



PROSOJA

EVOLUCIÓN del CONTENIDO DE PROTEÍNA Y ACEITE EN GRANO DE SOJA EN ARGENTINA ENTRE LAS CAMPAÑAS 1999-2000 Y 2005-2006.

Benavidez, Raquel, M. Eva González, Diana M. Fresoli, Diego Santos y Mariano E. Soro. PROSOJA.

Introducción

La soja constituye uno de los diez principales alimentos básicos del planeta. En Argentina el cultivo de esta oleaginosa comenzó en la década del 60; los primeros intentos de arraigar el cultivo se debieron fundamentalmente a los esfuerzos de empresas privadas. En 1962 se sembraban 3000 has; aunque recién en 1965 comenzaron los trabajos de investigación del cultivo.

La evolución de la superficie sembrada de esta oleaginosa fue vertiginosa. Mientras que en la campaña 1980-1981 fue casi de 2 millones de has., el crecimiento se aceleró a partir de la campaña 1996-1997 cuando se sembraron 6,7 millones de hectáreas. Con el lanzamiento al mercado de los primeros cultivares transgénicos, se facilitó el manejo del cultivo, se amplió la frontera agrícola y el área sembrada se triplicó; en la campaña 2006-2007 alcanzó 16 millones de has (SAGPyA, 2008)

En los albores del cultivo no existían cultivares nacionales. Se sembraban introducciones, principalmente de EEUU que presentaban plasticidad (Kopp, 1983). Posteriormente, el mejoramiento de cultivares de soja por parte de empresas nacionales aportó adaptabilidad al cultivo, generando cultivares de diferentes grupos de madurez adaptados a las distintas regiones agroecológicas. Se produjeron también cambios en la arquitectura de planta, se redujo la altura y el largo de los entrenudos, y se disminuyó la incidencia de enfermedades.

Asimismo se modificaron los componentes de rendimiento; el rendimiento promedio aumentó de 2000 kilogramos por hectárea en la campaña 1980-1981 a casi 3000 kilogramos en 2006-2007 (SAGPyA, 2008). La ganancia genética para el período 1980-2000 fue de $14,3 \pm 4,3$ kg/ha/año (Santos *et al.*, 2006)

Nuestro país es el primer exportador mundial de aceite y de harina proteica y tercer productor mundial de grano de soja (SAGPyA, 2008).

Un estudio efectuado por ASAGA (Asociación Argentina de Grasas y Aceites), sobre el promedio del grano de recibo en puerto, para el período 1999-2006 mostró que el valor de proteína fue de 38%. Los principales países importadores de nuestras harinas de soja requieren harinas de 47% de proteína, valor que se logra a partir de una molienda con granos de 38% de proteína a 11% de humedad. Existen también otros mercados, que demandan harinas especiales, de elevado contenido proteico (High Pro y Super High Pro).

La harina de soja producida en nuestro país es la de menor porcentaje proteico de Sudamérica. Brasil produce grano de soja con valores proteicos promedios de 40,81%, Paraguay 39,34% y Bolivia 40,54% (Renessen Argentina, *com. pers.*, 2005-2006).

Frecuentemente, es necesario importar sojas de elevado contenido proteico de Paraguay y hasta de Brasil para poder obtener harinas con estas características. Estos antecedentes ponen de manifiesto que nuestra situación actual es comprometida; nuestra producción presenta los valores mínimos de aceptación, arriesgando así la competitividad de nuestras exportaciones. La intensa competencia por mercados de elevados contenidos proteicos y de aceite, que claramente satisfacen sólo regularmente Brasil y EEUU afecta claramente la competitividad de nuestros subproductos, cediendo porciones de mercados de *commodities premium*.

La soja Argentina necesita incrementar sus valores proteicos, para garantizar nuestra presencia en los mercados internacionales y la aceptación de nuestros productos regulares. Cuniberti y Rossi (2004) informaron que los valores de proteína de 40,3% garantizarían harinas de 50,8%. Esto permitiría abastecer con calidad, cantidad y continuidad los mercados *premium*.

El panorama varietal argentino es muy amplio; satisface requerimientos de rendimiento y de adaptabilidad agronómica para las distintas regiones agroecológicas. Sin embargo, el mejoramiento genético argentino no hizo suficiente presión de selección hacia elevados contenidos de proteína y aceite, caracteres que historicamente dispusieron de las menores asignaciones presupuestarias.

Por otra parte, los esfuerzos sostenidos del mejoramiento para elevar contenidos de proteína y aceite sin deteriorar los rendimientos ni la adaptabilidad agronómica son realidades en otros países. La base genética de ambos caracteres permite incrementar su expresión. En EEUU, esfuerzos conjuntos entre universidades con el United Soybean Board (USB) permitieron incrementar efectivamente los valores promedios de proteína y aceite en cultivares comerciales en producción. Asimismo, investigaciones desarrolladas por Agriculture Canada también permitieron liberar cultivares de elevados contenidos proteicos y de aceites.

