comprendió áreas fuera de la región pampeana, pero también hubo una intensificación del uso del suelo en las zonas centrales densamente cultivadas (Muñoz, 2011).

La fuerte concentración de la soja en un radio de trescientos kilómetros alrededor del polo industrial y exportador de la zona de Rosario y sus puertos fluviales, representa una ventaja competitiva de importancia entre los países productores.

Los cambios en la economía argentina, la incertidumbre y la falta de alternativas, fueron factores que contribuyeron fuertemente a afirmar al cultivo, además de la seguridad de cosecha y su mayor rentabilidad comparada con otras alternativas productivas.

La soja ha modificado la estructura de producción agropecuaria y agroindustrial del país. Su expansión desplazó a cultivos tradicionales como maíz, girasol o sorgo e incluso productores ganaderos o lecheros reconvirtieron su actividad para dedicar superficie a la soja, alentados por los menores costos de producción y mayores márgenes de ganancia. Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires lideran la siembra y producción. Hubo también una creciente implantación en zonas extra pampeanas lideradas por las provincias norteñas aunque su dinamismo resultó menor al de las provincias pampeanas (Muñoz, 2011).

Los rindes siempre fueron mejores en la zona núcleo de Santa Fe, Córdoba y norte de Buenos Aires donde se encuentra el 80% del área sembrada, con ampliación hacia el centro y sur de esta provincia.

Hubo una fuerte expansión de la soja en la zona pampeana por intensificación de áreas densamente sembradas y por la incorporación de áreas del sur de dicha región. Se ha observado grandes cambios en las economías regionales de la mano de la soja como la introducción en las provincias del NEA, NOA y otras (Muñoz, 2011).

El avance de la soja creó preocupación por sus efectos ambientales como monocultivo agrícola haciendo que en la actualidad se promuevan políticas de sustentabilidad de los sistemas agrícolas, con rotación de gramíneas en especial el trigo. La provincia de Córdoba desde el año 2017 da incentivos a los productores que aplican buenas prácticas agrícolas.

En las zonas más susceptibles en lo ambiental, la expansión de la soja puede tener efectos indeseados como el desmonte y la desertificación.

La soja es el principal cultivo de la República Argentina en producción como también en superficie sembrada. Actualmente representa el 55% de las casi 37 millones de hectáreas que se siembran anualmente en nuestro país, seguida por los cultivos de maíz y trigo, que sumados alcanzan un 26%, menos de la mitad.

Algo parecido sucede en Brasil, en el cual de unas 64,5 millones de hectáreas cultivables el 50% se destinan a la soja. En Estados Unidos de unas 108 millones de hectáreas, alrededor del 30% se utiliza para el cultivo de soja, ya que la mayor parte se destina a la producción de maíz y trigo (Camastra, 2017).

En el ciclo 1997 a 2008, luego de la difusión de la soja transgénica y de los eventos “RR” (Resistente al Round Up), con adopción de la siembra directa, el ritmo de área sembrada casi se triplicó y creció cerca de un millón de hectáreas por año. Este nivel de crecimiento nunca se había observado antes en otro país del mundo. Figura 1.1.

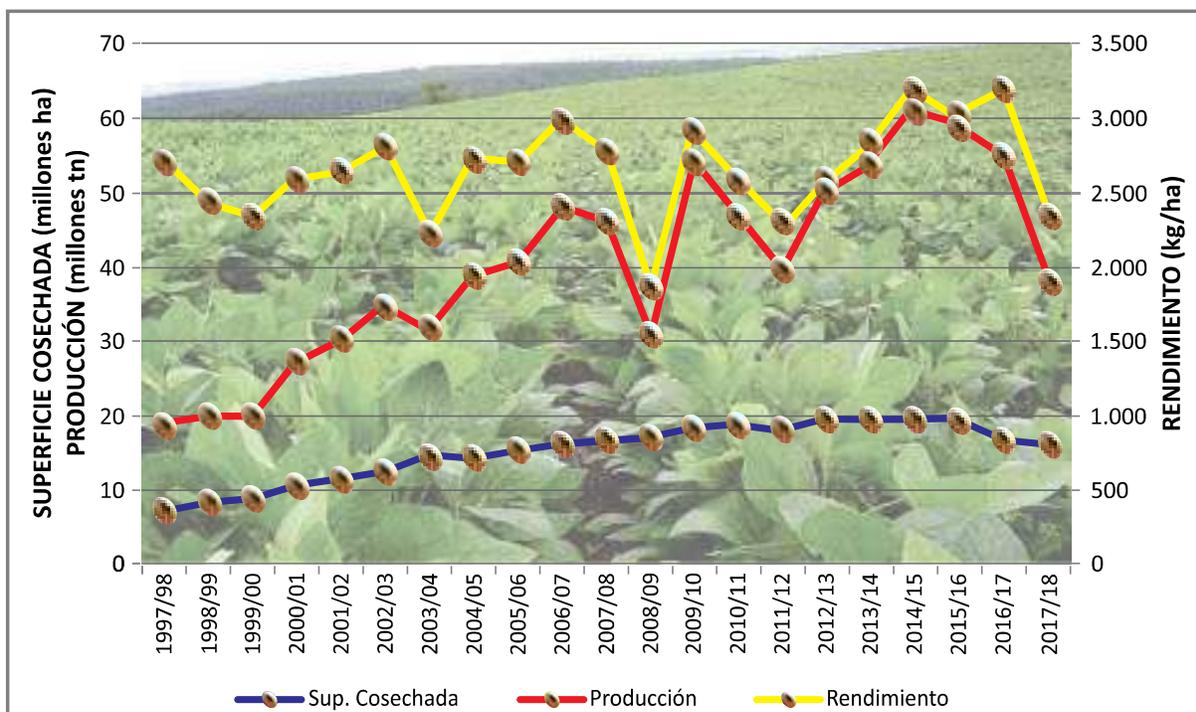


Figura 1.1. Evolución de la superficie cosechada, producción y rendimiento de la soja en los últimos 20 años

Luego del 2008 al 2011 se estabilizó o creció el área más lentamente, con dos fuertes sequías en las cosechas 2008/09 y 2011/12 que afectaron a su proyección. En el 2012/13 hubo un crecimiento de 2 millones de hectáreas, estabilizándose luego alrededor de las 20 millones de hectáreas sembradas. Cuadro 1.1 y Figura 1.1.

La tendencia creciente de la superficie sembrada, rendimiento y producción demuestra el potencial del cultivo y la importancia para el país, con rendimientos dentro de los más altos del mundo.

En 20 años la producción nacional pasó de 18,7 a 61,5 millones de toneladas con las oscilaciones propias entre años por condiciones ambientales y de mercado.

Los rendimientos se incrementaron significativamente, Cuadro 1.1, siendo en la actualidad frecuente encontrar lotes en la zona núcleo sojera con rindes cercanos a los potenciales de cada variedad, con rendimientos promedio de 5.000 a 7.000 kg/ha.

Cuadro 1.1. Superficie sembrada, cosechada, rendimiento y producción de la soja.
Campañas 1997/98 a 2017/18.

Campaña	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (t)
PROM. 21 AÑOS	15.506.126	15.056.585	2.644	40.139.872
1997/98	7.176.250	6.954.120	2.694	18.732.172
1998/99	8.400.000	8.180.000	2.445	20.000.000
1999/00	8.790.500	8.637.503	2.331	20.135.800
2000/01	10.664.330	10.400.193	2.585	26.880.853
2001/02	11.639.240	11.405.247	2.630	30.000.000
2002/03	12.566.885	12.380.035	2.803	34.706.662
2003/04	14.526.606	14.304.539	2.207	31.576.752
2004/05	14.400.002	14.037.247	2.728	38.300.006
2005/06	15.393.474	15.130.038	2.679	40.537.368
2006/07	16.141.338	15.981.265	2.971	47.482.787
2007/08	16.608.935	16.389.509	2.821	46.238.890
2008/09	18.042.895	16.771.004	1.848	30.989.474
2009/10	18.343.940	18.130.799	2.905	52.676.218
2010/11	18.883.429	18.746.227	2.607	48.878.774
2011/12	18.670.937	17.577.320	2.281	40.100.197
2012/13	20.035.572	19.418.825	2.539	49.306.202
2013/14	19.799.462	19.252.552	2.774	53.397.720
2014/15	19.809.300	19.352.115	3.175	61.446.556
2015/16	20.479.094	19.504.648	3.015	58.799.258
2016/17	18.056.462	17.335.102	3.171	54.971.626
2017/18	17.200.000	16.300.000	2.320	37.780.000

Fuente: <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php=Estimaciones,activo-8/18>

El cultivo de soja ocupa una amplia zona ecológica que se extiende desde los 23° LS en el extremo norte del país, a los 39° LS en el extremo sur, dividiéndose en tres regiones sojeras: Norte, Pampeana Norte y Pampeana Sur. En ellas se siembran variedades de Grupos de Madurez (GM) que van de GM II en el sur a IX en el norte. Figura 1.2.

En la Región Pampeana se concentra alrededor del 90% de la superficie sembrada y el 95% de la producción total del país. Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires representan las provincias de dicha región con mayor producción por área sembrada y rendimientos.

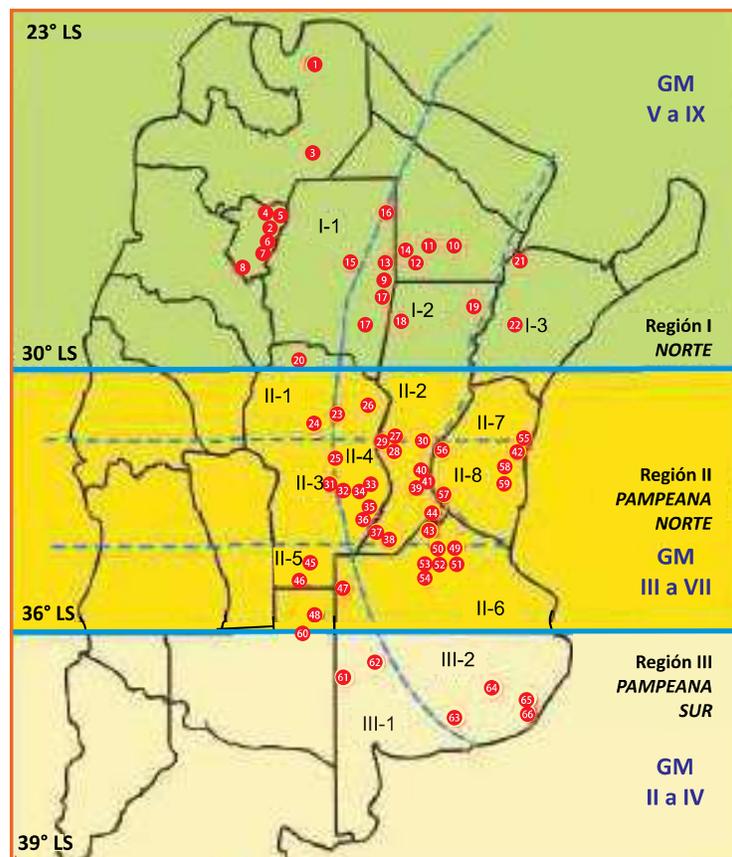


Figura 1.2. Regiones Sojeras Norte, Pampeana Norte y Pampeana Sur.

La expansión se produjo por sustitución de otros cultivos en la zona agrícola central, pero también en los últimos años acrecentó su presencia en zonas exclusivamente trigueras. Continuó en provincias y departamentos del sur de la región pampeana, zonas antes consideradas marginales por frío y latitud, llegando hasta el Río Negro. El crecimiento se aceleró en zonas netamente agrícolas donde fue compitiendo por el uso de la tierra desplazando otras producciones.

En las principales provincias productoras, el ciclo 2000 mostró un cambio de tendencias. Un nuevo ciclo de expansión se dio entre 2000 y 2010. La provincia de Santa Fe que lideró la siembra desde 1980 hasta dicho año, perdió su lugar ante la provincia de Córdoba.

Luego de tres campañas, en la 2004/05, Córdoba perdió su lugar ante la provincia de Buenos Aires. En poco tiempo hubo una reconfiguración, pasando la provincia de Buenos Aires en 2008/09 hasta el 2010/11 a liderar el área sembrada de soja, luego Córdoba y Santa Fe (Muñoz, 2011).

En el último quinquenio se mantuvo esta tendencia con Buenos Aires ocupando el 34% de área sembrada, Córdoba el 27% y Santa Fe el 16%. Luego con un área menor se encuentran Entre Ríos, Santiago del Estero, Chaco, La Pampa y Salta. Figura 1.3.

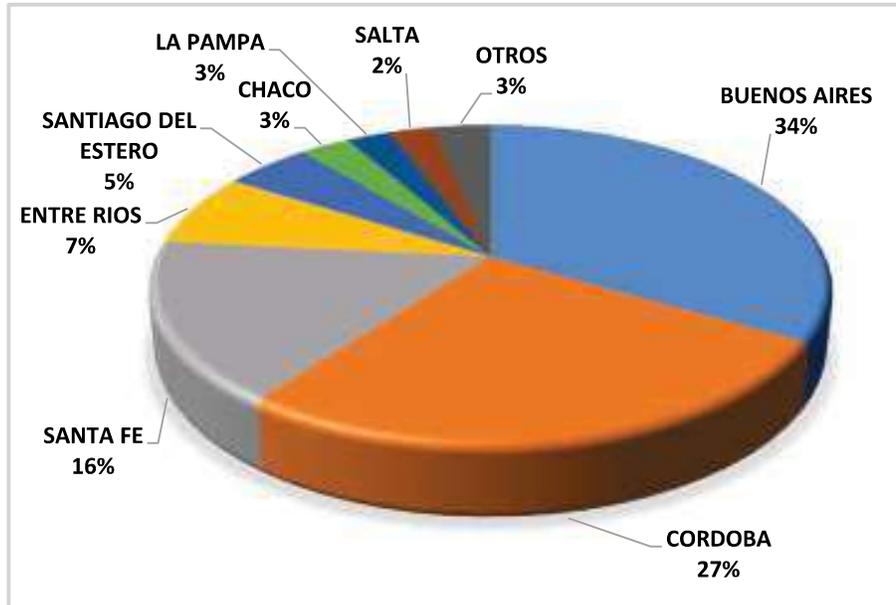


Figura 1.3. Superficie sembrada por provincias en los últimos 5 años.

Nuestro país es importante a nivel mundial por su producción de soja y derivados como la harina de soja, aceite, biodiesel, expeller, etc. Fue creciendo internamente en importancia por los ingresos que genera su exportación, también por el crecimiento que ha ido teniendo a nivel doméstico, formando parte de la agenda política, ambiental y económica de manera predominante.

Tecnologías como la siembra directa, los sistemas de riego, el uso racional de los agroquímicos, las variedades de altos rendimientos, la eficiencia de cosecha, los sistemas de manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas, los OGM (cultivares genéticamente modificados por bioingeniería) son las principales herramientas que incorporaron los productores.

La soja es el primer cultivo de grano que se ha adaptado a la práctica de la siembra directa. Esta tecnología ha permitido disminuir la erosión de los suelos mediante una continua cobertura por rastrojo y un ajustado control químico de las malezas.

En cuanto a agroquímicos, el complemento con el control integrado de plagas (CIP), permite un uso más racional y una reducción sustancial de los mismos.

PRODUCCION Y EXPORTACION DE SOJA EN ARGENTINA Y EL MUNDO



El mercado de la soja tiene un valor propio para la economía argentina, ya que es uno de los productos de consumo que genera mayores ingresos en el mercado agropecuario.

También es importante en el aspecto ambiental, desde que se presentaron controversias acerca de los impactos que produjo su crecimiento y la manera en que se trata el suelo, el agua y como estos repercuten en la salud humana.

Para saber lo que sucede en el mercado de la soja mundialmente, solo se debe observar lo que ocurre en cuatro países:

- Estados Unidos
- Brasil
- Argentina
- China

Los primeros tres como productores sojeros y el país asiático como importador.

Desde hace más de 10 años Estados Unidos, Brasil y Argentina fueron siempre responsables del 80% de la producción mundial de grano de soja. En un segundo grupo de países productores se encuentran: China, Paraguay, India y Canadá (Camastra, 2017).

Todos los países productores del segundo grupo más todos los demás que cultivan soja en menor escala en el mundo, no alcanzan la producción argentina.

Nuestro país participa con el 17% de la producción mundial de grano de soja, el 16% de aceite y el 15% de harina de soja. En relación al comercio internacional participa con el 7% en la venta de grano de soja, el 48% en el comercio de aceite y el 48% en el de harina de soja, Figura 1.4. Estas cifras demuestran la importancia como país productor y exportador de productos y subproductos, a lo que hay que agregar la participación en la producción y comercio de biodiesel.

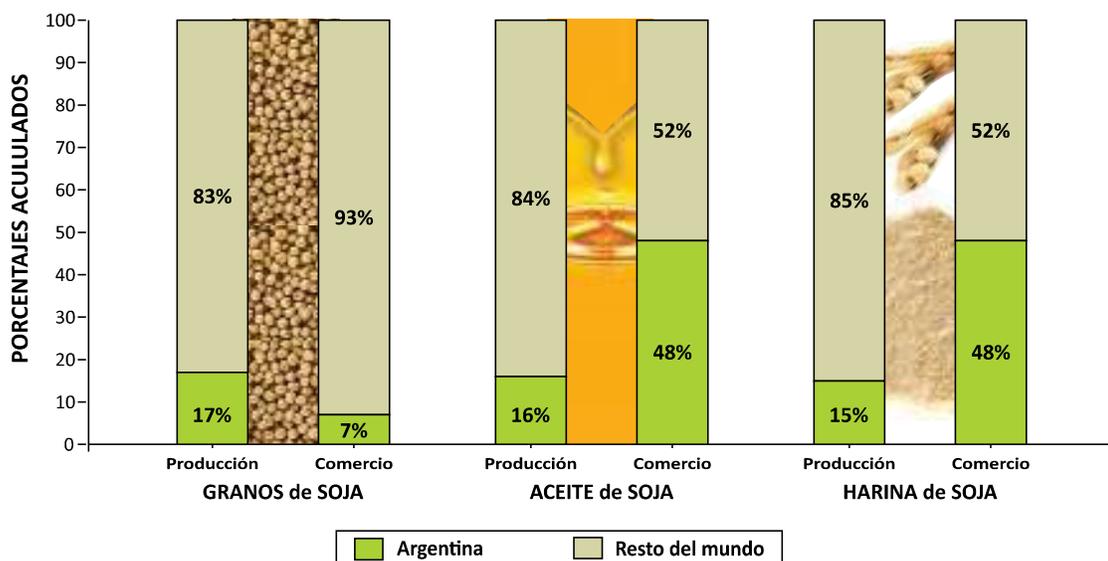


Figura 1.4. Participación de Argentina en la producción y comercialización mundial de soja.

El mercado mundial de la soja ha tenido un crecimiento del 44% en los últimos 10 años pasando de unas 222 a 350 millones de toneladas estimadas para el año 2017. Cuadro 1.2.

Cuadro 1.2. Principales países productores de soja. Período 2007/08 a 2016/17.

PAIS	2016/17	2015/16	2014/15	2013/14	2012/13	2011/12	2010/11	2010/11	2009/10	2008/09	2007/08
EEUU	116,92	106,86	106,88	91,39	82,79	84,19	90,61	90,61	91,42	80,75	72,86
BRASIL	114,10	96,50	97,20	86,70	82,00	66,50	75,30	75,30	69,00	57,80	61,00
ARGENTINA	57,80	56,80	61,40	53,50	49,30	40,10	49,00	49,00	54,50	32,00	46,20
CHINA	12,90	11,79	12,15	12,20	13,05	14,48	15,10	15,10	14,98	15,54	14,00
INDIA	11,00	6,93	8,71	9,48	12,19	11,94	10,13	10,13	9,70	9,30	9,47
PARAGUAY	10,20	9,22	8,15	8,19	8,20	4,04	7,13	7,13	7,20	4,00	6,90
CANADA	6,55	6,46	6,05	5,36	5,09	4,46	4,44	4,44	3,58	3,33	2,68
OTROS	20,87	19,22	19,24	16,31	15,45	13,44	11,88	11,88	10,47	9,24	8,02
MUNDIAL	350,34	313,77	319,78	283,12	268,06	239,15	263,59	263,59	260,85	211,96	221,13

Fuente: USDA, Activa. Mayo 2018.

Es de destacar el crecimiento de Brasil y de todo el grupo del Mercosur que integran Argentina y Paraguay.

La Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) prevén que Brasil se transformará en el mayor productor mundial de soja en las próximas décadas. La producción sojera brasileña viene creciendo a un ritmo del 2% anual en los últimos 15 años, el mayor nivel de expansión entre los grandes productores de grano (Estados Unidos, Brasil y la Argentina).

En este ranking de productividad la Argentina crece a una velocidad superior al 2,1% anual pero en un área más chica, en tanto que EE.UU. aumenta 1% por año la producción sojera.

Los tres grandes países del negocio sojero responden por más de 80% de la producción mundial y Brasil es que dispone de más tierras fértiles utilizables para la ampliación de la producción, comenzando por los 90 millones de hectáreas del Cerrado. Por eso es que ambas organizaciones señalan que Brasil sumaría 10 millones de hectáreas al cultivo de soja en los próximos 10 años y que la Argentina haría lo mismo con 8 millones de hectáreas. La tendencia en EE.UU. es a la reducción de la superficie sembrada, ante todo por el avance de la urbanización y la mejora de los costos de oportunidad en la región del Medio Oeste (Castro, 2018a).

La conclusión que formulan FAO/OCDE es que Brasil y EE.UU. destinarán más del 60% de su producción a un solo mercado, que es China.

El aumento de competitividad agrícola brasileña pasa por la salida de su producción, sobre todo la del centro-oeste, hacia la estratégica hidrovía Paraguay - Paraná, al sur, hacia las terminales portuarias de la Región Centro (Castro, 2018a).

Brasil representaba casi 1/3 de la producción mundial y más de la mitad, el bloque Mercosur. Dicho crecimiento se dio inevitablemente por la caída en la producción norteamericana

(Estados Unidos, Canadá) del 40 al 36% y del bloque asiático (China, India) del 11 al 9%.
Figura 1.5.

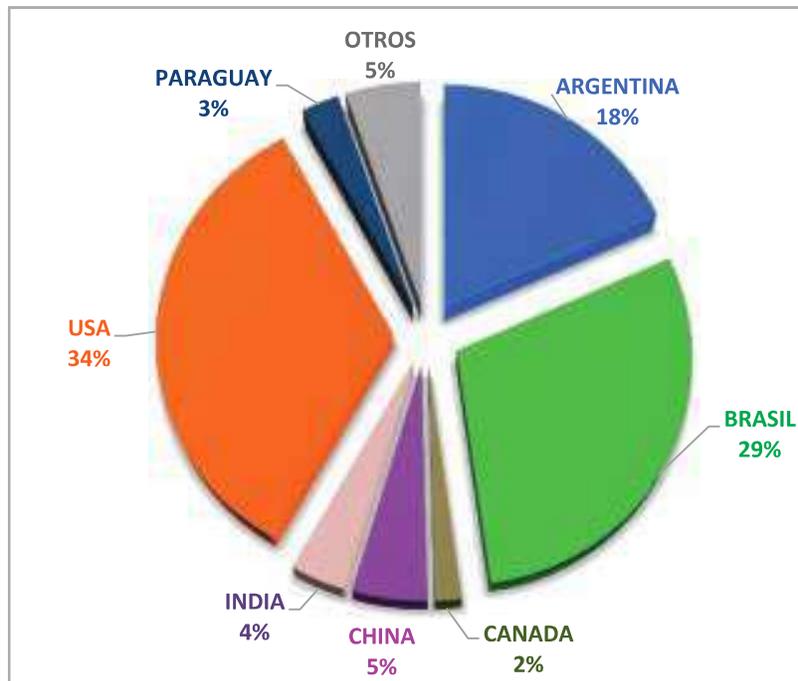


Figura 1.5. Principales países productores de soja a nivel mundial (2007-2017)

IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA SOJERA ARGENTINA A NIVEL GLOBAL



ROSARIO EL POLO SOJERO EXPORTADOR MÁS IMPORTANTE DEL MUNDO

(Calzada y Di Yenno, 2017. BCR)

El Gran Rosario es el complejo industrial oleaginoso más importante a nivel mundial por el grado de concentración geográfica de sus fábricas aceiteras y su capacidad de molienda. Uno de los polos más importantes del país se encuentra en la zona de los puertos sobre el Río Paraná, comprendidos entre los puertos de General Lagos y San Martín, siendo el centro la ciudad de Rosario.

La cercanía entre la producción primaria y la industria transformadora genera una importante ventaja competitiva. En este aspecto, Argentina se encuentra en una posición favorable frente a Brasil, uno de los principales competidores, donde se deben recorrer unos 600 km para abastecer las plantas.



Foto: Andrés Macero

<https://tangodiario.com.ar/gran-rosario-paso-principal-polo-exportador-sojero-del-mundo/>

*Fotos el Complejo Industrial Oleaginoso del Gran Rosario.
El Cluster Sojero más importante del mundo.*

La actividad sojera es un instrumento significativo de desarrollo regional, en el sentido de que se ha convertido en un sector muy dinámico en cuanto a inversiones enfocadas a aumentar la capacidad de molienda, el almacenamiento de granos y a mejorar las instalaciones portuarias y de logística.

Argentina posee uno de los *clusters* de molienda de soja más eficientes del mundo, con 51 plantas aceiteras producto de inversiones en industrias de molienda y en complejos portuarios. Alrededor de 20 establecimientos activos en Santa Fe, suman el 95% de la capacidad diaria de molienda total del país.

Un caso a destacar es la industria de biodiesel que desde 2006 ha crecido un 2.250%, convirtiéndose en el tercer productor del mundo, superando a Brasil, Alemania y España.

El clúster tiene tres fortalezas estratégicas:

1.- La concentración geográfica de 20 fábricas de procesamiento de soja en una franja de solo 70 kilómetros y con 19 terminales portuarias.

2.- La elevada capacidad de procesamiento diaria que tienen muchas de las plantas. Las terminales de Renova, Molinos y Terminal VI, por ejemplo, pueden moler 20.000 toneladas por día.

3.- El volumen de crushing de todas las plantas sumadas, cuentan con capacidad instalada para procesar más de 158.000 toneladas de soja por día. En 1996/97 la capacidad rondaba las 66.000 toneladas.

Toda la capacidad de molienda de la industria oleaginosa de Brasil equivale a las 20 fábricas aceiteras ubicadas en el Gran Rosario.

A nivel global, otros puertos “sojeros” importantes son el de Paranaguá en Brasil cerca de Curitiba que ocupa el cuarto lugar en importancia y el de Río Grande en el sur brasileño, en Río Grande do Sul que ocupa el quinto lugar. El nodo portuario de Bahía Blanca en la Argentina está en el puesto número 11, con unas 3 millones de toneladas de soja y derivados embarcados durante el año 2017.

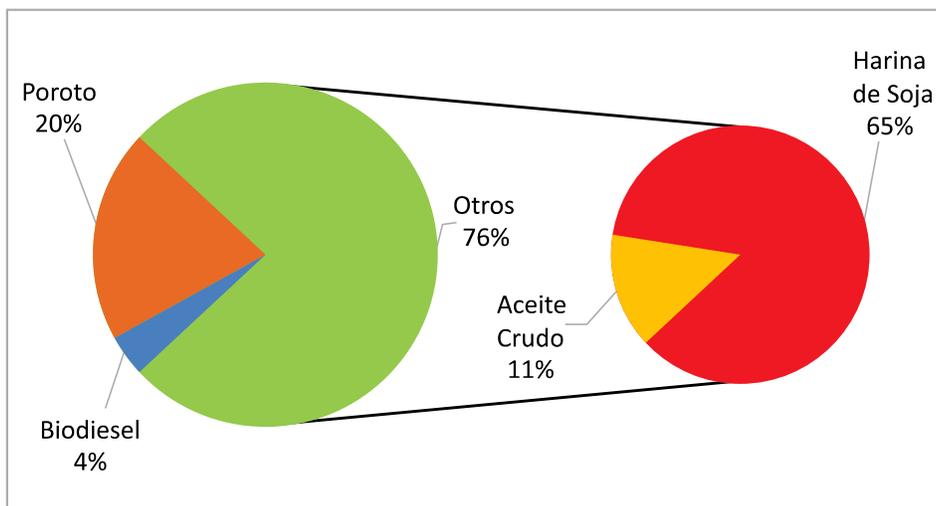
La soja se ha convertido en uno de los principales motores del crecimiento económico de nuestro país, ya que es uno de los pocos sectores que mantuvo un crecimiento por más de tres décadas. El elevado ritmo de crecimiento de la producción primaria hizo de la soja el principal producto agrícola nacional.

Actualmente, la producción de soja representa más del 50% del volumen de granos producido en el país y las exportaciones representan más del 25% del total exportado, ya sea en la forma de poroto, harina, aceites o biodiesel. El complejo sojero aporta la cuarta parte de las divisas obtenidas por el país en concepto de exportaciones.

COMPLEJO SOJERO Y DE BIODIESEL. Exportaciones y destinos.

La industria de molienda del poroto de soja fue uno de los sectores industriales que creció en forma continua a través de los años. La expansión de la cosecha fue acompañada por nuevos proyectos para ampliar la capacidad de la industria, cuya concreción ubica al complejo aceitero-portuario de Rosario como el más grande y moderno del mundo y a la Argentina como el principal exportador de aceites y harina de soja. El complejo sojero tiene una orientación hacia el mercado externo, ya que casi la totalidad de la producción se exporta.

La Argentina es exportador marginal de poroto de soja debido a que alrededor del 80% de la soja se industrializa y se exporta como aceite, harina y biodiesel, sin variaciones muy importantes entre años. Figura 1.6.

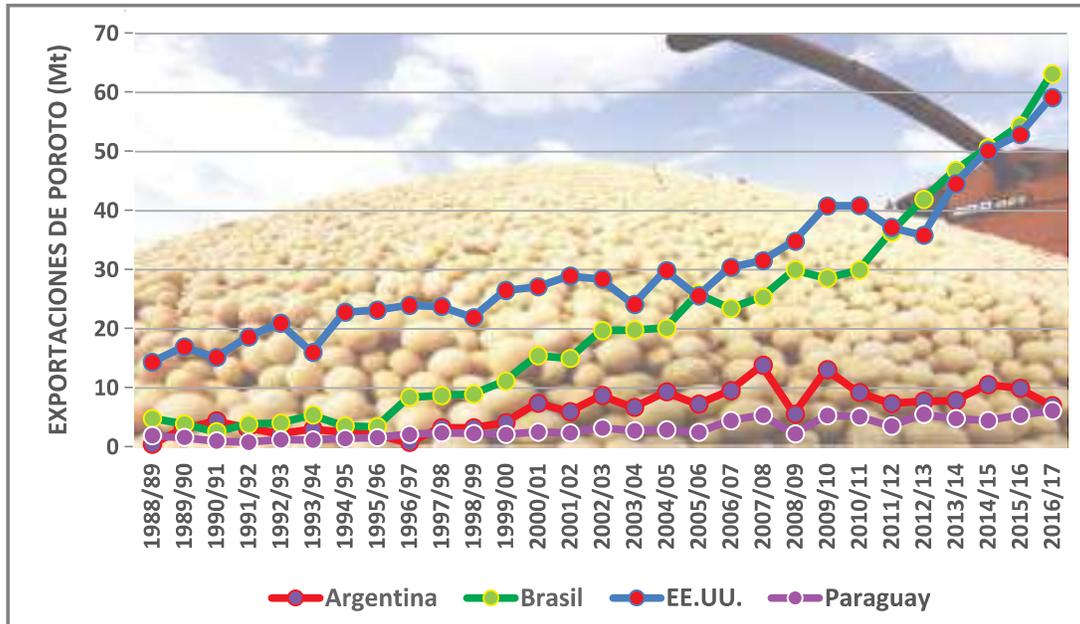


Fuente: MinAgri y CIARA

Figura 1.6. Composición de las exportaciones del Complejo Soja y Biodiesel. Año 2017.

Poroto de Soja. Exportaciones

A nivel mundial, Argentina es el tercer exportador de poroto de soja luego de Estados Unidos y de Brasil. Figura 1.7.



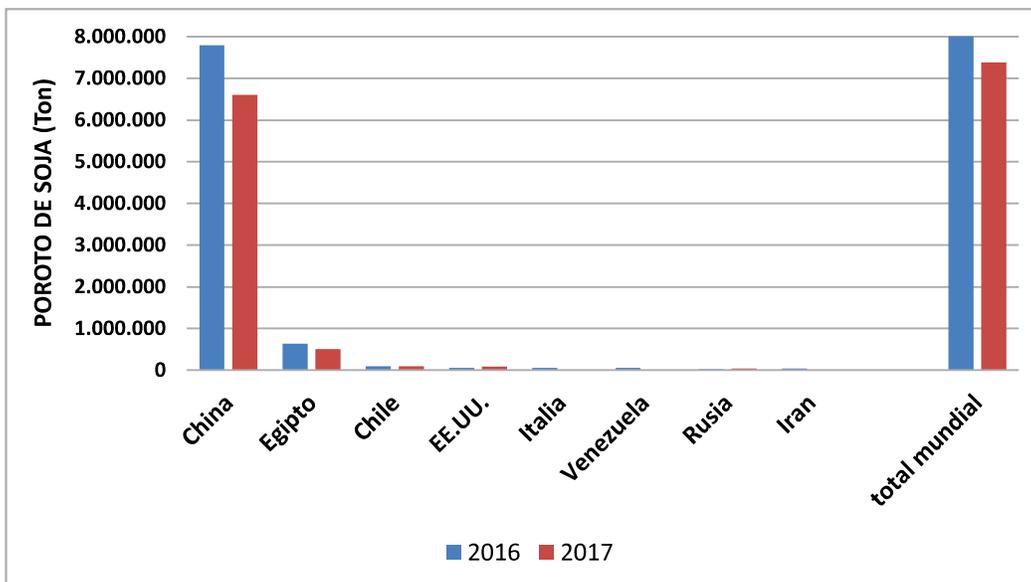
Fuente: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/wasde> - 11/05/18

Figura 1.7. Principales países exportadores de Poroto de Soja en los últimos 20 años.

Como productor de grano de soja sigue ocupando el tercer lugar, sin cambios respecto de años anteriores. Estados Unidos en el ciclo 2016/2017 fue el principal productor de poroto de soja con 117 millones de toneladas. Le sigue Brasil con 114 millones de toneladas y en tercer lugar, Argentina, con 58 millones de toneladas según estimaciones del USDA y del Ministerio de Agroindustria (<https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php=Estimaciones>).

También sin modificaciones respecto del año anterior como tercer exportador de poroto de soja. Brasil en el ciclo 2016/2017 se consolidó como principal exportador mundial de poroto de soja con ventas equivalentes a 63,14 millones de toneladas. Le sigue Estados Unidos con 59,16 millones de toneladas. Argentina quedó ubicada en el tercer lugar, con 7,03 millones de toneladas según estimaciones del USDA y FAO. Paraguay ocupa el cuarto lugar en el ranking mundial de ventas externas de poroto de soja con 6,13 millones de toneladas aproximadamente.

El principal destino de las exportaciones de poroto de soja es China con el 87,4% del volumen total mundial exportado. Le siguen con un volumen mucho menor Egipto, Chile y EE.UU. Figura 1.8.



Fuente: CIARA-CEC

Figura 1.8. Destinos de las exportaciones argentinas de Poroto de Soja en toneladas exportadas.

Nuestro país es primer exportador de productos procesados, de aceites y harinas proteicas, en un nivel de oferta muy superior al de Brasil, que es el segundo exportador mundial. Figuras 1.9 y 1.11.

Harina de Soja. Exportaciones.

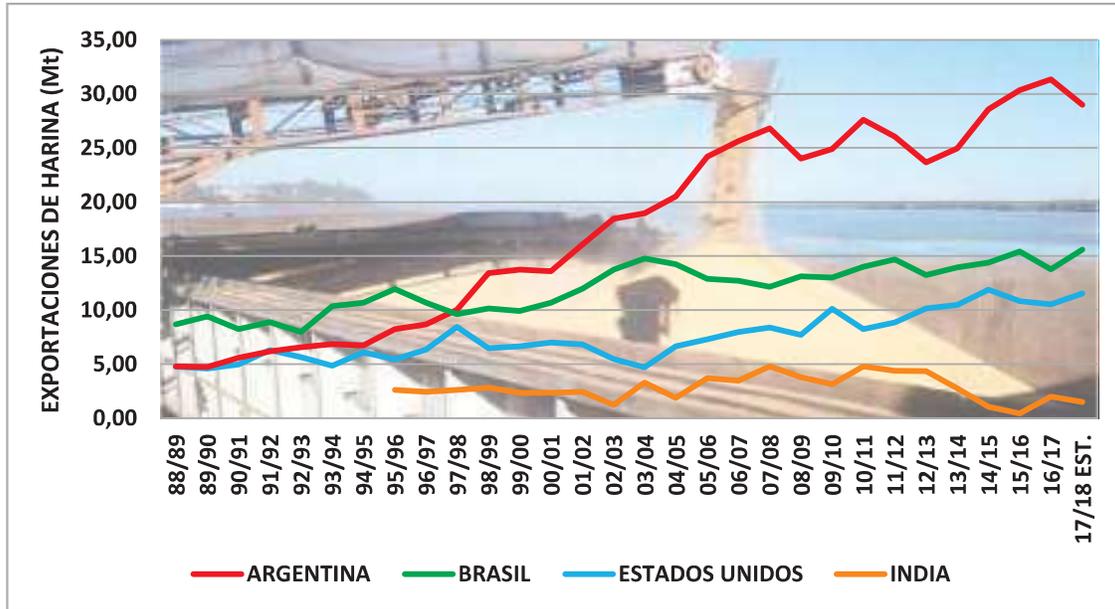
En la campaña 2016/17, continuó ocupando el primer lugar como exportador mundial de harina de soja con 31,32 millones de toneladas vendidas. En esta campaña, según el USDA, nuestro país exportó cerca de 1,0 millón de toneladas más que en el ciclo 2015/16. En este producto, Argentina supera a Brasil que exportó 13,8 millones de toneladas y a Estados Unidos de América, país que ocupó el tercer lugar con 10,5 millones de toneladas. Lo importante es que nuestro país creció en esta campaña en toneladas exportadas (1,0 millón de toneladas), mientras que sus principales competidores, Brasil y EE.UU., se mantuvieron en niveles similares a años anteriores.

El consumo mundial de harinas de soja según fuente USDA, se fija en 331,2 millones de toneladas en 2017/18, que representa un aumento interanual del 4% y de un aumento de 18,7% respecto 2013/14.

China, primer productor de harinas de soja, también es el primer consumidor harinas con el 29% del consumo mundial, con un consumo creciente año tras año, espera alcanzar 95,3 millones de toneladas en 2017/18, frente a 74,8 millones de toneladas de 2013/14 (27% superior a 2013/14).

La Unión Europea segundo consumidor de harinas de soja, estima una cantidad de 55,1 millones de toneladas para 2017/18 (3 millones de toneladas más que 2013/14).

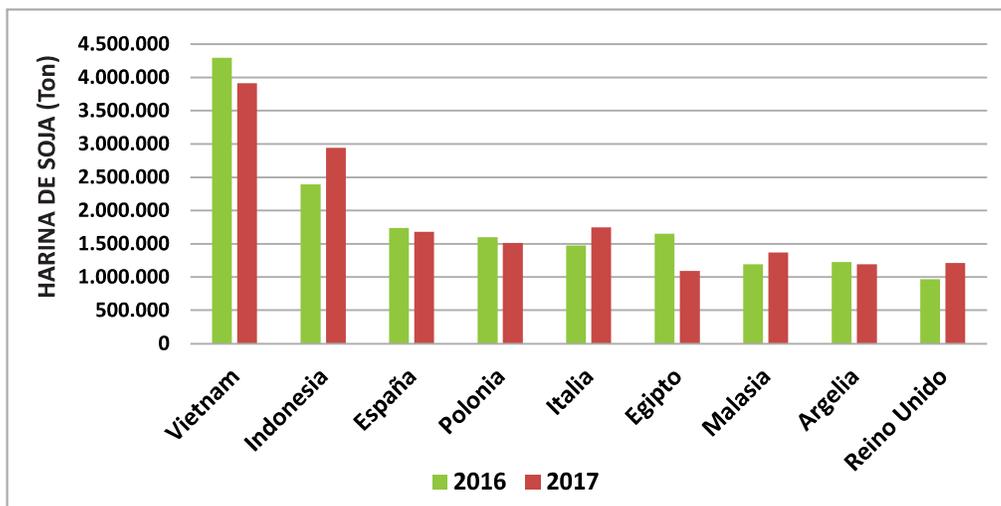
EE.UU. proyecta un consumo de 37 millones de toneladas (5 millones por encima respecto a 2013/14). El consumo en Brasil se situaría en 18,8 millones de toneladas frente 16,4 millones de toneladas de 2013/14 (15,2%), siendo también muy elevado el consumo en India con 15,1 millones de toneladas frente a 12,2 millones de toneladas de 2013/14 (Calzada y Corina, 2017; Calzada, 2017), Figura 1.9.



