



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Santa Fe
Estación Experimental Agropecuaria Oliveros

¿Cómo producir soja sin perder calidad ni ponernos verdes? El análisis de la campaña 2019-20 para planificar la 2020-21

J.M. Enrico^{*}; M., Martinez, L., Magnano y N. Sanmarti.

EEA INTA Oliveros, Ruta 11 km 353, Oliveros (Santa Fe) - 03476-498010.

[*enrico.juan@inta.gob.ar](mailto:enrico.juan@inta.gob.ar)

Palabras clave: grano verde, poder germinativo, soja, rendimiento.

En pocos días la región pampeana central estará en condiciones de comenzar la siembra del cultivo de soja. Son momentos donde, seguramente, ya se han tomado varias decisiones que hacen en su conjunto al paquete tecnológico a aplicar en el cultivo, aunque la coyuntura del clima y los pronósticos de mediano a largo plazo (Niña con salida del verano en Neutro¹), sumado a un perfil escaso de reservas² hídricas, aportan dudas sobre las estrategias a implementar. Otro de los inconvenientes que suele aparecer durante campañas con un acentuado estrés hídrico, combinados con la sucesión de varios días con elevados registros de temperatura durante el llenado de las semillas de los cultivares de grupos de madurez (GM) más precoces (III y IV), es la aparición de grano verde a cosecha (Cencig, 2013). La problemática de grano verde fue reportada por primera vez por Cuniberti *et al.* (2001), quienes adjudicaron como causa a las siembras de octubre con GM III y IV en la región pampeana norte. Un aspecto importante a considerar de la presencia de grano verde en el lote cosechado, es su uso potencial como semilla, ya que la presencia de semilla verde (SV) afecta la calidad fisiológica del lote y su uso potencial como simiente debido al impacto negativo sobre la capacidad germinativa y vigor (Padua *et al.*, 2007 y Gallo, 2008).

En los establecimientos productivos es habitual que se conserve y utilice parte del grano cosechado como futura semilla, con lo cual es imprescindible conocer el efecto del ambiente sobre la calidad de la semilla obtenida. El menor costo del uso de la semilla propia³ (≈25 U\$S/ha ± 3, variable según el valor de la regalía extendida del cultivar) respecto del costo de compra de semilla original (≈ 39 U\$S/ha; Tamagnone, M. comunicación personal), hace vital el conocimiento de la calidad fisiológica de la semilla a la cosecha y en pre siembra. La disponibilidad de semillas de calidad es indispensable para el logro de una germinación y emergencia a campo, de manera rápida y uniforme. La calidad de semillas se ve afectada por factores bióticos y abióticos que inciden durante el desarrollo y la maduración del cultivo. Así,

¹http://www.ora.gob.ar/camp_actualenso.php

²<http://www3.smn.gob.ar/serviciosclimaticos/?mod=agro&id=19>

³ Costo estimado a partir de la suma de los costos del pago de la regalía extendida del cultivar, el acondicionamiento, clasificación y transporte, una valoración del costo de la semilla a usarse (densidad 65 kg/ha) en la siembra al precio de mercado, el análisis de la calidad de la semilla a cosecha y pre siembra.

tal como se mencionó previamente, condiciones de altas temperaturas (superiores a 32 °C) y estrés hídrico durante la maduración afectan a la calidad y predisponen a la aparición de semillas verdes a la cosecha. En los estándares de comercialización de semillas de soja se establece un mínimo de 80 % de Poder Germinativo (INASE, 1993), valor que puede ser tomado como referencia para las decisiones de manejo sobre los lotes de semilla propia. Sin embargo, no están establecidos límites máximos en los niveles de semilla verde. Gallo (2008) determinó que los **lotes de simientes de soja que presenten contenidos de semillas verdes iguales o inferiores a 16%, podrían garantizar el adecuado desempeño de las semillas en el campo cuando las condiciones ambientales son favorables para la germinación y emergencia de plántulas.**

La pérdida de calidad debido a la presencia de granos verdes, se ha presentado en reiteradas campañas en nuestra región, afectando negativamente también la producción de grano a nivel industrial y económico, debido a la incidencia sobre la calidad del aceite. La problemática de granos verdes (GV) ocasiona descuentos en la comercialización de los granos. La norma de calidad para la comercialización de granos de soja NORMA XVII - Resolución SAGPyA 151/2008, establece para grano verde una base de comercialización del 5% y una tolerancia de recibo del 10%, aplicando una rebaja para valores superiores a la base (5%), a razón de 0,2% del peso por cada por ciento o fracción proporcional (CAC-BCR, 2019). Para valores superiores al 10% de grano verde, la comercialización se realiza en base a acuerdos entre el comprador y el vendedor, generalmente manteniéndose la rebaja de 0,2%.