Considerando que se trata de un problema solucionable con investigación y recursos, se consideró necesario obtener un pormenorizado diagnóstico de situación, alertar sobre la misma y definir estrategias tendientes a superar la situación.

PROSOJA es una asociación civil que fundada en 1983 que nuclea a todos los especialistas involucrados con el mejoramiento genético del cultivo provenientes del ámbito público y privado. Nuestro objetivo de trabajo fue analizar los contenidos de proteína y aceite de la soja de producción nacional del período del que se disponían los datos, con el fin de establecer rangos adecuados para clasificar los cultivares según parámetros de proteína y aceite.

MATERIALES Y METODOS

La red de ensayos multiambientales de la RECSO (Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja), fue generada por un acuerdo entre ASA (Asociación de Semilleros Argentinos) y el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). El objetivo de la RECSO es evaluar el comportamiento de los cultivares inscriptos en el Registro Nacional

de Propiedad de Cultivares (dependiente del INASE, Instituto Nacional de Semillas) en diferentes ambientes. Los cultivares bajo evaluación son propuestos por los criaderos obtentores que proveen la semilla.

Los datos analizados en este trabajo provenientes de la RECSO fueron obtenidos y publicados por el laboratorio de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas de INTA Marcos Juárez. En este laboratorio se determinó el contenido porcentual de proteína y aceite por medio de NIRT (Espectofotometría de Infrarrojo Cercano) con equipo INFRATEC 1241 de acuerdo con la norma AACC 39-21 (Herrero *et al.*, 2006).

Se analizaron 14136 datos correspondientes a determinaciones efectuadas sobre muestras procedentes de siete campañas: 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005 y 2005/2006 y de los Grupos de Madurez III al VIII. La localización de los ensayos se dividió en tres Regiones que se presentan en la tabla 1.

En las Regiones 1 y 2 se analizaron todos los grupos de madurez, mientras que en la Región 3 se analizaron muestras de los grupos de madurez III y IV. Las variables estudiadas fueron proteína (P) y aceite (A), expresadas en porcentaje sobre base seca a 10.5 % de Humedad (H). Los datos se analizaron con el programa SAS 9.1. Se verificó la normalidad de las variables por el Proc. Univariate, se obtuvieron estimadores por medio del Proc. Means y los análisis de variancia se realizaron con el Proc GLM. Para el análisis combinado, las fuentes de variación fueron las Campañas (utilizada como repeticiones del experimento), Regiones y Grupos de Madurez, sus interacciones dobles y la interacción triple. Se utilizó la Suma de Cuadrados tipo III.

Tabla 1: Lista de localidades de las Red Nacional de Evaluación de Cultivares, RECSO, sus latitudes y Región a la que pertenecen.

Región	Provincias	Franja Latitudinal
Región 1	Salta, Tucumán, Santiago del Estero, Chaco, Norte de Córdoba, Norte de Santa Fe.	Comprendidas entre 23,22° Lat.S. y 30° Lat. S.
Región 2	Centro Sur de Córdoba, Centro Sur de Santa Fe, Centro Norte de Buenos Aires.	Comprendidas entre Regiones 1 y 3.
Región 3	Sudeste de la Provincia de Buenos Aires.	Comprendidas entre 35° Lat. S y 38°21 Lat. S.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presenta el análisis de variancia combinado para Campañas, Regiones y Grupos de Madurez para las variables proteína (P) y aceite (A). Para todas las variables, tanto las interacciones dobles como la triple fueron significativas, impidiendo la consideración de las fuentes de variación lineales.

Para dilucidar el comportamiento de las Campañas, Regiones y Grupos de Madurez, se abrieron las interacciones, analizando cada fuente de variación por separado, cuyos resultados se presentan en las Tablas 3a, 4a y 5a.

Tabla 2: Análisis de variancia combinado para proteína y aceite, valores de F y sus significados.

Fuente de Variación	Valores de F y significado	
	Proteína	Aceite
Campaña	60,30 ***	190,11 ***
Campaña x Región	30,66 ***	43,99 ***
Grupo de Madurez x Región	29,50 ***	21,22 ***
Campaña x Grupo de Madurez	6,90 ***	6,78 ***
Campaña x Región x Grupo de Madurez	6,72 ***	5,97 ***
	CV= 4,71%	5,84%

*** p < 0,001

Análisis por Campaña

En todas las campañas se encontró que el comportamiento de los Grupos de Madurez vario entre regiones, a excepción de la campaña 2001-2002 donde las interacciones GM por Región no fueron significativas ni para P ni para A. Dada la interacción, y para poder describir la situación, se obtuvieron los valores medios correspondientes desvíos estándares, que se presentan en la Tabla 3b.