Fuente: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/wasde> -10/05/18.

Figura 1.9. Principales exportadores de Harina de Soja en los últimos 20 años.

Dentro de los países compradores de harina de soja argentina, Vietnam figura en primer lugar, le sigue Indonesia y luego países de la Unión Europea como España, Polonia, Italia y una diversidad de países más que se nutren de nuestra harina Hi-Pro para consumo de animales, peces, aves, etc. Figura 1.10.

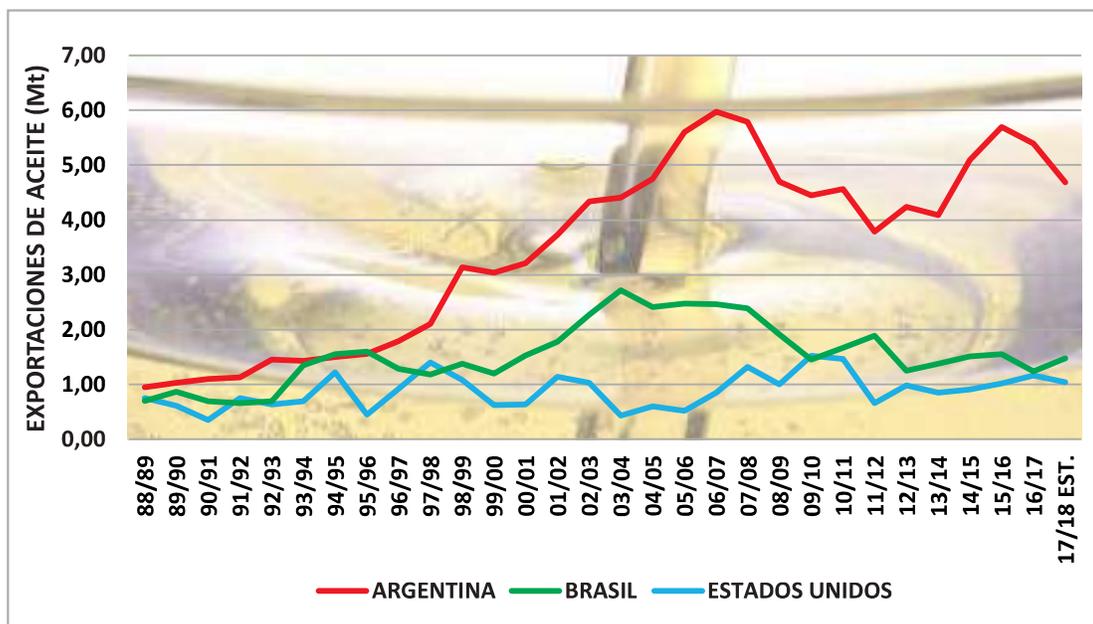


Fuente: CIARA-CEC

Figura 1.10. Destinos de las exportaciones argentinas de Harina de Soja en toneladas exportadas.

Aceite de soja. Exportaciones

Entre los países exportadores de aceite Argentina ocupa el primer lugar, le sigue Brasil y en tercer lugar Estados Unidos. Figura 1.11.

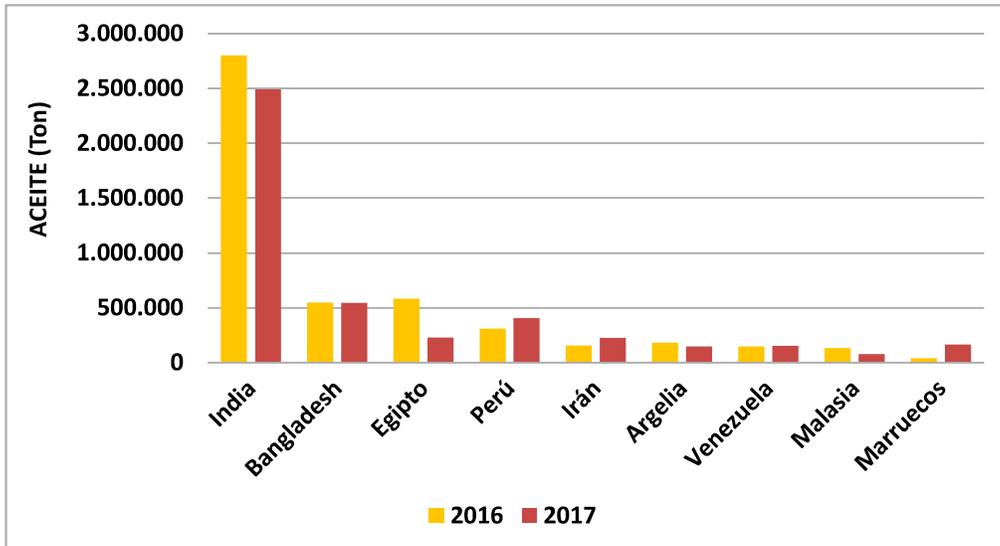


Fuente: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/wasde> - 11/05/18

Figura 1.11. Principales países exportadores de Aceite de Soja en el período 1988-2018.

Respecto de los países compradores de aceite, India ocupa el primer lugar seguido por Bangladesh, Egipto, Perú, Irán, Argelia, Venezuela, Malasia y en el 2017 Marruecos surge como un comprador importante. Figura 1.12.

India se ha constituido en un extraordinario cliente en volumen, ya que nos compra un 50% del total el aceite de soja, con un volumen de 2,7 Mt en el año 2016 y 2,5 Mt en el 2017. Otro cambio importante en este mercado, es que Europa también dejó de ser importador del 6% de nuestro total exportado a menos del 1%. India va a seguir siendo un cliente destacado y se ha generado un compromiso mutuo entre los países para el flujo de aceite de soja, para un mercado creciente en un 5% anual. El consumo de aceite de soja crece, porque es muy apetecido por sus bondades para la salud y la producción interna de soja en India es muy pobre debido a la carencia de tecnología y al clima no favorable en estos últimos años. Una proyección realizada por Julio Calzada de la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR), estimó que para el año 2025, sería razonable pensar que este mercado crecería un 56% en el caso más conservador. El aumento del consumo interno para la producción de Biodiesel, ha sido significativo. Esta industria hace 10 años, era prácticamente inexistente. La puesta en marcha de la ley respectiva, su reglamentación y el concerniente establecimiento del corte de gasoil con biodiesel, generó que el país creciera rápidamente en este rubro (Rossi, 2018).

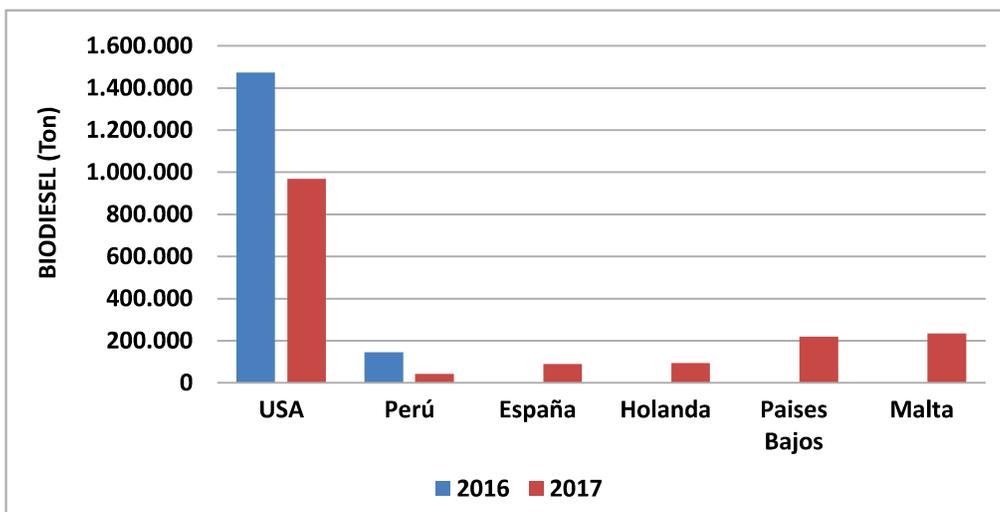


Fuente: CIARA-CEC

Figura 1.12. Principales destinos de las exportaciones argentinas de Aceite en toneladas exportadas.

Biodiesel. Exportaciones.

Las exportaciones argentinas de Biodiesel, en los años 2016 y 2017, tuvieron como principal comprador a Estados Unidos, hasta que en agosto de 2017 impuso un impuesto preliminar del 50,29 a un 64,17%. Luego, en enero de 2018 lo llevó al 72%, tasas que impiden obtener rentabilidad a los productores argentinos (Infobae, 2018). Según los americanos el biodiesel de nuestro país se vende a precios demasiado bajos que impide el crecimiento de la industria doméstica americana y eso motiva las tasas antidumping. Simultáneamente en el 2017 aparecen como nuevos compradores los Países Bajos, Malta, Holanda y España, cayendo las compras de Perú. Figura 1.13.



Fuente: Ministerio de Energía y Refinería, Presidencia de la Nación.

Figura 1.13. Principales destinos de las exportaciones argentinas de Biodiesel en toneladas exportadas.

Las ventas del combustible tenían a Europa como principal destino en 2012. Las exportaciones a la Unión Europea -UE- representaban alrededor del 89% del valor total exportado de biodiesel argentino, pasando al 43% en 2013. Finalmente, en 2015, la participación de exportaciones a UE sobre el total de biodiesel exportado por Argentina se redujo drásticamente al 1%.

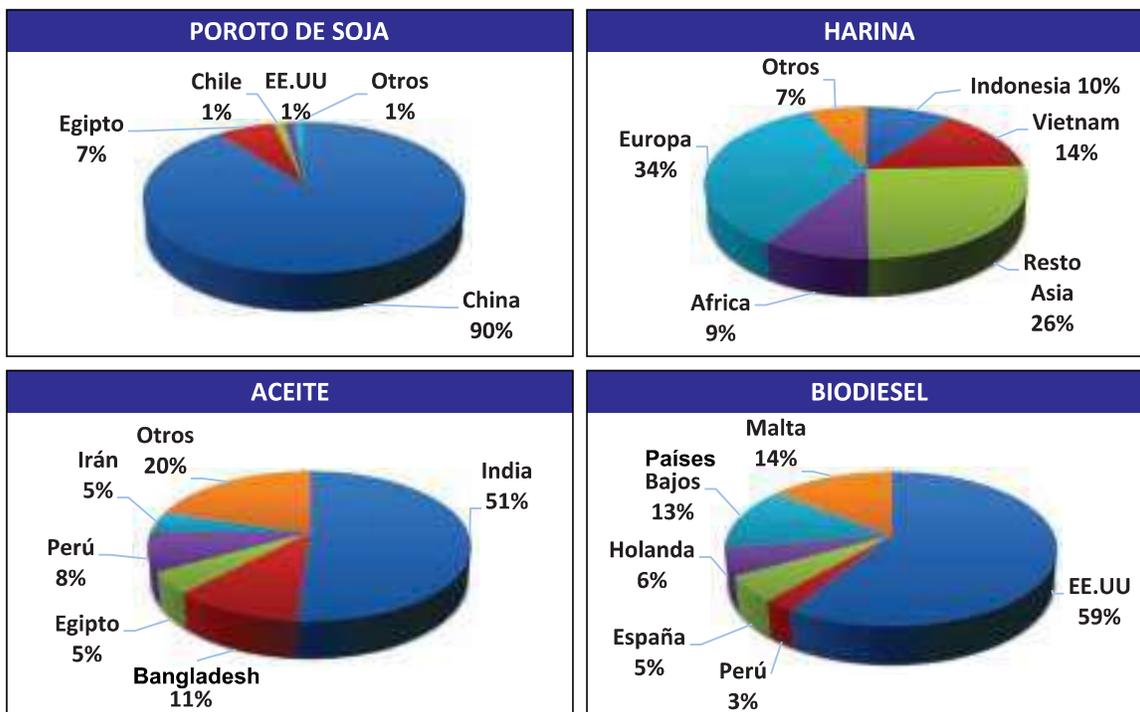
Tras cuatro años de litigio en la Organización Mundial del Comercio (OMC), Argentina consiguió la reapertura del mercado de biodiesel de la Unión Europea. Europa, el segundo mercado en importancia, continúa abierto pero con la amenaza latente de aplicación de aranceles proteccionistas nuevamente.

La Cancillería argentina informó que la OMC determinó la inconsistencia de los derechos anti-dumping impuestos a las importaciones de biodiesel argentino. También se reabrió el mercado de aceite de soja a China. Esto vino a paliar la caída del mercado de EE.UU. (Gasalla, 2017).

El Biodiesel argentino tiene un 70% menos de gases efecto invernadero y es sustentable casi el 100% del biocombustible exportado a Europa, según un estudio realizado por el INTA y Cámara Argentina de Biocombustible (Carbio). El biocombustible argentino emite 26 gramos de dióxido de carbono equivalente por megajoule (26g CO₂/MJ), comparado con la normativa de la UE que establece de forma predeterminada 83,8g CO₂/MJ, la diferencia porcentual remarca las ventajas del sistema agroindustrial argentino (Castro, 2018b).

Exportaciones argentinas en porcentaje

En la Figura 1.14 se puede observar las exportaciones argentinas en porcentaje por destinos de soja, harina de soja, aceite y biodiesel según datos de CIARA y del Ministerio de Energía y Minería, Secretaría de Recursos Hidrocarburíferos, INDEC, al 03/06/18, Presidencia de la Nación.



Fuente: CIARA, Ministerio de Energía y Minería, INDEC. 2017.

Figura 1.14. Exportaciones argentinas en porcentaje por destinos del año 2017.

En poroto de soja el 90% de las compras las realizó China para procesar en su propio país, incorporándole mano de obra y valor agregado nacional.

De harina de soja se vendieron 28,255 Mt en el año 2017 a 65 países, con una demanda muy atomizada, con amplio rango de exportaciones que van desde 20 a 3.913.031 toneladas según el destino, mucho de los cuales representan cantidades apreciables superiores a 1 Mt. En la Figura 1.14, Asia participa con 28 destinos en los que Vietnam (14%), Indonesia (10%) y Malasia (5%) son los más importantes, representando el continente asiático el 50% de nuestras exportaciones. África con el 9% de las exportaciones argentinas, tuvo 8 destinos, siendo Argelia y Egipto los de mayor representatividad. Europa con 17 destinos, de los cuales Italia, España, Polonia y Reino Unido son los más importantes y representan un 34% de las exportaciones de nuestro país. En otros destinos con el 7% participan 12 países de América y Oceanía.

En relación al aceite de soja, 32 fueron los países que compraron nuestra producción en el 2017, 5 de los cuales representan el 80% de las exportaciones del país. India nuestro principal comprador con el 51%, que junto a Bangladesh e Irán sumaron el 67% de nuestros destinos.

En Biodiesel, EE.UU con el 59% fue nuestro principal comprador hasta agosto de 2017, luego Malta (14%) y los Países Bajos (13%), representando los países europeos el 38% de nuestras exportaciones. El panorama para el biodiesel cambió, como ya se mencionó, a partir del arancel de importación que impuso el gobierno de EE.UU y la recuperación de la U.E como importante comprador.

LA INDUSTRIA DEL BIODIESEL EN ARGENTINA



(Calzada y Molina, BCR, 2017)

La producción de biodiesel en Argentina comenzó en el 2007 y a partir de allí fue creciendo en forma acelerada. En 11 años empresas nacionales e internacionales instalaron 37 plantas, con una capacidad de producción anual conjunta cercana a 4,4 Mt/año. Es un complejo industrial de gran relevancia para el país, ya que en el año 2016 produjo cerca de 2,6 Mt de biodiesel, exportando 1,6 Mt y generando divisas por U\$S 1.175 millones. El relevamiento fue realizado por la Bolsa de Comercio de Rosario junto con la Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno en base a informes del Ministerio de Energía y Minería de la Nación y consultas realizadas a empresas del sector.

Argentina tiene un rango distintivo si se la compara con un país como Estados Unidos, también productor de aceite de soja y biodiesel. En EE.UU. hay un importante número de pequeñas plantas que no llegan a 20.000 t/año de capacidad (son 50 fábricas chicas que representan cerca del 42% del total de plantas). En Argentina sólo existen 8 plantas en ese rango de capacidad, las que representan el 21% del número total de fábricas.

En EE.UU hay una mayor atomización con pequeñas fábricas, a diferencia de lo que sucede en Argentina, lo cual se explica por el mercado al que están dirigidas las respectivas producciones. Las estadounidenses tienen por objetivo el mercado doméstico, segmentado regionalmente de acuerdo a la concentración poblacional. Las plantas argentinas, por el contrario, están dirigidas al mercado exportador, ya que la capacidad instalada excede largamente la demanda del consumo doméstico.

En relación al tamaño de las plantas, Cuadro 1.3, en Argentina hay siete plantas que cuentan con una capacidad de producción anual de entre 200.001 y 700.000 t/año. Tres de las plantas se encuentran en el rango de 100.001 a 200.000 toneladas y 16 entre 50.001 y 100.000 t/año.

Cuadro 1.3. Tamaño de las Plantas de Biodiesel en Argentina

RANGO DE TAMAÑO (capacidad de producción en t/año)	Número de Plantas
Menos de 20.000	8
Entre 20.001 y 50.000	3
Entre 50.001 y 100.000	16
100.001 y 200.000	3
Entre 200.001 y 700.000	7
Total	37

Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario. Septiembre de 2017.

Otro dato relevante es que prácticamente la mitad de esas plantas (18 en total) se encuentran localizadas en la provincia de Santa Fe y como varias de estas industrias son de gran tamaño, esta jurisdicción tiene una capacidad de producción anual importante: 3,4 millones de toneladas de biodiesel o el 79% de la capacidad total de producción nacional. El motivo de la gran radicación de plantas de biodiesel en esta provincia tiene que ver con la existencia y funcionamiento del complejo industrial oleaginoso del Gran Rosario, el cual abastece de aceite de soja, materia prima principal, a los módulos de biocombustible. Todo ello tiene sentido en la medida que ambos productos, el aceite de soja y el biodiesel, han estado destinados en un alto porcentaje a los clientes externos.

Existen otros indicadores interesantes:

- a) En nuestro país hay 12 plantas de gran tamaño, con capacidades de producción iguales o superiores a 100 mil t/año. De esas doce fábricas, once están localizadas en la provincia de Santa Fe y, más precisamente, diez de ellas en el Gran Rosario donde funciona el complejo oleaginoso más importante a nivel mundial por el grado de concentración geográfica de la estructura industrial.
- b) De esas 12 plantas de biodiesel de mayor tamaño, una de ellas está localizada en Santiago del Estero (Viluco S.A., en la localidad de Frías) y otra en la localidad santafesina de Avellaneda (Vicentín SA). El resto están ubicadas en el Gran Rosario.
- c) Las siete plantas más grandes de Argentina están instaladas en el Gran Rosario, con capacidades de producción por encima de las 240.000 t/año.
- d) Las cuatro principales plantas son: Louis Dreyfus, en General Lagos, con una capacidad de producción anual total de éster metílico de 610.000 t/año, Renova (Timbúes), Patagonia Bioenergía (San Lorenzo) y Terminal 6 (Puerto General San Martín) con una capacidad de 480.000 t/año, respectivamente.

e) La industria del biodiesel argentino ha registrado un importante crecimiento a partir del año 2007. Por el lado del mercado interno, la mezcla obligatoria de gasoil con biodiesel fue la que impulsó el desarrollo de esta industria, gracias al Programa Nacional de Biocombustibles que implementó el Gobierno Argentino a partir del año 2010. El mandato de corte surge del artículo N° 7 de la Ley 26.093, reglamentada por Decreto 109/07. En la actualidad, el porcentaje de mezcla obligatoria se encuentra en el 10%. Por el lado del mercado externo, el Gobierno sostuvo un tratamiento diferencial en materia de derechos de exportación de la cadena de valor de la soja, a favor de los productos derivados de mayor valor agregado, que obró como espejo a los aranceles de importación crecientes, políticas de subsidios agrícolas y otros incentivos existentes en la Unión Europea y EE.UU., contribuyendo a la fluidez del comercio internacional.



Foto: Infobae, 2018.

POSICIONAMIENTO DE ARGENTINA COMO PRODUCTOR EXPORTADOR



El posicionamiento que tiene Argentina en relación a la producción y comercio exterior de poroto de soja y sus derivados, como así también respecto de su complejo industrial sojero, Cuadro 1.4, de acuerdo a información de la Bolsa de Comercio de Rosario de Calzada y Corina (2017) y datos del CIARA para el 2017 es el siguiente:

- ✓ Primer exportador mundial de harina de soja.
- ✓ Primer exportador mundial de aceite de soja.
- ✓ Primer exportador mundial de biodiesel en base a aceite de soja.
- ✓ Tercer productor mundial de poroto de soja
- ✓ Tercer exportador mundial de poroto de soja.
- ✓ Tercer productor mundial harina sojera.
- ✓ Tercer productor mundial de aceite desoja.
- ✓ Tercer país productor de biodiesel a nivel mundial en base a aceite de soja y quinto incluyendo todas las fuentes: aceite de soja, de palma, de colza, sebo y otras.

- ✓ Argentina cuenta con el segundo complejo industrial oleaginoso más importante a nivel mundial, en lo referido a capacidad teórica de *crushing* medido en toneladas por día. China nos supera, pero como el gigante asiático tiene gran parte de sus fábricas aceiteras inactivas, Argentina ocupa el primer lugar si se computa solamente la capacidad teórica de molienda de las fábricas que funcionan en la actualidad.
- ✓ Argentina cuenta con el complejo industrial oleaginoso del Gran Rosario, el más importante del mundo a nivel de concentración geográfica. No existe otro caso en el mundo de un área geográfica como la del Gran Rosario, que cuente con tantas fábricas de gran tamaño localizadas en un sector reducido de apenas 70 kilómetros de costa sobre el Río Paraná y en 40 kilómetros de radio desde la ciudad de Rosario.

Cuadro 1.4. Posicionamiento de Argentina en el contexto mundial como productor y exportador de soja y derivados.

POROTO DE SOJA		ACEITE		HARINA		BIODIESEL	
Productor	Exportador	Productor	Exportador	Productor	Exportador	Productor	Exportador
3º	3º	3º	1º	3º	1º	3º	1º

PRODUCCIÓN DE SOJA Y DEMANDA MUNDIAL

(D'Angelo, 2017; Ciani, 2017).

Tanto la soja como los derivados de su molienda representan el principal componente de exportación en el país. En términos de productos corresponde a grano, aceite y harina de soja. Sin embargo, la cadena de soja se ha extendido durante el último decenio a nivel nacional a partir del uso como insumo industrial de los derivados de su molienda. Dicha extensión se manifiesta en la producción de biocombustibles a partir del eslabón aceite de soja-biodiesel, así como en la producción de alimentos en el caso del eslabón harina de soja - carnes. Por último, debemos incorporar también en la cadena de soja el uso directo del grano en las dietas balanceadas para alimentación animal, como complemento o sustituto de los cereales forrajeros.

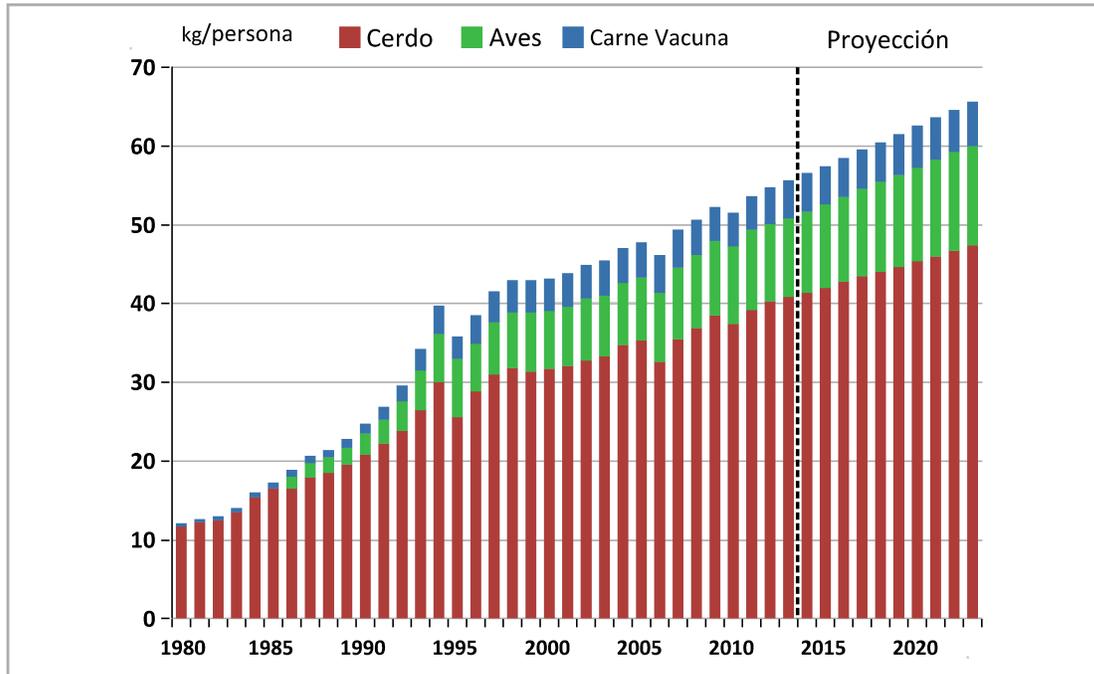
China es el principal consumidor de soja del mundo. Sus importaciones han ido creciendo en forma gradual, aumentando 10 millones de toneladas desde el 2015 al 2018, con un crecimiento estimado de 3 millones de toneladas más en el 2018. Cuadro 1.5.

Cuadro 1.5. Importaciones Chinas en el período 2015 a 2018.

IMPORTACIONES CHINA	
Año	Millones de ton
2015	81,7
2016	83,2
2017	92,5
2018	95,0

El gigante asiático mantiene una alta industrialización interna para abastecer su producción cárnica aviar y porcina con soja importada, ya que su producción interna no alcanza a satisfacer la fuerte demanda en crecimiento.

El consumo per cápita chino de cerdo, aves y carne vacuna crece a un ritmo muy alto según se puede observar en la Figura 1.15.



Fuente: USDA – D’Angelo, L. 2017

Figura 1.15. Consumo de Proteínas en China.

El mercado de los subproductos, traccionados por la demanda internacional y para poder competir en igualdad de condiciones con los Estados Unidos y Brasil, se ha orientado a la fabricación de harina de soja de alta proteína, cambio que ha determinado que a partir de 2008/09, la mayor parte de las ventas argentinas al exterior estén constituidas por el denominado “Pellets Hi-Pro” (alto contenido de proteína), mientras que el resto continuaron siendo el pellets tradicional conocido como “Pellets Low-Pro” (bajo contenido de proteína).

La consolidación de esta nueva tecnología en el procesamiento de subproducto de soja, obligó a descascarar el grano de soja, obteniéndose paralelamente un nuevo formato de subproducto como lo es el “Pellet de Cáscara”, del cual se exportan volúmenes superiores al millón de toneladas.

La evolución del mercado de harina de soja en los últimos años, vinculada a la mayor demanda de carnes, derivó hacia la utilización integral del resto del grano de soja que no se transforma en aceite, originando un variado conjunto de bienes, englobados en la denominación harinas, que se destinan al consumo animal.

PERSPECTIVAS DE LA DEMANDA

(Calzada y Corina, 2017 y D'Angelo, L. 2017).

POROTO DE SOJA

- ✓ Producción mundial con recorte del -1%.
- ✓ Comercio mundial: + 2,3%. China importaciones de 92,5 a 95 Mt.
- ✓ Aumento del consumo en un 4,2%.
- ✓ Stocks finales suben 1,2% vs. 22% del año anterior.

HARINA DE SOJA

- ✓ Aumento de la producción un +4,6% y el consumo mundial en +3,3%.
- ✓ Sube el comercio mundial.
- ✓ Baja de un -3,6% en los stocks mundiales.

ACEITE DE SOJA

- ✓ Producción mundial en aumento, estimado en 4,2%.
- ✓ Aumento de las importaciones de India en un +17%.
- ✓ Stocks sin cambios (compensado por mayor demanda).
- ✓ Aumento del consumo de biocombustibles P.

Argentina produce el 5% del total de granos del mundo y participa en un 15% en el comercio de granos y subproductos. La producción nacional de soja creció de 3,77 a 55 Mt entre la campaña 1980/81 y la 2016/17, cayendo a 37,78 Mt en la campaña 2017/18 por efectos de la pronunciada sequía, la mayor en 50 años.

El futuro de la soja está asociado a la nutrición animal, ya que la harina de soja se usa para la alimentación de cerdos, aves, vacunos y pescados. El centro de producción de las industrias de carnes estará en el Mercosur, sobre todo en Brasil y la producción de harinas de soja se ubicará cerca, porque allí también producirán más carne de cerdo y de pollo. La estrategia en el futuro del complejo soja estará vinculado con el de la carne y tendremos que saber lo que está pasando con los clientes que compran harina.

El incremento de la población mundial en las próximas décadas, determinará un aumento de la demanda mundial de alimentos.

También las necesidades para las dietas están cambiando, por lo tanto se deberán realizar nuevos desarrollos de tipos de soja para adaptarlas a las demandas de los consumidores. Para Argentina la exportación seguirá siendo el principal destino de toda la producción local de harina y aceite, ante un escaso uso interno.

CADENA DE LA SOJA Y AGREGADO DE VALOR



A lo largo de los años a la soja se le ha otorgado el título de “semilla milagrosa” debido al número de productos derivados de su procesamiento que se pueden obtener. Se encuentran los productos elaborados a partir del grano entero y aquellos derivados de la molienda en la que se obtiene el aceite y la harina de soja.

Las aplicaciones más importantes son como producto alimenticio, principalmente animal, algunos productos industriales o energéticos como adhesivos y plásticos que se producen a partir de aislados proteicos y el biodiesel a partir del aceite.

Existen diversos grados de industrialización en la cadena de la soja a medida que se avanza en el número de operaciones para transformar los granos en productos específicos. La primer etapa de industrialización es la molienda de soja y extracción de aceite. Luego se generan productos a partir de la harina como los expellers. Algunos productos proteicos de alta calidad a partir de harina y expeller, son alimentos balanceados, harinas micronizadas, texturizados, concentrados y aislados proteicos. Existen productos derivados de los anteriores con alto agregado de valor producidos con fines específicos, denominados extensores cárnicos y de panificación, bioplásticos, etc. (Accoroni, 2017).

Desde fines del año 2007 se viene trabajando en el INTA en los Proyectos Agregado de Valor en Origen y Proyecto Específico del PPR PRECOP II y más recientemente en el Proyecto Nacional PNAIYAV - 1130022-PE 1: Procesos productivos agroindustriales para agregar valor en origen en forma sustentable, en acciones que generen agregado de valor en origen con la activa participación del productor agropecuario, siguiendo la estrategia del Ministerio de Agroindustria. El trabajo del INTA posee una base de investigación básica para hacer aportes científicos. El agregado de valor permite aumentar la rentabilidad y las fuentes laborales en origen con desarrollo local, en lugar de exportar granos, harinas y aceite crudo para que otros países le agreguen valor en destino. La propuesta no afecta a ninguno de los integrantes de las cadenas agroalimentarias sino por el contrario, no es necesario dejar de ser el granero del mundo ni tampoco el país proveedor de commodities, sino además de ello y en forma estratégica, ser importante en la producción y exportación de productos con valor agregado para un país agroindustrial, agroalimentario basado en el desarrollo de la Bioeconomía (Bragachini *et al.*, 2017)

La Argentina como productor y exportador de grano, productos y subproductos de soja, tiene muchas posibilidades de incorporar valor a la producción primaria a través de su transformación en aceite, biocombustibles, harinas de extracción, pellet, expeller, huevo, leche, carnes blancas y rojas como la bovina, aviar, porcina, de peces y otros posibles usos.

Se sabe que el productor primario que vende su producción en puerta del campo, en la gran mayoría percibe, en el mejor de los casos, el 20% de lo que ese mismo producto vale en la góndolas. El industrial de primera y segunda transformación recibe entre el 30 y 40% y el que maneja la logística y las cadenas de comercialización se quedan con el 40-50% del valor góndola. Si eso lo extrapolamos a nivel de país es prácticamente igual, lo mismo pasa en los países proveedores de commodities, quienes poseen menos peso específico dentro del agronegocio de los alimentos, siendo que si se organiza en la cadena puede llegar exitosamente a la góndola y Argentina en ese aspecto puede llegar a ser el supermercado del mundo (Bragachini *et al.*, 2017)

En la etapa de la primera industrialización o molienda, la producción de aceite crudo y harina están asociadas, porque se producen en las mismas plantas industriales por el proceso de extracción con solvente, usando hexano normal que es un derivado del petróleo. La goma se utiliza para la producción de lecitina de soja o puede ser adicionada a la harina para conseguir distintos tenores de proteína. El aceite parcialmente refinado es transformado por medio de la hidrogenación, en margarinas, mayonesas y grasas vegetales. Algunas empresas integran verticalmente todas estas etapas industriales.

Aproximadamente el grano de soja rinde 19% de aceite, 73% de harina, 7% de cáscara y 1% de otros (cenizas, etc.), valores que pueden variar dependiendo del grado de secado y descascarado. Los productos elaborados se dividen en dos segmentos: 1.- Commodities que incluyen aceite crudo y refinado a granel y las harinas proteicas para animales; 2.- Productos diferenciados, de mayor valor agregado para el consumo final en alimentos y otros usos (Muñoz, 2011).

En las Figuras 1.16, 1.17, 1.18, 1.19 y 1.20 se puede observar la diversidad de productos que se pueden lograr a partir del grano de soja, aceite de soja y harina de soja (Bragachini *et al*, 2011b).

Una clasificación de los usos de la soja propone su división en dos grupos, por un lado, los productos elaborados a partir de la semilla entera y por otro, aquellos que derivan de las operaciones de molienda en las que la soja se fracciona en aceite y harina (FAO, 1992).

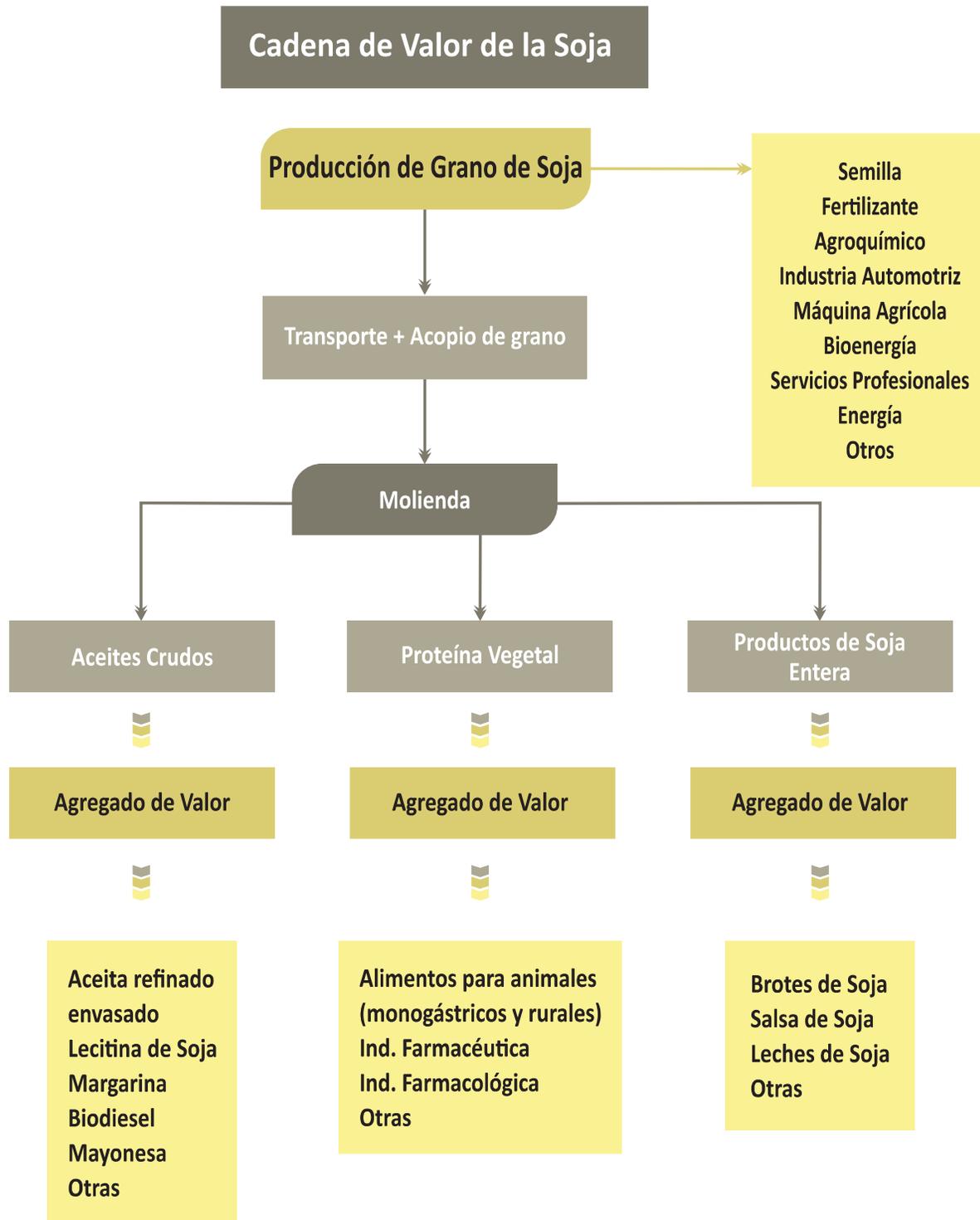


Figura 1.16. Valor agregado en la cadena de la soja.

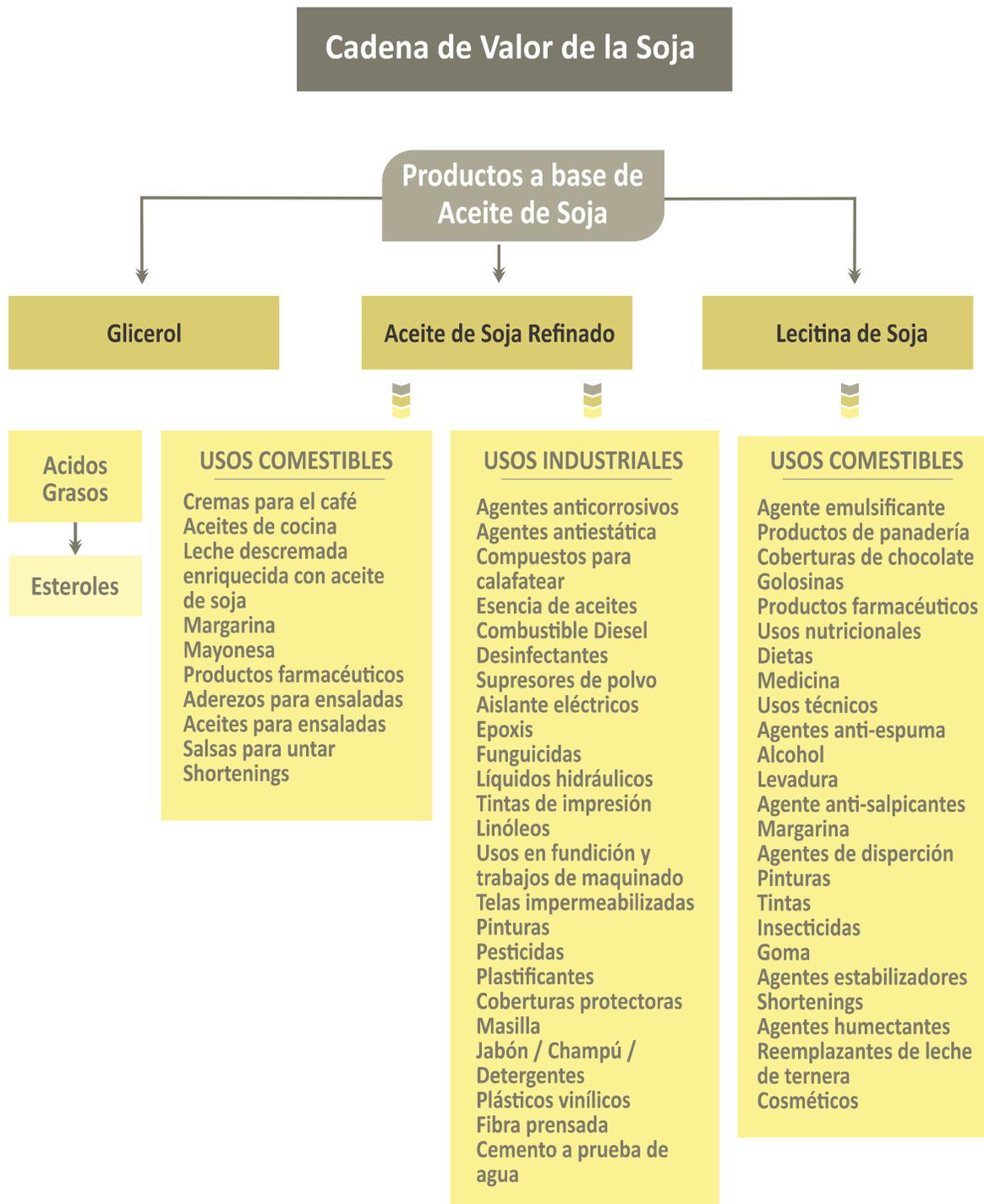


Figura 1.17. Valor agregado de productos a base de aceite de soja.