Se dispone información sobre el comportamiento de cultivares de soja pertenecientes a distintos GM y su interacción con el ambiente (clima, suelo y prácticas de manejo) sembrados dentro de las fechas consideradas como óptimas para la región de influencia de la EEA INTA Oliveros (Enrico *et al.* 2013). Sin embargo, la continua renovación de cultivares requiere de una constante caracterización de los mismos, tanto para determinar su rendimiento y estabilidad (Bacigalupo *et al.*, 2019) como para determinar el efecto del ambiente sobre la calidad comercial y fisiológica del grano cosechado.

Los objetivos del presente informe fueron: • generar información del comportamiento de variedades de soja de diferentes GM sembradas en diferentes épocas en cuanto al rendimiento en grano; • detectar y cuantificar la problemática de grano verde y • determinar la calidad de la semilla cosechada para su uso futuro como simiente.

Materiales y Métodos

En el campo experimental de la EEA Oliveros del INTA (32° 33' S; 60° 51' O) se llevaron adelante experimentos de diferentes fechas de siembra (FS) durante la campaña 2019-2020 en condiciones de secano, sobre un suelo Argiudol típico serie Maciel de textura franco-limosa, con más de 45 años de agricultura continua. Previo a la siembra de los experimentos, se determinó el contenido inicial fósforo (P= 15 ppm), porcentaje de materia orgánica (% MO= 2,55) y pH (5,5). Antes de la siembra de cada experimento, las semillas se inocularon con *Bradyrhizobium japonicum* y se trataron con un fungicida a base de Fludioxonil (2,5%) y Metalaxil-M 1%. Todos los cultivares utilizados son resistentes al herbicida glifosato [N-(fosfonometil) glicina].

Tratamientos y diseño experimental

El cultivo antecesor fue maíz tardío. Se realizó siembra directa en cada una de las FS con una sembradora experimental de 5 surcos distanciados a 0,52 m. Los tratamientos evaluados consistieron en 19 cultivares de los GM III al VI, seleccionados por tener características

sobresalientes en cada uno de sus GM y de diferentes años de liberación al mercado (Tabla 1), con un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones. La densidad de siembra fue de 25 semillas/metro lineal de surco (ca. 480.770 semillas/ha).

Las fechas de siembra fueron: · 13-Nov. (FS1), 29-Nov. (FS2), 17-Dic. (FS3).

Mediciones y análisis estadístico

Durante el ciclo de los cultivos se registraron los siguientes estados fenológicos: emergencia (E), inicios de floración (R1), inicio de crecimiento de vainas (R3), inicio del crecimiento lineal de las semillas (R5) y madurez fisiológica (R7). Previo a la cosecha, se estimó para cada cultivar el número medio de plantas por metro lineal. La cosecha se realizó con cosechadora experimental de parcelas. El rendimiento (kg ha^{-1} , ajustado al 13,5 % de humedad) se obtuvo de una superficie de cosecha de 4,2 m².

Se determinó la tasa de reducción del rendimiento (Δ Rto) por atraso de la fecha de siembra entre cada FS consecutiva según ecuaciones 1 y 2:

$$\Delta \text{ Rto Nov} = (\text{Rto FS 2} - \text{Rto FS1}) / (\text{FS2} - \text{FS1}) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\Delta \text{ Rto Dic} = (\text{Rto FS 3} - \text{Rto FS2}) / (\text{FS3} - \text{FS2}) \quad \text{Ecuación 2}$$

A la cosecha se tomaron muestras de grano de cada repetición, cultivar y FS, y se evaluó el porcentaje de Grano/Semilla Verde (% GV/ % SV) y el porcentaje de Germinación (% PG). La distinción entre grano y semilla se realiza a fines de diferenciar el destino del lote cosechado, considerando como grano al que tiene fines industriales y como semilla al lote destinado a la siembra. El % GV/ % SV se determinó en forma manual a partir de 4 repeticiones de 100 semillas, considerando como verde a la simiente que presente cualquier tonalidad verdosa, total o parcial. Para determinar el % PG se sembraron 2 repeticiones de 100 semillas en rollos de papel toalla que se colocaron en cámaras de germinación a 25 ± 2 °C (ISTA, 2020). La evaluación de plántulas se realizó a los 8 días utilizando el Manual de Evaluación de Plántulas de ISTA (ISTA, 2018), expresándose el resultado como porcentaje de plántulas normales.

En cada FS, se utilizaron modelos mixtos para modelar la heterogeneidad de variancia en el análisis de rendimiento. La variable %GV/ % SV se analizó mediante la utilización de Modelos Lineales Generalizados. Para el análisis estadístico se utilizó el *software* Statistical Analysis Software versión University (SAS, 2018).

Tabla 1. Cultivares de soja sembrados en tres fechas en Oliveros, Campaña 2019-2020. Empresa, Grupo de Madurez (GM) y Tipo de crecimiento del tallo principal (HC).

