



Te/Fax:54-03472-425001 Int.121

E-mail:mcuniberti@mjuarez.inta.gov.ar

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Centro Regional Córdoba

ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA MARCOS JUAREZ

Laboratorio de Calidad de Cereales y Oleaginosas

CALIDAD DE LA SOJA PARA EL PROCESO DE EXTRUSION-PRENSADO

Martha Cuniberti y Rosana Herrero

Lab. de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas. EEA-INTA Marcos Juárez-Cba.

E-mail: mcuniberti@mjuarez.inta.gov.ar o labsoja@mjuarez.inta.gov.ar

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.

La infraestructura aceitera instalada en la última década, 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 alimento animal.

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.

En la expresión de la calidad influyen factores ambientales, genéticos y de manejo de cultivo.

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. También se mencionan los métodos más usados para la medición de la cantidad de proteína, aceite y actividad ureásica.

CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

Influencia del manejo del cultivo. Efecto de la Fecha de Siembra

Diferencias de proteína entre soja de 1ª y 2ª siembra

El rendimiento y la proteína se correlacionan inversamente, de manera que **a menor rendimiento la proteína sube**. Esto se da generalmente en las siembras más tardías, soja de 2ª, haciendo que la línea de tendencia de proteína en soja de 2ª se encuentre siempre por encima de soja de 1ª. **La proteína de soja de 1º es inferior a la de la soja de 2º** (Fig. 1).

Durante cuatro años consecutivos se notó un ascenso en el contenido de proteína en relación al decenio 1997-2007, que presentó una caída de 1,4% (Cuniberti *et al.*, 2008). En las campañas 07/08, 08/09, 09/10 y 10/11 se revirtió esta tendencia decreciente ya que el contenido de proteína promedio aumentó 1,1, 1,5, 0,6 y 1,2% respectivamente, en relación a la campaña 06/07.

Este comportamiento favorable se debió, en general, a factores ambientales, genéticos y de manejo del cultivo por parte del productor.

El contenido de proteína en la campaña 11/12 fue de 38,3%, volvió a caer por efectos ambientales, siendo el promedio de 15 años de 38,8%. La soja de 1ª con 37,6% tuvo el mismo

valor de la campaña 04/05. En la de 2ª siembra el contenido de proteína fue de 39,5% superior en un 1,9% al de 1ª, como era de esperar y semejante a la campaña 05/06 que fue de 39,4%. Fig. 1.

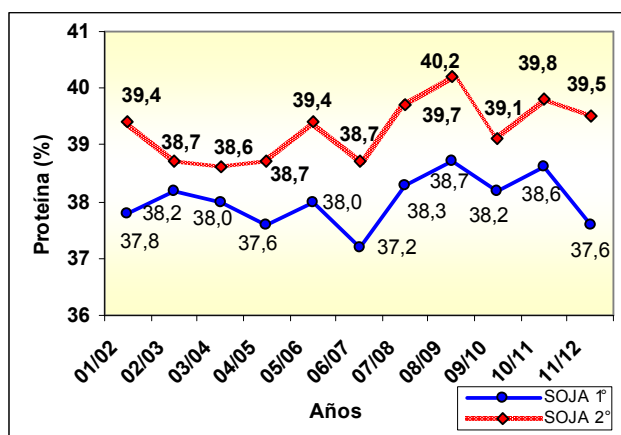


Fig. 1. Contenido de Proteína en soja de 1ª y 2ª siembra. Campañas 2001/02 a 2011/12

Cuadro 1: Calidad Industrial de la Soja en la zona Núcleo-Sojera. Campañas 1997/98 a 2011/12

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
Promedio 15 años	38.8	22.8	61.6	4.1

Diferencias en el contenido de aceite entre soja de 1ª y 2ª siembra

El contenido de aceite se correlaciona positivamente con el rendimiento, teniendo a **mayor rinde mayor contenido de aceite**. Como en la generación de nuevas variedades se prioriza la alta productividad, es una característica de la soja argentina el alto contenido de aceite en relación a la proteína, presentando en la campaña 11/12 un promedio de 22,2%, algo inferior a lo que se venía observando en las últimas campañas y 0,6% inferior al promedio histórico que fue de 22,8% (Cuniberti *et al.*, 2012).

En soja de 1ª es de esperar mayor contenido de aceite que en soja de 2ª, siendo de 22,8% en la campaña 11/12, similar a lo observado en las cosechas 02/03, 03/04 y 09/10 con 22,9% e igual al promedio histórico de 15 años. En soja de 2ª el promedio se ubicó en 21,2%, igual a la campaña 04/05. Fig. 2.

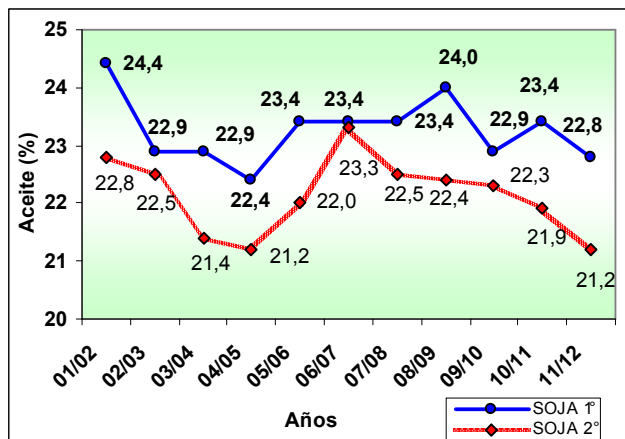


Fig. 2. Contenido de Aceite en soja de 1ª y 2ª siembra. Campañas 2001/02 a 2011/12

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. Figs. 3 y 4. 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% y las relaciones son negativas con el contenido de aceite haciendo que disminuya de 22,4% a 19,9% (Cuniberti *et al.*, 2000; Cuniberti *et al.*, 2004). 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).