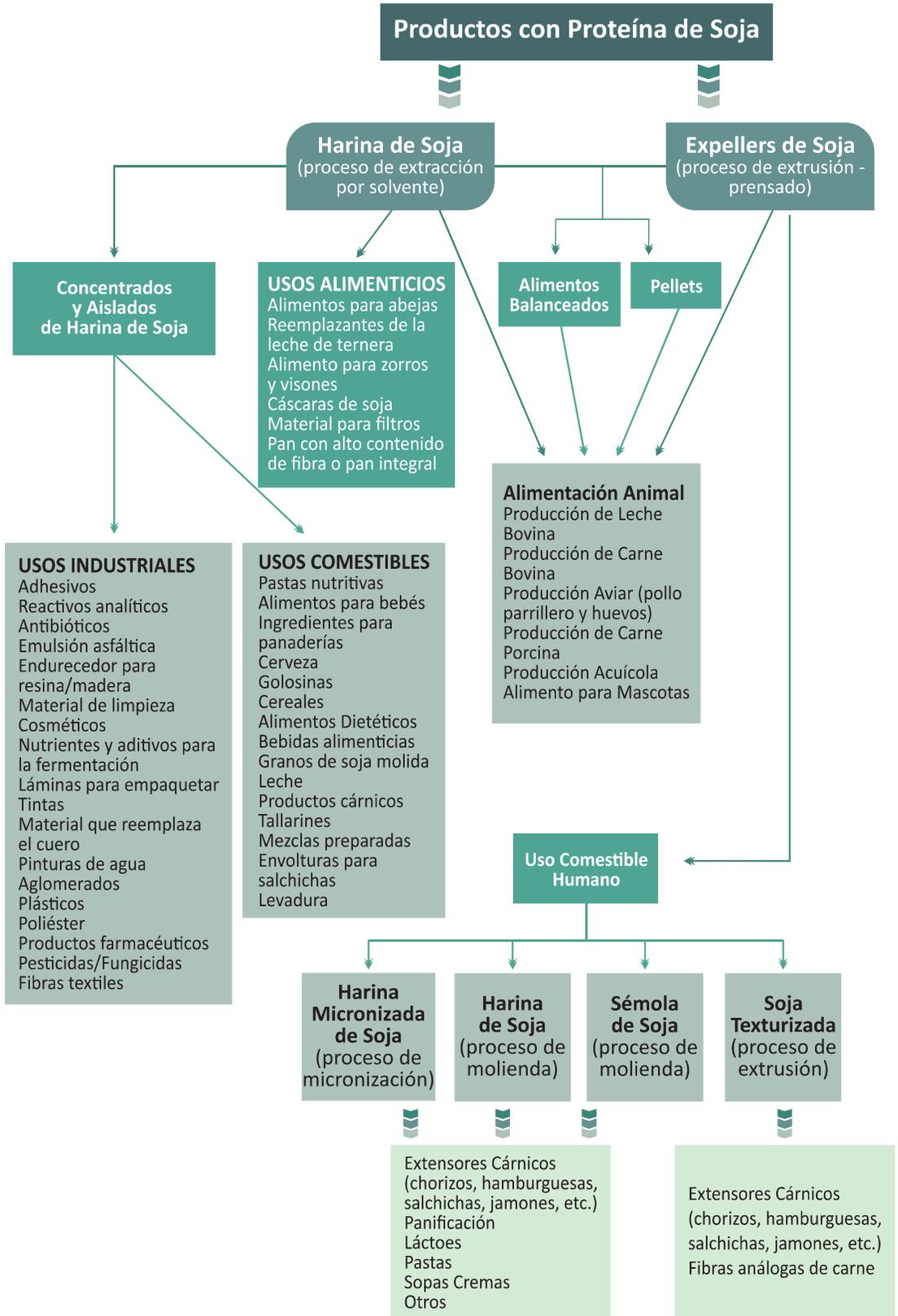
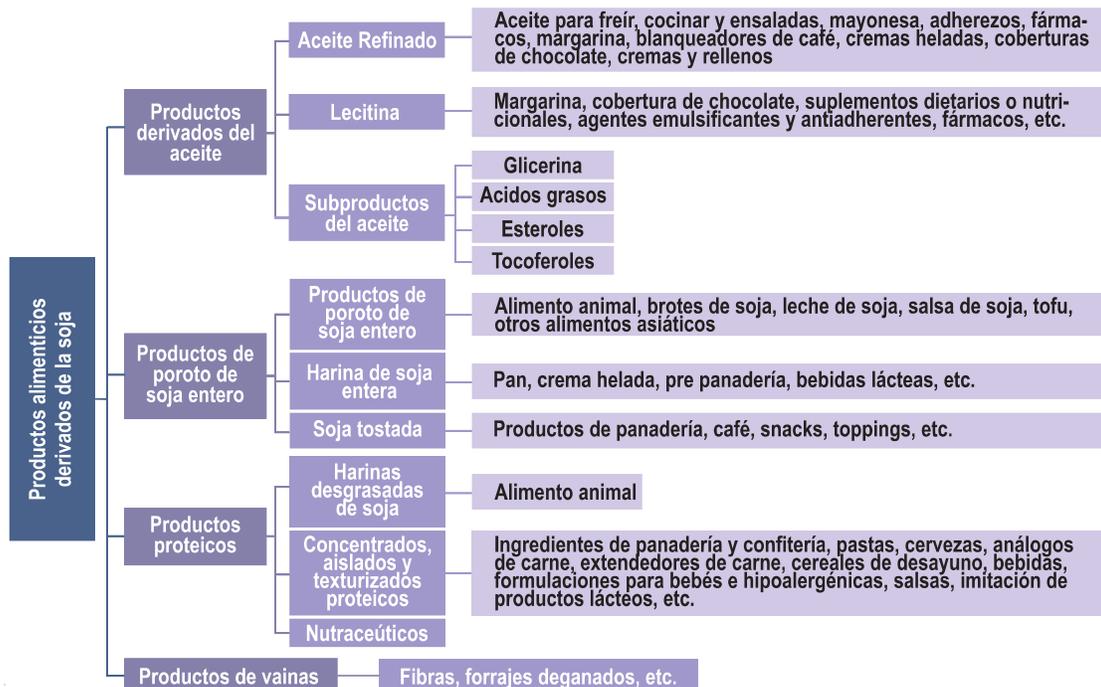


Figura 1.18. Valor agregado de productos con base proteína de soja.



Figura 1.19. Usos comestibles de la soja.

La mayor parte de sus aplicaciones son alimenticias, sin embargo, algunos productos han sido desarrollados con propósitos industriales o energéticos. Dentro de estas últimas, se encuentran los adhesivos y plásticos, que se producen a partir de aislados proteicos y el biodiesel, que es el combustible elaborado a partir de aceite. A pesar de dicha versatilidad, aquí serán considerados sólo los usos alimenticios, Figuras 1.19 y 1.20.



Fuente: elaboración propia INTA, 2015

Figura 1.20. Productos alimenticios de la soja.

PRODUCTOS PROTEICOS DE SOJA

(Saavedra, 2017)

Se conocen como productos proteicos de soja a aquellos productos derivados de la transformación y purificación de la fracción proteica de soja (harinas y expeller), resultante de la molienda para la extracción de aceite.

En general, los concentrados y aislados son el resultado de sucesivas operaciones que buscan separar y purificar la proteína de la soja del resto de los componentes.

Los texturizados, son productos derivados de la doble extrusión de harinas de soja, donde se modifica su estructura para generar un análogo de carne.

Los principales productos proteicos de soja son los aislados, concentrados y texturizados.

CONCENTRADOS

Es el producto obtenido a partir de las semillas de variedades de Glycine Max (L) Merrill o de sus harinas o sémolas. Deberá contener como mínimo 70 por ciento de proteínas (N x 6,25) sobre base seca y cumplir con los requisitos de valor nutritivo e inocuidad, establecidos para las harinas (Artículo 1410 - (Res 126,29.1.80))

AISLADOS

Es el producto obtenido a partir de las semillas de variedades de Glycine Max (L) Merrill o de sus harinas o sémolas. Deberá contener como mínimo 90 por ciento de proteínas (N x 6,25) sobre base seca. El valor nutritivo de este producto, expresado como PER, no será menor de 1,8 y la inocuidad será la misma establecida para las harinas (Artículo 1411 - (Res 126,29.1.80))

TEXTURIZADOS

Es el producto obtenido a partir de las harinas de sémolas, concentrados o aislados de semillas de Glycine soja Max (L) Merrill. Deberán responder a los requisitos de valor nutritivo e inocuidad, establecidos por el presente Código, para las harinas (Artículo 1412 - (Res 126,29.1.80))

Estos productos son una herramienta importante en la industria alimenticia y farmacéutica, debido a la amplia gama de aplicaciones que presentan para mejorar propiedades funcionales. Sin embargo, la producción de concentrados y aislados aún no ha sido difundida en nuestro país. Existen algunas empresas que elaboran texturizados.

EE.UU y China son líderes en la producción global y principales proveedores del país. Por el contrario, los volúmenes de exportación de texturizados de soja realizadas desde el 2002 presentan una marcada evolución positiva.

PRODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL DE HARINA DE SOJA POR HABITANTE

Tanto la harina como el expeller son concentrados proteicos utilizados para la formulación de raciones para alimentar monogástricos y rumiantes, transformándose de esta manera en proteína animal como leche, huevo, carne porcina, aviar, bovina y de peces.

Si se analiza el consumo mundial por habitante de harina de soja, la Argentina consume muy poco de este producto y exporta casi toda la harina que produce. Consume el 7,9% de su producción de 763,5 kg/habitante/año, lo que equivale a un consumo de 60,5 kg/habitante/año. Exporta casi toda la harina que produce sin agregarle valor a través de la transformación en proteína animal.

Como dato relevante está el caso de China, que procesa más soja de la que produce. Importa soja, mucha de la cual proviene de Argentina y consume el 97,1% de la harina producida por habitante que es de 47 kg/habitante/año.

Estados Unidos produce 126,1 kg/hab/año y consume 93,5 kg/habitante/año, con un porcentaje consumido de lo producido por año de 74,1%.

La Unión Europea produce 22,9 kg/hab/año, menos harina de soja de la que consume que es de 60,4 kg/habitante/año, con un 263,4% de consumo de lo producido por habitante, siendo uno de los principales compradores mundial de harina de soja (Cuadro 1.6) y es uno de los destinos importante de las exportaciones argentinas. El crecimiento se explica, en gran parte, por el fenómeno en Europa de la enfermedad encefalopatía espongiforme, conocida como de la “vaca loca”, que terminó con la alimentación del ganado con proteínas de origen animal (Bragachini *et al.*, 2011a y Accoroni, 2017).

Cuadro 1.6. Producción y consumo de Harina de Soja/habitante por país.

País	Producción/hab./año (kg)	Consumo/hab./año (kg)	% consumido de lo producido por año
Argentina	763,5	60,5	7,9
Brasil	148,6	78,0	52,5
EEUU	126,1	93,5	74,1
China	47,00	45,6	97,1
U. Europea	22,9	60,4	263,4

Fuente: INTA, Proyecto VAO con datos del USDA y el Banco Mundial. 2017.

CARACTERIZACION DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES DE LA SOJA



(Bragachini *et al.*, 2011b).

SUBPRODUCTOS OLEAGINOSOS

Se entiende por subproductos oleaginosos a los residuos sólidos resultantes de la extracción industrial de aceite de granos oleaginosos, obtenidos por presión y/o disolvente, provenientes de la elaboración de mercadería normal, sin el agregado de cuerpos extraños y/o aglutinantes (SAGPyA, Norma XIX, 1999).

Clasificación de los subproductos

- Expellers: Son los residuos de elaboración por prensa continua.
- Harina de extracción: Son los residuos de la elaboración por disolvente y, salvo estipulación especial, no se diferencian por su granulación (fina, en grumos, aglomerados o pedazos).
- Pellets: Se denomina a la forma física (comprimidos cilíndricos) de presentación de estos subproductos.

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

El mayor volumen de aceite producido en el país proviene de las grandes plantas de extracción por solvente, en las cuales se extrae cerca del 18 a 19% del aceite, mientras que en las plantas de extrusión – prensado, más pequeñas, el porcentaje de extracción de aceite es menor, en el orden del 12 al 14% (Figura 1.21).

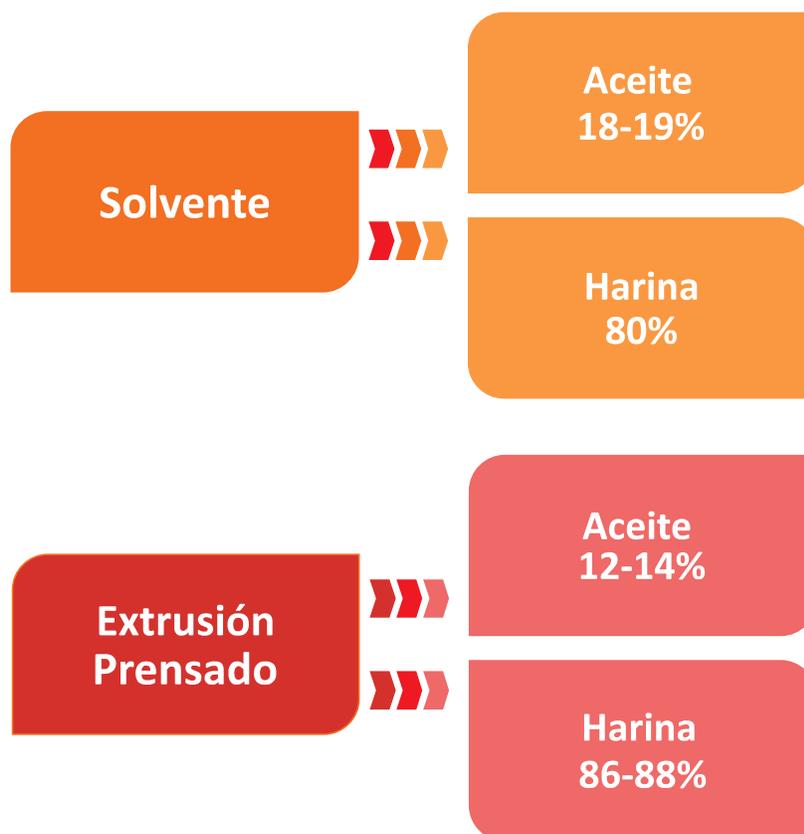


Figura 1.21 . Métodos de obtención de aceite, expeller y harina de soja.

MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR SOLVENTE

Para obtener un aceite aceptable es necesario partir de semillas de buena calidad. Es importante que la materia prima esté libre de granos dañados por factores climáticos, insectos, hongos, deficiente manipuleo físico o condiciones inapropiadas de almacenamiento. Porotos dañados producirán aceite más oscuro, con mayor contenido de clorofila y alto nivel de fosfolípidos no hidratables. Este elevado contenido de fosfolípidos dificulta posteriormente las etapas de refinado, mientras que altos niveles de clorofila demandarán una mayor decoloración.

Durante la cosecha, la soja es almacenada en plantas de acopio e industrialización, con una humedad del 14 % o menos. Al llegar a la industria, el grano es secado hasta alrededor del 10% de humedad, para facilitar su limpieza, descascarado y posterior acondicionamiento.

Una vez limpia la semilla ingresa a molinos quebradores, donde cada poroto es partido en 6 a 8 trozos y calentado hasta 66 - 68°C, para luego pasar por molinos de cilindros donde se obtienen láminas de espesores comprendidos entre los 0,3 y 0,4 mm. Durante el laminado se incrementa entre cuatro y seis veces el área expuesta y se logra la ruptura de las células que contienen el aceite.

En casi todas las plantas, el aceite se extrae por solventes, siendo el hexano el medio principal de extracción, el cual es bombeado sobre el lecho de soja laminada y extrae y arrastra las miscelas ricas en aceite. Estas miscelas son posteriormente destiladas para separar el aceite y recuperar el solvente.

El aceite obtenido por extracción por solventes se conoce como aceite crudo. Éste contiene una serie de impurezas que no lo hacen apto para su consumo, por lo que debe ser sometido a un proceso de refinación. Este proceso, si bien produce pérdidas de algunos nutrientes, disminuye el riesgo de enranciamiento y mejora los caracteres organolépticos.

El desgomado es un tratamiento con agua caliente, con agregado de ácido fosfórico o cítrico, que insolubiliza los fosfolípidos y otras materias coloidales. Luego de un tiempo de contacto, las dos fases son separadas por centrifugación. En nuestro país la mayor parte del aceite producido se exporta como aceite crudo desgomado.

(www.alimentosargentinos.gov.ar/WEB_Tecnología_de_Aceites_20080401.pdf).

EXTRUSADO

La semilla, harina, pellet y expeller de soja, a pesar de ser una magnífica fuente de nutrientes, no pueden ser ingeridos en crudo debido a la presencia de sustancias antinutritivas (inhibidores de proteasas, ureasas y hemoaglutininas) que afectan negativamente la eficiencia digestiva, pero son rápidamente reducidas a niveles de seguridad por procesamiento con calor como el extrusado (Méndez *et al.*, 2010).

El extrusado consiste en someter un producto (grano o mezcla de granos) a una presión de 15 – 200 atmósferas, en donde la humedad de éste y la temperatura que se genera por efecto de la presión, modifican la estructura de sus componentes. Las distintas combinaciones de cada una de las variables que intervienen en el proceso: presión, humedad y temperatura, determinan un sinnúmero de productos posibles de obtener. La digestibilidad de la proteína de soja va a depender de los valores de presión y de humedad empleados en su procesamiento (Méndez, 2010).

La cocción por extrusado en los últimos años ha ganado popularidad por:

- Versatilidad: una gran cantidad de productos son posibles de realizar mediante cambios en la operación de los extrusores. Estos productos no podrían ser producidos fácilmente mediante otros procesos.
- Productividad: los extrusores pueden operar continuamente con un alto rendimiento.
- Calidad del producto: la cocción por extrusión implica trabajar con altas temperaturas aplicadas por un período de tiempo corto, manteniendo así muchos componentes sensibles al calor de un alimento.
- Favorable ambientalmente: al tratarse de un proceso de baja humedad, la cocción por extrusión no produce efluentes importantes.

- Otra de las características que distingue la cocción por extrusión de los demás procesos alimentarios, es el uso de temperaturas muy altas que usualmente oscilan entre los 100 y 180°C.
- Los sistemas de masa acuosa son sobrecalentados y el vapor del agua contenido dentro del extrusor a alta presión, reduce el tiempo de procesado y permite una transformación completa de la materia prima en periodos que van de 30 a 120 segundos.

PROCESO DE EXTRUSADO-PRENSADO DE SOJA

La semilla de soja ingresa a una tolva pulmón del molino quebrador de dos rolos, allí es partida en cuatro partes y llevada por transporte hasta el tornillo de extrusión, el cual calienta y desactiva la semilla por medio de fricción y calor. De allí ingresa a las prensas, las que realizan el proceso de prensado separando el aceite del expeller. Figura 1.22.

El aceite pasa al borrero y luego por bombas es llevado a los tanques de decantación, para posteriormente ser almacenado en el tanque de acopio de aceite. El expeller es transportado hasta un enfriador, para luego poder ser almacenado.

Se le puede agregar entre el molino quebrador y la extrusora, un sistema de aspiración de cáscaras (al quebrarse la semilla de soja gran parte de la cáscara se separa, se zarandea y se aspira), aumentando la extracción de aceite y mejorando la cantidad de proteínas en el expeller o bien, se realiza el descascarado completo, previo al partido del grano (Bragachini, *et al.*, 2011b).

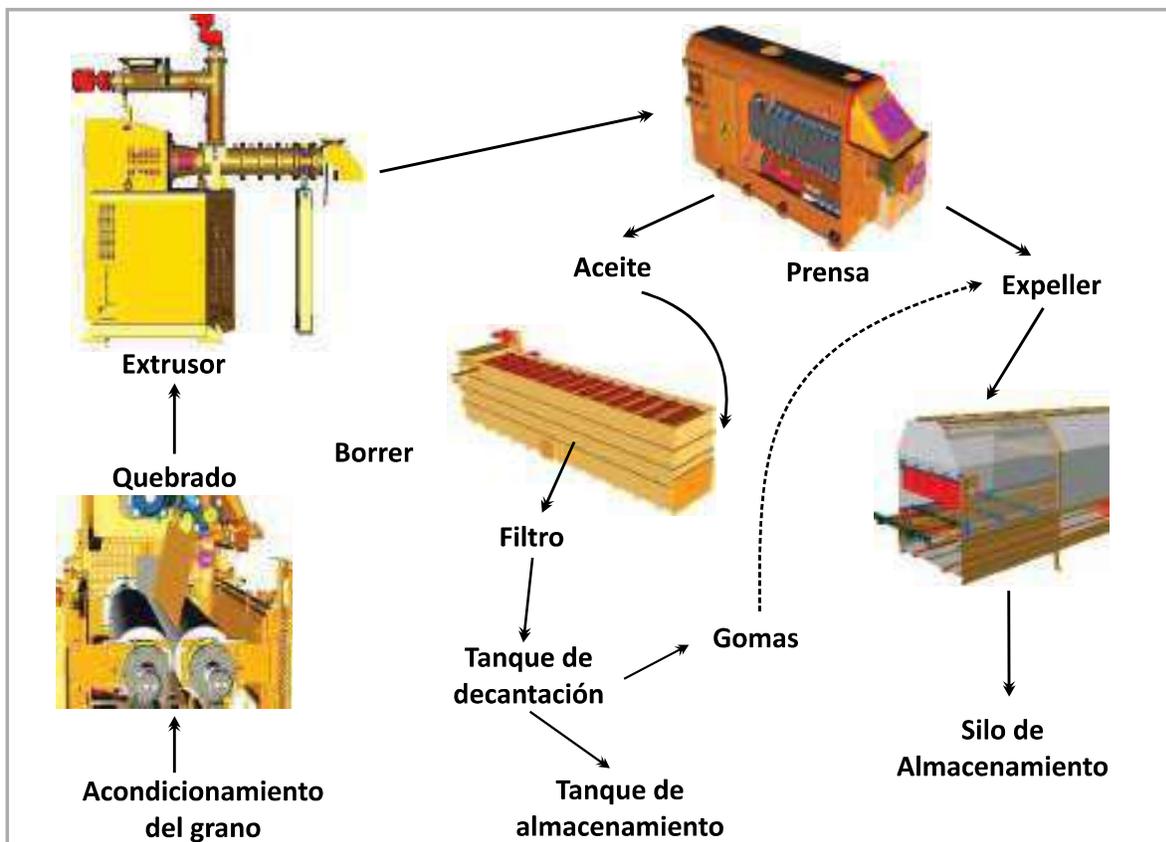


Figura 1.22. Esquema del proceso de extrusión-prensado de soja.

DESCRIPCIÓN DEL SECTOR DE EXTRUSADO - PENSADO

(Saavedra, 2016)

A partir de relevamientos realizados por el INTA, bajo el Proyecto de Agregado de valor, junto con las Cámaras que nuclean a estas empresas aceiteras PYMES, es posible describir este nuevo sector agroindustrial. Estas empresas, en su mayoría están formadas por grupos de productores agropecuarios de entre 2-15 miembros. Son cooperativas o son empresas de tipo familiar que procesan en origen sus granos de soja o de la zona aledaña para producir: soja integral extrusada o aceite crudo por prensado y un subproducto proteico “expeller de soja”.

Este tipo de empresas se localizan en Santa Fe, Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y San Luis, suman alrededor de 450 que procesan cerca de 5 Mt/año de granos de soja y producen aceite crudo por prensado (0,65 Mt) y expeller (4,15 Mt). A medida que se alejan del puerto de Rosario la rentabilidad de las mismas aumenta por apropiación del costo del flete. Cuadro 1.7.

Cuadro 1.7. Evolución del Sector Extrusado-Pensado de Soja

Año	N° Plantas	Capacidad instalada promedio (Tn/día)	Procesamiento anual (Tn/año)	Capacidad de puestos de trabajo directo
2007	45	24	324.000	315
2011	200	30	1.800.000	1.400
2013	400	40	4.800.000	2.800
2015	450	50	6.750.000	3.150
2018	500	50	7.400.000	3.200

Fuente: INTA-2018.

Respecto a los mercados de estos productos, se observa que el aceite crudo por prensado se comercializa con las grandes refinadoras, productoras de aceite y biodiesel. Por otro lado, el expeller se comercializa generalmente en un radio de 50 - 60 km de la planta procesadora, con destino a la alimentación animal. Es decir, como ración para feedlots, tambos, granjas aviares y porcinas, fábricas elaboradoras de alimentos balanceados y un porcentaje menor, se exporta como alimento balanceado, principalmente a Chile, con destino pecuario en mezcla de 95 a 97% de expeller y de 3 a 5% de maíz.

En los últimos años se ha evidenciado un aumento en las toneladas procesadas de soja por medio de este proceso. En algunos casos por la instalación de nuevas plantas y en la gran mayoría debido a la instalación de nuevas líneas de producción, llegando a duplicar la capacidad instalada inicial de las mismas. Además, se han registrado incorporaciones de unidades de negocios paralelas, que utilizan a los productos obtenidos como materias primas, tal es el caso de empresas que producen biodiesel y productos de soja para consumo humano como texturizados y concentrados.

El complejo aceitero de Rosario, que es uno de los más grandes y desarrollados tecnológicamente del mundo, agrupa a 3.100 afiliados en el sindicato de aceiteros. La capacidad de molienda diaria de dichas empresas es superior a la capacidad de molienda anual de las PYMES. Sin embargo, al comparar ambos sectores se concluye que emplean la misma cantidad de mano de obra a pesar de la disparidad en su capacidad de molienda.

Dentro de las oportunidades de crecimiento del sector, se plantea como estrategias para seguir siendo competitivos:

- ✚ Estabilizar y estandarizar la calidad del producto de modo que permita agrupar partidas de distintos orígenes para generar volumen para exportación a los países limítrofes, lo que exige la reglamentación de plantas y productos (ex ONCCA y SENASA), para lo cual podría ser adecuada la figura de Clúster.
- ✚ Progresar verticalmente en la cadena transformando los productos obtenidos, aceite crudo y expeller, en productos de mayor valor. Por ejemplo, convertir la proteína vegetal al formar parte de una ración en proteína animal.

CALIDAD DEL GRANO DE SOJA PARA EXTRUSION-PRENSADO

El grano de soja puede tener valores de proteína entre 34 y 44 %, dependiendo de las condiciones ambientales y sus características genéticas (Cuniberti y *Herrero*, 2000; Cordone *et al.*, 2008; *Herrero et al.*, 2010; Cuniberti *et al.*, 2010).

La cáscara del grano de soja tiene un contenido de proteína que oscila entre 9 y 11 % y además, tiene un alto contenido de fibra. La cáscara de soja representa un 6-7 % del grano, por lo que realizar el descascarado durante su procesamiento es interesante para la obtención de un producto de alta calidad -expeller de soja- y con mayor contenido proteico. Una de las condiciones para realizar un correcto descascarado es tener un grano de soja con 9 % de humedad. Esto permite extraerle al grano entre el 80-90% de la cáscara (Méndez *et al.*, 2010).

ACONDICIONAMIENTO DEL GRANO DE SOJA ANTES DEL PROCESO DE EXTRUSION-PRENSADO

- ✚ Grano sano: en lo posible sin daños por insectos, enfermedades ni grano verde.
- ✚ Humedad: 9 %, facilita el descascarado y la extracción de aceite.
- ✚ Temperatura: ideal entre 40-45°C, temperatura en la cual el proceso es más eficiente en productividad y extracción de aceite.
- ✚ Grano Partido: el grano debe estar partido en 4 o 5 partes, no molido. Un exceso de grano partido disminuye la extracción de aceite y favorece la presencia de restos en el aceite crudo.
- ✚ Descascarado.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA CALIDAD DEL EXPELLER

El método de extracción de aceite y la calidad de la materia prima, son las principales fuentes de variación en la calidad de los expellers. Es fundamental un correcto control de la temperatura durante la extracción porque la falta de cocción, soja cruda, genera problemas de salud en monogástricos y rumiantes jóvenes, debido al contenido de factores antinutritivos (antitripsina, ureasa y lectinas). Temperaturas excesivamente altas y aplicadas en un tiempo prolongado, pueden producir desnaturalización de proteínas disminuyendo su digestibilidad. En dicha reacción se pierden también aminoácidos esenciales como la lisina, que es muy sensible al daño por calor (Méndez, 2010).

ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA LA PRODUCCION DE EXPELLER

- ✚ No alterar las condiciones del expeller luego del enfriado o durante el proceso de enfriado. No agregar agua o gomas.
- ✚ Conocer la calidad del producto, fundamentalmente contenido de proteína y actividad ureásica de cada partida.
- ✚ Estandarizar calidad realizando segregación del producto.
- ✚ Respetar las normas de seguridad e higiene durante todo el proceso. Considerar que se está produciendo un alimento.

CARACTERISTICAS DEL EXTRUSADO Y USOS EN ALIMENTACION ANIMAL

La extrusión genera presión, proceso que no sólo libera al grano de los factores antinutricionales ya descritos, sino que al independizar a la semilla de la presión a la salida del barril extrusor, causa una rápida expansión de la misma. Al expandirse libera el aceite e incrementa más rupturas celulares, exponiendo así, mayor disponibilidad de nutrientes.

Este producto ha sido de vital importancia en el interior productivo, donde es complicado acceder a las harinas. Es un ingrediente versátil para todas las especies de importancia zotécnica económica, porque aporta proteína digestible y energía, suficiente contenido de tocoferol para la estabilidad de los aceites, un adecuado nivel de ácidos grasos esenciales (linoleico y linolénico) y excelente palatabilidad (Brauna, 2003).

Argentina posee un potencial crecimiento de las producciones pecuarias, bovino, porcino, aviar y piscicultura, pudiendo elevar el consumo de harina por habitante/año rápidamente y transformar las proteínas de soja en proteína animal en origen. Las harinas y expeller de soja se utilizan como fuentes proteicas en las raciones pecuarias de todo el mundo. Esto representa una gran oportunidad para el productor agropecuario argentino al procesar en origen sus granos de soja en forma asociativa para lograr escala y eficiencia, obteniendo aceite y expeller. Una vez alcanzada esta etapa, se debe continuar con la transformación de expeller junto al maíz y/o sorgo en proteína animal (leche, carne y huevo).

Al comparar a los productores argentinos con otros productores de proteína animal se evidencia una ventaja competitiva nacional e internacional, debido a la posesión de los granos y que no necesitan importarlos (Bragachini *et al*, 2017).

AGREGADO DE VALOR EN LA PRODUCCION DE BIOCOMBUSTIBLES



Argentina cuenta con un complejo sojero altamente eficiente, basado en escala, integración y tecnología, que posicionan al país como un lugar de excelencia para producir biodiesel. Además, como ya se comentó, tiene una posición estratégica gracias a la eficiencia de su complejo agroindustrial y ofrece seguridad de abastecimiento de materia prima para la producción de biodiesel a base de soja (Castro, 2011).

El aceite obtenido a partir del grano de soja a través de procesos de prensado y/o extracción con solvente, puede ser utilizado como combustible directamente llamado bio-oil (completamente biodegradable) o bien, seguir el proceso del refinado y ser utilizado para la

producción de biodiesel por medio de un proceso llamado transesterificación. En éste se facilita la reacción del lípido normalmente mediante un grupo alcalino, obteniéndose glicerina además de biodiesel. En ciertos casos, previo a la transesterificación, se realiza un pre-tratamiento de las materias primas basado en la esterificación de los lípidos, teniendo como finalidad convertir los mismos en ésteres (Boza y Saucedo, 2011).

La industria del biodiesel en Argentina tuvo un constante crecimiento desde el año 2006 hasta la actualidad que cuenta con una capacidad instalada de 4,59 millones de toneladas. A nivel mundial, Argentina es el tercer productor de Biodiesel a partir de aceite de soja y es el quinto productor de este combustible computando todas las fuentes de materias primas incluyendo aceite de soja, aceite de colza, aceite de palma, sebo y otras (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017).

La particularidad de esta capacidad instalada es que el promedio de producción de las plantas es de 110.000 toneladas, siendo el más grande a nivel mundial y el 80% de la misma se encuentra en la provincia de Santa Fe, cercanas a la zona de producción del grano.

En el país existen 33 plantas productoras de biodiesel, con la particularidad que un 79% de la capacidad instalada se encuentra en la provincia de Santa Fe, 11 de éstas que son de última generación y cumplen todos los requisitos nacionales e internacionales de calidad y seguridad ambiental (Accoroni, 2017).

En julio del 2010 la Secretaría de Energía amplió el corte obligatorio de combustibles fósiles con biocombustibles del 5 (B5) al 7% (B7) Ley 26.093. Este cupo se amplió al 10 % a fines del 2011 (B10) para el transporte particular y al 20% para el público y maquinaria agrícola, disminuyendo la necesidad de importar combustibles fósiles y la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) (Carlino, 2011). El Art. 4° de la Resolución 390/2014 de la Secretaría de Energía estableció que “ Las empresas encargadas de realizar las mezclas de combustibles fósiles con Biodiesel, sin perjuicio del cumplimiento del resto de las especificaciones de calidad establecidas por la normativa vigente, deberán agregar la cantidad de Biodiesel asignado a cada una de ellas por la Autoridad de Aplicación al total del volumen de combustible fósil gasoil correspondiente que se comercialice en el Territorio Nacional, en una proporción que no podrá ser inferior al nueve por ciento (9%) a partir del 1° de enero de 2014, y al diez por ciento (10%) a partir del 1° de febrero de 2014, ambas proporciones mínimas en volumen”.

Distintos estudios realizados por el INTA, E4Tech y ISCC, confirman que el biodiesel argentino reduce las emisiones de GEI en, por lo menos, un 56% comparando con el combustible fósil (gasoil) (Castro, 2011).

La producción de biodiesel en el año 2017 fue de 2.871.707 toneladas, con despachos al mercado interno que fueron de 1.173.419 toneladas destinado al corte con gasoil y se exportó un volumen de 1.650.312 toneladas (Ministerio de Energía y Minería. Secretaría de Recursos Hidrocarbúricos. Secretaría de Refinación y Comercialización. INDEC).

El gobierno de Santa Fe junto con la ciudad de Rosario, lanzaron los proyectos BIO BUS Experiencia Biodiesel 100 y BIO BUS experiencia biodiesel 25. A partir de julio de 2018 más de 400 colectivos urbanos del servicio en Rosario, la mitad de la flota que recorre la ciudad, comenzarán a funcionar con un 25% de biodiesel en su combustible, mientras que otras 3 unidades lo harán con el 100% (Fuentes, 2018).

Las plantas de extrusión-prensado muelen pequeños volúmenes de soja y por lo tanto se obtienen cantidades menores de aceite en comparación con las grandes aceiteras de extracción por solvente. Por tal motivo, la producción de aceite refinado o biodiesel a partir del aceite crudo desgomado obtenido en plantas de extrusión-prensado de soja, sería posible si se encara este proyecto en forma asociativa entre estas mismas plantas, como lo muestra el diagrama (Figura 1.23) propuesto por el INTA PRECOP II (Bragachini y Martellotto, 2010).

Como se ve en la Figura 1.23, la propuesta no termina en la obtención de expeller, aceite y biodiesel, sino que continúa con el uso del expeller y el biodiesel para producciones pecuarias, aprovechando al máximo los efluentes de las mismas y de las industrias a través de la generación de biogas y biofertilizantes.

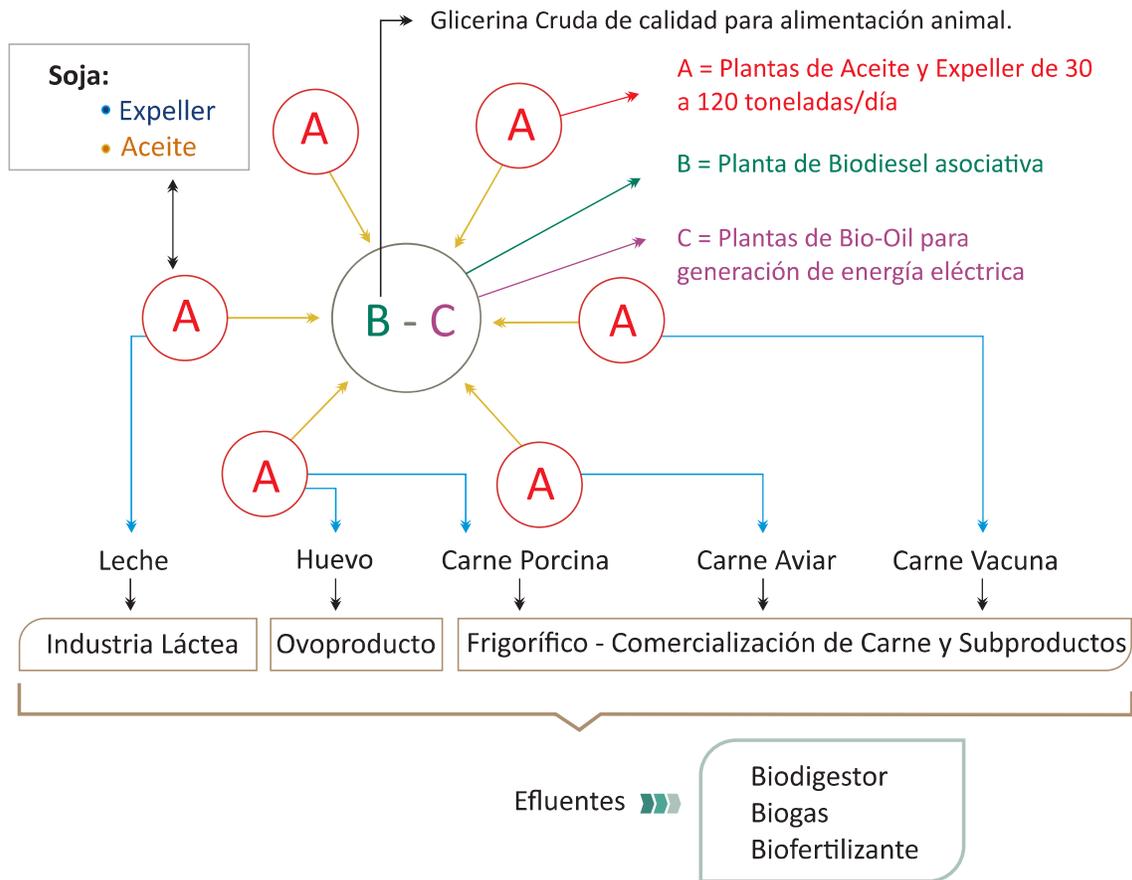


Figura 1.23. Modelo Asociativo para Biodiesel de Soja.

MODELO DE INTEGRACION VERTICAL PARA EL AGREGADO DE VALOR EN ORIGEN

Las producciones son ambiental y económicamente sustentables, ya que todo se aprovecha al máximo para potenciar la competitividad. Luego, la cadena continúa y se completa en origen hasta llegar a la góndola como lo muestra la Figura 1.24, modelo también propuesto por el INTA (Bragachini *et al.*, 2011a).