Cultivar	Empresa	GM	HC	Año IRNC*
DM 2200	Don Mario Semillas	3.0	I	2004
SRM 3410	Limagrain	3.2	I	2013
LDC 3.7	Macro Seed	3.5	I	2013
SRM 3988	LG Semillas	3.9	I	2015
DM 4214 STS	Don Mario Semillas	4.1	I	2014
DM 40R16 STS	Don Mario Semillas	4.1	I	2016
4X5 SYN RR	NK Semillas	4.5	I	2018
SPS 4x4 RR	NK Semillas	4.6	I	2009
NS 4955	Nidera Semillas	4.9	I	2014
SY 5x1 RR	NK Semillas	5.1	I	2015
NS 5028 STS	Nidera Semillas	5.2	I	2018
NA 5009 RG	Nidera Semillas	5.1	I	2007
CZ 5407 IPRO	Credenz®	5.3	I	2017
BioSoja 5.40 STS	Bioceres Semillas	5.4	I	2012
AW 5815 IPRO	Asgrow Bayer	5.7	D	2014
CZ 6205 B	Credenz®	6.2	I	2015
DM 62R63 STS RSF	Don Mario Semillas	6.5	I	2016
DM 67i70 RSF IPRO	Don Mario Semillas	6.7	I	2018
M6210 IPRO	Asgrow Bayer	7.2	I	2013

*Año de Inscripción en el Registro Nacional de Cultivares.

<https://gestion.inase.gov.ar/consultaGestion/gestiones>

La campaña 2019-20 se caracterizó por elevadas temperaturas máximas, que superaron durante gran parte del ciclo del cultivo a los valores medios estimados con la serie 1989-2018. El análisis de las temperaturas durante el período que abarcó desde el 3 de febrero al 22 de abril (1° registro de R5 en 1FS hasta último registro de R7 en 3FS, 80 días), determinó que el 73% de los días que comprendieron a dicho período registraron temperaturas máximas superiores a la máxima de la serie de 30 años (1989 – 2018, Figura 1 a). Simultáneamente a los registros de estas altas temperaturas, se produjo durante el citado período un escaso aporte de precipitaciones (147 mm), que representaron sólo un 48% del promedio 1989 – 2018 (Figura 1 b).