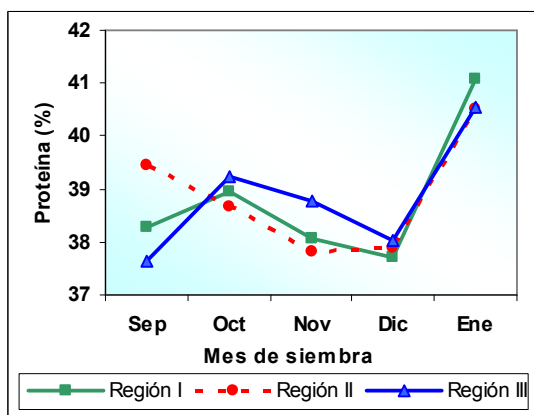


Fig. 3. Contenido de proteína (%) según fechas de siembra y Regiones.

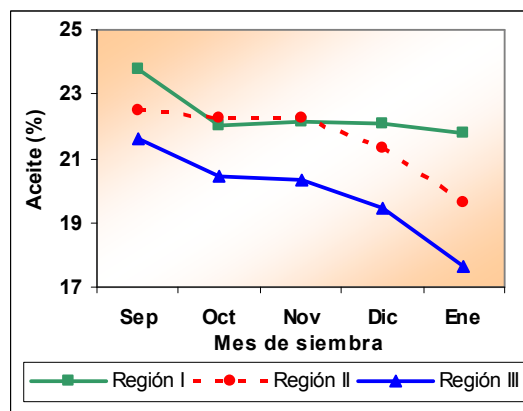


Fig. 4. Contenido de aceite (%) según fechas de siembra y Regiones.

Factores Genéticos. Incidencia del Grupo de Madurez

El grupo de madurez (GM) también tiene influencia en los tenores de proteína y de aceite en soja. **En sojas de primavera y GM cortos es de esperar mayor contenido de aceite y menor proteína.** Figs. 5 y 6. La proteína aumenta un 1,5 % y el aceite disminuye 0,97 % a mayor grupo de madurez, porque el llenado coincide con menor temperatura (Cuniberti y Herrero, 2006 y 2009).

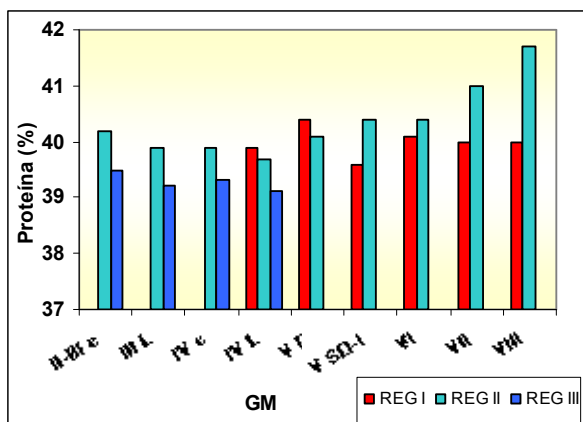


Fig. 5. Contenido de proteína (%) de cultivares de soja por GM y Regiones. Promedio de campañas 2005 a 2008.

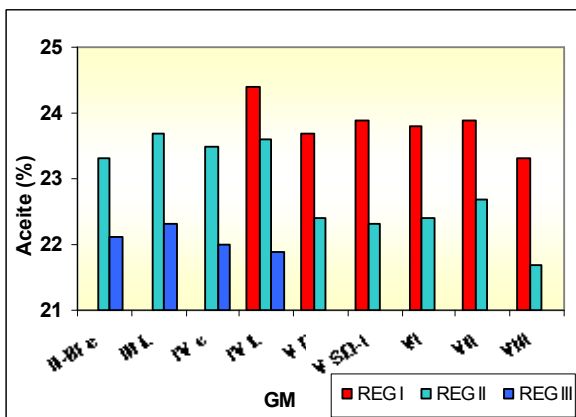


Fig. 6. Contenido de aceite (%) de cultivares de soja por GM y Regiones. Promedio de campañas 2005 a 2008.

También la baja humedad del suelo y deficiencias de nutrientes minerales, salvo el nitrógeno que incide directamente en la proteína, provocan menores rendimientos, mayores contenidos de proteína y menores de aceite (Weiss *et al.*, 1952; Leffel, 1961; Mangieri *et al.*, 2006).

Efecto ambiental sobre el contenido de proteína 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, disminuyendo el tenor proteico y aumentando el contenido de aceite.

La temperatura tiene mayor efecto sobre el porcentaje de aceite (Cuniberti y Herrero, 2006). A mayor temperatura es esperable aumentos en el porcentaje de aceite durante el llenado de grano, siendo el óptimo entre 25-28°C. En relación a la proteína, se producen disminuciones alrededor de los 20°C y aumentos a medida que nos alejamos de ese valor durante el llenado de granos (Dardanelli *et al.*, 2006).

El estrés hídrico genera disminuciones importantes sobre los rendimientos y aumentos de proteína, en relación a cultivos que no han experimentado este tipo de estrés durante su llenado de grano (Cuniberti *et al.*, 2006, 2009).

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 linolénico. Este último no deseado por la industria ya que le da mayor inestabilidad a los aceites. Cuadro 2.

Cuadro 2. Contenido de proteína y aceite (% sss) y composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) en diferentes latitudes.

Latitud	Proteína (%)	Aceite (%)	ACIDOS GRASOS (%)				
			Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico
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.*, 2004

En años o zonas en que la madurez coincide con temperaturas frescas, también se tiene una composición distinta en los aceites, aumentando la presencia de ácido linolénico (Cuniberti *et al.*, 2004). Figs. 7 y 8.