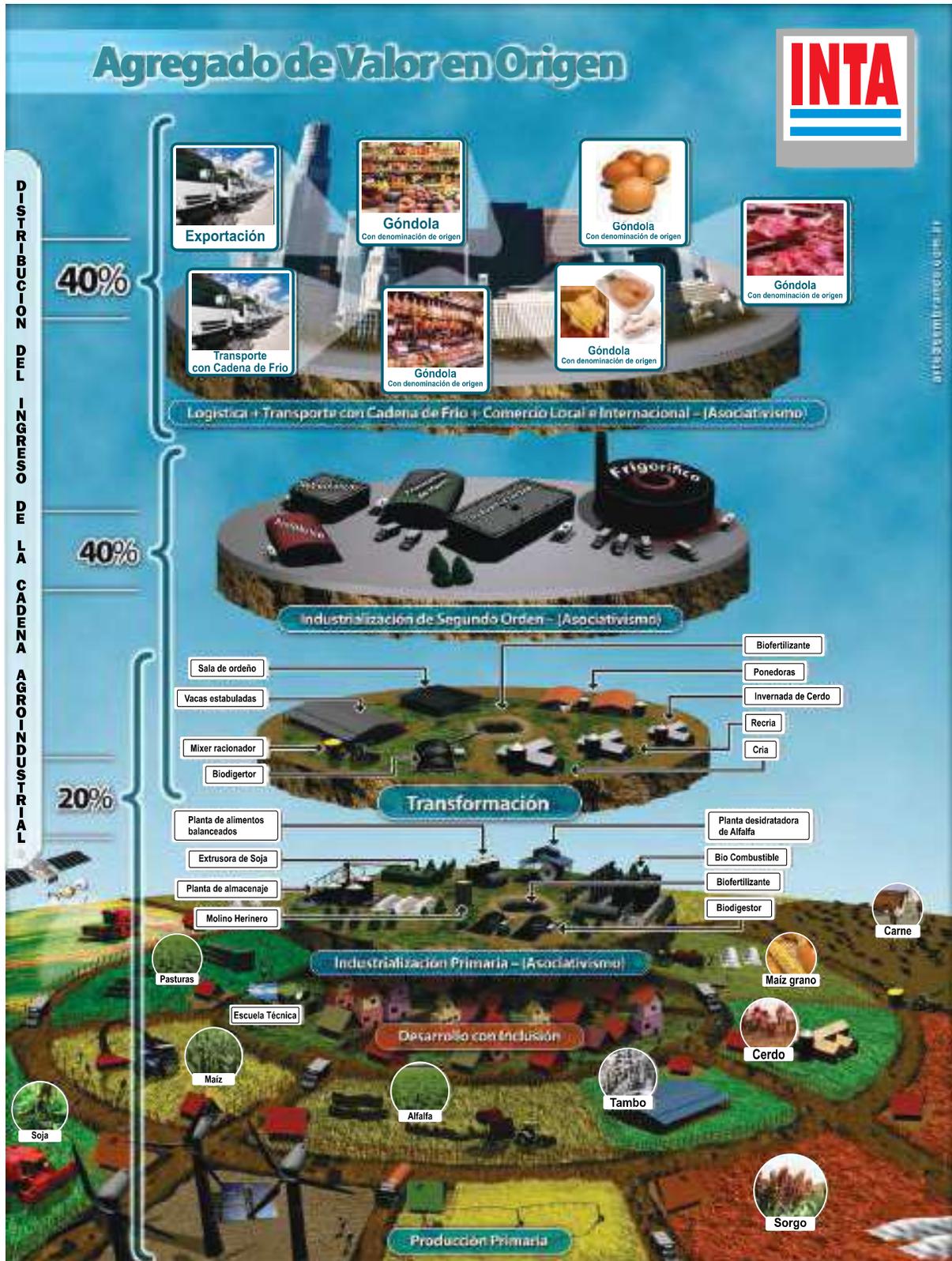
Este modelo de integración vertical de la producción agropecuaria, muestra el “Agregando de Valor en Origen” a la producción primaria (granos, leche, carne, etc.), mediante su transformación en los distintos niveles de la cadena agroalimentaria y el porcentaje de participación en el negocio de cada uno de esos niveles hasta llegar a la góndola (Bragachini y Casini, 2010).

El productor primario de granos junto a otros productores puede acceder al sistema de acopio de grano asociativo, con segregación por calidad y destinos industriales. Una parte puede ser, por ejemplo, destinada al negocio de producción de semilla. El resto se debería industrializar en forma asociativa, mediante empresas que procesan el grano (molienda, extrusado) generando agregado de valor que pueden ser destinados a la producción de biocombustibles o la elaboración de alimentos balanceados específicos. Estos últimos, pueden tener diferentes destinos de transformación en proteínas rojas o blancas: leche, huevo, carne, porcina, aviar, bovina y de peces. Estos procesos pueden realizarse en forma conjunta y asociativa o parcialmente asociativa en algunas etapas como fábrica de lechones, incubadoras de pollitos BB o genética y reproducción bovina por inseminación o trasplante de embriones (Bragachini *et al.*, 2011a; Anillo *et al.*, 2010).

Una vez producida la transformación eficiente de la proteína verde a proteína roja mediante diferentes procesos de transformación intensivos, se debe acceder a la industrialización de segundo orden. Esto consiste en la elaboración de productos alimenticios para la góndola a partir de esa proteína roja o blanca, como por ejemplo industrias lácteas que producen quesos, yogurt, dulces, etc., frigoríficos que producen cortes especiales, fiambres, embutidos con etiqueta y trazabilidad. El agregado de valor se debe lograr con procesos innovativos que le otorguen características distintivas y que sean merecedoras de denominación de origen, por ejemplo, huevo de..., carne de..., fiambres de..., dulce de... obtenidos bajo normas fijadas que garanticen la calidad diferenciada (Bragachini y Casini, 2010; Brigo *et al.*, 2010).

De esta manera, el productor pasa de percibir un 20% de los beneficios de la cadena de valor a un 60 %, lo cual le otorga competitividad y rentas para reinvertir asociativamente en los otros eslabones, donde se encuentra el 40% restante de los beneficios de la renta. Estos son el acondicionado, la logística, el transporte y cadena de frío, hasta la comercialización en góndola que puede también realizarse asociativamente con escala y organización competitiva.

La aspiración de todo productor argentino con vistas al 2025 debería ser convertirse en proveedor global de alimentos terminados, debido a la alta demanda mundial (Bragachini *et al.*, 2011b). La Argentina tiene solo 44 millones de habitantes, por lo que su demanda es acotada, ya que produce alimentos para 400 millones, que deberían exportarse como productos terminados en lugar de granos .



Fuente: Bragachini et al., 2011b.

Figura 1.24. Modelo de integración vertical para el agregado de valor en origen.

USOS EN LA ALIMENTACION HUMANA

(Cuniberti *et al.*, 2002; Cuniberti y Herrero, 2011)

VALOR NUTRICIONAL DE LA PROTEINA Y EL ACEITE DE SOJA

La soja se destaca entre los cultivos leguminosos del mundo entero, tanto por su contenido de proteínas como por su calidad nutritiva. Ocupa una posición intermedia entre las legumbres y las semillas oleaginosas, conteniendo más proteína (alrededor del 40 %) que la mayoría de las legumbres, pero menos aceite (alrededor del 21 %) que la mayor parte de las oleaginosas (Sylvester, 2000).

Esencialmente contiene proteínas, lípidos, glúcidos y minerales. La soja contiene isoflavonas (genisteína, daidzeína, gliciteína) y fitoestrógenos, sustancias químicas que desde hace algunos años son objeto de especial atención y estudio.

El germen de soja tiene una densidad de nutrientes relativamente baja. Son fundamentalmente el grano y sus productos derivados los que han resultado ser una apreciable fuente de proteínas.

Los minerales que contiene el grano de soja son principalmente el calcio, el zinc y el hierro. La biodisponibilidad del calcio se ve limitada por la presencia de los ácidos fítico y oxálico. La del zinc queda también reducida por el ácido fítico. El hierro aunque está presente en cantidades importantes, tiene una escasa biodisponibilidad. Es decir, que se absorben escasamente (Cuniberti *et al.*, 2002).

La soja también es fuente de fibra soluble e insoluble, cuyos efectos fisiológicos son bien conocidos.

La calidad nutricional de las proteínas está determinada por su composición de aminoácidos esenciales y su digestibilidad. Muchos aminoácidos esenciales de la proteína vegetal concentrada de la soja están en cantidades semejantes a las de las proteínas del huevo y tiene una excelente tolerancia gastrointestinal.

La soja contiene todos los aminoácidos esenciales necesarios para cubrir los requerimientos del ser humano para el crecimiento y el mantenimiento de las funciones orgánicas. Su patrón de aminoácidos es uno de los más completos dentro de las proteínas vegetales y es muy similar al de las proteínas animales de alta calidad, con excepción de los aminoácidos sulfurados como la metionina.

El aceite de soja es rica en ácidos grasos esenciales, figurando entre los mejores aceites vegetales para la dieta humana. Contiene aproximadamente un 15 % de ácidos grasos naturales, 25 % de oleico, 55 % de linoleico y 5 % de linolénico. Como todo vegetal no contiene colesterol (Cuniberti *et al.*, 2004).

El aceite de soja refinado es de color claro y se conserva mejor a bajas temperatura luego de abierto el recipiente que lo contiene.

Al aceite de soja se lo usa como aceite líquido en aderezos para ensaladas, margarinas, mayonesas, salsas, postres, sopas, etc. Se lo comercializa como aceite puro o en mezcla con otros aceites vegetales.

USOS EN LA DIETA HUMANA

El cultivo de soja es una fuente importante de producción de alimentos para el hombre. Produce aceite y proteínas vegetales de gran importancia a nivel mundial, que se utiliza para fines nutricionales y funcionales, como sustituto o complemento de las proteínas de origen animal.

La gran incidencia de enfermedades provocadas por las carnes rojas, tales como las cardíacas en algunas naciones o la desnutrición en otras, han sido motivo para empezar a pensar en alimentos nutritivos de origen vegetal, como la soja.

En Argentina, fuerte productor de soja a nivel mundial, se está incentivando el consumo con una variedad más amplia de productos para diferentes aplicaciones. Argentina es un país con tradición culinaria basada en las proteínas animales, por lo que todavía no es aceptada la soja en forma masiva en la cocina cotidiana, aunque se está incrementando su uso en forma paulatina. Se está dando impulso al consumo directo de esta oleaginosa, a los efectos de complementar nutricionalmente las dietas, con un alimento casi completo en cuanto a sus propiedades nutricionales y además económico.

Una hectárea de soja puede producir suficiente proteína para alimentar a una persona por 5.500 días, mientras que la carne producida en la misma área lo hace por no más de 300 a 600 días.

Para los asiáticos, los productos de soja son alimentos sencillos y cotidianos. Tradicionalmente ha sido la principal fuente proteica en muchos pueblos de Oriente. Es la materia prima que contiene proteínas, vitaminas y minerales, que puede enriquecer a otras proteínas de menor valor biológico. En cambio para los occidentales, estos alimentos son extraños y en ocasiones difíciles de aceptar.

La globalización de la economía de mercado ha provocado un notable incremento en la variedad de alimentos ofrecidos al consumidor. Estos se han internacionalizado y la relación alimento-cultura ha dejado de ser una característica predominante en cada grupo humano de la sociedad moderna. Sin embargo, se observa un crecimiento en el consumo de “*ethnic foods*” (alimentos étnicos). Por otro lado, el estilo de vida moderno, sobre todo en las grandes urbes, impuso cambios que se tradujeron en una modificación radical de las costumbres, siendo un claro indicador, el auge de las comidas fuera de casa o rápidas. Como consecuencias de esto, existe una tendencia al retorno hacia pautas alimentarias donde además de la variedad, novedad y comodidad, se privilegian la calidad, la sanidad y el valor nutricional.

Una dieta balanceada debe contener proteínas, lípidos, carbohidratos, minerales, vitaminas y calorías suficientes para contribuir al desarrollo saludable de un individuo. Una alimentación correcta produce resistencia a enfermedades, aumenta la vida media y favorece el desarrollo mental.

Los alimentos de origen animal son las mejores fuentes de proteínas, pero a veces suelen no estar al alcance de gran parte de la población. Por lo tanto, una alternativa viable para solucionar el problema de desnutrición es estimular el consumo de soja, que es una fuente de proteínas económica y disponible en el mercado. En este marco de desafío para la industria alimentaria, la soja constituye un aporte importante ya que reúne una serie de factores que propician su inclusión en la dieta alimenticia. Se calcula que la proteína de soja cuesta la quinta parte que la de origen animal, además de ser mucho más fácil de transportar y almacenar.

ALIMENTOS A BASE DE SOJA

Tradicionalmente, la mayor parte de la producción se utilizaba como alimento para los animales aunque desde la década de 1950, la harina, los concentrados, han sido utilizados principalmente por sus propiedades funcionales. Desde la década de los '80 hubo un aumento en el consumo de los alimentos de soja tradicionales (tofu, leche de soja).

Fundamentalmente es en forma de ingredientes producidos a partir del grano, como se utiliza la soja en la fabricación de alimentos industriales. La composición declarada de muchos alimentos industriales, permite constatar que las diversas fracciones de la soja se utilizan de manera masiva en la confección de un gran número de alimentos, desde embutidos hasta pasteles.

La soja puede ser empleada en la dieta humana como grano, brotes, harina entera, desgrasada, como aceite y en forma líquida, como leche de soja saborizada, con propiedades y aspectos semejantes a la leche de vaca. Cuadro 1.8.

En nuestro país, se puede contar con harinas de soja entera (*Full Fat*) y desgrasada (*Low Fat*). La harina desgrasada es el subproducto resultante de la extracción con solvente de aceite durante el proceso industrial. El grueso se emplea para consumo animal. Cantidades menores son transformadas en harinas o sémolas para aplicaciones comestibles o para ser empleadas en la preparación de concentrados y aislados proteicos para alimentos, forrajes y aplicaciones industriales. En panificados, un 10% de harina de soja le confiere al producto mayor suavidad y humedad, dándole la sensación de frescura, sobre todo en panificados de larga vida, además de enriquecer su valor nutritivo. La soja micronizada se usa en la elaboración de fiambres. También es posible su uso como base de helados, postres, yogurt, refrescos saborizados, simil a quesos blandos o duros, etc. (Cuniberti *et al.*, 2002).

La lecitina de soja que se extrae del proceso de obtención del aceite se usa en chocolates, golosinas y tiene un alto contenido de vitamina E.

A través del proceso de extrusión se logran productos con textura similar a la carne, con altos valores nutricionales, bajo costo y en diferentes formas, sabores y colores. Son requeridos por consumidores que buscan productos saludables, libres de colesterol, siendo la carne vegetal la preferida de los vegetarianos, que la consumen como milanesas, hamburguesas y otras formas de elaboración.

La soja es fundamental en la alimentación de muchos países y la consumen de diferentes maneras:

- ✓ Bebidas: leche de soja, bebida de soja con sabor, malteadas de leche de soja, mezclas de soja y jugos, bebidas en base a yogurt de soja, etc.
- ✓ Tipo Queso: duro, análogos a base de queso de soja, suave, tofu ligeramente madurado, tofu fermentado.
- ✓ Yogurt y Tipo Yogurt: inoculado, yogurt a base de leche de soja y yogurt a base de tofu, no inoculados, tofu suave con frutas, costras y budines.
- ✓ Postres congelados no lácteos: helados en paquete.
- ✓ Alimentos preparados tipo carne: análogos de la carne, tempeh, proteína de soja.
- ✓ Alimentos congelados: entremeses, pasta rellena de soja, platillos típicos.
- ✓ Refrigerados: tofu con sabor, tempeh con sabor.
- ✓ Almacenados en anaquel: sopas enlatadas, germinados enlatados, aderezos.
- ✓ Condimentos / Salsas: masa, salsa de soja, aderezos de soja, germinados de soja.
- ✓ Otros: nueces de soja, crispas de soja dulces, harina de soja, sopas deshidratadas, aceites de soja.



Gracias al desarrollo tecnológico y económico que ha experimentado la alimentación de origen no animal, los productos de grano de soja ocupan un lugar destacado en el mercado de alimentos proteicos de origen vegetal.

Cuadro 1.8. *Productos de la soja de importancia en la dieta humana.*

PRODUCTOS Y APLICACIONES DE LA SOJA EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA	
POROTOS VERDES	Ensaladas, platos calientes, conservas, sopas y salsas. Guisos, locro, puchero, rellenos dulces, mermeladas, tortas y licuados
POROTOS SECOS	Alimento de soja líquido o leche de soja. Internacionalmente conocido como soymilk
	Bebidas Cuajadas o queso, Dulces Flanes Budines Papillas Tortas y postres Salsas Leche en polvo o condensada
	Residuo de la base de soja (OKARA). En la Argentina no se utiliza para el consumo humano
	Masitas, panqueques, croquetas, budines, tortillas y pastas
	Soja tostada Soja frita Como sustituto del café
HARINA DE SOJA	Pan y pastelería Alimentos infantiles y para diabéticos Salsas, pizzas, rellenos Polvo para helados Bollos y pastas alimenticias En embutidos, sustituyendo la carne
BROTOS DE SOJA	Frescos Enlatados Congelados

BENEFICIOS PARA LA SALUD



(Cuniberti et al., 2002).

Las dietas ricas en fibras o con bajos contenidos de grasas saturadas, de origen animal, acompañadas de ejercicios físicos y un estilo de vida saludable, puede ayudar a controlar la obesidad y proteger contra enfermedades cardiovasculares, cáncer, osteoporosis y diabetes. La soja y sus derivados tienen una importante participación en esto. Numerosas investigaciones realizadas en Japón, China, Estados Unidos y Europa comprobaron científicamente los beneficios de la soja en la prevención de enfermedades crónicas.

Colesterol: Los altos niveles de colesterol sanguíneo y de LDL-colesterol (colesterol malo) están asociados a enfermedades cardiovasculares, como infarto de miocardio y a arteriosclerosis. La ingesta de proteínas de soja reducen las tasas de LDL-colesterol y la introducción de pequeñas cantidades en la dieta diaria, cerca de 20 g son suficientes para que la sangre y el corazón estén en forma.

Cáncer: Los granos de soja contienen isoflavonas, que son compuestos antioxidantes y dentro de ellas un compuesto singular denominado *genisteína*, también llamado fitoestrógeno u hormona vegetal que posee una acción estrogénica moderada, actuando como preventivo de ciertos tipos de cánceres. Estudios realizados en los países más arriba citados, indican que una ingesta diaria a base de soja, reduce los riesgos de cáncer de mama y próstata en un 50%. La soja y sus derivados también tienen una acción preventiva en cánceres de colon, recto, estómago y pulmón. La *genisteína* inhibe la formación de nuevos vasos sanguíneos que son los que hacen aumentar de tamaño a los tumores cancerígenos.

Huesos-osteoporosis: Con el envejecimiento la pérdida de calcio aumenta, resultando en osteoporosis en los huesos. Debido a su acción estrogénica, la *genisteína* de la soja puede mantener la estructura ósea, retardando la enfermedad, como también reducir significativamente la pérdida ósea.

Diabetes: Las fibras de soja ejercen un importante papel en la regulación de los niveles de glucosa en sangre, retardando su absorción y colaborando en el control de la diabetes.

Otras enfermedades: El consumo de soja tiene un efecto positivo en el control de otras enfermedades como: hipertensión, cálculos biliares y renales, además de contribuir a atenuar los síntomas molestos de la menopausia.

Por otra parte, la soja no contiene lactosa, siendo una buena opción para personas con intolerancia a la misma. Una dieta que incluya la soja y que se complemente con un estilo de vida saludable, no evitará la manifestación de enfermedades, pero brindará mayores posibilidades de prevenirlas.

Como conclusión, puede asegurarse que la soja y sus derivados constituyen una alternativa viable como fuente proteica complementaria, que puede fortificar o enriquecer la dieta tradicional, sin modificar las propiedades y el sabor de los alimentos. Técnicas adecuadas de procesamiento, permiten la obtención de productos muy sabrosos a base de soja. Las propiedades terapéuticas de la soja, ponen en evidencia su utilización en la prevención y el control de enfermedades crónicas tales como el cáncer, arteriosclerosis y diabetes, entre otras.

USOS EN LA ALIMENTACION ANIMAL Y EN LA PISCICULTURA



En Argentina, la utilización de la soja y sus subproductos en la alimentación animal comprende la harina de extracción, el grano integral y algunos residuos de cosecha. En rumiantes, la harina de soja se utiliza ampliamente en distintos países, sobre todo en sistemas productivos cuya alimentación involucra un fuerte componente de concentrados (Cuniberti y Herrero, 2011).

Nuestro país presenta ventajas comparativas de clima templado, con crecimiento del forraje durante todo el año, facilitando desarrollar sistemas de producción de carne y leche pastoriles, con complementos de utilización de concentrados y forrajes conservados.

La preocupación en Europa por los brotes de Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE), más comúnmente conocida como mal de la vaca loca y el problema que genera en el consumidor, han determinado que países como la Argentina, que buscan preservar su condición de libre de BSE, hayan prohibido el uso de fuentes proteicas de origen animal en la alimentación de rumiantes, con el consiguiente beneficio para las harinas vegetales.

Frente a esta expansión creciente de la soja y sus subproductos en la alimentación animal, la demanda de investigación y desarrollo se orienta al área de mejoramiento en la obtención de materiales con bajo contenido de factores antinutricionales y al incremento de algunos aminoácidos relativamente críticos en el grano de soja.

En nutrición animal, la demanda requiere métodos para el tratamiento de la harina de soja que permita la obtención de diferente degradabilidad ruminal, para modular mejor el balance sostenido de energía y proteína a nivel ruminal. Pequeños productores porcinos requieren equipamientos versátiles y eficientes para lograr un buen tostado del grano de soja integral y formas sencillas para verificar la calidad del proceso.

Se prevé que el consumo mundial de pescado pase desde las 119 millones de toneladas a comienzos del siglo XXI a más de 160 millones de toneladas en el 2025. Se debe destacar que el estancamiento de la captura pesquera a lo largo de las últimas décadas, otorga una relevancia crucial a la producción piscícola, en la expansión de la producción mundial de pescado (FAO 2016). La producción acuícola destinada al consumo humano en Argentina durante los últimos 20 años, ha mostrado un crecimiento sostenido desde 1.000 toneladas en 1996, hasta las 4.027 en el año 2014. En el 2015 cayó a 3.681 toneladas. Esto pudo deberse al costo de los alimentos balanceados. Toda la producción es comercializada en el mercado interno (Henning, 2017).

En la Argentina la piscicultura de agua dulce tiene un potencial enorme por la variedad de especies que se pueden producir en diferentes zonas, tales como Pacú, Tilapia, Trucha, etc. La diversidad geográfica con cuatro regiones para la producción acuícola como son: templada cálida a subtropical, templada fría y cordillerana, templada continental y templada fría en la costa marítima, potencia la producción al poder producirse variedades distintas destinadas a abastecer el mercado local y el internacional (Dirección de Acuicultura de la Secretaría de Pesca y Acuicultura).

CONCLUSIONES



La producción de soja y el complejo sojero, ocupan un lugar muy importante en la economía argentina. El reducido consumo interno, exige una demanda externa en continua expansión para ubicar la producción y la exportación de aceites, harinas y biodiesel.

Los biocombustibles representan un nuevo destino para los granos de soja, permitiendo diversificar la oferta de productos al exterior, reduciendo así la dependencia comercial con unos pocos países demandantes, además de su uso interno en cortes con el gasoil.

La producción sojera representa una fortaleza del país como productor y exportador de productos agropecuarios. La expansión del cultivo debe ir acompañada de un adecuado manejo para hacer sustentable al sistema de producción.

La calidad de la materia prima juega un rol fundamental en la incorporación de valor agregado a la producción primaria, en este caso a la soja. La transformación del grano en sus distintas formas, facilitará el desarrollo interno y la posibilidad de exportar productos elaborados o semielaborados con mayor valor agregado, mejorando la economía de los distintos eslabones de la cadena de la soja y del país.

Argentina y su complejo sojero y de biodiesel tienen un potencial de crecimiento muy importante, representado uno de los soportes de la economía nacional.

La soja es el grano que mayor valor agregado tiene incorporado porque se procesa más del 80% de lo que se produce, exportándose como poroto un porcentaje menor, cuando en nuestros competidores en el mercado internacional es a la inversa, como Brasil que procesa el 50% del grano de soja que produce y el resto lo exporta como poroto, y Estados Unidos que procesa solo el 20%. Esto constituye una fortaleza muy importante para el país, primer exportador de harina Hi-Pro y aceite, y tercer exportador de poroto de soja.

Nuestro principal comprador en el mercado internacional, China, irá incrementando sus importaciones haciendo que las perspectivas a futuro de los principales países productores y exportadores como nuestro país, sean muy promisorias y alentadoras.

La producción nacional de soja creció de 3,77 a 55 millones de toneladas entre la campaña 1980/81 y la 2016/17, cayendo alrededor de 20 millones en la campaña 2017/18 por efectos de la pronunciada sequía, la mayor en 50 años.

Para los próximos 10 años se estima que en Argentina se incrementará el área sembrada en 8 millones de hectáreas, siendo la oleaginosa más importante del país. Brasil incrementaría el área en 10 millones de hectáreas, mientras que en Estados Unidos la tendencia es a la reducción de la superficie sembrada, por el avance de la urbanización y la mejora de los costos de oportunidad en la región del Medio Oeste.

El futuro de la soja está asociado a la nutrición animal, ya que la harina de soja se usa para la alimentación de cerdos, aves, vacunos y pescados, y China se posiciona como el principal comprador. La piscicultura mostrará un crecimiento sostenido en los próximos años.

El centro de producción de las industrias de carnes estará en el Mercosur, sobre todo en Brasil y la producción de harinas de soja se ubicará cerca, porque allí también producirán más carne de cerdo y de pollo. La estrategia en el futuro del complejo soja estará vinculado con el de la carne y tendremos que saber lo que está pasando con los clientes que compran harina.

El incremento de la población mundial en las próximas décadas, determinará un aumento de la demanda mundial de alimentos, de allí que países agroexportadores y agroalimentarios como Argentina, se verán ampliamente favorecidos por el mercado externo al que no se debe descuidar, ajustándonos a las exigencias de la demanda no solo en cantidad sino también en calidad.

La calidad es un factor muy importante al momento de comercializar una mercadería, lo mismo que la logística para lograr y mantener la calidad que fue generada, siendo reconocidos en el mercado internacional con un precio diferencial.

La integración vertical de la producción agropecuaria, incorporando valor agregado en origen a la producción primaria ya sea granos, leche, carne, etc., mediante su transformación en los distintos niveles de la cadena agroalimentaria y el porcentaje de participación en el negocio de cada uno de esos niveles hasta llegar a la góndola, es un aspecto a fortalecer en nuestro país.

La industrialización en forma asociativa permite aumentar la escala de oferta al mercado interno y externo, mediante empresas que procesan el grano (molienda, extrusado) generando agregado de valor que pueden ser destinados a la producción de biocombustibles o la elaboración de alimentos balanceados específicos.

El horizonte hacia adelante para Argentina como productor de soja, productos y subproductos derivados de la misma, incluido el biodiesel, es muy alentador, debiendo el país potenciar este cultivo sin descuidar la presencia de cereales en las rotaciones, para la sustentabilidad del sistema agrícola argentino.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA



- Accoroni, C. 2017. Cadena de la Soja. En: Evolución del sistema productivo agropecuario argentino, Bragachini *et al.* INTA Ediciones, Colección Divulgación. pág. 60-61.
- Alimentos Argentinos www.alimentosargentinos.gov.ar/WEB_Tecnología_de_Aceites_20080401.pdf
Aceites Vegetales-Procesos de elaboración.
- Anillo, G.; Bisang, R y Salvatierra, G. 2010. Del mercado a la integración vertical pasando por las economías productivas, los clusters, las redes y las cadenas de valor. En: Anillo, G. *et. al.*
- Bolsa de Comercio de Rosario. Informativo Semanal Año XXXV - N° 1816 - Viernes 14 de julio de 2017. www.bcr.com.ar
- Bragachini, M. y Casini, C. 2010. Argentina, hacia la industrialización del campo. Actualización técnica N° 52. Manfredi: INTA PRECOP II.
- Bragachini, M. y Martellotto, E. 2010. Visita a BECON- Bioenergía. Nevada, Iowa. En: Bragachini, M. *et.al.*, 2010. Informe del 20° viaje de capacitación técnica a E.E.U.U. INTA-COOVAECO. pp. 48-61. Disponible en: [www. Cosechaypostcosecha.org](http://www.Cosechaypostcosecha.org)
- Bragachini, M.; Casini, C.; Saavedra, A.; Mendez, J.M.; Ustarroz, F. y Errasquin, L. 2011a. Evolución del Sistema Productivo Agropecuario Argentino. Mayor valor agregado en Origen. 2011. Actualización técnica N° 59, INTA PRECOP II. INTA Manfredi.
- Bragachini, M.; Ustarroz, F.; Saavedra, A.; Méndez, J.M.; Errasquin, L; Cassini C.; Bragachini, M.; Cuniberti, M. y Herrero, R. 2011b. Agregado de valor en origen a la producción de soja. En: El cultivo de soja en Argentina. Ed. Baigorri y Salado Navarro. Págs. 347-356.
- Bragachini, M.; Ustarroz, F.; Saavedra, A.; Méndez, J.; Mathier, D.; Bragachini, M.; Sosa, N.; Alladio, M.; Accoroni, C. y Henning, H. 2017. Evolución del sistema productivo agropecuario argentino. INTA Ediciones, Colección Divulgación. <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/pdfs/downloads/LibroEvolucionSistemaProductivoAgropecuarioArgentino2017.pdf>
- Brauna, R. O. 2003. Técnicas de procesamiento de granos que mejoran la eficiencia alimentaria en la producción animal. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa.
- Brigo, R.; Lodola, A. y Morra, F. 2010. Mapa de cadenas agroalimentarias de Argentina. En: Anillo, G. *et.al.* Cambios estructurales de las actividades agropecuarias. Cáp. II. pp 53-76. Bs. As.: CEPAL.
- Boza, S. y Saucedo, A. 2011. Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo, Publicado en CEPAL, Santiago de Chile, Chile. <http://www.cepal.cl/ddpe/agenda/2/42932/PatentesBiocombustiblesDialogoPol.pdf>. pp: 11-12.
- Calzada, J. 2017. Los principales destinos de las exportaciones de granos y subproductos del país en el 2017. Bolsa de Comercio de Rosario, Dirección de Información y Estudios Económicos. <http://www.infocampo.com.ar/>
- Calzada, J. y Di Yenno, F. 2017. Rosario ya es el nodo exportador sojero. Bolsa de Comercio de Rosario. <https://cablera.telam.com.ar/cable/600208/rosario-ya-es-el-nodo-exportador-sojero-mas-importante-del-mundo>
- Calzada, J. y Molina, C. 2017. La industria del Biodiesel en Argentina. Dirección de Informaciones y Estudios Económicos. Bolsa de Comercio de Rosario. Año XXXV – N° 1823. Viernes 01 de setiembre.
- Camastra, J. A. 2017. Informe estadístico de la producción y exportación de la soja en Argentina. <http://blog.elinsignia.com/2017/11/25/informe-estadistico-de-la-produccion-y-exportacion-de-la-soja-en-argentina/>
- Carlino, M.C. 2011. La producción de biodiesel demandó el 26 por ciento de la última cosecha de soja. Panorama Agropecuario de Balcarce. Publicado en: <http://www.sudesteagropecuario.com.ar/>

- Castro, V. 2011. Panorama del Mercado Argentino de Biodiesel. (CARBIO). Presentado en: Mercosoja 2011, 14 al 16 de Setiembre, Rosario.
- Castro, J. 2018a. Los brasileños se convierten en los primeros productores de la oleaginosa soja. Clarin Rural, Región Centro. 12 de mayo. Pág. 3.
- Castro, J. 2018b. Biodiesel argentino. Un 70% menos de Gases de Efecto Invernadero. Clarin Rural, Región Centro. 14 de julio. Pág. 5.
- Ciani, R. 2017. Derivados de la industrialización de la soja. Harina y aceite de soja. <http://centroobligado.com/amp/11903914-Derivados-de-la-industrializacion-de-soja-harina-aceite.html>
- CIARA. www.ciara.com.ar
- Cordone, G.; Vidal, C.; Albrech, R.; Martinez, F.; Pescetti, H.; Casasola, E.; De Emilio, E.; Gerster, G.; Mendez, J.; Pagani, R.; Pabon, J.; Prieto, G.; Trentino, N.; Manmatile, A. y Rossi, J. 2008. Calidad industrial del grano de soja en la provincia de Santa Fe. Resultados de campañas 2006/07 y 2007/08. En: SOJA 2008. Para mejorar la producción. Noviembre. EEA Oliveros-INTA.
- Cuniberti, M. y Herrero, R. 2000. Effect of planting dates and latitudes on the industrial quality of the argentine soybean. Third International Soybean Processing and Utilization Conference. October 15-20, Tsukuba, Japón, pp. 108-109.
- Cuniberti, M. y Herrero, R. 2011. Importancia de la Proteína y el Aceite de la Soja Argentina. Factores que influyen en su contenido, su evolución a través de los años, valor nutricional, industrialización y usos. En: El cultivo de Soja en Argentina. Ed. Baigorri, H. y Salado Navarro, L.
- Cuniberti, M., Rossi, R., Herrero, R. and Ferrari, B. 2004. Industrial quality of soybean in Argentina. VII World Soybean Research Conference, IV Internacional Soybean Processing and Utilization Conference. Foz de Iguazú, Brasil, 1-5 marzo de 2004. Proceedings Pág. 961-970.
- Cuniberti, M., Herrero, R., Mir L., Berra O. y Macagno, S. 2010. Calidad industrial de la soja en la Región Núcleo. Campaña 2009-10. Soja. Actualización 2010. Informe de Actualización Técnica N° 17. pp 125-128.
- Cuniberti, M; De Simone, S; Del Pino, A; Foresi, E; Herrero, R y Mariani, S. 2002. Libro: La Soja en la Cocina. Información para Extensión N° 72. ISSN 0327 697X. Ediciones INTA. EEA Marcos Juárez, Cba.
- D'Angelo, L. 2017. Perspectivas del mercado de soja. Subsecretaria de Mercados Agropecuarios. 02/11/17. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1992, 2016 y 2017. <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2016/es/>; <http://www.fao.org/statistics/databases/es/>; <http://statistics.amis-outlook.org/data/index.html>
- Fuentes, E. 2018. Rosario, la ciudad que puso en marcha la movilidad sustentable. Clarin Rural, 23/06/18. Bioenergías, pág. 6.
- Gasalla, J. 2017. Biodiésel: la Unión Europea compensará la pérdida del mercado de EEUU. <https://www.infobae.com/economia/2017/09/07/biodiesel-la-union-europea-compensara-la-perdida-del-mercado-de-eeuu/>
- Henning, H. 2017. Cadena Piscícola. En: Evolución del sistema productivo agropecuario argentino. <https://inta.gob.ar/.../evolucion-del-sistema-productivo-agropecuario-argentino-3>.
- Herrero, R.; Cuniberti, M.; Fuentes, F.; Masiero, B.; Erazzu, L. y Gimenez, F. 2010. Calidad Industrial de cultivares de soja de los grupos de madurez II al VIII. RECSO. Campaña 2008/09. En Soja: Actualización 2010. Informe de Actualización Técnica N° 17, pp. 129-131.
- INDEC. 2018. Complejo Exportador. Estructura porcentual de las exportaciones por complejos exportadores. Informes Técnicos. Vol. 2, N° 38 ISSN 2545 –6636. Comercio exterior. Vol. 2, N° 4 Complejos exportadores. ISSN 2545–6644. https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/complejos_03_18.pdf

- Infobae, 2018. Estados Unidos aplicará fuertes subas a los aranceles al biodiesel argentino.
<https://www.infobae.com/economia/2017/08/22/estados-unidos-aplicara-fuertes-subas-a-los-aranceles-al-biodiesel-argentino/>
- Mendez, J.M. 2010. Procesamiento del poroto de Soja: Estado de Situación en la Zona Núcleo Pampeana. INTA Totoras, Santa Fe. INTA Ediciones, Colección Divulgación.
- Mendez, J.M.; Covacenich, M.; Capurro, J.; Bragachini, M.; Casini, C. y Saavedra, A. 2010. Procesamiento del grano de soja en la provincia de Santa Fe mediante extrusado y prensado. "Una alternativa para el agregado de valor en origen". INTA PRECOP II.
- Muñoz, R. 2011. Economía y mercado de soja. En: El cultivo de soja en Argentina. Ed. Baigorri y Salado Navarro. Págs. 51 a 82.
- Rossi, R. 2018. Producción de Aceite de Soja en la Argentina. Actualidad y perspectivas.
<http://cpia.org.ar/agropost/201710/nota10.html>
- Saavedra, A. 2016. Descripción del sector de Extrusado-Prensado. Comunicación personal. INTA Marcos Juárez, Córdoba.
- Saavedra, A. 2017. En Bragachini, M.; Ustarroz, F.; Saavedra, A.; Mendéz, J.; Mathier, D.; Bragachini, M.; Sosa, N.; Alladio, M.; Accoroni, C. y Henning, H. 2017. Evolución del sistema productivo agropecuario argentino. INTA Ediciones, Colección Divulgación.<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/pdfs/downloads/LibroEvolucionSistemaProductivoAgropecuarioArgentino2017.pdf>
- SAGPyA, 1999. Subproductos de Oleaginosos. Norma XIX. (Contiene las modificaciones establecidas por Resolución SAGPyA N° 317/99).
- Soja: la reina de las legumbres. Valor nutritivo.http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/recetario_soja/valor_nutritivo.htm
- Sylvester, I. 2000. La Soja. www.monografias.com
- USDA (United States Department of Agriculture, EE.UU). 2011 y 2017..www.fas.usda.gov Soybeans: World Supply and Distribution, Soybean Meal: World Supply and Distribution and Soybean Oil: World Supply and Distribution.
- USDA (United States Department of Agriculture, EE.UU). 2018. Atina, mayo. <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/wasde> [http://www.usda.gov/oce/commodity/waste/World Soybean Oil and Mill, 1988/89 al 2016/17.](http://www.usda.gov/oce/commodity/waste/World_Soybean_Oil_and_Mill_1988_89_to_2016_17.pdf)
- SAGPyA, 1999. Subproductos de Oleaginosos. Norma XIX. (Contiene las modificaciones establecidas por Resolución SAGPyA N° 317/99).
- USDA (United States Department of Agriculture). 2011.www.fas.usda.gov Soybeans: World Supply and Distribution, Soybean Meal: World Supply and Distribution and Soybean Oil: World Supply and Distribution.
- <http://www.monografias.com/trabajos6/laso/laso.shtml#ixzz5CCChXjPT3>
- [http://www.cosechaypostcosecha.org/data/pdfs/downloads/LibroEvolucionSistemaProductivo AgropecuarioArgentino2017.pdf](http://www.cosechaypostcosecha.org/data/pdfs/downloads/LibroEvolucionSistemaProductivoAgropecuarioArgentino2017.pdf)
- [https://datos .magyp.gob.ar/reportes.php](https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php)-Estimaciones, activo-8/18 o www.agorindustria.gob.ar

CAPITULO 2

CALIDAD DE LA SOJA
Análisis conjunto de 20 años
de relevamiento



+

+

+

+

INTRODUCCION



La calidad de la soja argentina sigue siendo un aspecto de interés por ser nuestro país primer exportador mundial de aceite y harina de soja. Las condiciones agroecológicas son ideales para su desarrollo y expansión, convirtiéndola en el cultivo más importante en superficie y productividad.

A partir de los últimos años de la década del '70, la producción de soja ha venido creciendo constantemente en nuestro país. Este importante aumento de producción se ha logrado no sólo con incrementos de superficie sembrada, sino también con rendimientos unitarios entre los más altos del mundo. Esta producción agrícola ha impulsado el desarrollo de una estructura industrial para la elaboración de aceites y harinas, que ha ganado rápidamente participación en el mercado internacional, localizada en las áreas de producción y equipadas con las más modernas tecnologías a nivel mundial.

La producción argentina de cereales y oleaginosas como soja y sus productos, destinados a la exportación, se enfrenta al dilema de mantener la sustentabilidad del ecosistema, en particular del suelo y aumentar la producción para satisfacer la mayor demanda mundial.

En los últimos años las oleaginosas, que incluyen la soja, el girasol, el lino, el maní y recientemente la canola, han tenido un aumento ininterrumpido en superficie. Este espectacular incremento del área sembrada con oleaginosas se debe a la soja y al proceso de agriculturización.

La infraestructura aceitera instalada permite prever el papel que se le ha asignado a la Argentina como productor de granos, ya no como país cerealero sino como país aceitero y productor de harinas proteicas para alimentos de animales.

La calidad de la materia prima a procesar cumple un rol fundamental en la definición de la calidad del producto o subproducto final del proceso.