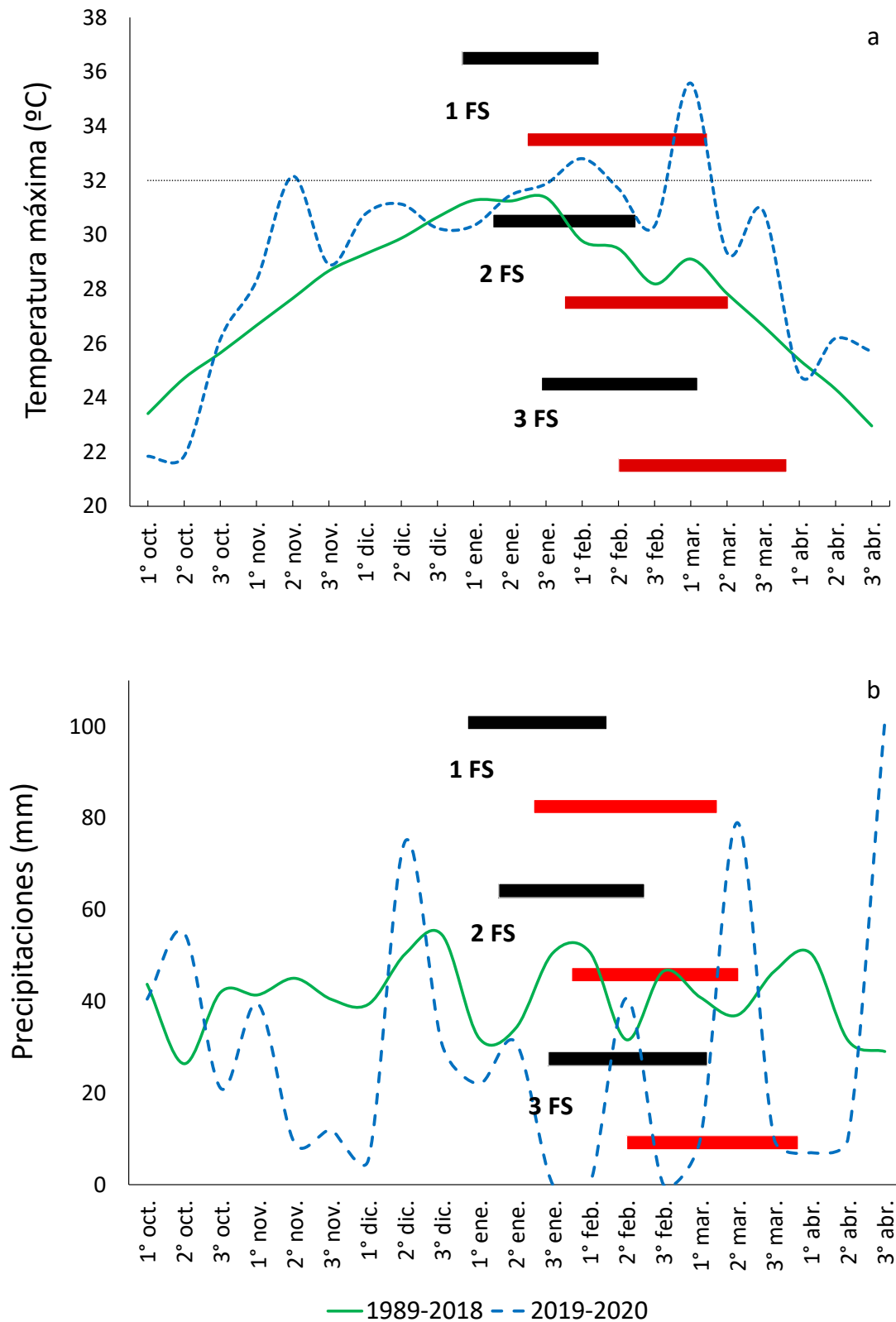


Figura 1 - (a) Temperatura media máxima (°C) decádica de la campaña 2019-2020 y de la serie 1989-2018, la línea punteada fina indica la temperatura umbral (32 °C) para aparición de GV. **(b)** Precipitaciones medias (mm) decádica del período octubre 2019-abril 2020 y precipitaciones medias históricas (1989-2018). Para cada FS las barras horizontales indican al período de llenado de granos (R5-R7) promedio para cultivares de GM III – IV (rojas) y GM V – VII (negras). Datos de la Estación Agrometeorológica del INTA Oliveros.

Resultados

El máximo rendimiento promedio (≈ 3000 kg/ha) se alcanzó en la FS1 mientras que en las FS2 y FS3 el rendimiento promedio fue un 8 y 24% menor que en la FS1. Las reducciones de rendimiento por cada día de retraso de la siembra se ubicaron entre 13 kg/ha/día (Δ entre FS1 y FS2) y 25 kg/ha/día (Δ entre FS2 y FS3; Tabla 2). Existió una gran variabilidad entre cultivares en la Δ Rto durante el período de siembra abarcado en este estudio. La Δ Rto media entre las FS1 y FS3 fue de 20 ± 3 kg/ha/día (datos no presentados), y se ubicó en un rango cercano a las determinadas por Martignone *et al.* (≈ 25 kg/ha/día; 1995).

Los cultivares que mejor comportamiento registraron, en promedio de todas las FS, fueron los del GM V (5.1 a 5.7). Los máximos rendimientos en términos absolutos se obtuvieron con cultivares de GM IV corto (DM 40R16 STS y 4x5 SYN RR) en la FS1. Sin embargo, y a causa de la elevada heterogeneidad propia de años con estrés hídrico, no se diferenciaron estadísticamente de los rendimientos de la mayoría de los cultivares evaluados en dicha FS. En la FS2 los rendimientos máximos, en términos absolutos, fueron obtenidos por cultivares de GM muy disímiles, *ie.*: AW 5815 IPRO, SP 4x4 RR y DM 2200, determinándose un mes de diferencia en alcanzar la madurez fisiológica (R7) entre los cultivares AW 5815 IPRO y DM 2200 (Tablas 2 y 4). Las mayores reducciones de rendimiento se determinaron entre fines de noviembre y mediados de diciembre en los cultivares de los GM 3.0 al 4.6, con una caída de 55 ± 5 kg/ha/día. La densidad de siembra de 48 semillas/m² fue superior a la mínima necesaria para alcanzar los máximos rendimientos en FS de diciembre (10-20 pl/m² en GM V y 30 pl/m² en GM III y IV, Rotundo *et al.*, 2012). Sin embargo, varios cultivares de los GM 3.0 a 4.6 no alcanzaron el citado valor mínimo de 30 pl/m² (Tabla 3), con lo cual es esperable un rendimiento mayor si se maneja su densidad y espaciamiento correctamente.

Todos los cultivares dentro de las FS 1 y 2 pudieron cerrar el entresurco, y solamente los cultivares DM 2200, SRM 3410 y LDC 3.7 no llegaron a cubrir el entresurco completamente en la FS3, la cual fue afectada en mayor medida que las precedentes por el estrés hídrico desarrollado con el correr de los días.

Tabla 2: Rendimientos medios (13,5% de humedad) en cada FS y promedio de las 3 fechas de siembra en INTA EEA Oliveros, campaña 2019-20. Variación del rendimiento (Δ) entre FS consecutivas (1° vs 2° de Nov y 2° Nov vs 1° Dic).