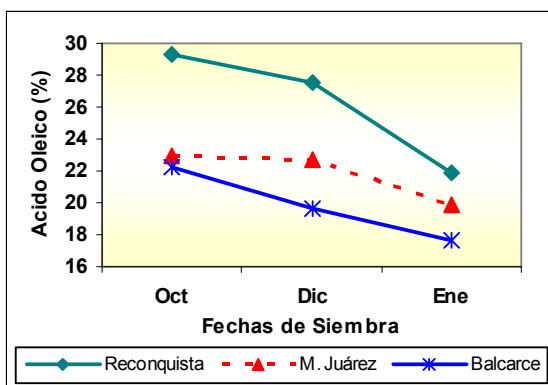


Fig. 7. Contenido de ácido oleico expresado en porcentaje (%) del contenido de aceite, promedio de tres localidades en tres fechas de siembra.

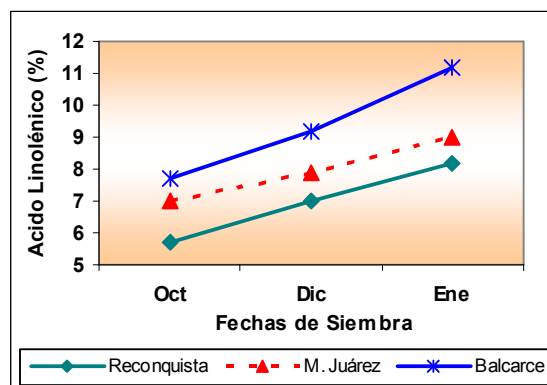


Fig. 8. Contenido de ácido linolénico expresado en porcentaje (%) del contenido de aceite, promedio de tres localidades en tres fechas de siembra.

Interacción Genotipo x Ambiente en la expresión de la proteína y el 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.* (2009) y Cuniberti *et al.* (2011c) realizaron estudios para estimar la importancia relativa de los años, grupos de madurez, distintas regiones y sus interacciones, en los tenores 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) de las campañas 05/06, 06/07, 07/08, 08/09 y 09/10. Se observó lo siguiente:

En ambos parámetros 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 la interacción LOC(a*REG), con un promedio de 58 %.

✓ En aceite, el porcentaje de variación más importante estuvo dado también por la interacción LOC(a*REG) con 45%, seguido por REG con un 21% en promedio de la variación total.

✓ La variación genética representó en promedio sólo el 13 % de la variación total en proteína y el 11 % en aceite.

Evolución del contenido de proteína y de aceite a través de los años

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%.

En las últimas cosechas, desde la 07/08 a la 10/11, fueron mejorando los niveles ubicándose alrededor de 39% en promedio de soja de 1ª y 2ª siembra (Cuniberti *et al.*, 2008, 2009, 2010 y 2011b).

Brasil produce grano de soja con valores proteicos promedios de 40,81%, Paraguay 39,34% y Bolivia 40,54%. En la actualidad existe una intensa competencia por mercados de elevados contenidos de proteína y de aceite, conocidos como *commodities Premium* (Benavidez *et al.*, 2007).

Según estudios realizados en el Laboratorio de Calidad de Cereales y Oleaginosas del INTA Marcos Juárez, se observó una disminución en el contenido de proteína del grano de soja que alcanzó el 1,5 % en 10 años desde la cosecha 95/96 hasta la 05/06, en ensayos de la

RECSO (Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja) (Cuniberti, M. y Herrero, R., 2006). A partir de esa cosecha se notó una tendencia creciente, mejorando la proteína y el aceite. En las Figs. 9 y 10 se puede observar el análisis conjunto de 16 años de todas las regiones sojeras, desde la cosecha 95/96 a la 10/11 (Cuniberti *et al.*, 2011d)

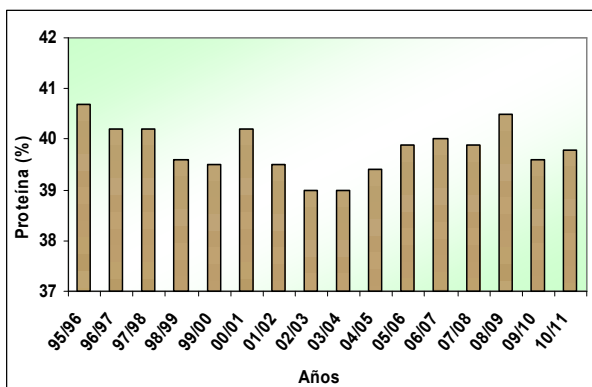


Fig. 9. Evolución del contenido de proteína en los últimos 16 años. Ensayos de la RECSO.

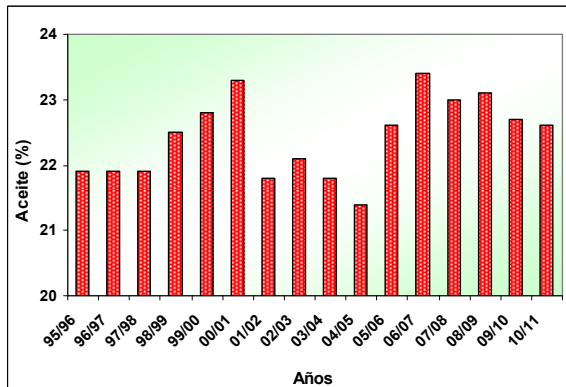


Fig. 10. Evolución del contenido de aceite en los últimos 16 años. Ensayos de la RECSO.

En las Figs. 11 y 12 se muestra el comportamiento por regiones sojeras correspondientes al quinquenio 05-10. La Región Norte se destaca en contenido de aceite, seguida por la Región Pampeana Norte y luego la Sur. Sobre la concentración de aceite en el grano tiene una fuerte incidencia la temperatura en llenado de grano, de allí que la soja proveniente del norte argentino se destaque en este parámetro. 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.