Con el objeto de clarificar distintos aspectos que hacen a la calidad del grano de soja, se desarrollaron conceptos básicos y prácticos a tener en cuenta en la producción e industrialización del grano.

IMPORTANCIA DE LA PROTEINA Y EL ACEITE DE LA SOJA



En la expresión de la calidad de la soja influyen factores ambientales, genéticos y de manejo de cultivo (Cuniberti y Herrero, 2011).

La caída de la proteína de la soja argentina se ha venido acentuando durante las 4 últimas campañas, entre otros por factores ambientales predisponentes.

Los programas de mejoramiento genético están orientados hacia una mayor productividad, con variedades que en calidad se ubican la mayoría dentro de los valores promedios de proteína y aceite de la producción nacional, con algunos materiales que se destacan en uno u otro parámetro o en ambos a la vez (Cuniberti *et al.*, 2011a).

Todas las empresas están trabajando en biotecnología de alto nivel, generando condiciones para lanzar lo nuevo, que estará compuesto por herramientas para afrontar todos los problemas del sistema productivo.

La soja argentina posee alto contenido de aceite pero necesitaría incrementar sus valores proteicos. La elección del cultivar para cada región adquiere importancia teniendo en cuenta el amplio panorama varietal existente según grupos de madurez, zonas, rinde y calidad (Herrero *et al.*, 2006).

FACTORES QUE INFLUYEN EN SU EXPRESION

EFFECTO DEL AMBIENTE DE CULTIVO SOBRE LA PROTEINA Y ACEITE

El ambiente cumple un rol fundamental en la expresión de la cantidad y calidad del aceite y proteína de la soja.

Las altas temperaturas y el estrés hídrico en llenado de granos tienen gran incidencia en la síntesis de proteínas y aceite, aumentando el contenido de aceite y disminuyendo el tenor proteico.

La temperatura tiene mayor efecto sobre el porcentaje de aceite sintetizado que sobre el de proteína (Cuniberti y Herrero; 2006). A mayor temperatura es esperable aumentos en el porcentaje de aceite durante el llenado de grano, con óptimos térmicos equivalentes a los 25-28°C. También caídas en el porcentaje de proteína alrededor de los 20° C, con aumentos a medida que nos alejamos de ese valor durante el llenado de granos (Dardanelli *et al.*, 2006).

Estrés hídrico (sequía) y calórico, como lo ocurrido en la campaña 2017/18, afecta al rendimiento y a la proteína cuando estas condiciones climáticas se dan en formación y llenado de granos, haciendo que se vean afectados el tamaño, concentración de proteína, color, aspecto del grano y dureza, con daños manifiestos de diferente intensidad según variedad y zonas de cultivo (Cuniberti *et al.*, 2006; Cuniberti *et al.*, 2009; Cuniberti *et al.*, 2018b).

La soja se considera una de las plantas leguminosas más sensibles al estrés por sequía, con una disminución significativa en la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN). El cierre estomático constituye un mecanismo de adaptación morfológica, que reduce la transpiración y disminuye el flujo de agua desde las raíces hasta las hojas de las plantas sometidas a estrés

por sequía. Al disminuir el flujo de agua por el xilema, disminuye el suministro de nutrientes hacia las hojas, que limita la síntesis de aminoácidos y proteínas (Freixas *et al.*, 2010), siendo ésta una de las causas de la baja proteína de la soja de esta cosecha. Estudios realizados también en Brasil demostraron que los contenidos de proteína y aceite fueron relativamente bajos debido a la escasa y mala distribución de las lluvias durante el desarrollo de los granos, en dos sitios de estudio. Este factor, en conjunto con la disponibilidad de nitrógeno para las semillas, fueron claves para provocar variaciones en los contenidos de proteína y aceite en los granos de soja. Entre los factores climáticos, la temperatura fue un factor que podría explicar las diferencias de concentraciones de proteína y aceite en la semilla de soja (Minuzzi *et al.*, 2007; Pípolo, 2002).

Otro factor del ambiente que ha demostrado tener relación con la calidad es la fecha de siembra, con relaciones positivas en proteína y negativas en aceite para el atraso de la fecha de siembra de noviembre a enero (Cuniberti y Herrero, 2000; Cuniberti *et al.*, 2004a). Estudios realizados en Argentina por Cuniberti *et al.*, 2000; Cuniberti *et al.*, 2004a; Cuniberti *et al.*, 2004b; Cuniberti y Herrero, 2011a y más recientemente en las campañas 2013/14 y 14/15, permitieron concluir que el atraso en la fecha de siembra hace que disminuya el rendimiento, aumente el porcentaje de proteína y baje el de aceite, en las fechas de siembra más tardías. Figuras 2.1 y 2.2. Las relaciones son positivas entre el porcentaje de proteína y el atraso de la fecha de siembra de noviembre a enero, haciendo que la proteína aumente de 39,2% a 41,5%. En el contenido de aceite, las relaciones son negativas haciendo que disminuya de 22,4% a 19,9%.

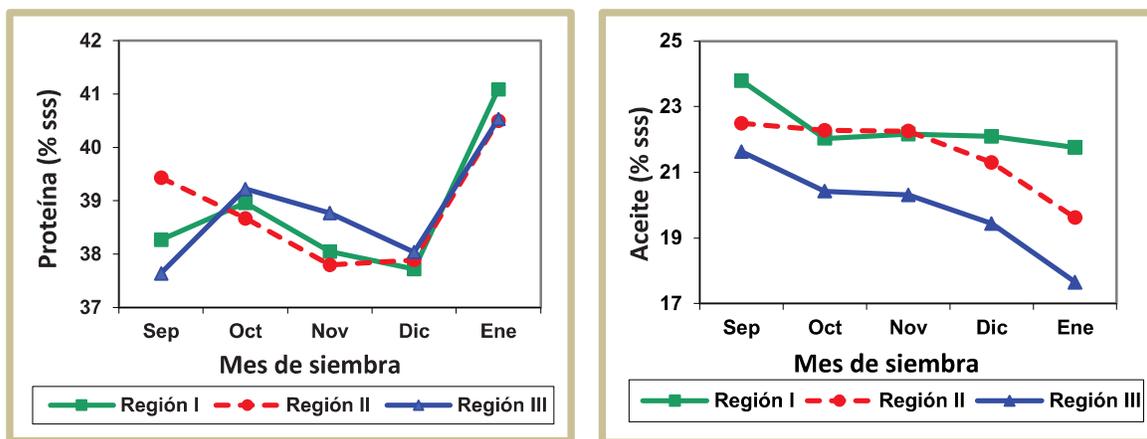
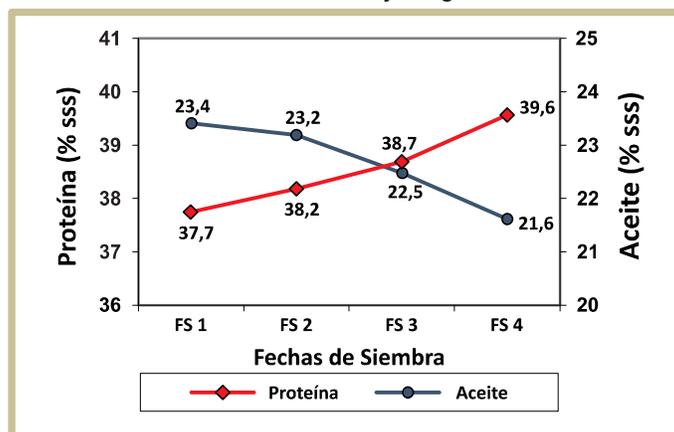


Figura 2.1. Contenido de proteína y aceite (%sss) según Fechas de Siembra y Regiones.



FS 1 : Temprana; FS 2: Optima; FS 3: Tardía; FS 4: Extra-Tardía
 Figura 2.2. Contenido de proteína y aceite (%sss) según Fechas de Siembra. Campañas 2013/14 y 14/15.

En la Región Pampeana Norte el aceite disminuye 0,53% y la proteína aumenta en promedio 0,45% por cada mes de atraso en la fecha de siembra de octubre a enero, porque el llenado de granos se produce cuando las temperaturas son menores (Herrero *et al.*, 1999).

También la baja humedad del suelo y la deficiencia de nutrientes minerales, exceptuando el nitrógeno, provocan mayores contenidos de proteína y menores de aceite (Weiss *et al.*, 1952; Leffel, 1961, Mangieri, M. *et al.*, 2006).

En zonas de menor latitud, donde el llenado del grano coincide con elevadas temperaturas, se tiene mayor cantidad de aceite con mejor calidad, ya que en su composición se encuentra un porcentaje mayor de ácido oleico y menor de linoléico. Este último no deseado por la industria ya que le da mayor inestabilidad a los aceites. Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Contenido de proteína y aceite (% sss) y composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) en diferentes latitudes.

Latitud	Proteína (%)	Aceite (%)	Palmítico	ACIDOS GRASOS (%)			
				Esteárico	Oleico	Linoleico	Linoléico
29°11'LS	39,7	23,6	10,3	4,6	28,8	47,4	6,5
32°41'LS	39,4	22,5	10,9	4,4	22,8	51,8	7,7
37°45'LS	37,8	20,6	10,5	4,2	19,8	54,0	9,4

Fuente: Cuniberti *et al.*, 2004a.

Además, es evidente la influencia de la interacción genotipo x ambiente sobre el contenido de aceite y proteína, sin embargo los valores relativos entre las distintas variedades se mantienen en un promedio de ambientes (Cuniberti *et al.*, 2014a y Cuniberti *et al.*, 2014b).

EFEECTO GENETICO - GRUPO DE MADUREZ

El grupo de madurez (GM) también tiene influencia en los tenores de proteína y de aceite en soja. Sería de esperar en sojas de primavera y GM cortos mayor contenido de aceite y menor proteína por la tendencia de las variedades a producir mayores rendimientos. La proteína puede aumentar un 1,5 % y el aceite disminuir 0,97 % a mayor grupo de madurez, cuando el llenado coincide con menor temperatura (Cuniberti y Herrero, 2006 y Herrero *et al.*, 2009b).

En los ensayos de la RECSO, promedio de las últimas ocho campañas 2009/10 a 2016/17, en proteína en general se observan los valores altos en la Región I (Norte) independiente del GM. Figura 2.3.

En la Región II (Pampeana Norte) los valores más bajos de proteína se dieron en los GM IVc, IVL y Vc mejorando en los GM más bajos y en los más altos.

En la Región III (Pampeana Sur) los valores fueron bajos para todos los GM adaptados a esa región (II-IIIc a IVL).

La proteína no presenta una tendencia marcada al aumentar el GM, solo pequeñas variaciones entre ellos en el promedio de las ocho últimas campañas con cultivares nuevos. Años anteriores el efecto GM era más marcado, con aumentos en los GM más largos (Cuniberti y Herrero, 2006).

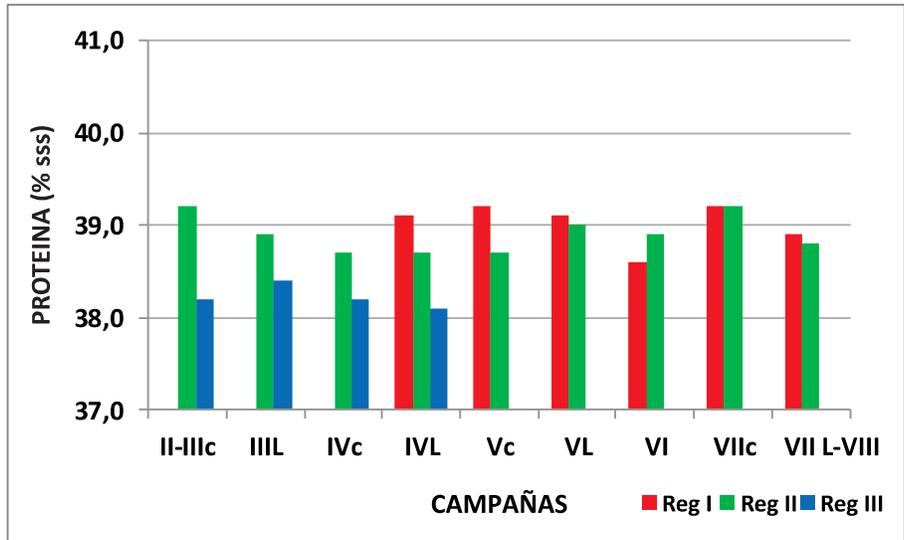


Figura 2.3. Variación de la Proteína por GM y Regiones.
Promedio de las campañas 2009/10 a 2016/17

En la acumulación de aceite en los granos de soja el mejor ambiente estaría dado por la Región I del norte argentino, en todos los GM (IVL a VII L-VIII), favorecido por las más altas temperaturas en llenado de grano. Figura 2.4. El aceite disminuye a mayor GM en las tres regiones sojeras.

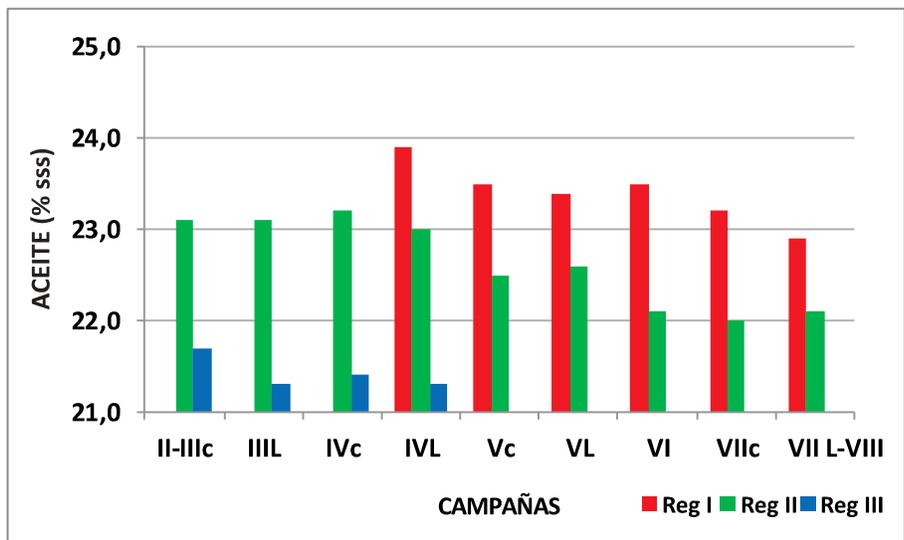


Figura 2.4. Variación de la Aceite por GM y Regiones.
Promedio de las campañas 2009/10 a 2016/17

INTERACCION GENOTIPO - AMBIENTE EN LA EXPRESION DE LA CANTIDAD DE PROTEINA Y ACEITE.

Existe interacción genotipo-ambiente sobre el contenido de aceite y proteína, a pesar de que los valores relativos entre diferentes variedades no muestran variaciones ante diferentes índices ambientales.

Herrero *et al.* (2009a) y Cuniberti *et al.* (2011c y 2014a) realizaron estudios para estimar la importancia relativa de los años, grupos de madurez, distintas regiones y sus interacciones, en los contenidos de proteína y aceite de la soja en Argentina.

Se evaluaron 20.000 muestras de soja de Grupos de Madurez (GM) II-IIIc al VIII, pertenecientes a ensayos de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares (RECSO) desde la campaña 2005/06 a la 2009/10.

Con el objeto de ver si los resultados de las interacciones se repetían con nuevos cultivares, se actualizó el estudio con 30.000 muestras de 7 cosechas, desde la 2009/10 a la 2015/16 (Herrero *et al.*, 2017).

Se analizaron los componentes de variación para las 12 campañas evaluadas que tuvieron incidencia en la expresión de las variables proteína y aceite.

Primeramente se consideraron las REG I (Norte) y REG II (Pampeana Norte) y los GM IV L, Vc, VL, VI, VII y VIII. Luego, se observaron los componentes de variación de las REG II y REG III (Pampeana Sur) y los GM II-IIIc, III L, IV c y IV L. Finalmente y dado que el GM IVL es el único común a todas las REG, se lo analizó individualmente.

PROTEINA - Componentes de variación.

Como conclusión de ambos estudios se observó que se repetían los porcentajes de variación, estando el mayor porcentaje explicado por el efecto del ambiente de cultivo, dado por la interacción de localidad dentro de año y región, LOC(a*REG), con un 56%, 55% y 64% de la variación total en las tres alternativas evaluadas de las primeras 5 cosechas (Figura 2.5) y de 51%, 51% y 63% en las últimas 7 cosechas (Figura 2.6), promediando un 57% el efecto del ambiente en la variación de la proteína en los 12 años estudiados.

El ambiente contempla clima, suelo y manejo de parte del productor. Entre los factores ambientales influyen la temperatura, la latitud, el estrés hídrico, la luminosidad y los nutrientes minerales del suelo.

Dentro del manejo están incluidos fecha de siembra con un efecto significativo (Herrero *et al.*, 1999) ya que a medida que se atrasa la fecha de siembra disminuyen el rendimiento y el aceite y aumenta la proteína (esto explica porque en sojas de 2^a se observan mayores contenidos de proteína que en las de 1^a). También las tecnologías aplicadas como fertilización, cultivo antecesor, etc. son factores de manejo del cultivo que ejercen una marcada influencia.

Respecto a los factores genéticos, en Argentina se han priorizado aquellas variedades que aseguren mayor rendimiento por hectárea y resistencia a los pesticidas.

La incidencia del factor genético fue la más baja en la expresión de los valores de proteína con el 12%, 11% y 15% en las primeras 5 cosechas y de 13%, 14% y 13% en las 7 últimas. Es decir, replican porcentajes semejantes a través del tiempo, promediando el factor genético el 13% de la variación total en 12 años (50.000 muestras). Figuras 2.5 y 2.6. Fueron considerados el error propiamente dicho y todas las interacciones, aunque no se realice comentario.

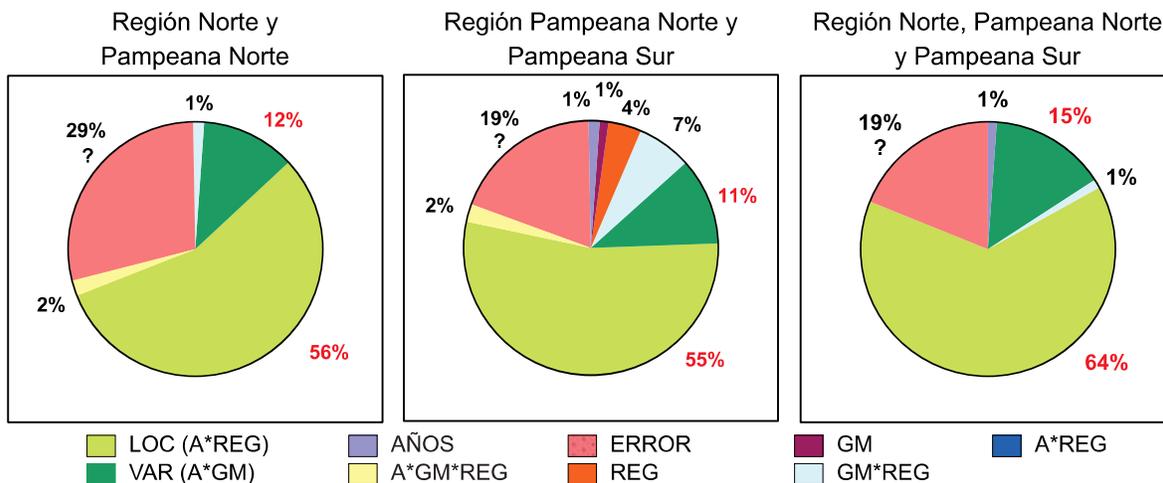


Figura 2.5. Componentes de variación para Proteína
Campañas 2005/06 a 2009/10 (5 años-20.000 muestras)

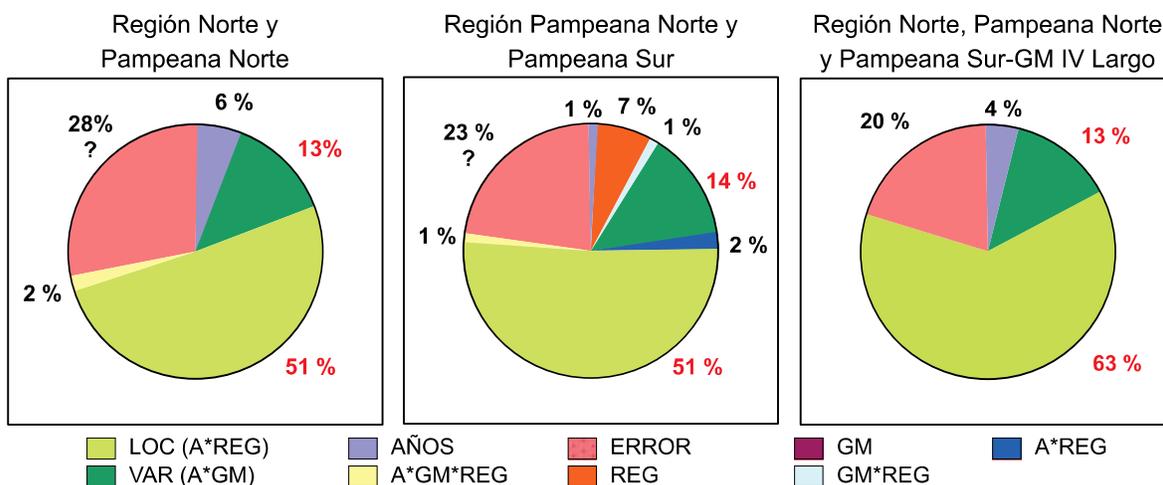


Figura 2.6. Componentes de variación de Proteína.
Campañas 2009/10 a 2015/16 (7 años-30.000 muestras)

Aunque pareciera un porcentaje bajo el efecto genético en la expresión de la proteína no lo es tanto si se compara con rendimiento, donde el porcentaje del efecto genético es aún menor, de aproximadamente el 5%. A pesar de ser un valor bajo, el impacto de la incidencia sobre la variedad de la respuesta es importante. Esto se observa en la diferencia de rendimiento entre cultivares, ya que la genética estaría contribuyendo sensiblemente a la obtención de mayor rinde en distintos ambientes de cultivo.

Con la proteína ocurre algo semejante, partiendo de variedades genéticamente de mayor cantidad de proteínas, se estaría contribuyendo a lograr mayor proteína final en la producción, ayudando a frenar la caída que se viene observando en los últimos años.

ACEITE - Componentes de variación.

Entre los componentes de variación para aceite, el mayor porcentaje correspondió también al ambiente, dado por la fuente de variación LOC(a*REG), con un 37%, 48% y 51% en los 5 primeros años de evaluación (Figura 2.7) y de 32%, 31% y 32% en los 7 últimos años (Figura 2.8), siendo el que mayor incidencia tuvo en su expresión explicando en promedio de 12 años el 39% de la variación total. El componente de variación región (REG) presentó también una influencia alta con un promedio de 25%.

La incidencia genética fue baja en relación a las otras fuentes de variación LOC(a*REG) y REG, siendo del 8%, 13% y 13% en los 5 primeros años y 10%, 12% y 13% en los últimos 7 años, con un promedio del 11,5% en 12 años de análisis continuados. Figuras 2.7 y 2.8. En todos los casos se consideraron el error propiamente dicho y todas las interacciones, aunque no figuren en este comentario.

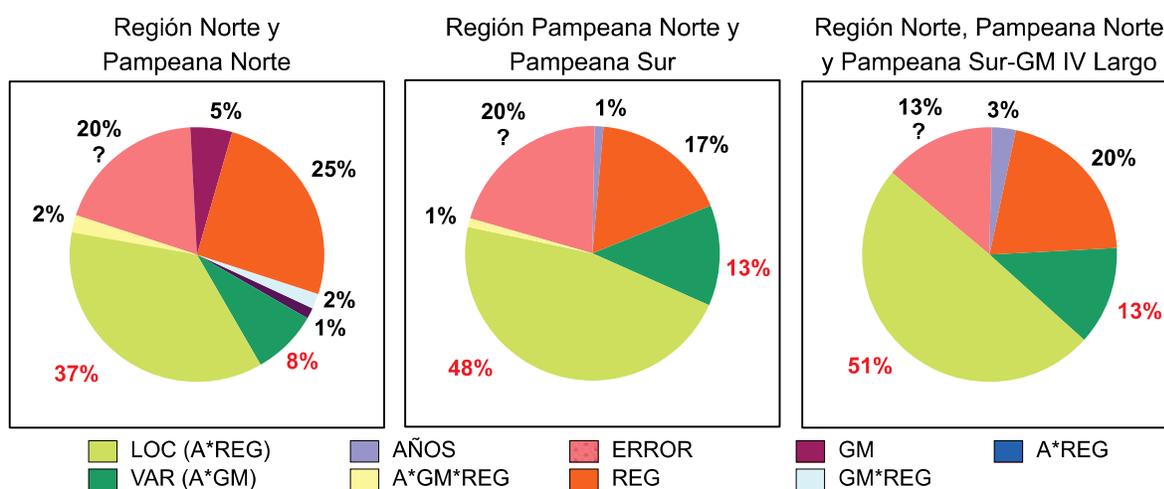


Figura 2.7. Componentes de variación de Aceite
Campañas 2005/06 a 2009/10 (5 años-20.000 muestras)

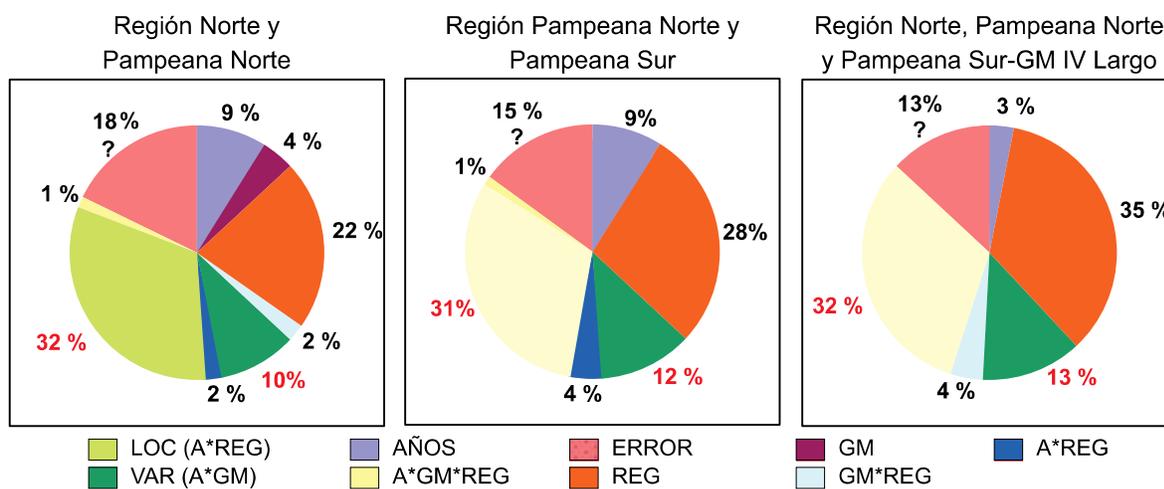


Figura 2.8. Componentes de variación de Aceite
Campañas 2009/10 a 2015/16 (7 años-30.000 muestras)

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

- ✓ Tanto en proteína como en aceite las variaciones ambientales fueron considerablemente superiores a las variaciones genéticas o sus interacciones, que indicaron una fuerte influencia ambiental.
- ✓ En proteína, el mayor porcentaje de variación fue explicado por el ambiente, LOC(a*REG), con un promedio de 57 % de la variación sobre 50.000 muestras en los 12 años estudiados.
- ✓ En aceite, el porcentaje de variación más importante estuvo dado también por el ambiente, con un 39% de la variación total explicado por la interacción LOC (a*REG).
- ✓ La región explicó el 25% en promedio de la variación total de aceite en 12 años para las tres situaciones evaluadas.
- ✓ La variación genética representó en promedio sólo el 13 % de la variación total en proteína y el 11,5 % en aceite.
- ✓ Aunque el efecto de la genética en la expresión de proteína y aceite pareciera un valor menor, la incidencia en la concentración de ambos parámetros es significativa, con diferencias importantes entre variedades.
- ✓ En rendimiento el efecto genético es menor aún, alrededor del 5% y las diferencias de rindes entre cultivares es notoria.

PROBLEMATICA DE LA BAJA PROTEINA



QUE PUEDE HACER EL PRODUCTOR?

Para atenuar la caída en la proteína, desde el inicio de la campaña sojera el productor debe priorizar actividades aplicando criterios que permitan cuantificar los resultados económicos que hacen a rendimiento y calidad.

La elección del cultivar es lo primero a tener en cuenta cuando se piensa en sembrar. Se debe elegir variedades genéticamente superiores en cantidad de proteína, si se prioriza este factor, que hay disponibles en el mercado.

Aplicar estrategias de manejo que hagan un uso más eficiente del agua, una correcta combinación de fecha de siembra y grupo de madurez, que permitirán utilizar en forma más eficiente los recursos ambientales (Herrero *et al*, 1999; Cuniberti *et al.*, 2015b).

El cultivo de soja presenta mayor demanda de nutrientes por tonelada de grano producido que el resto de los cultivos (Yamada, 1999). En términos medios, para la producción de cultivos de soja de 4.000 kg/ha de rendimiento se requieren aproximadamente 320 kg/ha de nitrógeno (N), 32 kg/ha de fósforo (P), 132 kg/ha de potasio (K), 28 kg/ha de azufre (S), además de la provisión adecuada de agua y otros nutrientes esenciales para el normal crecimiento de las plantas. Las formas de abastecimiento de los requerimientos de N son variadas, pudiendo provenir tanto del suelo por mineralización de la materia orgánica como del aire a partir del proceso de fijación biológica (Barraco, 2005).

En soja no es recomendable la fertilización con N ya que afecta negativamente e inhibe la fijación biológica (FBN), no siendo una práctica recomendable en condiciones de buen manejo de la inoculación, mientras que la fertilización con P y S la estimulan (Cuniberti *et al.*, 2014c).

En la región pampeana se han determinado aportes de N por FBN del orden del 30-70% de las necesidades totales de N del cultivo, dependiendo del nivel de fertilidad nitrogenada del suelo y las características climáticas de la estación de crecimiento. Por lo tanto, la inoculación eficiente de las semillas, junto con una adecuada nutrición son prácticas indispensables para una correcta provisión de N en los cultivos de soja (Cuniberti y Herrero, 2013).

La soja no es como el trigo que fertilizando con mayor contenido de nitrógeno se puede lograr subir la proteína.

NECESIDADES DE LA INDUSTRIA

1.- Proteína de la Harina de Soja.

La expansión de la demanda mundial de harina de soja está acompañada por una intensificación de los requerimientos nutritivos, lo que implica que los consumidores se están volviendo más estrictos en cuanto al tenor proteico que debe poseer la harina que se comercializa. Contrariamente, en nuestro país se viene verificando una caída en el tenor proteico de la soja, que dificulta la obtención y el procesamiento de harinas de gran calidad.

Esta disminución en la cantidad de proteína de la soja argentina es consecuencia de la correlación inversa entre rendimiento y proteína. A mayor producción, menor será la proteína y mayor el contenido de aceite, por lo tanto menor será la calidad nutricional del grano.

A nivel internacional, existen dos tipos de harinas de soja comercializables, las llamadas Hi-Pro y Low Pro. La primera contiene mayor nivel de proteína y menor nivel de fibra, por lo que es adecuada para la alimentación de cerdos y aves. La Low Pro se caracteriza por mayores contenidos de fibra y menores de proteína, por lo que puede ser utilizada para la alimentación de animales rumiantes, como ganado vacuno o cerdos adultos, que poseen un sistema digestivo capaz de asimilar mayor cantidad de fibra. La harina Low Pro surge del proceso original de molienda de soja.

Para arribar a la Hi-Pro se incorpora un proceso de descascarado previo del poroto, que al eliminar la cáscara favorece la concentración del contenido proteico. La industria aceitera nacional en las últimas campañas viene realizando esfuerzos para producir harinas con un valor de proteína cercano al 46%, de manera de soportar el menor descuento posible por calidad de acuerdo a los actuales estándares que rigen en el comercio mundial de la harina.

Aun así, nuestro país estaría en el límite mínimo de porcentaje de proteína en harinas para exportación. Una alternativa para alcanzar ese valor cuando la materia prima local no lo brinda, ha consistido en la importación de soja de Paraguay, que se caracteriza por un mayor tenor proteico. También ayudará a frenar la caída en la proteína de la soja argentina, el incremento en la superficie sembrada con trigo que permite hacer soja de 2ª que presenta mayor contenido de proteína que la soja de 1ª.

2.- Consecuencias de la caída de proteína en la producción nacional. Acciones.

Si este proceso de pérdida de calidad continúa habrá dos consecuencias negativas: a) un problema real de corto plazo, los descuentos de precio aplicados por los importadores por la menor calidad proteica de la harina, que reducirán el valor de nuestras exportaciones; b) un posible problema mayor en el largo plazo, la pérdida de participación de Argentina en el mercado mundial de harina de soja, desperdiciando sus ventajas comparativas.

Para enfrentar estas problemáticas, en nuestro país se deben impulsar proyectos biotecnológicos que apunten a genotipos cuyo objetivo principal sea el aumento del nivel de proteína sin afectar el rendimiento y mejorar el manejo del cultivo. Como la influencia ambiental es muy grande en su expresión, la genética juega un rol importante para no descuidar este parámetro.

Se debe ser cauteloso al proponer bonificaciones y rebajas por nivel de proteína, ya que termina siendo el productor quién pague las consecuencias de la caída de la proteína. Además de la elección del cultivar y buenas prácticas de manejo del cultivo, no es mucho lo que puede hacer para revertir esta tendencia, ya que el resto depende en alto porcentaje del ambiente que es un aspecto no controlable por el productor.

3.- Producción de Aceite. Biodiesel.

A la importancia de la proteína se debe agregar el contenido de aceite o materia grasa ya que ha pasado a ocupar un lugar relevante en el valor del complejo sojero.

El aceite no sólo es demandado hoy para el consumo humano, sino también para la producción de biodiesel. Por lo tanto, un aumento de la demanda de energía limpia a nivel global para los próximos años, traerá aparejado requerimientos de mayores rendimientos de aceite de soja.

Desde el punto de vista genético existen variedades en el mercado que se destacan por su mayor contenido de materia grasa, con alta productividad por hectárea.

En lo que hace a este aspecto, Argentina está muy bien posicionada en el contexto mundial porque su producción sojera presenta uno de los contenidos de aceite más altos del mundo.

EVOLUCION DE LA CANTIDAD DE PROTEINA Y ACEITE A TRAVES DE LOS AÑOS



1.- EN MUESTRAS DE ACOPIOS Y COOPERATIVAS

Desde hace 21 años el personal del Laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas de INTA Marcos Juárez realiza un muestreo durante la cosecha de soja en acopios y cooperativas de la zona Núcleo-Sojera con el objeto de conocer la calidad de la cosecha de cada año.

Se recolectaron muestras conjuntas representativas en las localidades del sudoeste y sur de Santa Fe, sudeste, sudoeste y noreste de Córdoba y norte de la provincia de Buenos Aires, de la zona núcleo-sojera.

En la Figura 2.9 se observa como fue variando la relación proteína/aceite por quinquenios, períodos 1997/02 a 2012/17, comparados con la última cosecha 2017/18, mostrando como en el último quinquenio y en la última cosecha más aún, bajó esta relación debido al aumento del contenido de aceite en relación a la proteína.

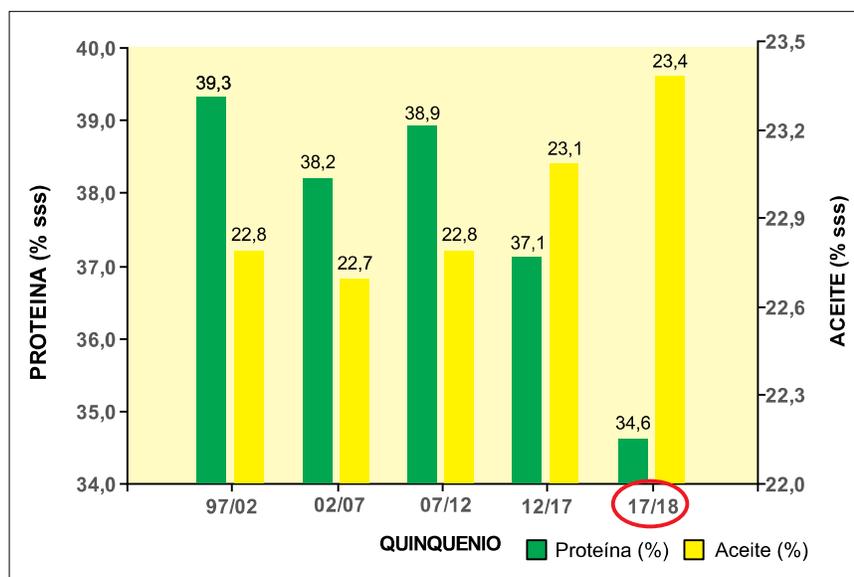


Figura 2.9. Variación de la relación Proteína/Aceite por quinquenios en muestras de acopios

PROTEINA

La proteína tuvo valores buenos, con contenidos superiores al 38,0%, hasta la campaña sojera 2011/12. Luego continuó un descenso paulatino llegando a la campaña 2017/18 con 34,6% (Cuniberti *et al.*, 2018b), siendo el valor más bajo de la serie histórica de 21 años, período en el que se viene realizando este muestreo, incluso menor a las campañas 2012/13 a 2016/17 que presentaron también valores muy bajos. Los altos rendimientos que caracterizaron a las seis últimas campañas hicieron que se volviera a cumplir la relación inversa rendimiento/proteína. Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Calidad Industrial de la Soja en la zona Núcleo-Sojera.
Campañas 1997/98 a 2017/18

Campaña	Proteína (% sss)	Aceite (% sss)	Prot. + Ac. (% sss)	Granos Verdes (%)
1997/98	39.3	22.8	62.1	-
1998/99	39.1	22.6	61.7	-
1999/00	39.5	22.3	61.8	-
2000/01	39.7	23.2	62.9	-
2001/02	38.9	23.3	62.2	-
2002/03	38.4	22.8	61.2	-
2003/04	38.0	22.5	60.5	2.9
2004/05	38.0	22.0	60.0	2.0
2005/06	38.5	22.9	61.4	3.4
2006/07	37.9	23.3	61.2	2.0
2007/08	39.0	23.0	62.0	3.0
2008/09	39.4	23.3	62.7	8.8
2009/10	38.6	22.7	61.3	3.7
2010/11	39.1	22.7	61.8	6.6
2011/12	38.3	22.2	60.5	4.1
2012/13	37.1	22.1	59.2	1.7
2013/14	37.2	21.7	58.5	0.8
2014/15	37.3	23.9	61.2	1.7
2015/16	37.4	24.4	61.8	1.7
2016/17	36.6	23.3	59.9	0.8
2017/18	34.6	23.4	58.0	4.1
Promedio 21 años	38.2	22.9	61.0	3.2

En la Figura 2.10 se observa la pendiente decreciente de la proteína promedio de las distintas cosechas a través de los años.

El aceite mantuvo una tendencia creciente a la inversa de proteína, con un promedio histórico de 22,9%, superando el 23,0% desde la campaña 2014/15, siendo los valores más altos de la serie evaluada.