Tabla 3a: Análisis de variancia por Campaña para Grupo de Madurez y Región y significados de las F.

Campaña	Proteína			Aceite		
	Grupo Madurez (GM)	Región	GM x Región	Grupo Madurez (GM)	Región	GM x Región
1999-2000	***	***	**	***	***	**
2000-2001	***	***	***	***	**	***
2001-2002	***	***	ns	***	***	ns
2002-2003	***	**	***	***	***	***
2003-2004	**	***	***	***	***	***
2004-2005	***	***	***	***	***	***
2005-2006	***	***	***	***	***	***

* p < 0,05; ** p < 0,01 y *** p < 0,001

Tabla 3b: Valores medios y desvíos estándares para Proteína y Aceite por Campaña.

Campaña	n	Proteína	Aceite
		Valor medio $\pm \delta$	Valor medio $\pm \delta$
1999-2000	636	38,97 $\pm$ 2,82	23,22 $\pm$ 1,55
2000-2001	869	40,09 $\pm$ 1,56	23,44 $\pm$ 1,25
2001-2002	579	39,41 $\pm$ 2,06	22,06 $\pm$ 1,83
2002-2003	1729	38,93 $\pm$ 1,74	22,17 $\pm$ 1,32
2003-2004	1915	38,83 $\pm$ 1,76	22,18 $\pm$ 1,32
2004-2005	3269	39,35 $\pm$ 2,01	21,42 $\pm$ 1,64
2005-2006	5139	39,77 $\pm$ 2,08	22,94 $\pm$ 1,65
Valores totales:		39,41 $\pm$ 2,03	22,43 $\pm$ 1,69

Análisis por Región

Al estudiar el comportamiento dentro de cada Región, se encontró en cada una de ellas las interacciones entre las Campañas y los Grupos de Madurez fueron significativas (Tabla 4a); se describen los valores medios y correspondientes desvíos estándares en la Tabla 4b.

Tabla 4a: Análisis de variancia por Región para Campaña y Grupo de Madurez y significados de las F.

Fuente de Variación	Región 1		Región 2		Región 3	
	P	A	P	A	P	A
Campaña	***	***	***	***	ns	***
Grupo Madurez (GM)	***	***	***	***	***	***
Camp. x GM	**	***	***	***	**	***

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ y *** $p < 0,001$

Tabla 4b: Valores medios y desvíos estándares para Proteína y Aceite por Región

Región	n	Proteína	Aceite
		Valor medio $\pm \delta$	Valor medio $\pm \delta$
1	2621	39,58 $\pm$ 2,31	23,21 $\pm$ 1,7
2	10466	39,43 $\pm$ 1,86	22,31 $\pm$ 1,6
3	1045	38,85 $\pm$ 2,31	21,59 $\pm$ 1,5

Análisis por Grupo de Madurez (GM)

Los Grupos de Madurez del 3 al 7 tuvieron interacciones Campaña por Región significativas, excepto el GM 8 que mostró diferencias entre Campañas y Regiones (Tabla 5 a). La caracterización de los valores de P y A correspondientes se presentan en la Tabla 5b.

Tabla 5a: Análisis de variancia por Grupo de Madurez para Campaña y Región y significados de las F.

Grupo de Madurez	Proteína			Aceite		
	Campaña	Región	Campaña x Región	Campaña	Región	Campaña x Región
3	***	***	***	***	***	***
4	***	***	***	***	***	***
5	***	ns	***	***	***	***
6	***	ns	***	***	***	***
7	***	***	***	***	***	**
8	***	**	ns	***	***	ns

* p < 0,05; ** p < 0,01 y *** p < 0,001

Tabla 5b: Valores medios y desvíos estándares para Proteína y Aceite por Grupo de Madurez.

Grupo de Madurez	n	Proteína	Aceite
		Valor medio $\pm$ δ	Valor medio $\pm$ δ
3	2618	39,39 $\pm$ 1,83	22,71 $\pm$ 1,68
4	5132	39,15 $\pm$ 1,88	22,77 $\pm$ 1,56
5	3051	39,52 $\pm$ 2,19	22,07 $\pm$ 1,77
6	1178	39,61 $\pm$ 2,10	22,04 $\pm$ 1,76
7	1224	39,94 $\pm$ 2,20	21,97 $\pm$ 1,66
8	333	40,17 $\pm$ 2,73	21,83 $\pm$ 1,86

Los valores de los Desvíos estándares obtenidos para todos los Grupos de Madurez mostraron que no existió una gran dispersión entre el conjunto de los valores medios ni para P ni para A.