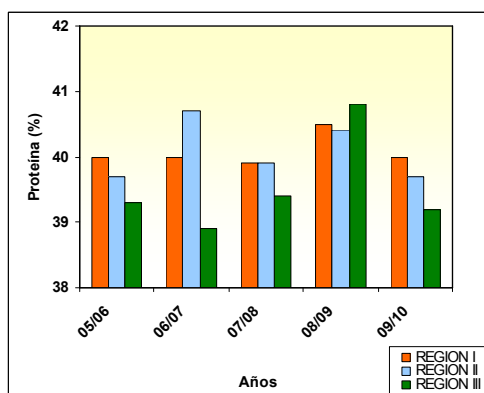


Fig. 11. Evolución del contenido de proteína por regiones. Quinquenio 05-10. RECSO.

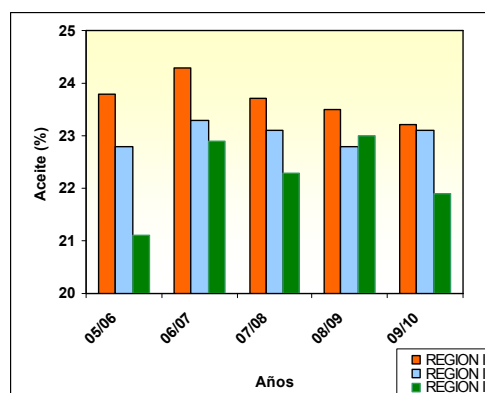


Fig. 12. Evolución del contenido de aceite por regiones. Quinquenio 05-10. RECSO.

Calidad de la soja de acopios y cooperativas

Esta tendencia decreciente de la proteína también se observó en el muestreo realizado en acopios y cooperativas con muestras provenientes de campo de productores, en la zona núcleo-sojera de la Región Pampeana Norte. En las campañas 07/08 a 10/11 se revirtió esta tendencia negativa registrándose un ascenso paulatino hasta la cosecha 10/11 (Fig. 13) debiéndose, en general, a factores ambientales (estrés hídrico y calórico) entre otros, durante el ciclo del cultivo, que influyeron sobre la calidad industrial de la soja en forma favorable, aumentando ambos parámetros (Cuniberti *et al.*, 2009, 2010 y 2011b). En la campaña 11/12 volvió a caer (Cuniberti *et al.*, 2012).

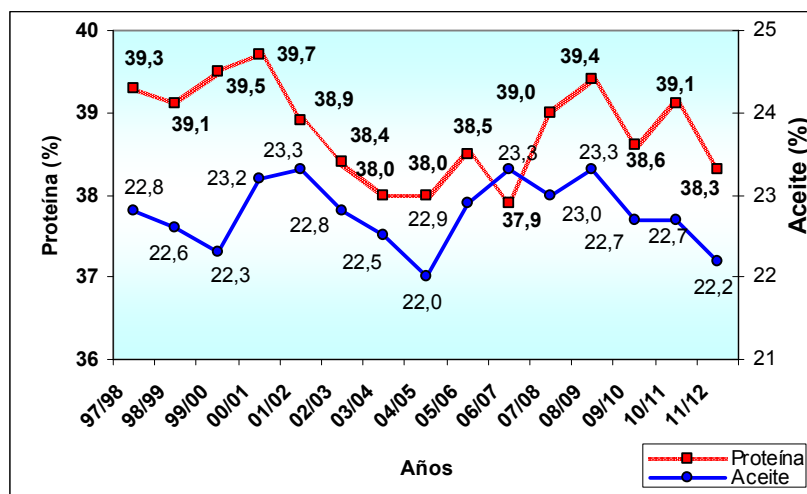


Fig. 13. Evolución de la proteína y el aceite de soja de acopios y cooperativas de la zona Núcleo-Sojera. Campañas 1997/98 a 2011/12.

De acuerdo a los estudios realizados durante los últimos 15 años, el promedio de proteína de la soja argentina proveniente de acopios y cooperativas de la región núcleo sojera fue de 38,8% y el de aceite fue de 22,8%, con un PROFAT de 61,6%. Desde la campaña 03/04 se viene dando la presencia de grano verde en distintos porcentajes, promediando los últimos 8 años un 4,1%. Cuadro 1.

Cultivares destacados en contenido de proteína y aceite en el área sojera argentina

Cuniberti *et al.* (2011a)

La producción de soja y el complejo sojero ocupan un lugar muy importante en la economía argentina. Los principales países importadores de nuestras harinas de soja requieren harinas con 47% de proteína, valor que se logra a partir de una molienda de granos con 38% de proteína a 11% de humedad. En la zona núcleo sojera de la República Argentina, los contenidos promedio de proteína en grano oscilan entre el 38 y el 42 % y los de aceite entre el 20 y el 24%, ubicándose el grueso de la producción alrededor del 39% de proteína y del 23% de aceite (Cuniberti *et al.*, 2004; Cuniberti *et al.*, 2011b). También existen otros mercados que demandan harinas especiales, de elevado contenido proteico (High Pro y Super High Pro). En este caso es necesario partir de una materia prima de mayor valor proteico, por esta razón la industria actualmente demanda mayor contenido de proteína en la soja argentina. 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 (Herrero *et al.*, 2007, 2008, 2009 y 2010). 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.*, 2009).

El Laboratorio de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas del INTA Marcos Juárez, realiza cada campaña el análisis y evaluación del contenido de proteína y aceite de los cultivares actualmente difundidos en toda el área sojera argentina, pertenecientes a ensayos de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja (RECSO). Para conocer el comportamiento en calidad industrial de estos cultivares en las tres regiones sojeras: Norte, Pampeana Norte y Pampeana Sur, Cuniberti y Herrero realizaron un estudio sobre 20.000 muestras de la RECSO de los años 2005 al 2010.

Se consideraron cultivares destacados a aquellos que no presentaron diferencias significativas con el cultivar de mejor promedio del ensayo, en al menos dos de las tres regiones sojeras en ese año. No destacados a los que no sobresalieron en esa campaña.