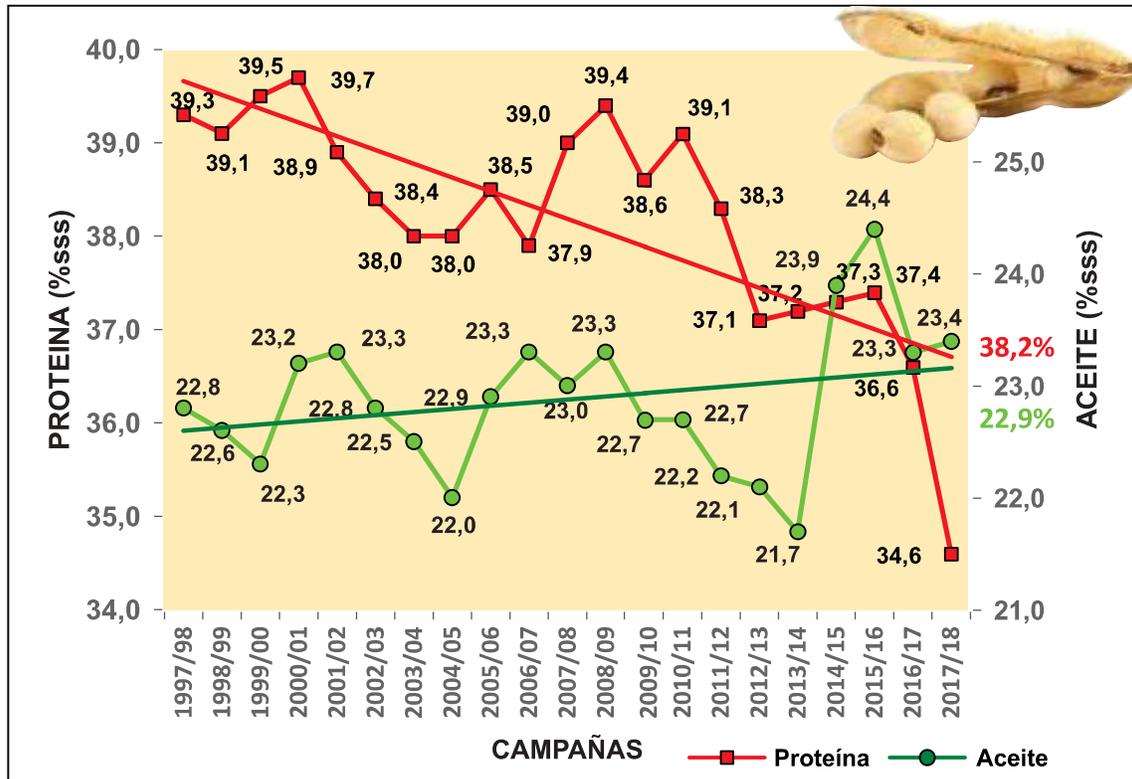


Figura 2.10. Evolución de la proteína y el aceite de soja en 21 años de muestreo en Acopios y Cooperativas de la zona Núcleo-Sojera. Campañas 1997/98 a 2017/18.

DIFERENCIAS DE PROTEÍNA ENTRE SOJA DE 1ª Y 2ª SIEMBRA

En la Figura 2.11 se puede ver la diferencia a través de los años que se viene dando en proteína entre soja de 1ª y 2ª siembra.

En soja de 2ª por el atraso en la fecha de siembra (al sembrarse después del trigo) en relación a soja de 1ª, en general se produce un aumento marcado en la proteína por una caída en el rendimiento.

El relevamiento efectuado en los dos momentos de cosecha durante 17 años, permiten observar una diferencia en promedio de 1,4% de proteína a favor de soja de 2ª.

Como Argentina no clasifica su producción por calidad, una medida para atenuar la baja proteína de soja de 1ª sería mezclarla con soja de 2ª, permitiendo así incrementar el valor proteico de los conjuntos generales. De allí también la importancia de incrementar el área sembrada con trigo, no solo por la sustentabilidad del sistema agrícola sino también por la posibilidad de mejorar el nivel proteico de la soja que va a procesamiento y exportación. Reemplazaría o complementaría a la soja que se suele importar de Paraguay con este fin.

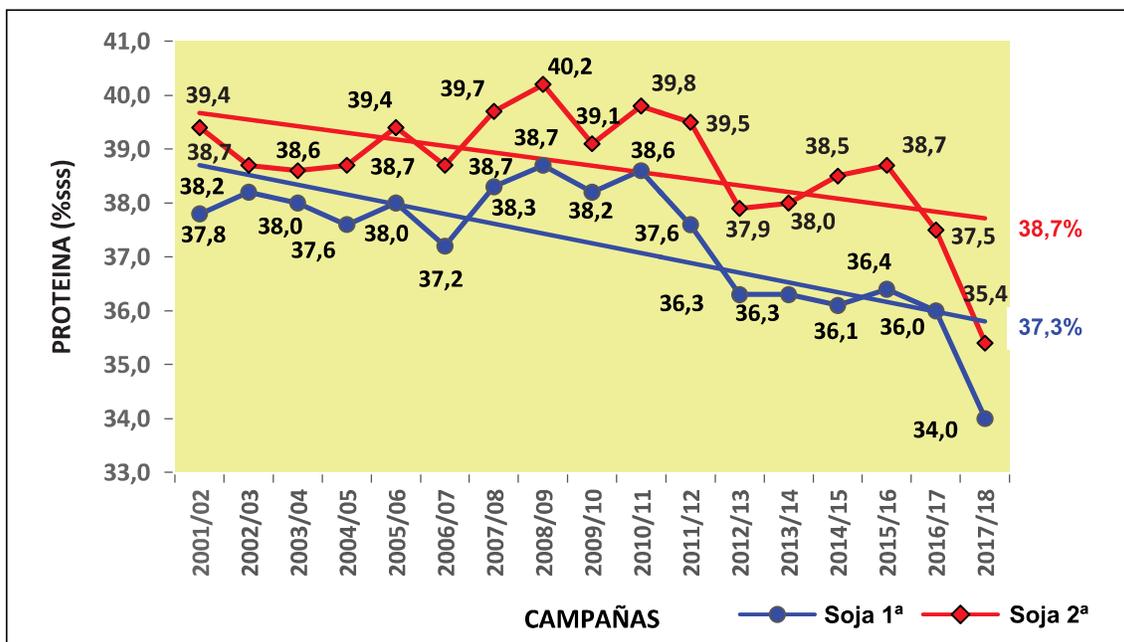


Figura 2.11. Contenido de Proteína en Soja de 1ª y 2ª siembra
Campañas 2001/02 a 2017/18

ACEITE

El contenido de aceite siempre es superior en soja de 1ª que en soja de 2ª, a la inversa de lo que ocurre con la proteína.

Por ese motivo la soja argentina se caracteriza por tener alto contenido de aceite, que dependiendo del precio de mercado para harinas proteicas y para aceite, es la importancia que la industria le da a uno u otro de estos parámetros cada cosecha.

DIFERENCIAS EN EL CONTENIDO DE ACEITE ENTRE SOJA DE 1ª Y 2ª SIEMBRA

En la Figura 2.12 se observa el comportamiento para aceite en soja de 1ª y 2ª siembra. Al igual que en proteína las líneas siguen la misma tendencia, ubicándose la soja de 1ª por encima de soja de 2ª.

En la campaña 2015/16 el nivel de contenido de aceite de soja de 2ª fue superior al de soja de 1ª debido al daño ocasionado por hongos, bacterias y enfermedades de fin de ciclo por las malas condiciones de ambiente a cosecha, con alto porcentaje de granos dañados, dando mayor cantidad de aceite y con alta acidez, pero fueron condiciones excepcionales no frecuentes en nuestro país.

El promedio de 17 años de muestreo dio 23,4% en soja de 1ª y 22,3% en soja de 2ª, con una diferencia de 1,1% a favor de soja de 1ª.

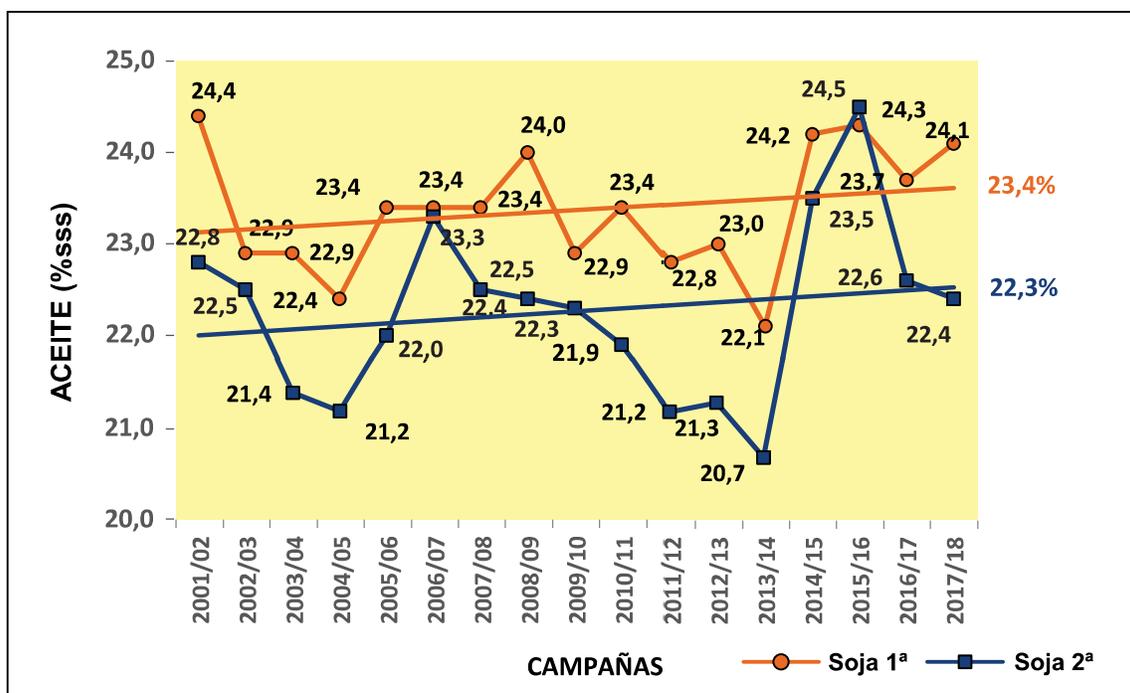


Figura 2.12. Contenido de Aceite en soja de 1ª y 2ª siembra
Campañas 2001/02 a 2017/18

PROFAT (Proteína + Aceite)

El Profat, sumatoria de Proteína+Aceite, presentó en 21 años las oscilaciones propias de cada año siendo el promedio de 61,0% y con campañas que superaron el 62,0%.

Este valor es de importancia para la industria, ya que valores altos de ambos parámetros son deseables, de manera que si la proteína baja pero sube el aceite compensa de alguna manera los rendimientos de las plantas procesadoras.

En campañas como la 2013/14 y 2017/18 que el Profat se ubicó en 58,5 y 58,0% respectivamente, los valores más bajos de la serie estudiada, indican que ambos valores fueron bajos, no siendo deseado por la industria. Cuadro 2.2.

2.- EVOLUCION DE LA PROTEINA Y EL ACEITE EN ENSAYOS DE LA RECSO

En las Figuras 2.13 y 2.14 se puede observar el análisis conjunto de 22 campañas en los ensayos experimentales de la RECSO en todo el área sojera argentina y como ha ido evolucionando la proteína y el aceite a través de los años, desde la cosecha 1995/96 a la 2016/17 (Cuniberti *et al.*, 2011d; Cuniberti *et al.*, 2018b).

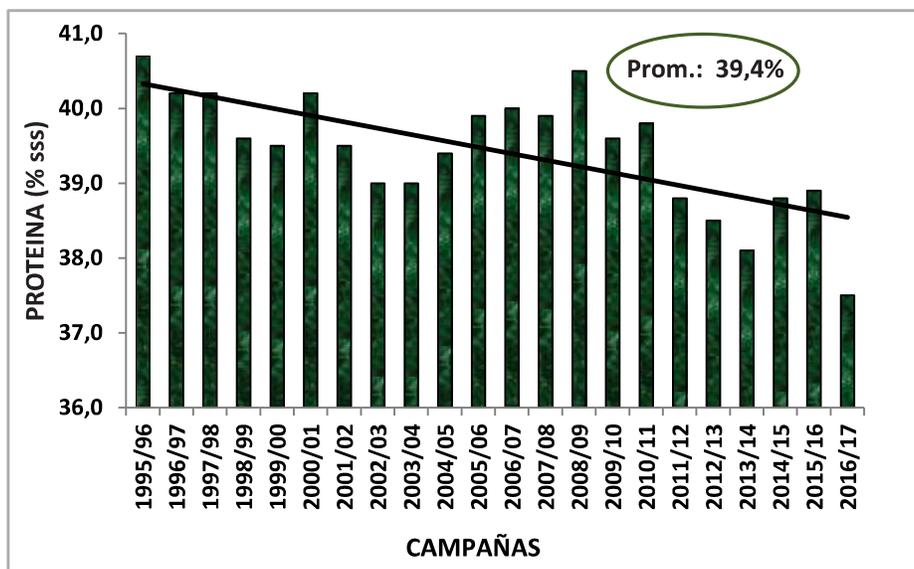


Figura 2.13. Evolución del contenido de proteína en los últimos 22 años.
Ensayos de la RECSO

La evolución de la proteína en los ensayos de la RECSO siguió la misma tendencia observada en la Figura 2.10 en 21 años de muestreo de soja en Acopios y Cooperativas de la zona Núcleo-Sojera, con una caída muy marcada desde la campaña 2011/12 hasta la última campaña evaluada.

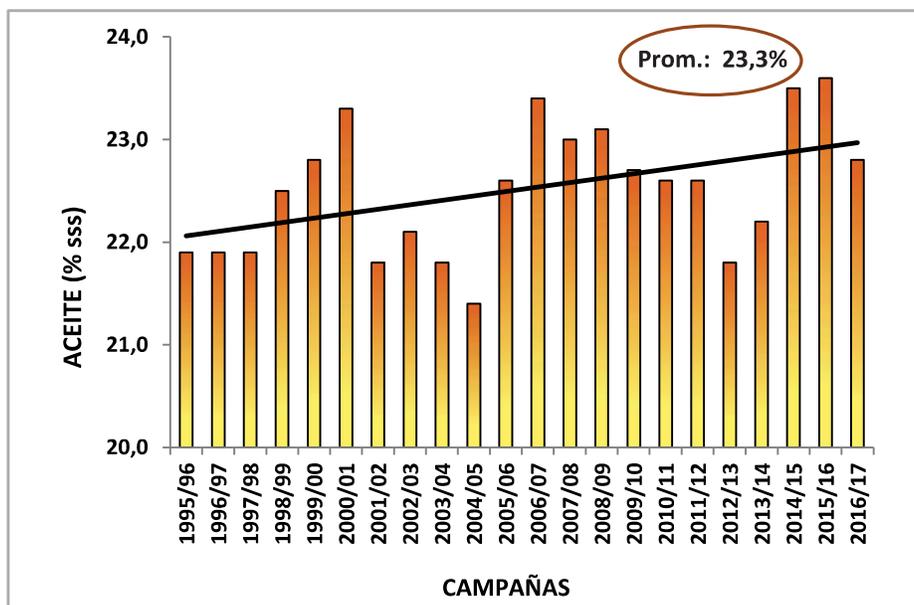


Figura 2.14. Evolución del contenido de aceite en los últimos 22 años.
Ensayos de la RECSO

El aceite se mantuvo en valores altos, característicos en la producción sojera argentina, acentuándose a partir de la campaña 2013/14 como ocurrió en las muestras evaluadas procedentes de acopios y cooperativas (Figura 2.10), que representan la realidad del productor y es lo que se destina a la industria y exportación.

En las Figuras 2.15 y 2.16 se muestra el comportamiento por Regiones Sojeras correspondientes a las campañas 2005/06 hasta la 2016/17, pudiendo observar cómo varían ambos parámetros en la Región Norte (Región I), Pampeana Norte (Región II) y Pampeana Sur (Región III) en 17 años de estudio y evaluación.

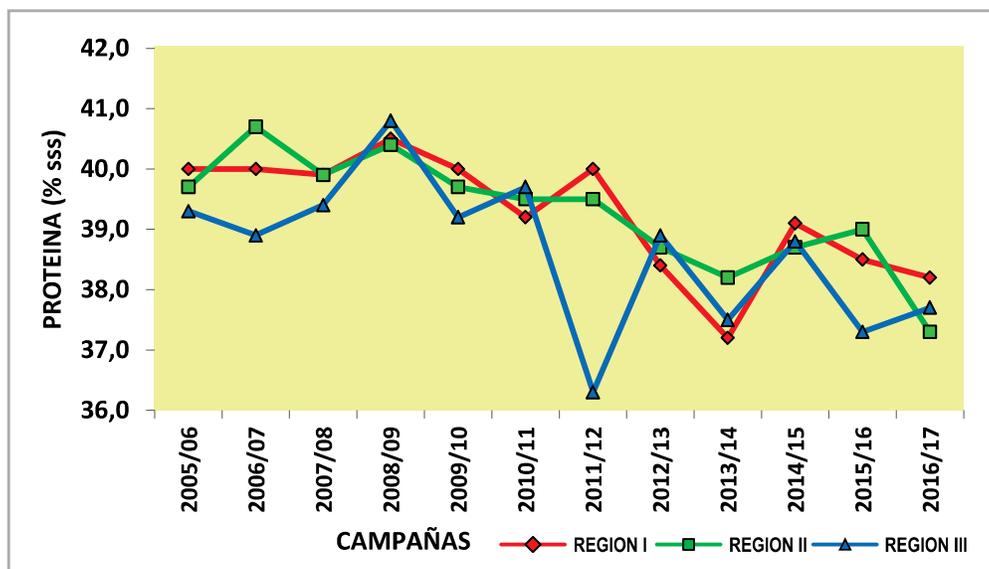


Figura 2.15. Evolución del contenido de proteína por regiones en los últimos 12 años. Ensayos de la RECSO.

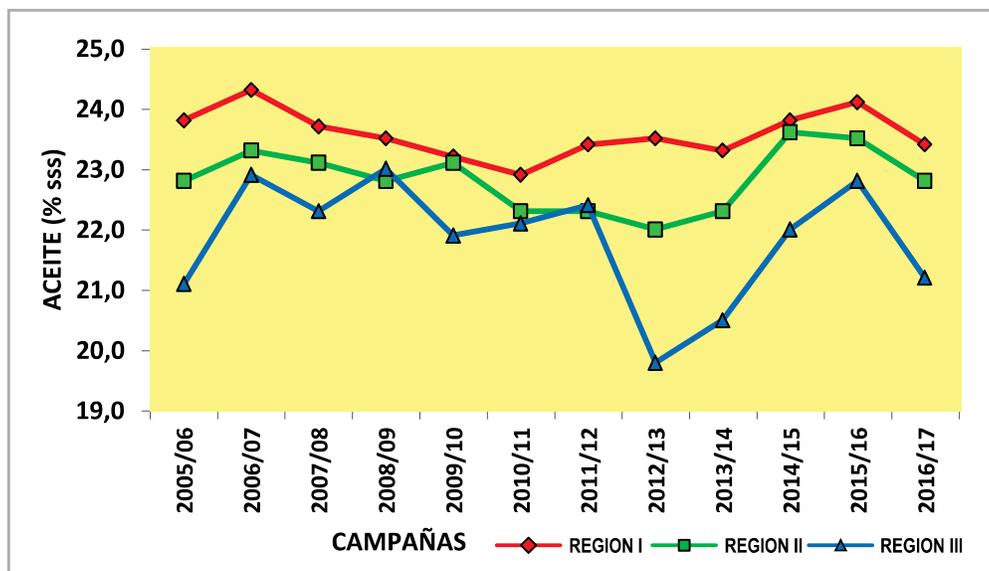


Figura 2.16. Evolución del contenido de aceite por regiones en los últimos 12 años. Ensayos de la RECSO.

En contenido de aceite se destaca la Región Norte por presentar valores más alto, seguida por la Región Pampeana Norte y luego la Sur. Las altas temperaturas en llenado de grano favorecen mayor concentración de este parámetro (Herrero *et al.*, 2006; Cuniberti *et al.*, 2011a; Cuniberti *et al.*, 2016b).

En relación a la proteína, el comportamiento fue más variable y suele estar relacionado al rendimiento en grano de cada región y de cada año. A mayor rinde, menor proteína y mayor

aceite, aunque se observa una tendencia a mayor proteína y con valores semejantes en las Regiones Norte y la Pampeana Norte y más o menos estables, seguida por la región Pampeana Sur.

La Región Pampeana Sur presenta valores bajos de proteína y aceite en la mayoría de las campañas. La razón es que el llenado de grano se da en condiciones ambientales de menor temperatura, luminosidad, haciendo que la concentración de proteína y aceite sea baja en relación a las regiones más cálidas.

La Región Norte, por el contrario, suele presentar valores altos de aceite y buenos niveles de proteína como se puede observar en las Figuras 2.15 y 2.16, siendo la región que se podría esperar niveles más altos de concentración de ambas variables. El efecto ambiental y de temperaturas más elevadas en formación y llenado de grano favorece la concentración de aceite y proteína haciendo que sea más completa, con mayor cantidad y mejor calidad en general (Herrero *et al.*, 2003). Algo semejante ocurre con la soja procedente de Paraguay y Brasil que presentan valores más altos de proteína y aceite en relación a la soja argentina, semejante a la Región Norte.

PRESENCIA DE GRANO VERDE. CAUSAS Y CONSECUENCIAS



La ocurrencia del grano verde ocasiona serios problemas en la producción y uso de semilla, en la comercialización primaria y secundaria, en el almacenamiento, en la obtención de aceite crudo y en la exportación de soja. Se caracteriza por la presencia de granos totalmente o parcialmente verdes con un simple tinte verdoso.

La importancia económica que reviste la problemática del grano verde obliga a todos los participantes de la cadena agroindustrial de la soja del país a elaborar conjuntamente soluciones a corto plazo. Las prácticas agronómicas adecuadas serán sin duda una forma muy eficaz de contribuir a la reducción del grano verde en los cultivos de soja.

Son varias las causas que provocan la presencia de grano verde en el cultivo de soja. La expresión de este fenómeno está fuertemente asociado a la ocurrencia de estrés biótico (efecto de chinches, etc.) y abiótico (déficit hídrico, golpe de calor con baja humedad relativa, heladas, etc.), durante el llenado de granos, fases R5 y R6, que produce desuniformidad en la maduración de los mismos. El momento de ocurrencia del estrés durante el llenado de grano determinará el tipo de grano verde. Mientras un estrés a principio del llenado de grano produce grano totalmente verde, un estrés a fin de llenado produce un grano con tinte verdoso (Elisei y Bazzigalupi, 2007).

Otro factor que incide en la aparición de este fenómeno es el manejo del cultivo con fertilizaciones desparejas (França Neto *et al.*, 2005a), así como también lotes con diferentes niveles de fertilidad.

Temperaturas superiores a 32°C durante varias horas continuas, conjugadas con períodos prolongados de déficit hídrico, inciden negativamente sobre la maduración de las semillas (Cuniberti *et al.*, 2004a y b).

La ocurrencia de heladas tardías en los lotes de producción, es otra de las causas de origen ambiental de la aparición de semillas verdes. Sin embargo, la muerte prematura de las

plantas también puede ser causada por factores bióticos como hongos patógenos en raíces y hojas (França Neto *et al.*, 2005b). En cualquier zona del país, los cultivos de soja que estén expuestos a las condiciones antes nombradas padecerán este problema. Además, la utilización de variedades de ciclo muy corto en fechas de siembra temprana, en cualquier latitud del país genera condiciones predisponentes para la producción de soja verde. La susceptibilidad varietal es un factor más a tener en cuenta ya sea tanto por los productores agropecuarios como así también por los criaderos y semilleros en sus planes de mejoramiento vegetal (Bragachini, 2005).

A medida que las plantas alcanzan la madurez fisiológica, cesa la producción de clorofila y todos los pigmentos clorofilicos presentes en las semillas son degradados por acción de la luz solar y por el metabolismo de las simientes, a través de la acción de enzimas clorofilasas. Frente a condiciones estresantes, la degradación enzimática de la clorofila es interrumpida, permaneciendo las semillas con coloración verde (Wiebold, 2002). El color verde aparece en los granos cosechados antes de la madurez fisiológica, los pigmentos clorofilicos en el tegumento y/o cotiledones le confieren esa coloración. El grano totalmente verde es de forma alargada y puede presentar repliegues y arrugas. Mientras que el grano con tinte verdoso presenta el tegumento de color amarillo normal y a través del mismo se puede ver la tonalidad verdosa difusa y desuniforme en los cotiledones (Craviotto y Arango, 2001).

Si bien el ambiente juega un rol preponderante en la aparición de este nuevo fenómeno en las semillas de soja, también es importante tener en cuenta el accionar del hombre mediante el manejo del lote de producción. La elección del grupo de madurez (GM) y la fecha de siembra, es un elemento importante del manejo de cultivos que puede incidir en la ocurrencia o no de semillas verdes. Estudios realizados por Cencig y Villar Ezcurra (2006) han demostrado que los cultivares de grupos de madurez cortos (GM III y GM IV), sembrados en fechas tempranas, muestran mayor tendencia a presentar elevados porcentajes de granos verdes. Esta mayor producción de granos con tonalidad verde, se debe a que el momento de llenado de granos en estos cultivares coincide durante los meses de enero hasta mediados de febrero, donde generalmente se registran las temperaturas más elevadas (Gallo, 2007).

En formación y llenado de grano se suelen dar condiciones ambientales que afectan el normal desarrollo, provocando un llenado incompleto en muchos casos o bien una madurez anticipada, quedando la planta verde y el grano va perdiendo humedad en forma brusca. Muchos granos verdes se deshidratan rápidamente, perdiendo agua y manteniendo el color verde sin eliminar la clorofila como ocurre en una madurez normal (Cuniberti *et al.*, 2011d; Cuniberti *et al.*, 2016b).



Vaina de soja en estadio R8 con color normal de cosecha y conteniendo semillas con intensa coloración verde. Presencia de semillas que conservan la esfericidad propia de la especie y otra semilla fuertemente arrugada y deformada como consecuencia del severo daño ambiental provocado por estrés hídrico y altas temperaturas durante el período de crecimiento en el lote de producción (Craviotto et al, 2018).

Gran parte de la producción de soja se destina a la extracción de aceite. Este proceso industrial se inicia con el partido de los granos mediante molinos quebradores, cuyo trabajo se dificulta si la textura del grano es blanda y/o de consistencia elástica. Luego del quebrado los granos se conducen a un calentador rotativo donde son sometidos a temperatura de 60 a 65°C, siguiendo el proceso de laminación a través de cilindros lisos que forman láminas de 0,3 mm de espesor. Este último proceso provoca la rotura de las células que contienen el aceite, facilitando su posterior extracción. La presencia de textura pastosa, provocada por los granos verdes que son más plásticos y en el proceso de laminado impiden la formación de láminas adecuadas, produce aceite residual en las harinas (Tanoni, 2005).

Además, el aceite crudo tendrá una coloración verdosa como consecuencia de la presencia de clorofila que es un pigmento muy difícil de extraer. También se producen cambios en la calidad de la materia grasa de la harina obtenida.

El aceite crudo es materia prima para productos tales como margarinas, pinturas, resinas, etc., lo que intensifica aún más el problema de granos verdes. Todos estos procesos además de disminuir la calidad del producto acarrearán un aumento en el costo del proceso de industrialización (Tanoni, 2005).

Este fenómeno se viene dando todos los años con mayor o menor intensidad. La presencia de grano verde en porcentajes que comenzaron a preocupar a la industria, se dio en la campaña 2001/02, haciendo un pico muy elevado con 8,8% en la campaña 2008/09 (por estrés hídrico) y de 6,6% en la 2010/11 (Cuniberti *et al.*, 2001a, 2004b, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011b) Figura 2.17. En la zona núcleo-sojera en la campaña 2010/11, en el relevamiento realizado por el Laboratorio de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas del INTA de Marcos Juárez, Córdoba, dio como resultado un valor promedio alto de 9,1% en soja de 1ª, cayendo a 3,6% en soja de 2ª. De las campañas 2012/13 a la 2016/17 los valores fueron bajos, resurgiendo en la campaña 2017/18 con porcentajes altos nuevamente.

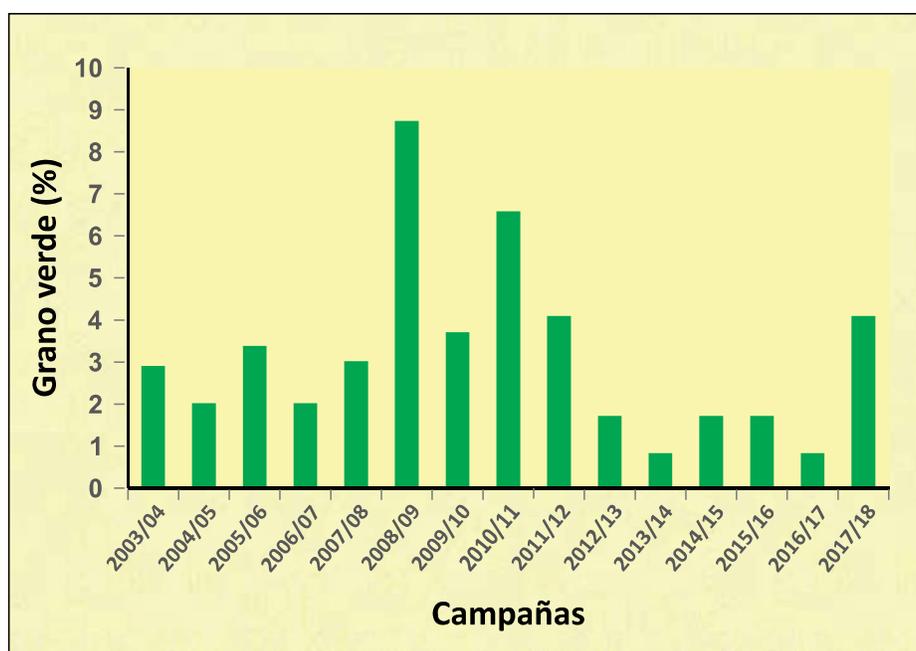


Figura 2.17. Porcentaje de Grano Verde en las campañas 2003/04 a 2017/18.

De acuerdo a la Norma XVII de comercialización de soja, N° 151/2008, la base de comercialización es del 5% y se rebajará a razón de 0,2% por cada por ciento o fracción proporcional, con una tolerancia de recibo del 10% para grano verde. Se definió como “grano verde a todo grano o pedazo de grano que presente externamente cualquier intensidad de coloración verdosa total o parcial”. Esto significa que a la mínima expresión de alguna tonalidad de color verde se considera grano verde.

Es motivo de preocupación en la industria aceitera en general, ya que produce problemas en la obtención de aceites de calidad.

Desde la campaña 2001/02 se vienen presentando algunos problemas relativos a la presencia de granos verdes. Si el porcentaje de grano verde es muy alto, en algunos casos el color puede ser semejante al aceite de oliva. Los granos con leve tonalidad verde también producen aceite color verde aunque no tan intenso porque la presencia de clorofila es menor.



Aceite de grano normal



Aceite de grano verde

Esto ocasiona problemas en la comercialización, ya que se establecen límites en los contratos de exportación, estando los más exigentes en 2 ppm y en otros pueden llegar a 4 ppm de presencia de clorofila en el aceite crudo desgomado (Cuniberti *et al.*, 2001a y b).

Para quitarle el color verde, se debe recurrir al refinado con tierras de filtrado que son arcillas especiales activadas que absorben la clorofila y que son mucho más caras que las de blanqueo, haciendo que se encarezca el proceso (Cuniberti *et al.*, 2004b). Además, los aceites con altos contenidos de clorofila son más sensibles al enranciamiento (Craviotto y Arango, 2001).

El grano verde, al estar arrugado, dificulta el proceso de descascarado que se realiza a nivel industrial, previo a la extracción del aceite, para hacer más concentrada a la harina en proteínas, subiendo de aproximadamente 38% en granos normales a 45% o más en la harina, dependiendo del nivel de proteínas del que se parta.

El grano verde, al ser más difícil de descascarar porque el tegumento está muy adherido, pasa más fibra a la harina proteica haciendo que caiga el valor de proteína. La cáscara hace de inerte al aumentar la fibra presente en la harina y la diluye, disminuyendo la proteína.

La forma de prevenir el grano verde es a través del uso de variedades adaptadas a siembras tempranas, especialmente de primavera, ya que se nota susceptibilidad a este factor en algunos cultivares más que en otros. Se puede utilizar un adecuado sistema de rotaciones para evitar estrés en el cultivo y también una buena distribución en las fechas de siembra en zonas de riesgo (Cuniberti *et al.*, 2004b).

Se sugiere realizar una planificación del cultivo de soja para cada zona productiva. Se debe tener en cuenta el ciclo de la variedad para adecuarlo a la fecha de siembra para atenuar el efecto de los factores de estrés abiótico durante el llenado de granos.

El monitoreo integrado de plagas contribuye a disminuir el efecto de diferentes especies de chinches. La recorrida periódica de los lotes, la aplicación de insecticidas en base a umbrales de daño y el control biológico son medidas agronómicas que ayudarán a disminuir el problema del grano verde.

Los criaderos y semilleros deberán incluir en sus programas de mejoramiento objetivos de selección por susceptibilidad a la formación de grano verde. Por su parte, los productores agropecuarios deberán requerir información sobre la susceptibilidad a este fenómeno de los cultivares que adquieran para siembra.

GRANO DAÑADO Y ACIDEZ



El grano dañado y la acidez se incrementan debido a diferentes causas: demora en la cosecha por lluvias, estrés térmico e hídrico en formación de granos, nivel de enfermedades como *Cercospora*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Phomosis*, temperatura de secado y esto determina menores rendimientos de “crushing”. Para mejorar los niveles de acidez, es necesario un mayor desgomado, incrementando el costo de la industria (Cuniberti *et al.*, 2004b).

La acidez en un grano normal se encuentra debajo del 1% y en granos con dañados superiores al 50% sube ubicándose en 3-5%, causando serios problemas de rancidez en los aceites.

Las enfermedades se vienen acrecentando por la gran difusión que tiene el cultivo y las llamadas “de fin de ciclo” son las principales. Si bien el mejoramiento ha desarrollado mejores variedades y estas enfermedades suelen no producir pérdidas importantes de rendimiento, afectan la calidad de la producción.

La calidad comercial e industrial puede estar afectada por grano dañado debido a factores ambientales como exceso de precipitaciones que provocan fermentaciones y brotado de los granos, ataques de plagas (insectos, enfermedades), que también producen deterioro de los mismos (Foto). El manejo del cultivo puede impactar sobre la calidad de los granos, así como el manejo post-cosecha, como las tareas de acondicionamiento que pueden determinar la presencia o ausencia de materias extrañas y/o granos quebrados y el secado que puede provocar la presencia de granos dañados por calor y/o de avería. Estas tareas post-cosecha, en el acondicionamiento, pueden influir en la calidad, conservándola o produciendo deterioro en el caso de prácticas incorrectas (Adamo, 2016).



La Resolución ex-SAGyP N° 1075 del 12 de diciembre de 1994 y sus modificatorias, vigente actualmente Resolución N° 151 de la SAGPyA de 20 de febrero de 2008, define a los Granos Dañados a aquellos granos o pedazos de granos de soja que presenten alteración sustancial en su color, forma y/o textura normal interna y externa, no debiéndose castigar como tales a aquellos granos que presenten solamente manchas o alteraciones en la superficie conservando su parte interna inalterada. Por lo tanto, se considerarán granos dañados los siguientes:

- a) Brotado: todo grano que haya iniciado manifiestamente el proceso de germinación.
- b) Fermentado y ardido: todo grano o pedazo de grano que presente un oscurecimiento manifiesto en más del cincuenta por ciento (50%) de su parte interna, acompañado por una alteración en su estructura debida a un principio de descomposición.
- c) Dañado por calor: todo grano o pedazo de grano que presente una alteración en su coloración por acción de elevadas temperaturas de secado. Esta alteración se manifiesta con coloraciones marrones.
- d) Granos quemados o “de avería”: todo grano o pedazo de grano que presente una alteración extrema en su coloración interna y externa por acción de elevadas temperaturas de secado y/o exposición al fuego. Tal defecto se manifiesta como un paso más avanzado que el descrito en el numeral 4.4.3. de la presente Norma, con coloraciones marrones oscuras a negruzcas, acompañadas por olor y sabor a tostado.
- e) Podrido: comprende todo grano o pedazo de grano totalmente deteriorado por procesos avanzados de descomposición.

La norma de comercialización de la soja se rige por las denominadas bases estatutarias, donde existen base y tolerancias de recibo. Para todos los granos dañados la comercialización de soja tiene una base de 5% y una tolerancia de 5%. En el caso de excederse de este valor, la partida puede ser rechazada por el comprador. Si el comprador quiere recibir la mercadería, este rebajará sobre el precio a razón del 1,0% por cada por ciento o fracción proporcional del exceso de la tolerancia de recibo (Norma XVII-Soja). Cuadro 2.3. Se computan dentro de este rubro y hasta un máximo del 1% a los granos quemados por secadora o “de avería”.

Cuadro 2.3. De la Norma de Calidad para la Comercialización de Soja.
GRANOS DAÑADOS- Norma XVII – S.A.G.P.y.A 151/2008

Rubros	Base %	Tolerancia de Recibo %	Rebajas
Granos Dañados (brotados, fermentados, ardidos, dañados por calor, podridos)	5	5	Para valores superiores al 5,0% a razón del 1,0% por cada porciento o fracción proporcional



Foto: Intainforma.inta.gov.ar 24/05/18



CALIDAD DE VARIEDADES



Respecto de calidad de variedades de soja en el Laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas del INTA de Marcos Juárez se realizan anualmente dos estudios:

1.- Comportamiento en calidad de variedades en los ensayos de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja (RECSO) en todo el área sojera argentina.

2.- Muestreo de variedades en lotes de productores de la Provincia de Córdoba para conocer la cantidad de proteína y aceite.

Del primer estudio surgen las variedades que se destacan genéticamente en proteína y en aceite de acuerdo a los ensayos experimentales que se realizan en todo el área sojera argentina (RECSO).

Del segundo estudio, los resultados muestran la expresión en cantidad de proteína y aceite de las distintas variedades con el manejo que realizan los productores, ya no en ensayos experimentales. También las variedades que más elige el productor al momento de decidir la siembra, observando gran diversidad entre lotes.

1.- ENSAYOS DE LA RECSO

Se evaluaron muestras de soja de ensayos pertenecientes a la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja (RECSO), comprendidos en las tres regiones sojeras argentinas, siendo las localidades donde se suelen realizar los ensayos las siguientes:

- Región I- Norte (Reconquista, Las Lajitas, Embarcación, Estación Araoz, Alberdi, San José de Macomitas, Quimilí, Sachayoj, Bandera, Roque Sáenz Peña, Avellaneda y Tostado.
- Región II-Pampeana Norte (Marcos Juárez, Casilda, Oliveros, Rafaela, Paraná, La Carlota, Pergamino, Balnearia, Gral. Pico, Manfredi, Gral. Villegas, Venado Tuerto, Huinca Renancó, Monte Buey, Jovita, Corral de Bustos, Villa Trinidad, Saladillo, Conesa, Chacabuco y Roldán)
- Región III- Pampeana Sur (Miramar y Santa Rosa).

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas del INTA Marcos Juárez, Córdoba, con un equipo de tecnología NIT, Infratec 1241, según Norma AACC 39-21. Se determinó contenido de proteína y aceite expresados en porcentaje sobre base seca.

Los Grupos de Madurez (GM) considerados fueron: II-III Corto (II-III c), III Largo (III L), IV Corto (IV c), IV Largo (IV L), Vc, VL, VI, VII c y VIII-VIII. Se efectuó un análisis de variancia para los parámetros proteína y aceite para cada Región (REG) y GM, considerando como fuentes de variación cultivares (CULT) y localidades (LOC).

En la Región I participaron los GM IVL al VII L-VIII, en la Región II se consideraron los GM II-IIIc al VII L-VIII y en la Región III participaron del análisis los GM II-IIIc al IV L. Los resultados obtenidos en este trabajo se muestran en los Cuadros 2.4 y 2.5

En Argentina se dispone de cultivares que satisfacen los requerimientos de rendimiento y de adaptabilidad agronómica para las distintas regiones agroecológicas, así como también de calidad, con variedades de alta proteína y de alto aceite.

En los ensayos de la RECSO a nivel nacional surgen las variedades más destacadas en proteína y aceite.

Se observó que existen cultivares que se destacaron en contenido de proteína y otros en aceite, manteniendo ese comportamiento durante varias campañas, así como también algunos cultivares tuvieron valores más altos en ambos parámetros a la vez como HO 4119 IPRO STS y DM 7.8i.

1.1. PROTEINA – Variedades Destacadas

Es necesaria una mejora en la calidad tendiente a incrementar los contenidos de proteína de la soja argentina, a los efectos de que nuestro país mantenga e incremente su competitividad en el mercado internacional, siendo un aspecto importante a tener en cuenta en el mejoramiento genético del cultivo y en el momento de la elección del cultivar a sembrar por parte del productor agropecuario.

En la comercialización se mezclan todas las variedades perdiendo su identidad, sin tener en cuenta la calidad, diluyéndose el efecto del cultivar destacado en uno y otro parámetro.

La industria demanda mayor proteína para la producción de harinas proteicas Hi-Pro y Super Hi-Pro. En el gran cultivo los niveles de proteína promedio rondan del 34-39%, siendo algo superior en soja de 2ª en relación a soja de 1ª, dificultando lograr valores superiores al 40,5% para estos usos específicos (Cuniberti *et al*, 2014a).

Para cumplir adecuadamente este requerimiento se debería clasificar la soja argentina por nivel de proteína.

En el Cuadro 2.4 se pueden ver las variedades que tuvieron mayor contenido de proteína en al menos dos de las tres regiones sojeras, sin diferencias significativas con el cultivar de mejor promedio del ensayo, en cada uno de los 5 años evaluados.