Para interpretar aún mejor el universo de datos, se caracterizó su distribución a través de los cuartiles (Tabla 6).

Tabla 6: Cuartiles para Proteína y Aceite y porcentaje de datos incluidos en cada uno.

Cuartiles	Valor Proteína	% datos	Valor Aceite	% datos
Q1	37,4	15,45	21,3	18,77
Q2	39,5	34,4	22,5	17,39
Q3	41,4	36,25	23,6	16,87

Con las medidas descriptivas de toda la variabilidad para P y A estudiada, se obtuvo el rango intercuartil, cuyos valores superiores e inferiores podrían constituir los límites para una caracterización preliminar de las variedades de soja respecto de sus contenidos de proteína y de aceite (Tabla 6).

El sistema de rangos que proponemos permitiría clasificar a los futuros cultivares en grados o categorías según su contenido de P. Serían sólo dos, alta y baja.

Entonces, en función del diagnóstico cuantificado en este estudio, y considerando la información descriptiva de la distribución de datos, proponemos que se trate de cultivares de baja proteína si tienen valores menores o iguales a 37,4% y que sean cultivares de alta proteína si presentan 41,4% o más. En el rango comprendido entre ambos valores “extremos” está incluida el 70% de la variabilidad real para este carácter en nuestro país. Siguiendo el mismo criterio, los valores límite para aceite serían iguales o inferiores a 21,3% e iguales o superiores a 23,6%.

Esta caracterización podría incorporarse como información adicional de contribución voluntaria, por parte del obtentor, cuando confecciona el legajo para inscripción de una nueva variedad, en el Registro Nacional de la Propiedad de Cultivares.

Esta información adicional permitiría al productor, beneficiario final de la creación fitogenética, considerar además del rendimiento y comportamiento agronómico su contenido de proteína y aceite.

Dada la naturaleza del control génico de la síntesis de proteína y aceite y de su elevada interacción con el ambiente, debería tratarse de información **no diferencial**. Las *diferencias* entre cultivares son, junto con la *uniformidad* y *estabilidad*, los requisitos que demanda nuestra legislación para otorgar el título de propiedad.

CONCLUSIONES

Atento a la intensa competencia y demanda en el mercado internacional de sojas con elevado contenido de aceite y proteína y considerando que en nuestro país convendría incorporar estrategias nacionales tendientes a mantener la competitividad de nuestras exportaciones, proponemos introducir una caracterización de los nuevos cultivares respecto de ambos componentes, incluyendo dos categorías, altos y bajos contenidos.

Esta sería entonces, un nuevo criterio adicional al momento de la elección de cultivares. EL mismo estimularía a los obtentores a orientar sus programas de mejoramiento para cumplir con la demanda.

AGRADECIMIENTOS

A Marta Cuniberti y a Roxana Herrero del laboratorio de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas de INTA Marcos Juárez.

BIBLIOGRAFÍA

- Kopp, V; Sierra, E; Murphy, G. 1983. Orígenes de los cultivares de soja mas difundidos en la Argentina. VIII Reunión técnica Nacional de soja. EEOC y SAG de Tucuman. Pág: 27-46.
- Cunibert, M, R. Rossi, R. Herrero, and B. Ferrari. 2004. Industrial quality of soybean in Argentina. Proceedings VII World Soybean Research Conference. Foz do Iguacu, Brasil, February 28 to March 5, 2004. Pp 961-970
- Herrero, R., M. Cuniberti, B. Masiero y L. Kovalevski, 2006. Variabilidad en la Calidad Industrial de la Soja Argentina según regiones, épocas de siembra y grupos de madurez. Actas del 3 er congreso de Soja del MERCOSUR, 2006. Pág. 214-217.
- SAGPYA, 2008. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/http-hsi/bases/oleagi.htm> verificado, marzo, 2008
- SAGPYA, 2008. www.SAGyP-Argentina/oleaginosas/soja). Verificado marzo 2008.
- Santos, D.J., B. Ferrari, D. Fresoli, P. Beret, R. Benavidez, R. Vicentini, M. Della Magdalena, M. Mondino, G. Salas, S. Lustig, M. Antongiovani, M. Devani, F. Ledesma, M. Lizondo, L. Erazzu, L. Salines, H. Baigorri, C. Nari, R. Rossi, L. Salado Navarro, J. Dolinkue, R. Wright, L. Curti, O. Sanmartin, A. J. de la Vega. 2006. Ganancia genética en soja en argentina entre 1980 y 2000 En Actas de 3er congreso de Soja del MERCOSUR,. Págs. 214-217.
- S.A.S. Institute Inc. 1985. User's guide. Statistics. Version 5 edition. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, EEUU. 1030 p.