En el quinquenio 05-10, en las Regiones Norte y Pampeana Norte se obtuvo un valor promedio de proteína de 40,1%, decreciendo hacia la Región Pampeana Sur con un promedio de 39,5%. Con

respecto al contenido de aceite, el promedio más alto lo presentó la Región Norte con 23,7%. En la Región Pampeana Norte fue de 23,0% disminuyendo hacia la Región Pampeana Sur con un promedio de 22,3%. En los Cuadros 3 y 4 se muestran los cultivares que se destacaron en éstos parámetros en las tres Regiones Sojeras Argentinas en las campañas 2005/06 a 2009/10.

Cuadro 3 : Cultivares destacados en Proteína en las Regiones Sojeras Argentinas (Región Norte, Región Pampeana Norte y Región Pampeana Sur). Campañas 2005/06 a 2009/10.

CULTIVAR	CAMPAÑAS				
	09/10	08/09	07/08	06/07	05/06
DM 2200	X	+	*	*	X
DM 3070	X	X	*	*	*
FN 3.45	+	X	*	*	*
SRM 3402	+	X	X	X	X
ACA 360 GR	*	*	+	X	*
NA 3731 RG	*	*	X	X	+
AYELEN 22	*	+	*	X	X
A 3302 RG	+	+	X	X	X
ATARITA 31	X	X	*	*	*
Bio 4.80	X	+	*	*	*
ALM 4200	*	*	X	X	X
RA 426	X	X	*	*	*
ACA 460 GR	*	*	X	X	*
ACA 480 GR	*	*	X	+	X
FN 4.10	*	*	*	X	*
NK 47-00	*	*	*	X	X
NK 48-00	*	X	*	X	*
SP 4500	*	*	X	+	X
AS 4801	+	+	X	+	+
DM 4870	*	*	X	+	+
SRM 4205	X	*	*	*	*
SP 5X5	X	X	X	+	*
SRM 5601	X	*	*	*	*
LDC 5.6	X	X	*	*	*
MARIA 50	+	X	X	+	+
A 5777 RG	*	*	*	X	X
DM 5.2i	*	*	*	X	X
DM 5.8i	+	X	X	X	X
SRM 5301	+	+	*	+	X
CHAMPAQUI 590	*	X	X	+	+
SPS 6X0	*	*	X	X	*
TOB 6400	*	*	*	X	*
TOB 6401	X	X	X	+	*
TJs 2068	*	*	+	X	+
TJs 2178	X	X	+	X	*
A 7321 RG	*	+	+	X	+
NA 7309 RG	X	X	*	*	*
TOB 7800	+	X	+	+	*
RMO 77	X	X	+	*	*
RA 725	X	X	X	+	X
ANTA 80	*	*	X	X	X
ANTA 83	*	+	X	+	X
NA 8900 RG	*	*	*	*	X
NA 8413 RG	*	X	X	X	*
RMO 805	X	+	X	*	*
NA 8164 RG	*	+	X	+	+

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.

Cuadro 4 : Cultivares destacados en Aceite en las Regiones Sojeras Argentinas (Región Norte, Región Pampeana Norte y Región Pampeana Sur). Campañas 2005/06 a 2009/10.

CULTIVAR	CAMPAÑAS				
	09/10	08/09	07/08	06/07	05/06
DM 2200	+	X	*	*	+
DM 3100	X	+	X	X	X
A 3302 RG	+	+	X	+	+
SRM 3300	X	*	*	*	*
SP 3900	X	X	X	X	X
AZUL 35	X	X	X	X	+
ATARITA 31	+	X	*	*	*
DM 3810	X	*	*	*	*
LDC 4.2	X	X	*	*	*
DM 4200	*	+	X	X	X
DM 4670	X	X	X	*	*
ADM 4800	*	X	+	X	X
SA 4900	*	X	X	+	X
NA 4553 RG	*	+	X	X	X
A 4613 RG	+	+	X	X	X
FN 4.85	*	X	X	X	X
SP 4X4	X	X	*	*	*
LDC 4.7	X	X	*	*	*
LDC 5.6	+	X	*	*	*
A 5417 RG	*	*	*	X	X
DM 5.1i	X	X	X	*	*
NA 5485 RG	*	+	X	X	X
TJs 2055	*	*	X	X	X
AS 5308i	+	X	X	*	*
NA 5909 RG	X	X	X	*	*
DM 5.9i	X	*	*	*	*
ANDREA 60	X	+	X	X	+
RAR 605	*	*	*	X	X
SP 6X2	X	X	*	*	*
FN 6.41	+	+	X	X	+
RA 625	+	X	X	X	+
DM 6500	X	X	*	*	*
DM 6600	*	*	*	X	X
NA 6126 RG	+	+	X	X	X
LDC 6.2	X	X	*	*	*
NA 6355 RG	*	*	*	X	X
RMO 67	*	X	X	*	*
RA 728	X	X	X	X	X
A 8000 RG	+	X	X	+	X
DM 8001	*	*	*	X	X
DM 8002	+	+	X	X	*
ANTA 80	*	*	+	X	X

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 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.

Se observó que existen cultivares que se destacaron en el contenido de proteína y otros en el de aceite manteniendo ese comportamiento durante varias campañas, así como también algunos cultivares tuvieron valores más altos en ambos parámetros a la vez (DM 2200, A3302RG, ATARITA 31, ANTA 80 y LDC 5.6).

En proteína, las variedades destacadas por sus altos valores sin diferencias significativas con la de mejor promedio del ensayo, en por lo menos dos de las tres regiones sojeras, en cuatro campañas de las cinco evaluadas fueron: SRM 3402, DM 5.8i y RA 725. Las variedades A 3302

RG, ALM 4200, SP 5x5, TOB 6401, TJs 2178, ANTA 80 y NA 8413 RG se destacaron en 3 campañas y el resto de las variedades en una o dos campañas.