	Fechas de siembra											
Cultivar	13-nov		29-nov		17-dic		Promedio kg/ha	Δ Rto Nov Kg/día	EE	Δ Rto Dic Kg/día	EE	
	Rendimiento (kg/ha)											
AW 5815 IPRO	3165	AB	2954	A	2846	A	2988	-13	4	-6	8	
NS 5028 STS	3029	ABC	2776	ABCDE	2725	AB	2844	-16	14	-3	21	
NA 5009 RG	3054	BC	2717	ABCDE	2464	AB	2745	-20	10	-19	24	
CZ 5407 IPRO	2741	CDE	2605	CDE	2734	A	2693	-8	18	55	51	
SY 5x1 RR	2918	C	2930	ABC	2194	BC	2681	1	15	-41	14	
DM 4214 STS	3048	ABC	2945	ABCD	2031	BCD	2675	-6	12	-51	19	
4X5 SYN RR	3215	A	2817	ABCD	1990	C	2674	-25	6	-46	5	
DM 40R16 STS	3221	AB	2874	AB	1909	BCD	2668	-22	11	-54	17	
NS 4955	3095	ABCDE	2338	F	2520	AB	2651	-43	15	10	7	
BioSoja 5.40 STS	2692	ABCDE	2776	ABCDE	2385	ABC	2618	5	5	-22	8	
SPS 4x4 RR	2986	ABCD	2902	AB	1916	C	2601	-5	15	-55	10	
DM 2200	2873	CD	2943	AB	1918	C	2578	4	16	-57	9	
SRM 3410	3125	ABC	2728	ABCDE	1849	CD	2567	-25	15	-49	18	
LDC 3.7	3134	ABC	2771	B	1754	BCD	2553	-23	14	-60	25	
SRM 3988	3168	ABCD	2825	ABCDE	1574	D	2522	-21	28	-70	10	
CZ 6205 B	2671	DE	2551	CDEF	2229	BC	2483	-7	3	-18	16	
DM 62R63 STS	2509	E	2520	DE	2309	ABC	2446	1	5	-12	16	
M 6210 IPRO	nss		2346	EF	2346	B	2346			0	8	
DM 67i70 IPRO	2063	F	1937	G	2384	B	2128	-13	5	28	17	
Promedio	2928		2698		2215		2603	-13	3	-25	6	

Letras distintas indican diferencias significativas para las probabilidades estimadas ($p < \alpha = 0,05$) según Test de Fisher. Variedades con celdas con color indica que superan el rendimiento medio en cada FS y el rendimiento medio de la campaña.

Tabla 3: Densidad de cosecha (pl m⁻²) y fechas de ocurrencia de R3, R5 y R7 para los cultivares en cada una de las fechas de siembra en INTA EEA Oliveros, campaña 2019-20.

Cultivar	Fechas de siembra											
	13-nov				29-nov				17-dic			
	Densidad (pl m ⁻²)	Fechas R3 - R5 - R7			Densidad (pl m ⁻²)	Fechas R3 - R5 - R7			Densidad (pl m ⁻²)	Fechas R3 - R5 - R7		
AW 5815 IPRO	30,8	5-feb	21-feb	31-mar	37,2	12-feb	26-feb	1-abr	26,9	26-feb	10-mar	19-abr
NS 5028 STS	27,6	29-ene	14-feb	16-mar	36,5	5-feb	20-feb	18-mar	32,1	16-feb	2-mar	8-abr
NA 5009 RG	29,5	29-ene	13-feb	16-mar	34,6	4-feb	20-feb	18-mar	28,2	14-feb	29-feb	6-abr
CZ 5407 IPRO	24,4	4-feb	19-feb	21-mar	28,2	9-feb	24-feb	30-mar	s/d	24-feb	8-mar	10-abr
SY 5x1 RR	33,3	27-ene	10-feb	13-mar	37,8	3-feb	18-feb	16-mar	29,5	12-feb	28-feb	5-abr
DM 4214 STS	29,5	18-ene	4-feb	9-mar	38,5	30-ene	12-feb	13-mar	28,8	8-feb	24-feb	22-mar
4X5 SYN RR	23,1	27-ene	4-feb	9-mar	35,3	29-ene	11-feb	13-mar	27,9	8-feb	24-feb	21-mar
DM 40R16 STS	23,1	18-ene	4-feb	9-mar	29,5	29-ene	11-feb	13-mar	25,6	8-feb	25-feb	28-mar
NS 4955	17,3	28-ene	10-feb	14-mar	22,4	3-feb	18-feb	17-mar	24,4	13-feb	28-feb	7-abr
BioSoja 5.40 STS	29,5	4-feb	19-feb	29-mar	30,1	10-feb	24-feb	31-mar	26,0	24-feb	9-mar	17-abr
SPS 4x4 RR	26,3	27-ene	7-feb	11-mar	29,5	31-ene	15-feb	14-mar	28,2	9-feb	26-feb	29-mar
DM 2200	24,0	11-ene	26-ene	24-feb	32,7	24-ene	3-feb	1-mar	25,6	4-feb	16-feb	11-mar
SRM 3410	29,5	17-ene	31-ene	6-mar	37,8	26-ene	6-feb	9-mar	31,4	5-feb	18-feb	15-mar
LDC 3.7	19,2	17-ene	3-feb	6-mar	22,4	27-ene	7-feb	11-mar	20,2	6-feb	22-feb	20-mar
SRM 3988	23,7	27-ene	6-feb	9-mar	26,9	31-ene	11-feb	13-mar	31,4	8-feb	24-feb	21-mar
CZ 6205 B	21,8	9-feb	26-feb	1-abr	32,1	13-feb	27-feb	7-abr	20,5	28-feb	12-mar	18-abr
DM 62R63 STS	33,3	5-feb	24-feb	7-abr	31,4	14-feb	28-feb	11-abr	25,0	28-feb	11-mar	21-abr
M 6210 IPRO	nss				22,4	18-feb	5-mar	11-abr	17,3	5-mar	s/d	20-abr
DM 67i70 RSF IPRO	25,0	13-feb	4-mar	10-abr	26,3	19-feb	5-mar	12-abr	29,5	2-mar	18-mar	22-abr