Durante 3 años consecutivos se destacaron en proteína las siguientes variedades: SP 3x1, HO 3890, NS 4313, SRM 4370, TJs 2249, NS 4955, SY 4x6 IPRO, NS 4619 IPRO, NS 5019 IPRO, LDS 5.6 y NS 7209 IPRO, signo de genética favorable a la mayor concentración de proteína en grano en relación a las otras variedades presente en los ensayos. El resto de las variedades del Cuadro 2.4 se destacaron en dos años por su buen nivel proteico.

Cuadro 2.4. Variedades de mayor contenido de Proteína en ensayos de la RECSO. Análisis de 5 campañas.

CULTIVAR	CAMPAÑAS				
	16/17	15/16	14/15	13/14	12/13
DM 2200	*	*	+	X	X
FN 3-45	*	X	X	*	*
DM 3070	*	*	*	X	X
SP 3X1	X	+	*	X	X
NS 3220 STS	X	+	*	*	*
ROSANA INTA 3.9 STS	X	*	*	*	*
BIO 3.50	*	*	*	X	X
HO 3890	*	*	X	X	X
SK 3.8	*	*	X	+	+
NS 4313	*	*	X	X	X
SRM 4370	*	X	+	X	X
HO 4119 IPRO STS	X	X	*	*	*
ACA 4990 RG	+	+	X	X	+
TJs 2249	*	*	X	X	X
NS 4955	+	*	X	X	X
SY 4X6 IPRO	X	X	X	*	*
NS 4619 IPRO	X	X	X	*	*
NS 4903	*	*	*	X	X
BIO 4.70	*	*	*	X	X
BIOSOJA 4.51	X	+	X	*	*
SY 4x9	X	X	*	*	*
CZ 4505 STS	X	+	X	*	*
NS 5019 IPRO	X	X	X	*	*
LDC 5.6	*	*	X	X	X
SRM 5951	X	X	*	*	*
CZ 5905	X	X	*	*	*
59MS01 IPRO STS	X	X	*	*	*
NS 6002	*	*	X	X	+
MS 6.3 IPRO	X	X	*	*	*
HO DIAMANTE	*	X	*	*	*
NS 7209 IPRO	X	X	X	*	*
DALIA 750	*	*	*	X	X
DM 7.8i	*	*	X		X
HO 7510 IPRO	X	X	+	*	*
SRM 8180	*	*	X	*	X

Referencias:

X Destacado en al menos 2 de las 3 regiones sojeras sin diferencias significativas con el cultivar de mejor promedio del ensayo.

* No participó en el ensayo.

+ No se destacó en esa campaña en al menos 2 regiones.

En la campaña 15/16 solo se consideró la Región Pampeana Norte en los GM II-IIIc, IIII y IV c.

1.2. ACEITE – Variedades Destacadas

En el Cuadro 2.5 se pueden ver las variedades de mayor contenido de aceite en al menos dos de las tres regiones sojeras, sin diferencias significativas con el cultivar de mejor promedio del ensayo, en cada uno de los últimos 5 años evaluados.

Cuadro 2.5. Variedades de mayor contenido de Aceite en ensayos de la RECSO. Análisis de 5 campañas.

CULTIVAR	CAMPAÑAS				
	16/17	15/16	14/15	13/14	12/13
BIOCERES 3.41	X	X	*	*	*
ACA 3535 GR	+	X	X	*	*
SRM 3410	+	X	X	X	X
LDC 3.7	X	X	X	*	+
SK 3.5	*	*	X	X	X
DM 3810	*	*	X	X	X
DM 3815 IPRO STS	X	X	*	*	*
ID 13-153	X	*	*	*	*
AS 4402	*	*	*	X	X
DS 1410	X	X	*	+	+
MS 4.4 IPRO STS	X	*	*	*	*
HO 4119 IPRO STS	X	X	*	*	*
RA 437	X	*	*	*	*
LDC 4.2	*	*	*	X	X
SPS 4X4	X	X	X	X	X
NS 4518 STS	X	*	*	*	*
DM 46i17 IPRO	X	*	*	*	*
DM 4913	*	*	X	X	X
DM 4712	*	*	X	X	X
TJs 2246	*	*	X	X	X
LDC 4.7	*	X	X	X	X
ACA 4550 GR	*	*	X	X	X
ACA 4660 GR	X	+	*	*	*
ACA 4990 GR	X	+	+	+	+
ASGROW 4736 IPRO	X	*	*	*	*
BIO 4.60	*	X	X	X	X
DM 4612	X	X	X	X	X
DM 4915 IPRO STS	X	*	*	*	*
DM 4615 STS	X	+	+	*	*
MS 4.9 IPRO	X	+	*	*	*
AS 4931	*	*	*	X	X
VT 5335	X	*	*	*	*
RA 550	*	X	X	X	X
DM 5.9i	*	*	X	X	X
NA 5909 RG	X	+	+	*	*
NS 5960	*	X	X	*	*
DS 1505	X	+	*	*	*
BIOCERES 6.41	X	*	*	*	*
BIOCERES 6.61	X	X	*	*	*
NS 6448	*	*	+	X	X
NS 7473	*	*	X	X	X
RA 750	X	X	X	*	*
NS 7809	X	X	*	*	*
LDC 8.5	+	X	X	*	*
DM 7.8i	*	*	X	X	X
SP 8X8	*	*	X	+	X

Referencias:

X Destacado en al menos 2 de las 3 regiones sojeras sin diferencias significativas con el cultivar de mejor promedio del ensayo.

* No participó en el ensayo.

+ No se destacó en esa campaña en al menos 2 regiones.

En la campaña 15/16 solo se consideró la Región Pampeana Norte en los GM II-IIIc, IIII y IV c.

Las variedades SPS 4x4 y DM 4612 son las más destacadas en contenido de aceite o materia grasa ya que sobresalieron durante 5 campañas consecutivas en relación al resto de las variedades de los ensayos. Son variedades con genética predisponente a la producción de mayor contenido de aceite en relación a proteína.

Las variedades SMR 3410, LDC 4.7, BIO 4.60 y RA 550 sobresalieron durante 4 campañas consecutivas, mientras que SK 3.5, LDC 3.7, DM 3810, DM 4913, DM 4712, TJs 2246, ACA 4550 GR, DM 5.9i, N 7473RA 759, y DM 7.8i se destacaron en 3 campañas en al menos dos de las tres regiones sojeras. El resto de las variedades se destacaron en 2 campañas de las 5 estudiadas.

Mientras no se premie la calidad, el productor seguirá optando por mayor productividad, con variedades de alto rendimiento que generalmente suelen tener menor proteína y mayor aceite, de allí que la soja argentina se caracterice por su alto contenido de aceite.

2.- VARIEDADES EN CAMPO DE PRODUCTORES

En el muestreo realizado en lotes de productores de la Provincia de Córdoba en la campaña 2017/18, las variedades con contenidos proteicos superiores a 38% en algunos ambientes fueron: DM 4212 STS (39,5, 38,3%), NS 5019 IPRO (38,7%), CZ 4505 STS (38,6%), Nidera NA 5009 RG (38,3%) todas destacadas desde la campaña 2014/15 y LDC 5,3 (38,6%) (Cuniberti *et al.*, 2015a, 2016a y 2017a).

En esta campaña se dieron menores valores promedios en el contenido de proteína en todas las zonas consideradas, dado en gran parte por efecto del estrés hídrico y calórico que influyó en un llenado deficiente afectando tanto en rendimiento como en proteína, comparada con campañas anteriores.

En aceite las variedades que presentaron valores más altos, a partir de 25% en algunos ambientes, fueron: DM 3810 (25,0%), SPS 4x4 (26,0%, 25,9%, 25,4 y 25,3%), DM 4612 RSF (25,2%), destacados desde la campaña 2014/15 y en los ensayos de la RECSO y DM 4212 STS (25,3%). Dichos cultivares corresponden a la Zona VI-B. de Marcos Juárez.

Los Criaderos muestran una gran dinámica en la generación de nuevas variedades y los productores las adoptan rápidamente cuando ven las ventajas comparativas.

Entre las variedades más frecuentes elegidas por el productor se destacó DM 40R16 STS pasando de 8 a 14% respecto de la campaña anterior. SPS 4x4 RR se mantuvo entre el 11 y 13% desde la campaña 2015/16 a la 2017/18. DM 4612 RSF subió de 12% a 17% de la campaña 2015/16 a la 2016/17, cayendo en la última campaña al 7%. DM 4615 STS pasó del 6 al 7%, Nidera NA 5009 RG se mantuvo en 6 %. Con porcentajes menores existen muchas variedades que también siembra el productor y se agruparon en Otros con el 31% en la 2017/18. (Figuras 2.18 y 2.19) (Cuniberti *et al.*, 2016a, 2017a y 2018a).

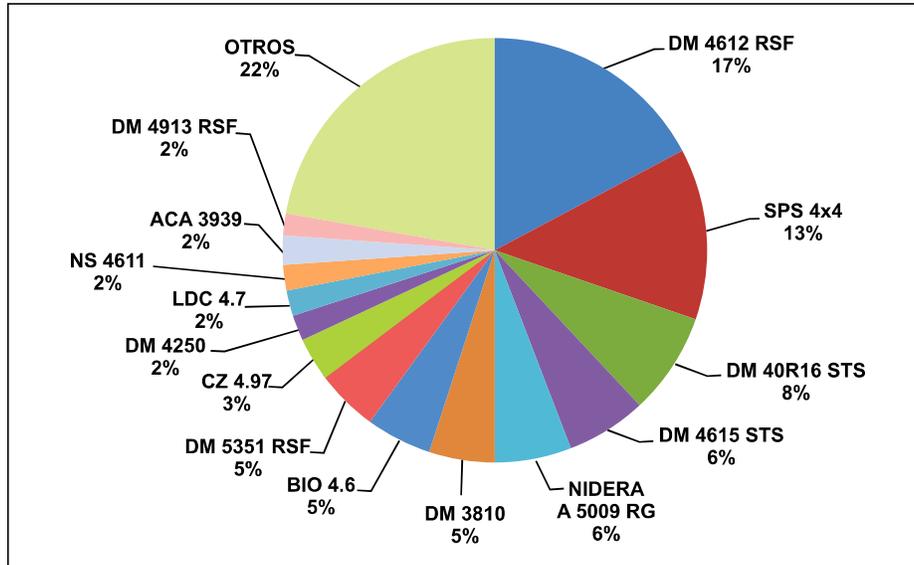


Figura 2.18. Variedades más frecuentes en el muestreo de campo de productores de la Provincia de Córdoba. Campaña 2016/17.

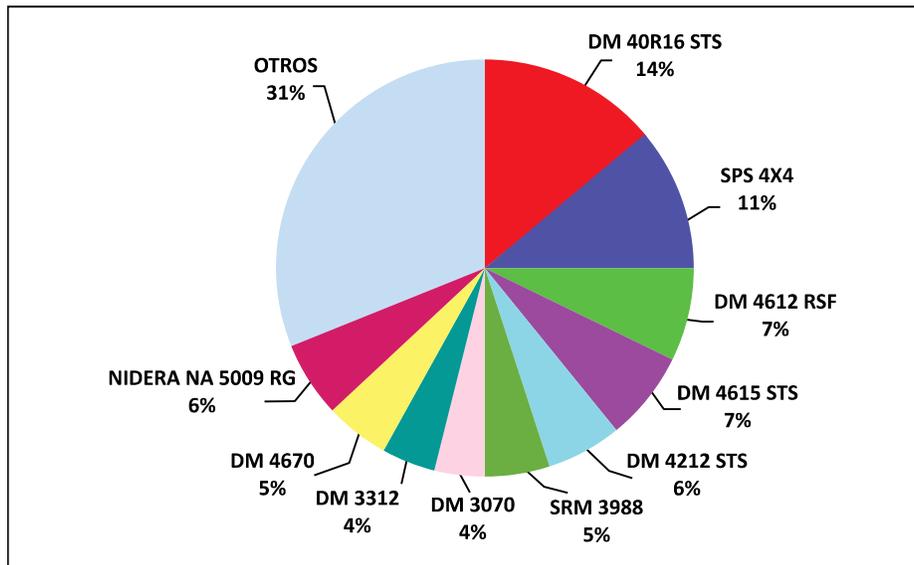


Figura 2.19. Variedades más frecuentes en el muestreo de campo de productores de la Provincia de Córdoba. Campaña 2017/18.

En general se observa una predilección del productor por variedades de alto rinde y alto aceite, a pesar de existir en el mercado variedades de buen rendimiento y alto contenido proteico (Cuniberti *et al.*, 2014b, 2015a; 2016a, 2017a, 2018b).

COMPOSICION BIOQUIMICA Y NUTRICIONAL DE LA SOJA



Martinez, M. J. 2018.

Conocer la composición bioquímica y nutricional de los diferentes cultivares de soja sembrados en distintos ambientes, agrega valor a los productos de la agroindustria y permite definir nichos de mercados específicos del grano y los subproductos demandados en el mercado nacional e internacional.

Es el único grano que aporta proteínas completas. Contiene todos los aminoácidos esenciales que el organismo no puede sintetizar y por lo tanto, debe recibirlos con los alimentos. Estas proteínas son utilizadas por el cuerpo humano para la formación de tejidos y renovación de sustancias desgastadas. Constituye, además, la fuente más barata de proteínas. Reemplaza a la carne en su valor proteico: 1 kg de soja equivale a 2,500 kg de carne, 12 litros de leche, 2 kg de queso o 5 docenas de huevos. El hecho de que el perfil de ácidos grasos presente un claro predominio de la fracción insaturada contribuye también al control de la lipemia.

La soja no aporta colesterol porque es un alimento 100% de origen vegetal con las ventajas que esto representa para la salud cardiovascular. Se trata de un alimento bajo en sodio. Es una buena fuente de vitamina K, tiamina, riboflavina y folatos. Esencialmente contiene proteínas, lípidos, glúcidos y minerales. Es rica en principalmente hierro, cobre, magnesio, fósforo, potasio y manganeso. Contiene isoflavonas (genisteína, daidzeína, gliciteína) y fitoestrógenos, sustancias químicas que desde hace algunos años son objeto de especial atención y estudio (Cuniberti *et al.*, 2002).

La soja constituye una de las commodities de mayor valor económico y agrícola debido a su única composición química. Entre las otras especies de legumbres y cereales, la soja tiene el contenido más elevado de proteínas (entre 34-40%) en comparación a las otras legumbres utilizadas para alimento que contienen entre 20-30% y los cereales entre 8-15 %.

Los granos de soja también contienen entre 19-25% de aceite, el segundo más alto de todas las legumbres, siendo el grano de maní el de mayor contenido de aceite de alrededor de 48% en peso seco, mientras que la tercera legumbre de mayor contenido de aceite es el garbanzo con el 5%. El resto de las legumbres utilizadas como alimento tiene un contenido de aceite que va de 1% a 3,6 %.

Otros componentes de importancia que se encuentran en los granos de soja incluyen a los fosfolípidos o comúnmente denominadas lecitinas (fosfatidilcolina), vitaminas y minerales (Liu, 1997; Wilson, 2004). La soja también contiene componentes minoritarios de gran importancia tales como los inhibidores de tripsina, fitatos y oligosacáridos los cuales son biológicamente activos. Otros componentes minoritarios tales como los isoflavonoides han sido reconocidos por su poderosa función de prevenir cáncer y otras enfermedades en humanos (Messina, 1999).

Se tratarán aquí los temas relacionados a la presencia, propiedades, valor nutracéutico, bioactividad, efectos ambientales y genotípicos en la composición del grano de soja y estudios relevantes realizados sobre esta temática.

El grano de soja tiene una composición porcentual promedio de 37% de proteínas, 30% de carbohidratos, 20% de lípidos, 8% de agua y 5% de cenizas (Liu, 1997; Wilson, 2004; Maestri, 1998a y b; Cuniberti *et al.*, 1999 y 2004b; Martinez *et al.*, 2005 y 2015a y b; Marioli, 2016). El 90% de las proteínas del grano son proteínas de reserva del tipo globulinas. El 70% de estas globulinas están compuestas mayoritariamente por glicininas (coeficiente de sedimentación 11S) y b-conglicininas (7S). Las glicininas, 11S, son homo-hexámeros (peso molecular 300-380 kDa) de sub-unidades ácidas (~35 kDa) y básicas (~20 kDa) ligadas principalmente por uniones disulfuro dado por su mayor contenido de residuos de aminoácidos azufrados tales como metionina y cisteína. Las β -conglicininas (7S, 150-200 kDa) son glicoproteínas en forma de trímeros, homotrímeros, de sub-unidades identificadas como α' (72 kDa), α (68 kDa) y β (52 kDa). Ambas globulinas presentan heterogeneidad molecular de sus subunidades entre cultivares (Lehninger *et al.*; 1993; Liu, 1997; Wilson, 2004, Marioli *et al.*, 2013; Marioli, 2016).

La proteína de soja es interesante desde el punto de vista nutricional, nutracéutico y en la reología de los alimentos. Todos los aminoácidos esenciales para la nutrición humana están contenidos en la proteína de soja, lo que define su calidad nutricional comparable a la proteína del huevo, leche o carne, como ya se mencionó anteriormente.

Además de su capacidad nutricional, numerosos estudios se han realizado sobre sus propiedades funcionales. La promoción de hipocolesterolemia en ratas con alimento enriquecido en 11S y 7S, mejor regulación de lípidos en sangre e incremento del colesterol HDL, son algunos de sus efectos detectados en estos estudios realizados. Los fragmentos peptídicos también intervienen en la prevención de enfermedades, algunos con capacidad inmunoestimulante, otros más conocidos, como el Lunasin con capacidad inhibitoria de teratogénesis en células de mamíferos. Recientemente se ha logrado aislar una proteína presente en la fracción de las β -conglicininas (7S), cyanovirin-N (CVN), capaz de unirse a la proteína HIV GP120 y detener la infección del virus (Marioli, 2016).

El 50% de los carbohidratos totales del grano son del tipo insolubles, principalmente fibra insoluble (ligninas, celulosa) y el 50% restante está compuesto por fibra soluble (pectinas) y azúcares solubles, mayoritariamente sacarosa (2,5 – 8,2%), estaquiosa (1,4 - 4%), y rafinosa (0,1 - 1%) y en menor porcentaje glucosa, fructosa y verbascosa (Marioli, 2016; Liu, 1997). Las azúcares tales como la rafinosa, estaquiosa y verbascosa (RFO, “Raffinose Family Oligosaccharides”) son oligosacáridos de sacarosa ligados a una, dos y tres moléculas de galactosa, respectivamente.

La importancia de la presencia de los RFO en grano de soja tiene puntos de vista opuestos. Los animales monogástricos (incluidos los humanos) carecemos de la enzima galactosidasa encargada de la ruptura del enlace galactosídico entre la sacarosa y la galactosa. Los RFOs no son digeridos en el duodeno y terminan siendo fermentados por las bacterias simbióticas del último tramo del intestino grueso. Metanol, butanol e hidrógeno son productos de esta digestión bacteriana causante de malestar intestinal, sin embargo y debido a este metabolismo, los RFOs estimulan el crecimiento de estas bacterias intestinales encargadas de mantener un epitelio intestinal sano. Por esta razón, se los considera bifidogénicos o prebióticos. Se ha demostrado que la ingesta de estos compuestos podría prevenir la aparición de enfermedades como el cáncer de colon (Marioli, 2016; Liu, 1997; Wilson, 2004).

La composición química de los aceites vegetales comestibles es de 95-98 % de acilglicéridos; 0,1-3% de fosfoglicéridos (lecitina); 0,1-3% de ácidos grasos libres y 0,2-2% de material insaponificable tales como tocoferoles, fitoesteroles, hidrocarburos, pigmentos, ceras (Gunstone *et al.*, 1994; Fennema, 2000). Las propiedades funcionales así como la estabilidad oxidativa y el valor nutricional de los aceites vegetales en general y del aceite de soja en particular, están determinados por su composición de ácidos grasos. Los ácidos grasos son cadenas hidrocarbonadas lineales y de longitud diversa, difiriendo entre sí por la cantidad de átomos de carbono de su cadena y por la posición y cantidad de sus dobles enlaces. La denominación en su forma abreviada indica el número de carbonos seguido del número de enlaces, por ejemplo C18:3, corresponde al ácido Linolénico.

En relación con el número de enlaces, se considera a un ácido graso como saturado cuando no posee enlace doble en su cadena, entre los cuales se encuentran los ácidos Láurico (C 12:0), Mirístico (C 14:0), Palmítico (C 16:0), Esteárico (C 18:0), Araquídico (C 20:0), Behénico (C 22:0), Lignocérico (C 24:0). Estos ácidos grasos en general no son beneficiosos para la salud humana, debido a que son precursores de la síntesis de colesterol y aumentan el riesgo de enfermedades coronarias (Gunstone *et al.*, 1994).

A los ácidos grasos que tienen solamente un doble enlace se los denomina mono-insaturados como el ácido Oleico (C 18:1), Eicosenoico (C 20:1) y Erúcico (C 22:1) y a los que tienen dos y tres enlaces se los denomina poli-insaturados siendo estos los ácidos grasos Linoleico (C 18:2) y alfa Linolénico (C 18:3) mayoritariamente. La mayoría de los ácidos grasos que componen el aceite vegetal están en la forma de triglicéridos. El perfil de ácidos grasos del aceite del grano o poroto de soja, identificado en su forma abreviada es el siguiente 16:0; 16:1; 18:0; 18:1; 18:2; 18:3; 20:0; 20:1; 22:0; 22:1; 24:0, siendo la composición promedio de ácidos grasos mayoritarios de aproximadamente 10% de ácido Palmítico; 4% de ácido Esteárico; 22% de ácido Oleico; 54% de ácido Linoleico y 10% de ácido alfa Linolénico (Gunstone *et al.*, 1994; Liu, 1997; Wilson, 2004; Maestri *et al.*, 1998ab; Cuniberti *et al.*, 2004b; Martinez *et al.*, 2009, 2015ab).

El ácido Linolénico (omega 3), es el principal causante del mal olor y sabor del aceite y de su escasa estabilidad, debido a la producción de aldehídos y cetonas de bajo peso molecular resultantes de la oxidación de sus dobles ligaduras. Asimismo el ácido Linoleico (omega 6) contribuye a la mala calidad del aceite, por la producción de n-hexanal como resultado de la oxidación. Sin embargo, estos ácidos grasos Linoléico y alfa Linolénico (omega 6 y 3), no pueden ser sintetizados por los animales superiores (incluido el hombre) y como su función biológica es fundamental, deben ser incorporados al organismo mediante alimentos de origen vegetal, por este motivo reciben el nombre de ácidos grasos esenciales. La carencia de los mismos causa efectos directos en la salud y nutrición tanto humana como animal.

El ácido alfa Linolénico (omega 3) es el precursor del ácido Eicosapentaenoico o EPA (C 20:5) y del ácido Docosahexaenoico o DHA (C 22:6) que son lípidos esenciales sintetizados por los animales de acción bioactiva y nutraceuticos, constituyentes de las membranas celulares y del sistema nervioso e intermediarios metabólicos indispensables con efectos benéficos bien estudiados sobre la disminución del colesterol malo en sangre o LDL, disminución de procesos inflamatorios relacionados al metabolismo de las prostaglandinas y relacionados a las enfermedades cardiovasculares (Valenzuela *et al.*, 2000).

Una elevada concentración de ácido Oleico (omega 9, no esencial) en el aceite es deseable por la industria aceitera, debido a que le confiere menor capacidad de oxidación comparado con los ácidos grasos poliinsaturados (por su menor número de dobles ligaduras) mejorando de esta forma la conservación del mismo. Se ha demostrado que el ácido Oleico ayuda a prevenir diversas patologías de tipo cardiovascular, al reducir los niveles de colesterol en sangre (Gunstone *et al.*, 1994; Liu, 1997; Wilson, 2004).

Si bien los ácidos grasos constituyen más del 95% del aceite de soja y determinan en gran medida la calidad de los aceites, existen otros componentes cuyos efectos se manifiestan en bajas concentraciones y son de gran importancia como los Fitoesteroles (principalmente campesterol (720 ppm), estigmasterol (720 ppm) y beta-sitosterol (1908 ppm), Fosfolípidos (fosfatidilcolina conocida como lecitina), Tocoferoles, pigmentos y ceras que también influyen sobre su calidad a pesar de encontrarse en menor proporción relativa que los ácidos grasos (Gunstone *et al.*, 1994).

Existen 4 formas de tocoferoles: alfa tocoferol, beta tocoferol, gama tocoferol y delta tocoferol, las cuales difieren básicamente en el número y posición de los grupos metílicos en el anillo cromático. Los tocoferoles son antioxidantes lipofílicos naturales que evitan la oxidación de los triglicéridos en los granos durante el almacenamiento y germinación. Adicionalmente a su rol como antioxidantes, los tocoferoles estabilizan a los ácidos grasos poliinsaturados presentes en la bicapa lipídica celular, protegiéndolos del ataque de las lipooxigenasas. Asimismo, actúan interrumpiendo la cadena de reacciones de la peroxidación de lípidos, capturando radicales peróxidos y también inhibiendo el inicio de la peroxidación de los triacilgliceroles, aceptando radicales libres.

Los tocoferoles son compuestos que también cumplen una importante actividad biológica como vitamina E en animales superiores (incluido el hombre), al mismo tiempo que mejoran la función del sistema inmunológico y disminuyen el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer. Deben ser incorporados al organismo mediante alimentos de origen vegetal, ya que son sintetizados únicamente por organismos fotosintetizadores por lo que constituyen una vitamina esencial. El aceite de soja contiene los cuatro tipos de isómeros que, en orden decreciente de actividad antioxidante en las semillas son: delta, gama, beta y alfa tocoferoles. Este último es el más importante para la salud humana, debido a que presenta mayor actividad como vitamina E (DellaPenna, 2006). Los rangos de valores en los que se encuentran estos 4 tocoferoles (T) en el grano de soja son amplios debido a que el genotipo y el ambiente afectan su composición siendo este de: alfaT, 9-352 ppm; betaT, nd-36 ppm; gamaT, 409-2397 ppm y deltaT, 154-932 ppm (Gunstone *et al.*, 1994; Maestri *et al.*, 1998a; Carrera *et al.*, 2011; Carrão-Panizzi and Erhan, 2007).

Otros componentes químicos de gran importancia y fisiológicamente bioactivos presentes en pequeñas cantidades en el grano o poroto de soja son los Isoflavonoides que integran un grupo de compuestos naturales denominados fitoestrógenos los cuales poseen actividad estrogénica en animales y tienen por lo tanto, un rol beneficioso en la salud humana bajo condiciones de deficiencia de estrógenos (Messina, 1995; 1999). Esto es debido a que comparten la presencia de un anillo fenólico con el 17 β -estradiol, pre-requisito para la unión al receptor estrogénico y desarrollo de actividad biológica. Hasta la fecha, se han identificado un total de 12 tipos de isoflavonas en el poroto de soja que en realidad son 3 isoflavonoides tales como Dadzeína; Genisteína y Gliciteína en sus 4 formas conjugadas siendo denominados:

Agliconas (daidzeína, genisteína y gliciteína), Glicósidos (daidzina, genistina y glicitina), Acetilglicósidos (acetildaidzina, acetilgenistina y acetilglicitina) y Malonilglicósidos (malonildaizina, malonilgenistina, y malonilglicitina).

Los isoflavonoides pueden prevenir el cáncer de colon, próstata y mama, enfermedades cardiovasculares, la reabsorción ósea y alivian los síntomas menopáusicos (Andersen, 2006; Messina, 1995; 1999) debido a que actúan como antiestrogénicos, antioxidantes e inhibidores de proteínas tirosin-quinasa. En la planta, los isoflavonoides tienen diferentes roles en la interacción con los microorganismos. Uno de ellos es actuar como quimioattractantes para las bacterias formadoras de nódulos. Otro rol importante de estos compuestos es contribuir a la resistencia a enfermedades, dado que los isoflavonoides son liberados como compuestos de defensa (Andersen, 2006). Aproximadamente el 72% del contenido de isoflavonoides del grano de soja son Maloniles y Glicósidos. Las formas Glicosiladas y Acetilglicósidos representan el 18% y 7% respectivamente y menos del 4% son Agliconas. Estas últimas son las responsables de la actividad biológica atribuidas al grupo entero de isómeros de isoflavonoides del grano de soja. El rango de variación de los isoflavonoides totales reportado hasta el momento es de 0,300 a 4,610 mg/g de harina seca desgrasada resultante de numerosos genotipos y ambientes (Murphy *et al.*, 1999; Wilson, 2004; Carrão-Panizzi *et al.*, 1999, 2009; Manzur *et al.*, 2004, 2005; Ramunda *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2007, 2009, 2015ab).

Los minerales representan la menor fracción de los componentes del grano. Sin embargo entre ellos se encuentran sustancias de importancia nutricional, inocuidad y reológica en la elaboración de alimentos. Los minerales son elementos indispensables en la dieta animal y humana pues dependemos exclusivamente de su incorporación a través de los alimentos, donde las plantas constituyen una fuente importante de los mismos. Los elementos minerales esenciales de actividad biológica conocida se clasifican de acuerdo a la cantidad diaria requerida. Los Macroelementos son requeridos en cantidades de 0,3 a 2 g/día siendo estos el Calcio, Magnesio, Potasio, Fósforo, Cloro, Azufre, Sodio. Los Microelementos y Oligoelementos son requeridos en cantidades menores a 0,1 g/día siendo estos el Manganeso, Hierro, Cobalto, Cobre, Zinc, Molibdeno, Selenio, Fluor, Yodo, Vanadio, Cromo, Aluminio, Boro, Niquel, Bario, Litio entre otros. En la soja se encuentra de forma mayoritaria K (1797 mg 100 g⁻¹ ps), seguido por P (704 mg 100 g⁻¹ ps), Mg (280 mg 100 g⁻¹ ps), Ca (277 mg 100 g⁻¹ ps), Fe (15.7 mg 100 g⁻¹ ps), Zn (4.9 mg 100 g⁻¹ ps) y Na (2 mg 100 g⁻¹ ps). La cascarilla de soja es rica en Fe y se ha usado en la fortificación de panes (Marioli *et al.*, 2016).

EFFECTO DEL AMBIENTE EN LA COMPOSICION BIOQUIMICA DEL GRANO DE SOJA EN ARGENTINA

Se ha documentado ampliamente que los componentes bioquímicos del grano de soja no solo están genéticamente controlados, sino que también son afectados por factores abióticos y bióticos tales como las variables climáticas, el tipo de suelo, las prácticas agronómicas, las plagas y las enfermedades (Wenwen Song *et al.*, 2016; Marioli, *et al.*, 2016; Zelaya *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2015ab). El efecto de las variables climáticas temperaturas (mínima, máxima y media), radiación solar, precipitaciones, evapotranspiración, localidades y fechas de siembra durante todo el período del cultivo, especialmente durante el estadio fenológico de llenado del grano, constituyen los factores que más impacto tienen sobre la calidad (Maestri *et al.*, 1998a; Cuniberti *et al.*, 1999 al 2017b; Martínez *et al.*, 2005; 2007; 2009; 2015ab; Wenwen Song *et al.*, 2016). Por este motivo, los ensayos experimentales multi-

ambientales han demostrado ser útiles para evaluar los efectos ambientales en la composición bioquímica del grano de cultivares de soja de diferentes grupos de madurez en condiciones de campo, debido a la ocurrencia de gran variabilidad climática.

Estudios realizados correspondientes al Proyecto PICTO 2002-ANPCyTFONCyT BID (N° 08-12949) con los granos cosechados de cultivares de soja de diferentes grupos de madurez y en varias campañas de los ensayos de la RECSO del INTA, abordaron la influencia de las condiciones climáticas en la composición bioquímica de los granos de soja cosechados en la región núcleo del cultivo en Argentina (29° a 38° S, 58° a 64° W), con especial atención a los compuestos nutraceuticos y bioactivos (Cuniberti *et al.*, 2004b; Dardanelli *et al.*, 2006; Martinez *et al.*, 2005, 2007, 2009 y 2015ab; Manzur *et al.*, 2004; Manzur, 2005). En este estudio, 44 componentes bioquímicos del grano de soja fueron analizados conjuntamente con variables climáticas registradas durante diferentes períodos del ciclo de cultivo de la soja (Cuadro 2.6 y 2.8).

Cuadro 2.6: Rangos de las variables climáticas medidas en los ensayos multiambientales de la RECSO de INTA en las campañas 2001/02, 2002/03 y 2003/04.

Variables Climáticas*	Min	Max
Tmx _{R5R7} †	16.0	32.5
Tm _{R5R7}	14.1	26.7
Tmn _{R5R7}	9.2	21.4
Sr _{R5R7}	220	1677
pp-PET _{R5R7} §	-373	417
pp-PET _{R1R7} ¶	-212	371

* Combinación de campaña agrícola, localidad y fecha de siembra.

† Tmx, promedio de temperatura máxima diaria (°C).

Tm, promedio de temperatura media diaria (°C).

Tmn, promedio de temperatura mínima diaria (°C).

Sr, radiación solar acumulada (MJ/m²).

pp-PET, precipitación menos evapotranspiración potencial (mm).

§ R5R7, período fenológico de llenado del grano.

¶ R1R7, período reproductivo del cultivo.

Se elaboró una base de datos de 3 campañas sojeras con los resultados obtenidos en 82 ensayos multi-ambientales de soja, incluidos 9 cultivares comerciales de diferentes grupos de madurez (III a VIII) y fechas de siembra. Los ensayos se realizaron en las Estaciones Experimentales del INTA en todas las regiones productoras de soja (Cuadro 2.7).

Cuadro 2.7. Localidades y fechas de siembra en ensayos multiambientales de soja para las campañas 2001/02, 2002/0 y 2003/04 pertenecientes a la RECSO-INTA.

Localidad (latitud, longitud)†	Campaña	Sept.	día del mes			Ene.
			Oct.	Nov.	Dic.	
BA (37° 52'S, 58° 15'W)	2002/2003		25	15	5, 23	
	2003/2004		2	3		5
BQ (38° 20'S, 60° 13'W)	2002/2003		9,30	13	11,23	3
	2003/2004		14	19	23	
BW (38° 19'S, 60° 14'W)	2002/2003			5, 21	10	
	2003/2004		24	21	29	
CU (32° 29'S, 58° 14'W)	2001/2002			22	7	2,31
	2002/2003	23	23	22	26	
	2003/2004	29	15	14	15,30	
PA (31° 44'S, 60° 32'W)	2001/2002	23		12	17	15
	2002/2003	23	10	12	26	13
GP (35° 40'S, 63° 44'W)	2001/2002		5	6	6	3
	2003/2004		14		3	8
MA (31°49'S, 63°46'W)	2001/2002		12	27		
	2002/2003			1,27	27	
	2003/2004				1,29	
MJ (32° 41'S, 62° 6'W)	2001/2002	12	11	14	5	
	2002/2003	23	2	5	1	5
	2003/2004			21		7
RF (31° 10'S, 61° 28'W)	2003/2004	29		14	19	
RQ (29° 40'S, 59° 12'W)	2002/2003	26	23		12	9
	2003/2004	30			11	6
CO (31° 25'S, 64° 11'W)	2003/2004	24		4		6

Referencias: BA, Balcarce; BQ, Bellocq; BW, Barrow; CU, Concepción del Uruguay; PA, Paraná; GP, General Pico, MA, Manfredi; MJ, Marcos Juárez; RF, Rafaela; RQ, Reconquista; CO, Córdoba.

Cada dato analizado del ensayo multiambiental se definió como una combinación entre el año de cosecha, la ubicación (localidad) y la fecha de siembra. La temperatura mínima, media y máxima diaria se expresaron como el promedio del período de llenado del grano ($T_{minR5R7}$, T_{mR5R7} y $T_{maxR5R7}$), la radiación global ($SrR5R7$) y la precipitación (PP), la evapotranspiración (ETP) y el índice hídrico PP-ETP (mm) se acumularon para el período de llenado del grano de soja (R5-R7) y el período de crecimiento completo del cultivo (S-R7) (Cuadro 2.6).

El análisis estadístico realizado fue utilizando el método de árbol de regresión potenciado (Boosted Regression Tree (BRT), el cual tiene varias ventajas sobre el método de regresión múltiple sobre todo para modelar la variabilidad en contenido de aceite, contenido proteico, isoflavonoides totales, aminoácidos totales, ácidos saturados, ácido oleico, linoleico y linolénico, L/Ln (relación linoleico/linolénico), daidzin, genistina, malonildaidzina, malonilgenistina, cisteína, metionina, triptófano y lisina en función de las covariables climáticas.

Los gráficos de dispersión parciales (Partial Scatter Plots - PSP) se realizaron para evaluar la correlación entre los valores ajustados y las variables climáticas que fueron más importantes para explicar la variabilidad (Figuras 2.20 a 2.28).

Los primeros dos factores de regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS) se exploraron para aceites, proteínas, isoflavonoides totales, aminoácidos totales, ácidos oleico, linolénico y ácidos saturados en interacción con las principales variables climáticas derivadas del BRT (Figura 2.29).

En la Cuadro 2.8 se pueden observar los valores de composición química determinados en granos de soja de los cultivares comerciales analizados en todos los ambientes.

Cuadro 2.8. Composición bioquímica del grano de soja. Aceite, Proteína, Aminoácidos, Isoflavonoides y Ácidos Grasos.

Variable	Media	CV	Mín.	Máx.
Aceite (% PS)	22.23	6.25	19.30	25.20
Proteína (% PS)	39.06	3.64	35.80	42.85
Aminoácidos (%)*				
<i>Esenciales</i>				
Histidina	1.01	20.52	0.55	1.38
Isoleucina	1.95	12.70	1.63	2.47
Leucina	3.43	7.91	2.94	4.00
Lisina	2.26	28.91	0.91	3.35
Metionina	0.58	19.05	0.33	0.81
Fenilalanina	2.25	11.46	1.90	2.79
Treonina	1.63	15.50	1.23	2.18
Triptófano	0.59	14.66	0.39	0.78
Tirosina	1.32	12.63	0.95	1.60
Valina	1.97	11.61	1.48	2.43
<i>No Esenciales</i>				
Alanina	1.70	14.97	1.06	2.11
Arginina	2.92	15.59	1.73	3.80
Ácido Aspártico	4.24	20.36	2.40	5.46
Cisteína	0.76	32.57	0.32	1.35
Ácido Glutámico	8.01	11.16	5.88	9.91
Glicina	1.90	18.00	1.21	2.83
4-hidroxiprolina	0.05	39.04	0.01	0.09
Prolina	2.26	13.02	1.15	2.80
Serina	2.43	12.82	1.88	3.13
<i>Aminoácidos Totales (%)</i>	<i>41.24</i>	<i>7.97</i>	<i>31.69</i>	<i>45.47</i>
Ácidos Grasos (%)				
Palmítico (16:0)	11.43	4.17	10.41	12.31
Esteárico (18:0)	4.71	11.90	3.79	6.13
Oleico (18:1 n-9;cis)	21.83	13.03	17.34	29.14
Linoleico (18:2 n-6)	52.49	4.14	46.53	56.26
α-Linolénico (18:3 n-3)	7.98	15.83	5.45	10.53
Isoflavonoides (mg/100g)*				
Daidzeina	5.40	48.48	1.03	11.24
Genisteina	3.98	50.70	0.74	8.10
Gliciteina	0.94	49.67	0.11	1.75
Daidzina	68.06	22.03	45.02	101.65
Genistina	49.02	40.34	4.33	94.33
Glicitina	9.44	19.18	5.25	13.18
6"-O-malonildaidzina	91.79	58.71	12.73	252.68
6"-O-malonilgenistina	83.63	38.74	8.02	137.55
6"-O-malonilglicitina	38.30	21.84	20.35	52.72
6"-O- acetildaidzina	0.63	153.06	0.00	3.33
6"-O- acetilgenistina	1.73	32.61	0.24	3.33
6"-O- acetilglicitina	16.18	37.46	1.76	28.20
<i>Isoflavonoides Totales</i>	<i>366.89</i>	<i>33.59</i>	<i>104.52</i>	<i>664.34</i>

Resultados expresados en harina desgrasada; PS: peso seco Adaptado de Martínez *et al.*, 2015b.

Se observó elevada variabilidad en las variables climáticas a través de los ambientes (Cuadro 2.6). Se encontraron relaciones entre el ambiente y la expresión bioquímica de los granos (Figuras 2.20 a 2.28).

El contenido de aceite aumentó con las mayores temperaturas medias promedios en formación y llenado de grano, R5-R7, (Figura 2.20).

En el caso del ácido oleico aumentó la concentración con el aumento de la temperatura mínima diaria promedio en el período R5-R7 (Figura 2.21), siendo favorable a su concentración la Región Norte del área sojera.