En relación al contenido de aceite, los cultivares SP 3900 y RA 728 sobresalieron en las cinco campañas evaluadas. Le siguen como destacadas en cuatro campañas DM 3100, AZUL 35 y FN 4.85 y en tres campañas DM 4200, DM 4670, ADM 4800, SA 4900, NA 4553 RG, A 4613 RG, DM 5.1i, NA 5485 RG, TJs 2055, NA 5909 RG, ANDREA 60, RA 625, NA 6126 RG y A 8000 RG. Las demás variedades se destacaron en sólo una o dos campañas.

En la comercialización se mezclan todas las variedades perdiendo su identidad, sin tener en cuenta la calidad, diluyéndose el efecto de las variedades destacadas en uno y otro parámetro. La industria demanda mayor proteína para la producción de harinas proteicas High Pro y Super High Pro. En el gran cultivo los niveles de proteína promedio rondan el 39%, siendo algo superior en soja de 2ª, dificultando lograr valores superiores al 40,5% para estos usos específicos.

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

Además, 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.

Es necesaria una mejora de 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.

Grano Verde

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.*, 2004).

A medida que las plantas alcanzan la madurez fisiológica, cesa la producción de clorofila y todos los pigmentos clorofílicos 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).

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.*, 2005).

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.*, 2011b).

Este fenómeno se viene dando casi 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 01/02, haciendo un pico muy elevado con 8,8% en la campaña 08/09 (por estrés hídrico) y de 6,6% en la 10/11 (Cuniberti *et al.*, 2001, 2004, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011b y 2012) Fig. 14. En la zona núcleo-sojera en la campaña 10/11, en el relevamiento realizado por el Lab. de

Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas, dio como resultado un valor promedio alto de 9,1% en soja de 1ª, cayendo a 3,6% en soja de 2ª. En la campaña 11/12 los valores fueron menores, 3,6% en soja de 1ª y 4,9% en soja de 2ª, aumentando en esta campaña el porcentaje de granos dañados que fue en promedio de 8,6%.

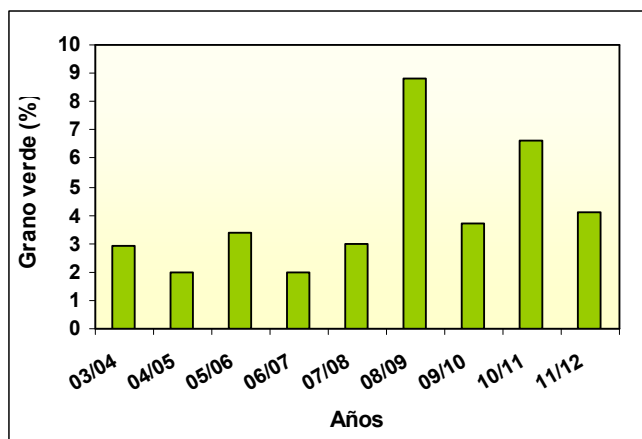


Fig. 14: Porcentaje de Grano Verde en las campañas 2003/04 a 2011/12.

El grano verde se castiga en el estándar de comercialización para valores por encima de la base de comercialización del 5% a razón del 0,2% por cada por ciento o fracción proporcional, siendo la tolerancia de recibo del 10%.

Es motivo de preocupación en la industria aceitera en general, ya que produce problemas en la obtención de aceites de calidad. Desde la campaña 03/04, se vienen presentando algunos problemas relativos a la presencia de granos verdes, dando como consecuencia en el procesamiento, un aceite de elevado contenido en clorofila. 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

La problemática del grano verde está asociada a distintos factores, entre ellos ambientales, sanitarios y genéticos.

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 sensibilidad 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.*, 2004).

Grano dañado y acidez

El grano dañado y la acidez se incrementan debido a diferentes causas: demora en la cosecha por lluvias, el estrés térmico e hídrico en formación de granos y el nivel de enfermedades como *Cercospora*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Phomosis*, entre otras. La consecuencia es el aumento de la acidez en los granos que son más sensibles al calor en el procesado en las plantas industriales. Para ello, las plantas deben bajar la 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.*, 2004).

Las enfermedades se vienen acrecentando por la masificación del 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.

HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN DISPONIBLES

Conocer la calidad de la materia prima previo a su ingreso al proceso de producción, es de fundamental importancia porque de ella depende la calidad del producto y subproducto y el precio final que se pueda obtener.

El Laboratorio de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas del INTA de Marcos Juárez (www.inta.gov.ar/mjuarez), a través de su Servicio Externo de análisis, asesora a PYMES (plantas extrusoras y otras), a productores porcinos, fabricantes de alimentos balanceados, productores de soja e integrantes de la cadena de la soja, en el control de calidad de la materia prima, procesos y calidad del producto final a través de las determinaciones de proteína, humedad, aceite y actividad ureásica, con el objeto de agregar valor a la producción primaria.

Esta labor se encuadra dentro del Proyecto PRECOP II, Agregado de Valor en Origen del Area Estratégica Agroindustria del INTA.

Además en soja asesora en calidad de variedades, cultivares destacados en proteína y aceite, efecto de Grupo de Madurez y Fecha de Siembra sobre la calidad.

Cantidad de Proteína y Aceite

Para conocer la cantidad de proteína y aceite de una muestra de soja se pueden usar métodos químicos considerados métodos patrones como Kjeldhal para proteínas, Butt de extracción por solvente para aceite y estufa de circulación forzada de aire para humedad. Estos métodos son muy precisos pero demandan mucho tiempo y el costo de análisis es mayor.

Actualmente están muy difundidos los métodos rápidos de tecnología infrarroja, que en 30 segundos se puede tener el resultado de tres parámetros en forma simultánea: proteínas, humedad y aceite. Estos equipos NIR (Foto) se calibran en base a los métodos patrones y suelen ser muy precisos.