s/d= sin dato; nss: no se sembró

Con la determinación de % GV en las tres fechas de siembra evaluadas (Figura 2), se realizó un ajuste de rendimiento a partir de la aplicación de descuentos en todos aquellos cultivares que sobrepasaron la tolerancia de recibo (5%). La Tabla 4 presenta el rendimiento neto por ha con aplicación de descuento por GV, y en la misma se contrastaron los cambios en el ranking de rendimiento respecto al determinado en la Tabla 2. Los mayores descensos se produjeron en cultivares de ciclo corto (DM 4214 STS, SRM 3410, DM 40R16 STS, DM 2200) en las FS1 y 2, de noviembre, con reducciones promedio del rendimiento de 4% y máximas del 7% (≈ 220 kg/ha en DM 4214 STS) mientras que, en la FS de diciembre la rebaja media del rendimiento por GV fue del 3% y la máxima de 10% (≈ 240 kg/ha).

Cabe destacar que aquellos cultivares a los que se les aplicaron los mayores descuentos, se constituyen en mercadería de rechazo por fuera de estándar según las reglamentaciones de comercialización (GV > 10%). Sin embargo, es preciso considerar que en la práctica esto generalmente no ocurre y el comprador acepta la mercadería aplicando rebajas en peso neto que generalmente siguen la normativa oficial de 0,2% por cada % de exceso sobre el 10% de tolerancia máxima de GV.

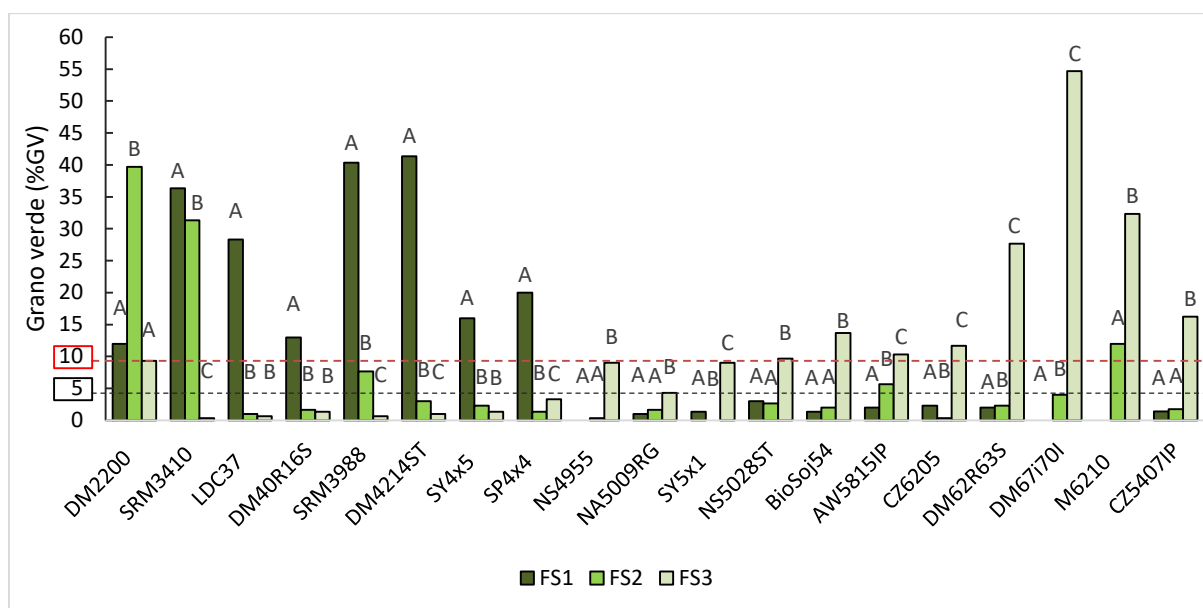


Figura 2. Presencia de Grano Verde (% GV) en las fechas de siembra del 13-nov. (FS1), 29-nov. (FS2) y 17-dic. (FS3) de la campaña 2019/20, EEA INTA Oliveros. Las líneas punteadas negras indican el 5 % de base de comercialización (---) y rojas el 10 % GV para la tolerancia de recibo (---) en la comercialización de granos. Letras distintas indican diferencias significativas entre las distintas fechas de siembra para cada cultivar ($p < 0,05$).