Estos estudios demostraron en una gran amplitud climática el efecto de la temperatura en el perfil de los ácidos grasos poliinsaturados en especial el ácido linolénico (omega 3) durante el desarrollo de la semilla, aumentando su concentración en el grano de soja a medida que disminuye la temperatura durante el período de llenado del grano (Figura 2.22), como sería de esperar en la Región Pampeana Sur. El ácido linolénico es un ácido graso esencial para el ser humano y cobra significativa importancia por ser el precursor del ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), ácidos grasos de bioactividad bien conocida, aunque para la industria es no deseado porque favorece la mayor rancidez de los aceite.

Los isoflavonoides totales aumentaron con las menores temperaturas medias promedio entre R5-R7, por lo que sería mejor a su expresión ambientes fríos como la Región Pampeana Sur (Figura 2.23).

El Índice de Yodo disminuyó y la relación Linoleico/Linolénico aumentó con el aumento de la temperatura mínima diaria promedio en el período R5-R7 (Figuras 2.24 y 2.25), mientras que la proteína aumentó con la evapotranspiración potencial en el período R5-R7 (Figuras 2.26).

Los ácidos grasos saturados aumentaron con la evapotranspiración potencial en el período completo del cultivo S-R7 (Figura 2.27).

Respecto de los aminoácidos totales a mayores precipitaciones durante todo el período reproductivo disminuye su concentración (Figura 2.28). Se observó que cada aminoácido se comporta de manera diferente según las condiciones ambientales, lo que indica efectos compensatorios entre ellos.

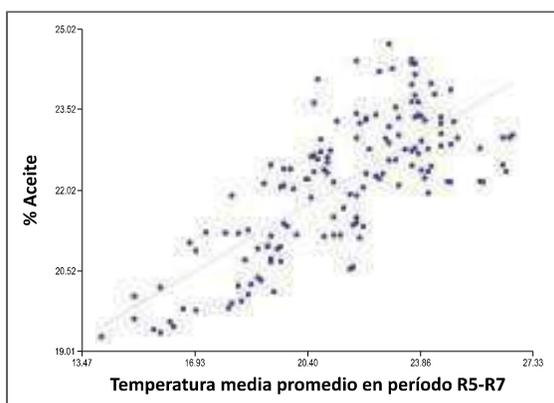


Figura 2.20. Relación aceite vs. temperatura media promedio entre R5-R7.

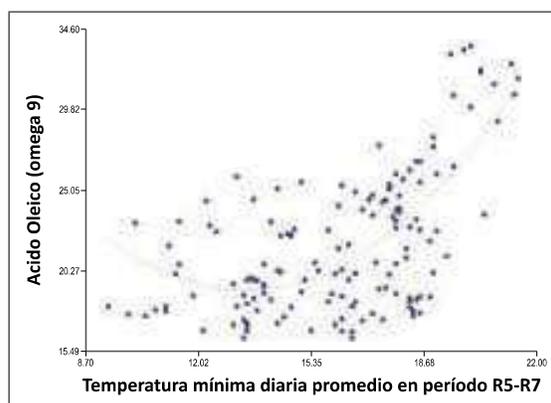


Figura 2.21. Acido Oleico vs. temperatura mínima diaria promedio en el período R5-R7

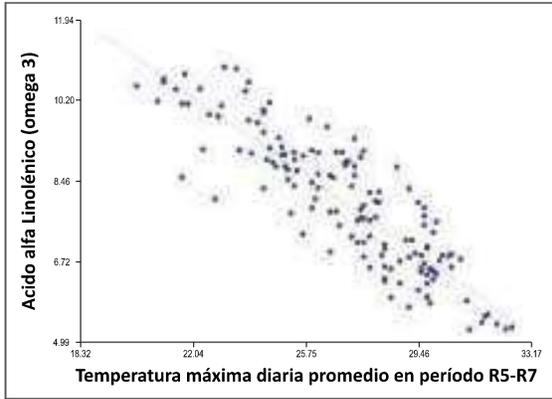


Figura 2.22. Acido Linoléico - omega 3- vs. temperatura mínima diaria promedio R5-R7.

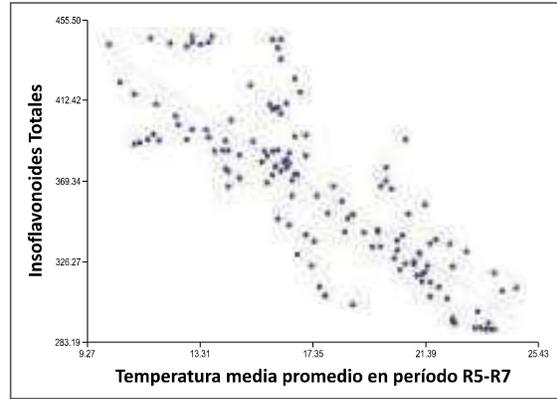


Figura 2.23. Isoflavonoides totales vs. temperatura media promedio entre R5-R7.

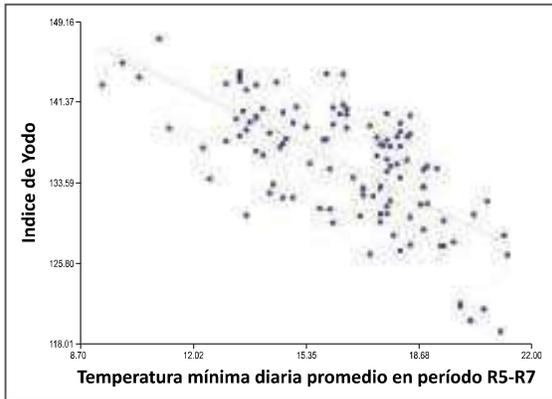


Figura 2.24. Índice de yodo vs. temperatura mínima diaria promedio en el período R5-R7.

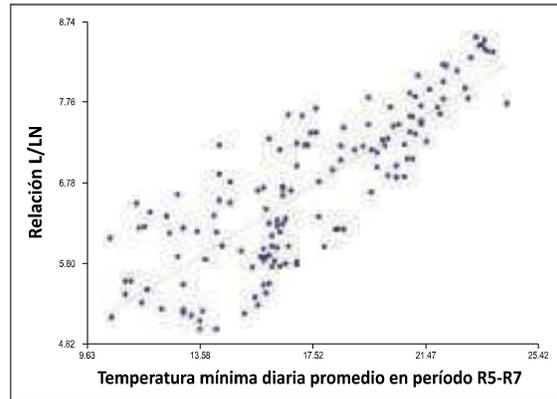


Figura 2.25. Relación Linoleico/Linolénico vs. temperatura mínima diaria promedio en el período R5-R7.

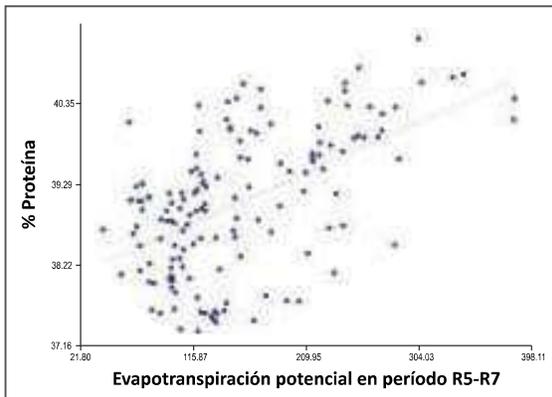


Figura 2.26. Proteína vs. evapotranspiración potencial en el período R5-R7.

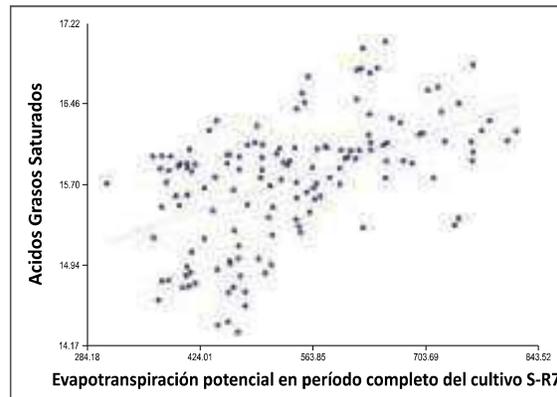


Figura 2.27. Acidos Grasos Saturados vs. evapotranspiración potencial en el período completo del cultivo S-R7.

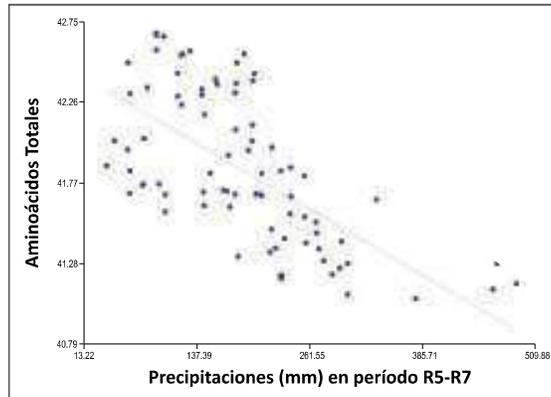


Figura 2.28. Aminoácidos Totales vs. precipitaciones en período R5-R7.

Partial scatter plots correspondientes a los valores químicos y las variables climáticas que fueron las más importantes para explicar la variabilidad (adaptado de Martínez et al., 2015).

En el análisis PLS (Figura 2.29) se observa que los dos primeros factores explicaron el 75,6% de la variabilidad total. El Factor 1 muestra que los ambientes con temperaturas y radiaciones relativamente altas son adecuados para obtener productos industriales con alto contenido de aceite y ácido oleico, con menor capacidad de oxidación del aceite, mientras que ambientes con bajas temperaturas durante el período de llenado del grano de soja, R5-R7, y bajo estrés hídrico son apropiados para la producción de soja con alto isoflavonoides y ácido linolénico.

El factor 2 del PLS indica que los entornos con más ETP presentan mayor contenido de ácidos grasos saturados y un menor contenido total de aminoácidos totales. Del mismo modo, resultados relevantes de interacción genotipo-ambiente y composición química del grano de soja fueron demostrados por Yan et al., 2000; Wenwen Song et al., 2016; Cuniberti et al., 2004a y c; Murphy et al., 2009; Piper and Boote, 1999; Carrão-Panizzi, et al., 1999, 2007, 2009; Dardanelli, et al., 2006, Marioli, et al., 2013 y 2014; Marioli, 2016.

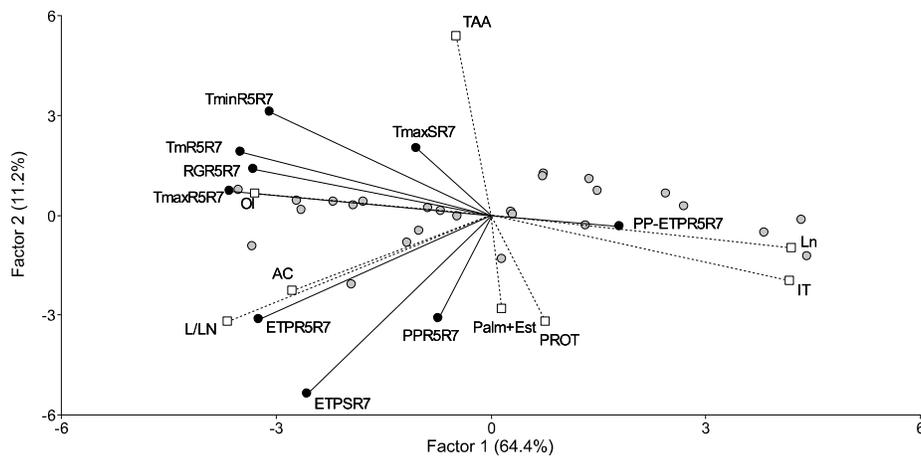


Figura 2.29. Plot de los dos primeros mínimos cuadrados parciales y de los factores de regresión de mínimos cuadrados (Factor 1 y Factor 2) para componentes químicos: Aceite (AC), Proteína (PROT), Isoflavonoides Totales (IT), Amino Ácidos Totales (TAA), Ácido Oleico (OI), Acido Linolénico (Ln), relación Linoleico/Linolenico (L/LN) y Ácidos grasos Saturados (Palm+Est) e interacción con las variables climáticas: Temperaturas mínima, media y máxima; radiación global (RG), Precipitación menos evapotranspiración (PP-ETP); período de llenado de grano (R5R7), (adaptado de Martínez et al., 2015).

CONCLUSIONES



Dada la importancia de la soja, al ser el cultivo más importante de Argentina, no solo son relevantes los factores que hacen a su producción sino también la calidad pasa a ser de gran importancia ya que de ella depende la calidad de los productos y subproductos que surjan de los diferentes procesos de transformación de la materia prima.

Como se podrá observar en el desarrollo de este capítulo relacionado específicamente a calidad, los factores que inciden en su expresión son varios, algunos de ellos controlables por el hombre como el manejo de cultivo, elección del cultivar, grupo de madurez adecuado a cada región, fecha de siembra, etc. Pero existen otros factores que no se pueden controlar como son los ambientales: lluvias, temperaturas, estrés hídrico y calórico, radiación, luminosidad, etc.

También la sanidad de los cultivos tienen incidencia directa en la expresión de la calidad, sobre todo las enfermedades de fin de ciclo, que son causantes del dañado de los granos y otro factor de interés es la presencia de grano verde. Ambos producen una alteración importante en la calidad de las harinas proteicas Hi-Pro y de los aceites que se obtienen de esos granos, provocando rechazos y encareciendo los procesos industriales para lograr los estándares de aceptación internacionales para exportar nuestra producción.

La importancia del complejo agroindustrial argentino obliga a no descuidar estos aspectos que hacen a la calidad de los granos.

La genética de la soja argentina está orientada principalmente a la alta productividad en general, haciendo que la producción se caracterice por los altos rindes (comparables a los mejores del mundo), la baja proteína y el alto aceite, cumpliéndose la relación esperable para cada parámetro, siendo positiva para aceite y negativa para proteína (mayor rinde menor proteína).

Sobre la proteína la genética incide alrededor del 13% en la expresión de la cantidad, aunque el ambiente juega el rol principal con una influencia con el 57% en su expresión, siendo un factor que no se puede controlar. Por lo tanto, la problemática de la baja proteína no es fácil de resolver, solo se puede atenuar recurriendo a la genética y al manejo adecuado del cultivo.

La genética aporta variedades que se destacan en uno u otro parámetro y en algunos casos ambos parámetros suelen ser buenos, siendo los Criaderos de Semillas muy activos en la generación de nuevos cultivares superadores de los que se encuentran en difusión. La genética argentina se exporta a varios países.

La región tiene incidencia también, siendo conocido que las zonas con mayor temperatura y luminosidad en llenado de grano favorecen la acumulación de alto aceite y proteína a la vez, siendo esperable niveles superiores en la Región Norte y Pampeana Norte en relación a la Región Pampeana Sur.

El momento de siembra también manifiesta ser muy importante en la expresión de la calidad, siendo en soja de 1ª el valor de proteína promedio de 17 años un 1,4 % inferior que en soja de 2ª siembra. En aceite ocurre lo contrario, con un promedio de 1,1% superior en soja de

1ª que en soja de 2ª. A medida que se atrasa la fecha de siembra aumenta la proteína y disminuye el aceite.

Los Grupos de Madurez más largos tienen mayor contenido de proteína y menor contenido de aceite

El grano verde se previene con variedades adaptadas a siembra temprana y buena distribución de fechas de siembra. Cuando se produce por estrés calórico e hídrico, por alteración de la sanidad por lluvias y lloviznas prologadas, no es controlable.

La calidad bioquímica del grano de soja argentino lo posiciona al nivel de la soja de nuestros competidores en el mercado internacional.

En lo que hace a la calidad nutricional, la soja tiene propiedades muchas veces desconocidas que contribuyen a atenuar el desarrollo de importantes enfermedades en el hombre cuando se la consume regularmente.

Como fuente de proteínas, la harina de soja Hi-Pro es muy demandada por el mercado externo para el consumo animal: vacunos, porcinos, peces, aves, etc.

El potencial de Argentina como país proveedor de alimentos al mundo es muy importante y el rol de la soja es crucial en el comercio exterior, por lo que todo lo que se haga en beneficio de la productividad y la calidad, serán logros de mucho valor para nuestro país.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA



- Adamo, S. 2016. Cinco preguntas sobre granos dañados en soja. Bolsa de Comercio de Rosario. 3/05/16.
- Andersen, O.M, and Markham, K.R. Flavonoids, Chemistry, Biochemistry and applications. 2006. CRC Taylor and Francis, Boca Raton, Florida. USA, 1237 pp.
- Barraco, M. 2005. Nutrición y fertilización en soja. EEA-INTA General Villegas, CC 153 (6230) Gral. Villegas, Buenos Aires. <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/06/NUTRICI%C3%93N-Y-FERTILIZACI%C3%93N-EN-SOJA.pdf>
- Bragachini, M. 2005. Análisis de la situación actual del grano verde en soja. Aposgran 2(90):31-33.
- Carrão-Panizzi M. C., Beleia A. D. P., Kitamura K. and Oliveira M. C. N. 1999. Effects of genetics and environment on isoflavone content of soybean from different regions of Brazil. Pesq. Agropec. Bras. 34:1787-1795.
- Carrão-Panizzi M. C. and Erhan S. Z. 2007. Environmental and genetic variation of soybean tocopherol content under Brazilian growing conditions. J. Am. Oil Chem. Soc. 84:921-928.
- Carrão-Panizzi, M. C., M. Berhow, J. M. G. Mandarino, and M. C. N. D. Oliveira, 2009: Environmental and genetic variation of isoflavone content of soybean seeds grown in Brazil. Pesq. Agropec. Bras. 44, 1444–1451.
- Carrera, C., M.J. Martínez, J. Dardanelli, and M. Balzarini. 2011. Environmental Variation and Correlation of Seed Components in Non-transgenic Soybeans: Protein, Oil, Unsaturated Fatty Acids, Tocopherols and Isoflavones. Crop Science 51:800-809.
- Cencig, G.F.y Villar Ezcurra, J. L. 2006. Efecto de la fecha de siembra y del grupo de maduración sobre la manifestación de grano verde y grano dañado en soja. Campaña 2004/05. III Congreso de Soja del MERCOSUR, Rosario.13-16 pp.
- Craviotto, R y Arango M. 2001. Calidad de semilla. Odisea de la soja. Aposgran 2 (73): 10-13. 2001.
- Craviotto, R.; Arango, M.R. y Gallo, C. 2018. Volver a empezar: simiente verde de soja en la campaña 2018. 16/03/18. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/volver-empezar-simiente-verde>
- Cuniberti, M. y Herrero, R. 1999. Calidad de la producción sojera en la Región Pampeana Norte. Información para Extensión N° 59. Soja. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez. Págs. 77-79.
- Cuniberti, M. y Herrero, R. 2000. Effect of planting dates and latitudes on the industrial quality of the argentine soybean. "Third International Soybean Processing and Utilization Conference", October 15-20, Tsukuba, Japón, pp. 108-109.
- Cuniberti, M. y Herrero, R. 2006. Factores que influyen en el contenido de proteína y aceite en la soja argentina. Informe de Actualización Técnica N°7, pág.67-70, INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M. y Herrero. R. 2011. Importancia de la proteína y el aceite de la Soja Argentina: Evolución Anual, Valor Nutricional, Industrialización y Usos. En: El cultivo de soja en Argentina. Ed. Baigorri

y Salado Navarro. Págs. 285-302.

- Cuniberti, M. y Herrero, R. 2013. Proteína de la Soja Argentina. Workshop “Las harinas de soja ¿pierden competitividad en el mercado?”. Congreso de Aapresid 9/8/13.
- Cuniberti, M.; Herrero, R. y Baigorri, H. 2001a. Calidad industrial, rendimiento y sanidad de la soja en la región central del país. Campaña 2000/01. Aposgran 3.
- Cuniberti, M.; Herrero, R y Conde, B. 2014a. Cultivares de soja superiores en proteína. Interacción Genotipo x Ambiente. Fertilización. SOJA Actualización 2014. Informe de Actualización Técnica N° 32, pp143-150, INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M.; Herrero, R. y Masiero, B. 2011a. Variación de la calidad industrial de la soja por efectos ambientales y genéticos. En: Mercosoja 2011 y 5° Congreso de la soja del Mercosur, I Foro de la Soja Asia-Mercosur. 14 al 16 de Setiembre de 2011. Rosario.
- Cuniberti, M.; Herrero, R. y Masiero, B. 2011c. Evolución del contenido de proteína y de aceite en la región sojera argentina. En: Mercosoja 2011 y 5° Congreso de la soja del Mercosur, I Foro de la Soja Asia-Mercosur. 14 al 16 de Setiembre de 2011. Rosario.
- Cuniberti, M., Rossi, R., Herrero, R. and Ferrari, B. 2004a. Industrial quality of soybean in Argentina. VII World Soybean Research Conference, IV Internacional Soybean Processing and Utilization Conference y III Congreso Mundial de Soja (Brazilian Soybean Congress). Foz de Iguazú, Brasil, 1-5 marzo de 2004. Proceedings Pág. 961-970.
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Masiero, B. y Fuentes, F. 2011b. Cultivares argentinos destacados en proteína y aceite. Soja Actualización 2011. Informe de Actualización Técnica N° 21, pp. 106-109. (Publicado en: Mercosoja 2011, Setiembre, Rosario).
- Cuniberti, M; Herrero, R.; Muñoz, S. y Mir, L. 2014b. Calidad de variedades de soja en la Provincia de Córdoba. Dípticos anuales. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M; Herrero, R.; Muñoz, S. y Mir, L. 2015a. Calidad de variedades de soja en la Provincia de Córdoba. Dípticos anuales. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M; Herrero, R.; Muñoz, S. y Mir, L. 2016a. Calidad de variedades de soja en la Provincia de Córdoba. Dípticos anuales. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M; Herrero, R.; Muñoz, S. y Mir, L. 2017a. Calidad de variedades de soja en la Provincia de Córdoba. Dípticos anuales. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M; Herrero, R.; Muñoz, S. y Mir, L. 2018a. Calidad de variedades de soja en la Provincia de Córdoba. Dípticos anuales. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M.; Herrero, R. Vallone, S. y Baigorri, H. 2001b. Calidad Industrial, Rendimiento y Sanidad de la Soja en la Región Central del País. Campaña 2000/01. Soja. Resultados de Ensayos de la Campaña 2000/01. Tomo 2. Información para Extensión N° 69, Pág. 84-89. Setiembre 2001. INTA Marcos Juárez, Cba. Revista Aposgran N° 3. Rev. Granos agosto-01.
- Cuniberti, M.; Herrero, R., Vallone, S. y Baigorri, H. 2004b. Calidad industrial, rendimiento y sanidad de la soja en la región central del país. Campaña 2003-04. Información para Extensión N° 89. Soja. Actualización 2004. Págs. F9-F14.

- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Macagno, S. y Berra, Omar. 2006. Calidad industrial de la soja en la Región Núcleo Sojera: Campaña 2005/06. En: Soja: actualización 2006. Informe de Actualización Técnica, N° 3 (Ag.2006). Págs. 34-37. INTA Marcos Juárez, Cba. MERCOSOJA 2006. Rev. Granos julio/julio-06. Rosario.
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Distéfano, S.; Mir, L.; Berra, O. y Macagno, S. 2007. Calidad industrial y sanitaria de la soja en la región núcleo-sojera. Campaña 2006/07. Inf. de Actualización Técnica N° 7. Soja: Actualización 2007. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O. y Macagno, S. 2008. Calidad Industrial de la soja de la región núcleo-sojera. Cosecha 2007-08. Informe de Actualización Técnica N° 10. Setiembre´08 INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O y Macagno, S. 2009. Calidad industrial de la soja en la región Núcleo-Sojera. Cosecha 2008-09. SOJA Actualización 2009. Informe de Actualización Técnica N° 14. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O. y Macagno, S. 2010. - Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O. y Macagno, S. 2010. Calidad industrial de la soja en la Región Núcleo. Campaña 2009-10. Informe de Actualización Técnica N° 17, Junio´10. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O. y Macagno, S. 2011d. Rendimiento y calidad comercial e industrial de la soja en la región núcleo-sojera. Cosecha 2010-11. Informe de Actualización Técnica N° 21, Agosto´11. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O. y Macagno, S. 2014c. Calidad industrial de la soja en la región núcleo-sojera. Cosecha 2013/14. Soja Actualización 201. Informe de Actualización Técnica N° 32. Pág.126-142. INTA Marcos Juárez, Cba.
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O. y Macagno, S. 2015b. Calidad industrial de la soja en la región núcleo-sojera. Cosecha 2013/14. Soja Actualización 2015. Informe de Actualización Técnica N° 36. Revista Granos junio/julio N° 106, pág. 06-15.
- Cuniberti, M.; De Simone, S; Del Pino, A.; Foresi, E; Herrero, R. y Mariani, S. 2002. Libro: La soja en la cocina. Información para Extensión N° 72. Setiembre.
- Cuniberti, M.B., Herrero, R; Martínez, M.J.; Silva, M.; Baigorri, H.E.; Parra, R.y Weilenmann, E. 2004c. Influencia de la fecha de siembra, grupo de madurez y latitud en la composición de ácidos grasos de la soja argentina. VII Conferência Mundial de Pesquisa de Soja, IV Conferência Internacional de Processamento e Utilização de Soja y III Congresso Brasileiro de Soja. 29 de Fevereiro a 5 de Março de 2004. Foz do Iguaçu, Brasil.
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O., Macagno, S., Pronotti, M y Chilavo, E. 2016b. Influencia de condiciones climáticas adversas sobre la Calidad de la Soja en la zona Núcleo-Sojera. Campaña 2015/16. Soja 2016. Informe de Actualización Técnica en línea N° 6. Pág. 79–89, INTA Marcos Juárez. www.inta.gov.ar/mjuarez
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O; Macagno, S; Pronotti, M y Mansilla, G. 2017b. Productividad y calidad de la soja en la zona Núcleo-Sojera. SOJA Actualización 2017. Jornada de Actualización Técnica en línea N° 9. INTA Marcos Juárez. www.inta.gov.ar/mjuarez

- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O.; Macagno, S.; Pronotti, M y Mansilla, G. 2018b. Productividad y calidad de la soja en la zona Núcleo-Sojera. SOJA Actualización 2018. Jornada de Actualización Técnica. INTA Marcos Juárez. www.inta.gob.ar/mjuarez
- Dardanelli, J., M. Balzarini, M.J. Martínez, M. Cuniberti, S. Resnik, S. Ramunda, R. Herrero and H. Baigorri. 2006. Soybean maturity groups, environments and their interaction define mega-environments for seed composition in Argentina. *Crop Sci.* 46:1939-1947.
- DellaPenna D., Pogson B.J. 2006. Vitamin synthesis in plants: tocopherols and carotenoids. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 57: 711-738.
- Elisei, J. y Bazzigalupi, O. 2007. Tecnología de Semillas. Grano verde en Soja. Revisión de la información sobre la problemática de grano verde en la producción, comercialización e industrialización de la soja. INTA Pergamino. Agente de Proyecto PRECOP. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/grano-verde-soja-t27041.htm>
- Fennema, O. 2000. Química de los alimentos 2da edición. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1258 pp.
- França Neto J, Krzyzanowski F. 2005a. Producción de semilla de soja. En jornadas de intercambio técnico. La Tijereta. Chivilcoy, Buenos Aires.
- França Neto, J.B.; Parda, G.P.; Carvalho, M.L.M.; Costa, O.; Brumatti, P.S.R.; Krzyzanowski, F.C.I.; Costa, N.P.; Henning, A.A. y Sanchez, D.P. 2005b. Semente es verdeada de soja e sua qualidade fisiológica. Circular Técnica N° 38. EMBRAPA Soja.
- Freixas, J.A.; Reynoldo, I y Nápoles, M.C. 2010. Influencia de la sequía sobre el metabolismo del Nitrógeno fijado durante la Simbiosis *Bradyrhizobium*-Soja. *Agricultura Técnica (Chile)* 67(4):353-361 (Octubre-Diciembre).
- Gallo, C. 2007. Semillas verdes de soja: ¿qué calidad tienen?. SOJA-Para mejorar la producción N° 36. Tecnología de semillas. INTA-EEA Oliveros.
- Gunstone F. D., Harwood J. L. and Padley F. B. 1994. *The Lipid Handbook*. Chapman and Hall, London, UK, 131 pp.
- Herrero, R.; Cuniberti, M. and Masiero, B. 1999. Effect of planting date on the industrial quality of soybean. *Proceedings World Soybean Research Conference VI*. August 4-7, 1999. Chicago, Illinois, USA. pp. 668-669.
- Herrero, R.M., M. Cuniberti, and B. Masiero. 2003. Calidad Industrial de variedades de soja de GM III al VII en la Región Pampeana Norte y Pampeana Sur. Soja: Actualización 2003. Inf. para Extensión N° 81 INTA M. Juárez, Pág. F10-20.
- Herrero, R.; Cuniberti, M.; Masiero, B. y Kovalevski, L. 2006. Variabilidad en la calidad industrial de la soja argentina según regiones, épocas de siembra y grupos de madurez. Soja. Actualización 2006. Informe de Actualización Técnica N° 3. pp. 5-8. (Publicado en: 3° Congreso de Soja del Mercosur, MERCOSOJA 2006, Rosario, Argentina).
- Herrero, R.; Cuniberti, M.; Masiero, B. Fuentes, F. 2009a. Componentes de la variación del contenido de proteína y aceite de la soja argentina. Campañas 2005/06, 2006/07 y 2007/08. Soja. Actualización 2009. Informe de Actualización Técnica N° 14, pp. 67-70.

- Herrero, R.; Cuniberti, M.; Masiero, B.; Conde, B. y Fuentes, F. 2009b. Calidad industrial de la soja argentina por regiones agroecológicas en las campañas 2005/06, 2006/07 y 2007/08. WSRC-Conferencia Mundial de Soja China 2009. Agosto. Información de Actualización Técnica N° 14. INTA Marcos Juárez, Córdoba.
- Herrero, R., Cuniberti, M. y Conde, B. 2017. Efecto del ambiente, la genética y otras interacciones sobre la cantidad de proteína y aceite. Soja: Jornada de Actualización 2017. INTA Marcos Juárez.
- Leffel, R.C. and G.W. Barber. 1961. Planting date and Varietal Effects on Agronomic and Seed Compositional Characters in soybeans. Bulletin A-117, University of Maryland, College Park.
- Lehninger A., Nelson D. and Cox M. 1993. Principles of Biochemistry. 2nd edition. Worth Publishers, New York, 1013 pp.
- Liu K. S. 1997. Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization. Liu K. S., (ed.). Chapman & Hall International Thomson Publishing, New York, USA, 532 pp.
- Maestri, D. M., Labuckas, D. O., Guzman, C. A. and Giorda, L. M. 1998a. Correlation between seed size, protein and oil contents, and fatty acid composition in soybean genotypes. *Grasas & Aceites* 49(5-6):450-453.
- Maestri, D. M., Labuckas, D. O., Meriles, J.M.; Lamarque, A.I.; Zygadlo, J.A. and Guzman, C. A. 1998b. Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions. *J. Sci. Food Agric.* 1998, 77, 494-498.
- Mangieri, M., S.; Martínez Noya, E.; Pérez Recalde. 2006. Variación de los parámetros de calidad en variedades de soja inscriptas durante el período 2000/06. <http://www.inase.gov.ar>
- Manzur, M.E.; Martinez, M.J.; Piatti, F.D.; Baigorri, H. y Ferrayoli, C. 2004. Isoflavonoides y sus conjugados en grano de soja, condiciones de extracción y análisis por cromatografía líquida de alta resolución. Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. ACC. 24 al 26 de Noviembre. Córdoba, Argentina.
- Manzur, M. E. 2005. Contenido de Isoflavonoides y sus conjugados en grano de soja: Efecto del cultivar y fecha de siembra. Tesis de grado 40 pp, de la Carrera de Cs Biológicas de la FCEfyN-UNC.
- Manzur, M.E.; Martínez, M. J.; Turco, M.; Ferrayoli C. y Balzarini, M. 2005. Variación de isoflavonoides en granos de soja en Argentina. En: Pág 153-155. En: Proceedings del XI Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites. 16 al 18 de Noviembre 2005. Buenos Aires, Argentina.
- Marioli Nobile, C. G.; D. Soldini; M. Balzarini; A. Pazos, V. Chamorro; D. Pighin; R. Suárez; R. N. Grosso and M. J. Martínez. 2013. Mineral content and amino acid profile of soybeans (*Glycine max* L.) from Argentina grown under different environments, 8 pp en. Américas: Conferência Internacional sobre Utilização de Soja ICSU EMBRAPA, nos dias 22 a 24 de outubro de 2013 em Bento Gonçalves, RS, no Brasil.
- Marioli Nobile, C. G., Balzarini, M. F.; Aguate, M.; Soldini, D. O.; Suárez, R. O.; Martínez, M. J. 2014. Mineral elements in soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) influenced by the environment along the Argentine soybean cropland. ASA, CSSA & SSSA International Annual meeting, Nov. 2-5 Long Beach CA 2014. Disponible online: <https://scisoc.confex.com/scisoc/2014am/webprogram/Paper87067.html>

- Marioli Nobile, C.G. 2016. Variabilidad ambiental de la calidad nutracéutica de soja no transgénica (*Glycine max* L.). Evaluación nutricional y sensorial de tofu como producto derivado. Tesis doctoral 108 pp, Escuela de Postgrado de Cs Agropecuarias de la FCA-UNC.
- Marioli C., Balzarini M., Aguate F., Grosso N., Soldini D., Zeng H., Cheng W.-H., Martinez M.J. 2016. Climatic thresholds for concentrations of minerals and heavy metals in Argentinean soybeans. *Agronomy Journal* 108:532–539 ISSN: 1435-0645.
- Martínez, M. J. 2018. Composición Bioquímica y Nutricional de la soja argentina. Comunicación personal. INTA-EEA Manfredi.
- Martínez, M J; Cuniberti, M.B., M. Balzarini, J. L. Dardanelli, S. F. Ramunda, S. Resnik, R. Herrero y H. Baigorri. 2005. Interacción grupo de madurez-ambiente para aceite y proteína en granos de soja de Argentina. En: Pág 100-102. En: Proceedings del XI Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites, ASAGA. 16 al 18 de Noviembre de 2005. Buenos Aires, Argentina.
- Martinez, M.J., Carrera, C., Manzur, M. Dardanelli, J., Balzarini, M., Turco, M. y Ferrayoli. C. 2007. Modelos de regresión para isoflavonoides del grano de soja en argentina utilizando variables meteorológicas. En: Pág. 122-123. En: Workshop Internacional de EcoFisiología Vegetal Aplicada al Estudio de la determinación del rendimiento y la calidad de los cultivos de granos. 6 y 7 de Septiembre de 2007. Mar del Plata, Argentina.
- Martínez, M.J., Carrera, C., Balzarini, M. y Dardanelli, J.L. 2009. Relaciones entre el contenido de ácidos grasos omega 3,6 y 9 e isoflavonoides del grano de soja y variables climáticas en la Argentina. En: Pag 224. En: Volumen II Actas del III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 15 al 17 de abril de 2009. Córdoba, Argentina.
- Martinez, M.J; Cuniberti, M.B.; Herrero, R. Córdoba, M. and Balzarini, M. 2015a. Biochemical composition of soybean grain from Argentina. Pgs. 240-244 in: Conference Proceedings ICC/AISTEC Conference “Grains for Feeding the World”. 2015. 1 al 3 de Julio de 2015. Milán-Italia. Conference proceedings.
- Martinez, M.J., Cuniberti M.B, Herrero R, Córdoba M and Balzarini M. 2015b. Protein and oil content, amino acids, fatty acids composition and isoflavonoids of argentinian soybean. VII Congresso Brasileiro de Soja, Mercosoja 2015, 22 al 25 de Junio, Florianopolis Brasil.
- Messina M. 1995. Modern applications for an ancient bean: Soybeans and the prevention and treatment of chronic disease. *J. Nutr.* 125:S567-S569.
- Messina M. 1999. Soy phytoestrogens (isoflavones), and breast cancer. *Am. J. Clin. Nutr.* 70:574-575.
- Minuzzi, A.; Mora, F.; Sedrez Rangel, M.A.; De Lucca e Braccini, A. y Scapim, C.A. 2007. Características Fisiológicas, Contenido de Aceite y Proteína en Genotipos de Soya, Evaluadas en Diferentes Sitios y Épocas de Cosecha, Brasil. *Agricultura Técnica (Chile)* 67(4):353-361 (Octubre-Diciembre).
- Murphy P., Song T., Buseman G., Barua K., Beecher G., Trainer D. and Holden J. 1999. Isoflavones in retail and institutional soy foods. *J. Agric. Food Chem.* 47:2697-2704.
- Murphy S. E.; Lee E. A.; Woodrow L.; Seguin P.; Kumar J.; Rajcan I. and Ablett G. R. 2009. Genotype × environment interaction and stability for isoflavone content in soybean. *Crop Sci.* 49:1313-1321.

- Norma Nacionales - Resolución S.A.G.P. y A. N° 1075/94. Calidad para la Comercialización. Anexo XVII SOJA. Anexo XXVI: Metodologías Varias. Anexo XIX: Subproductos de Oleaginosos. www.recibidoresdegranos.org
- Piper, E.L., and K.J. Boote, 1999 Temperature and cultivar effects on soybean seed oil and protein concentrations. *JAOCS*. 76: 1233-1241.
- Pípolo, A.E. 2002. Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). 128 p. Tesis de Doctorado. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- Proyecto PICTO 2004 ANPCyTFONCyT BID (N° 08-12949). Caracterización del germoplasma de Soja en Argentina, de alta calidad industrial y nutricional a través de nuevas tecnologías. Período 2004 al 2008. Informe de resultados.
- Ramunda, S. F., Balzarini, M.; Martínez, M. J.; Manzur, M.; Cuniberti, M.B; Dardanelli, J. L. Herrero, R.; Turco, M.; Baigorri, H. y Ferrayoli, C. 2005. Estimación del contenido de ácidos grasos, aceite, proteínas, e isoflavonoides en soja en función del clima. En: Pág 147-149. En: Proceedings del XI Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites. 16 al 18 de Noviembre 2005. Buenos Aires, Argentina.
- Tanoni, J. 2005. Influencia de los granos verdes en la industrialización. En Congreso de Aapresid, XIII, Rosario, 2005. III Seminario Internacional de Soja. Rosario, Aapresid, pp 117-121.
- Valenzuela A., Sanhueza J. and Nieto S. 2000. Long-chain omega-3 fatty acids in human and animal health and nutrition: a model for development of functional foods. *Aceites y Grasas* 10(4):526-533.
- Wiebold, B. 2002. Soybean plants killed before maturity possess grain that remains green. Publicado en internet, disponible en <http://www.plantsci.missouri.edu/~soyx/-soyfacts/green>. PDF. Activo Abril 2002.
- Weiss, M. E., C.R. Weber, L.F. Williams and A.H. Probst. 1952. Correlation of Agronomic Characters and Temperature with Seed Compositional Characters in Soybeans, as Influenced by Variety and Time of Planting. *Agronomy Journal*. V.44, P. 289-29.
- Wenwen Song, Ruping Yang, Tingting Wu, Cunxiang Wu, Shi Sun, Shouwei Zhang, Bingjun Jiang, Shiyan Tian, Xiaobing Liu, and Tianfu Han, 2016. Analyzing the Effects of Climate Factors on Soybean Protein, Oil Contents, and Composition by Extensive and High-Density Sampling in China. *J.Agric.Food Chem.* 2016, 64, 4121–4130. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b00008.
- Wilson R. 2004. Seed composition. En: Soybeans: Improvement, production and uses. Stewart B. A. and Nielsen D. R., (ed.), 3rd ed. Agronomy Monograph 16. ASSA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 621-677.
- Yamada 1999. Aduacao balanceada de soja. En: INPOFOS Cono Sur, Jornada de Actualización Técnica para profesionales "Fertilización de Soja", pp 12-17.
- Yan, W.; Hunt, L. A.; Sheng, Q and Szlavnic, Z. 2000. Cultivar Evaluation and Mega-Environment Investigation Based on the GGE Biplot. *Crop Sci.* 40:597–605.

- + +
- Zelaya, M. J.; González, H.L.; Resnik, S. L.; Pacin, A. M.; Salas, M. P. y Martínez; M. J. 2013. Mycobiota and Potential Mycotoxin Contamination of Soybean RR In Different Production Areas In Argentina. International Research Journal of Plant Science, (ISSN: 2141-5447) Vol. 4(5) pp. 133-143. <http://www.interesjournals.org/IRJPS>. doi: 10.1007/s12550-013-0169-8.