Actividad Ureásica

Método Químico (Norma IRAM 5608).

El poroto de soja contiene factores antinutricionales que inhiben las enzimas del aparato digestivo. Estos factores son termolábiles y se destruyen por calor.

El desactivado es un proceso por el cual se le da a la soja temperatura con o sin vapor. El extrusado es un proceso donde se debe moler el poroto y se lo somete a temperatura con o sin vapor y fricción, produciendo una precocción de los almidones, aumentando la digestibilidad de los

mismos. Las variables tiempo y temperatura son fundamentales y las determinaciones de actividad ureásica indicarán los valores óptimos de desactivado.

Si la temperatura de estos procesos es baja, no se destruyen los factores antinutricionales y si es excesiva se corre el riesgo de quemar las proteínas y destruir aminoácidos. Si es la adecuada se tendrá el punto justo de desactivado, donde los compuestos antinutricionales presentes en la soja (inhibidores de la tripsina del páncreas, enzima fundamental para la digestión) también quedan inactivos. Por lo tanto, comparando la actividad ureásica de las muestras contra un blanco, se puede estimar la disminución y eliminación de dichos elementos perjudiciales.

La soja tiene cierta cantidad de ureasa (enzima) que cuando está activa "ataca" o hidroliza a la urea convirtiéndola en amoníaco.

La diferencia de pH (Δ pH) entre la muestra y el blanco, se considera como "actividad ureásica".

$$\Delta\text{pH} = \text{pH}_2 - \text{pH}_1$$

Valores de referencia:

	Δ pH	< 0,05	SOJA EXCESIVAMENTE TOSTADA
0,10	< Δ pH	< 0,20	SOJA DESACTIVADA
0,25	< Δ pH		SOJA CRUDA

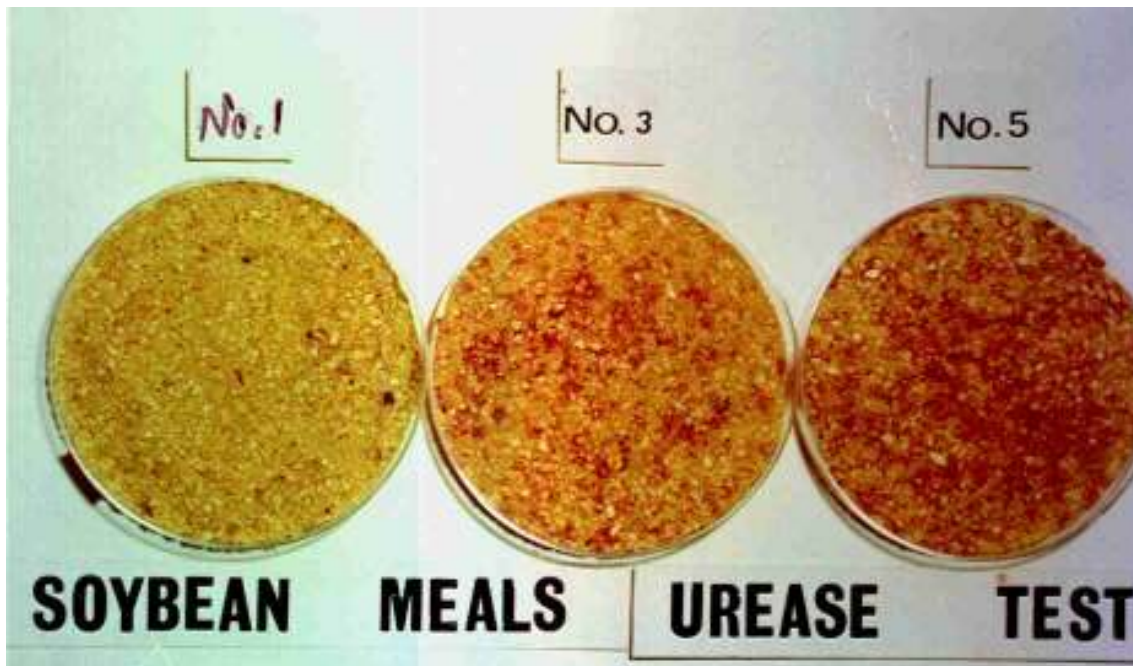
Método Colorimétrico rápido para determinar actividad ureásica

Este es un método muy práctico que permite conocer en forma rápida si la muestra está desactivada o no por simple observación.

No se obtienen valores absolutos de actividad ureásica, por ello no es tan exacta como la técnica anterior (método químico IRAM 5608).

Está siendo usado por fabricantes de alimento balanceado, expeller por prensado y máquinas desactivadoras de soja.

A una cucharada de muestra de harina de soja se le agrega 2 cucharadas aproximadamente de la solución de trabajo (solución de rojo fenol y urea) y se mezcla muy bien. Se observa el color de la muestra a intervalos de 1 minuto y se compara con el patrón de color que se adjunta.



SOJA EXCESIVAMENTE

MODERADAMENTE

SOJA CRUDA

TOSTADA

ACTIVA

MUY ACTIVA

Entre 1 y 3 sería el estado ideal de desactivado.

Si en 5 minutos o menos, la muestra aparece como:

N° 1 = No aparece color en 30 min. Muestra excesivamente tostada.