En la campaña 2019/20, las condiciones ambientales propiciaron la aparición de semillas verdes, superando la tolerancia de recibo para la comercialización (10% GV) en cultivares de las tres fechas de siembra (Fig. 2).

El análisis estadístico evidenció para % GV una interacción significativa entre cultivares y fecha de siembra ($p < 0.05$). Los GM cortos sembrados en la FS1 presentaron mayor % GV que los GM largos, mientras que en la FS de diciembre, los GM largos mostraron mayor % GV. En la FS1 se detectaron valores extremos en los GM 3.0 a 4.6 (36% en SRM 3410, 40% en SRM 3988 y 41 % en DM 4214 STS), con un valor medio de 26 % GV. En la FS2 sólo los cultivares DM 2200, SRM 3410 y M 6210 IPRO superaron el 10% GV, siendo importante considerar que SRM 3988 y AW 5815 IPRO superaron la base de comercialización (5% GV); por lo tanto, recibirían rebajas a razón de 0.2% del peso por cada fracción proporcional. En la FS3, los GM 5.2 a 7.2 alcanzaron en promedio un 22% GV y los máximos valores se determinaron en DM 67i70 IPRO (55 %) y M 6210 IPRO (32 %). En esta misma FS, los cultivares NS 5028 STS, BioSoja 5.40 STS, AW 5815 IPRO, CZ 6205 B, DM 62R63 STS también superaron el 10% GV, y los cultivares DM 2200, NS 4955, SY 5x1 RR alcanzaron la base de comercialización, implicando también el 0.2% de rebajas.

En tanto, los cultivares NS 4955, NA 5009 RG y SY 5x1 RR (GM 4.9 a 5.1) presentaron % GV muy reducidos e inferiores a la tolerancia de recibo en las tres FS (Figura 2).

Tabla 4: Rendimientos medios (13,5% de humedad) corregidos por aplicación de descuentos en peso neto por sobrepasar el límite de 5% de grano verde (GV) en cada FS y promedio de las 3 fechas de siembra en INTA EEA Oliveros, campaña 2019-20. Ranking de rendimiento con aplicación de descuentos por GV y comparación con el Ranking de rendimiento sin aplicación de rebajas por GV (Tabla 2).

	Rendimiento (kg/ha)				Ranking		
	Fechas de siembra						
Cultivar	13-nov	29-nov	17-dic	Promedio kg/ha	Con desc. GV	Sin desc. GV	Comparativo
AW 5815 IPRO	3165	2950	2816	2977	1	1	=
NS 5028 STS	3029	2776	2700	2835	2	2	=
NA 5009 RG	3054	2717	2464	2745	3	3	=
SY 5x1 RR	2918	2930	2176	2675	4	5	↑1
CZ 5407 IPRO	2741	2605	2672	2673	5	4	↓1
DM 40R16 STS	3170	2874	1909	2651	6	8	↑2
4X5 SYN RR	3144	2817	1990	2651	7	7	=
NS 4955	3095	2338	2500	2644	8	9	↑1
BioSoja 5.40 STS	2692	2776	2344	2604	9	10	↑1
DM 4214 STS	2827	2945	2031	2601	10	6	↓4
SPS 4x4 RR	2775	2887	1916	2526	11	11	=
LDC 3.7	2988	2771	1754	2504	12	14	↑2
DM 2200	2833	2739	1902	2491	13	12	↓1
SRM 3988	3073	2825	1574	2491	14	15	↑1
CZ 6205 B	2671	2551	2199	2474	15	16	↑1
SRM 3410	2930	2584	1849	2454	16	13	↓3
DM 62R63 STS	2490	2520	2205	2405	17	17	=
M 6210 IPRO	nss	2313	2218	2266	18	18	=
DM 67i70 IPRO	2027	1937	2148	2037	19	19	=
Promedio	2868	2677	2177	2563			

- Los rendimientos con fondo en color están por encima de la media dentro de cada FS.
- desc.= descuento
- nss= no se sembró