N° 1 a 3 = "Levemente Activa" – (Ideal)

N° 3 = "Moderadamente Activa" – (Aceptable)

N° 3 a 5 = "Activa" – (Aceptable)

N° 5 = "Muy Activa" - (Rechazar)

CONCLUSIONES

- La soja de 1° tiene siempre mayor contenido de aceite que la soja de 2°.
- La soja de 2° tiene mayor contenido de proteína que la soja de 1°.
- A medida que se atrasa la fecha de siembra aumenta la proteína y disminuye el aceite.
- Los GM más largos tienen mayor contenido de proteína y menor contenido de aceite.
- En la Región Norte es de esperar mayores contenidos de aceite que en la Región Pampeana Norte y Pampeana Sur, por efecto de altas temperaturas en llenado de grano.
- La interacción LOC(a*REG) explica el 58 % de la variabilidad de la proteína.
- En aceite, la interacción LOC(a*REG) explica el 45% de la variabilidad, seguido por REG con un 21% en promedio de la variación total.
- La genética solo explicó el 13% de la variabilidad total en proteína y el 11 % en aceite.
- En Argentina existen variedades que se destacan genéticamente en proteína y aceite.
- El grano verde se previene con variedades adaptadas a siembra temprana y buena distribución de fechas de siembra.
- Para la medición de la cantidad de proteína, aceite y actividad ureásica existen métodos químicos patrones muy exactos y métodos rápidos estimativos de la calidad, estos últimos muy usados en la actualidad.

Bibliografía

- BENAVIDEZ, R.; E. GONZALEZ, D. FRESOLI, D. SANTOS y M. SORO. 2007. Evolución del contenido de proteína y aceite en grano de soja en Argentina entre las campañas 1999-2000 y 2005-2006. Prosoja. Revista Agromensajes de la Fac. de Agronomía de la UNR. Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR. Distribución gratuita ISSN: 16698584. U
- CENCIG, G.F.y J.L. VILLAR EZCURRA. 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.
- CUNIBERTI, M. y R. HERRERO. 2006. Factores que influyen en el contenido de proteína y aceite en la soja argentina. Inf. de Actualización Técnica N° 7, pp. 67-70.
- CUNIBERTI, M., R. HERRERO y B. MASIERO. 2011d. 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, Rosario.

- CUNIBERTI, M., R. HERRERO y B. MASIERO. 2011c. 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, Rosario.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, S. VALLONE y H. BAIGORRI. 2001. Calidad industrial, rendimiento y sanidad de la soja en la región central del país. Campaña 2000/01. Soja. Resultados de Ensayos de la campaña 2000/2001. Información para Extensión N° 69. Setiembre. pp. 84-89.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, S. VALLONE y H. BAIGORRI. 2004. Calidad industrial, rendimiento y sanidad de la soja en la región central del país. Campaña 2003/04. Soja. Actualización 2004. Información para Extensión N° 89, pp. F-9-F-14.
- CUNIBERTI, M.; R. ROSSI, R. HERRERO y B. FERRARI. 2004. Calidad industrial de la soja argentina. VII World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and Utilization Conference y III Congreso Mundial de Soja (Brazilian Soybean Congress), Foz de Iguazú-Brasil, 1-5 marzo. Proceedings Pag. 961-970. Información para Extensión N° 89. Soja. Actualización 2004, pp. F1-F8.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, L. MIR, O. BERRA, O y S. MACAGNO. 2008. Calidad industrial de la soja en la Región Núcleo. Cosecha 2007-08. Soja. Actualización 2008. Informe de Actualización Técnica N° 10, pp. 40-41.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, B. MASIERO y F. FUENTES. 2011a. Cultivares argentinos destacados en proteína y aceite. En: Mercosoja 2011 y 5° Congreso de la soja del Mercosur, I Foro de la Soja Asia-Mercosur. 14 al 16 de Setiembre, Rosario.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, L. MIR, O. BERRA, O y S. MACAGNO. 2009. Calidad industrial de la soja en la región Núcleo-Sojera. Cosecha 2008-09. Informe de Actualización Técnica N° 14, pp. 57-61.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, L. MIR, O. BERRA, O y S. MACAGNO. 2010. Calidad industrial de la soja en la Región Núcleo. Campaña 2009-10. Informe de Actualización Técnica N° 17, pp. 125-128.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, L. MIR, O. BERRA, O y S. MACAGNO. 2011b. Rendimiento y calidad comercial e industrial de la soja en la región núcleo-sojera. Cosecha 2010-11. Informe de Actualización Técnica N° 21.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, L. MIR, O. BERRA, O y S. MACAGNO. 2012. Rendimiento y calidad comercial e industrial de la soja en la región núcleo-sojera. Cosecha 2011-12. Informe de Actualización Técnica N° 25.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, S. DISTEFANO, L. MIR, O. BERRA y S. MACAGNO. 2007. Calidad industrial y sanitaria de la soja en la región núcleo sojera. Cosecha 2006/07. Soja. Actualización 2007. Informe de Actualización Técnica N° 7, pp. 63-65.
- CUNIBERTI, M.; R. HERRERO, H. BAIGORRI, D. CROATO, B. MASIERO, R. PARRA, R. VICENTINI and D. PIATTI. 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.
- DARDANELLI, J.; M. BALZARINI, M.J. MARTINEZ, 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.

- FRANCA NETO, J.B.; G.P. PADUA; M.L.M. CARVALHO; O. COSTA; P.S.R. BRUMATTI; F.C. KRZYZANOWSKI; N.P. COSTA; A.A. HENNING y D.P. SANCHES. 2005. Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica. Circular Técnica N° 38. EMBRAPA Soja.
- GALLO, C. 2007. Semillas verdes de soja: ¿qué calidad tienen?. SOJA-Para mejorar la producción N° 36. Tecnología de semillas. INTA-EEA Oliveros.
- HERRERO, R.; M. CUNIBERTI and B. MASIERO. 1999. Effect of planting date on the industrial quality of soybean. World Soybean Research Conference VI. August 4-7, 1999. Chicago, Illinois, USA. pp. 668-669.
- HERRERO, R.; M. CUNIBERTI, B. MASIERO y F. FUENTES. 2009. 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.
- IRAM. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Método 5608.
- 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.
- MANGIERI, M.; S. MARTINEZ NOYA y I. PEREZ RECALDE. 2006. Variación de los parámetros de calidad en variedades de soja inscriptas durante el período 2000/06. <http://www.inase.gov.ar>.
- 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, pp. 289-297.
- 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.