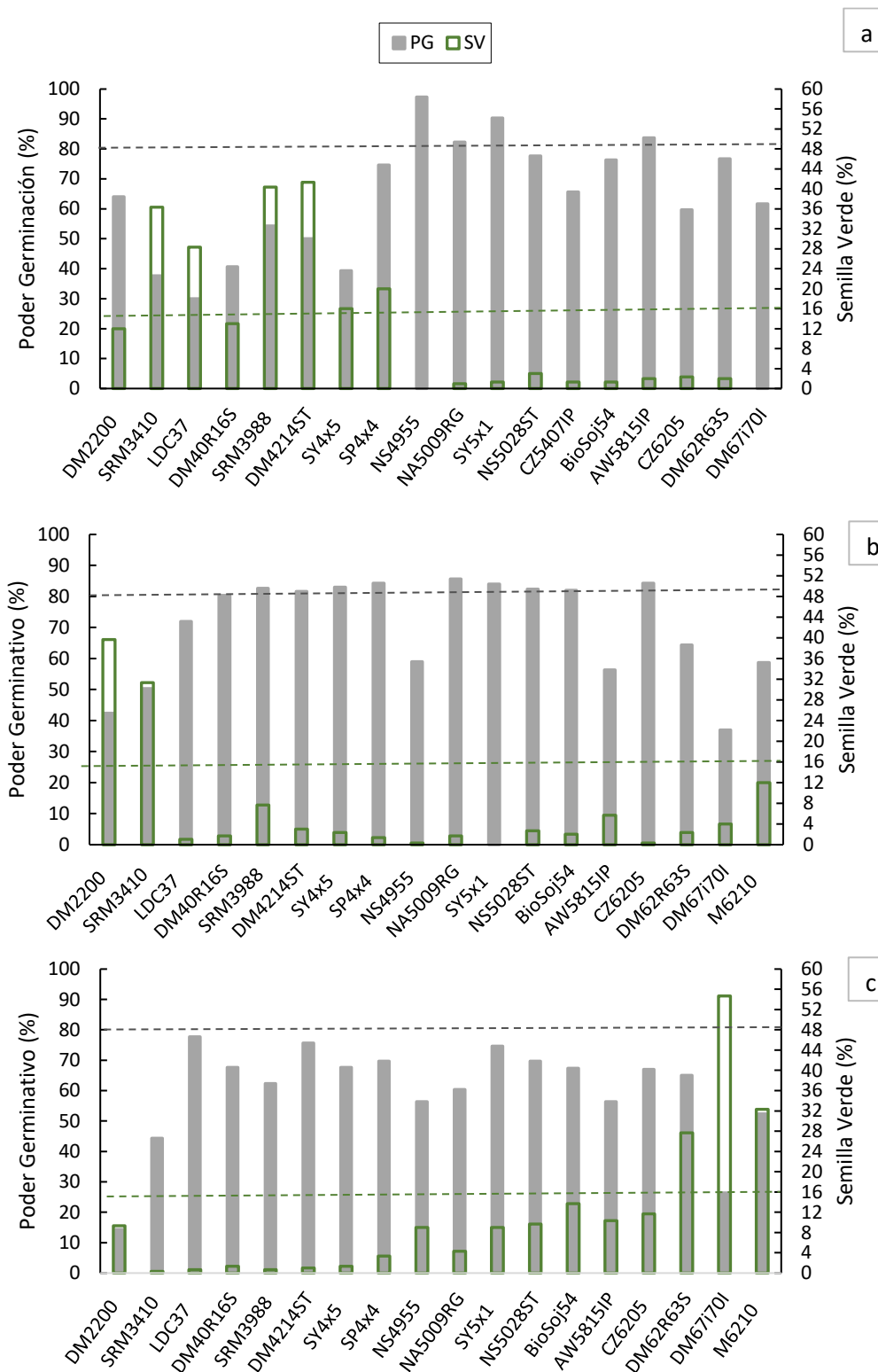


Figura 3. Poder Germinativo promedio (% PG) y presencia de Semilla Verde promedio (% SV) en las fechas de siembra del 13-nov. (a), 29-nov. (b) y 17-dic. (c) de la campaña 2019/20, EEA INTA Oliveros. Las líneas punteadas indican el 80 % PG mínimo para la comercialización de semillas (---) y el 16 % SV máximo para un potencial fisiológico aceptable como simiente (---) (Gallo, 2008).

En cuanto a la calidad fisiológica de las semillas obtenidas en la presente campaña, se observó que los GM cortos, que coincidentemente mostraron % SV superiores al 16%, se vieron severamente afectados por la condición ambiental. Los cultivares de dicho GM no alcanzaron el % PG mínimo (80 %) para la comercialización de semilla de soja a nivel nacional, que también podría tomarse como valor de referencia para la toma de decisiones. En la FS1, los GM 3.0 a 4.6 presentaron en promedio 49 % PG, los GM 4.9 a 5.1, 90 % PG y los GM 5.2 a 7.2, 72 % PG. En cuanto a los % SV, los cultivares SRM 3410, LDC 37, DM 40R16 STS, SRM 3988, DM 4214 STS, 4x5 SYNRR y SPS 4x4 RR (GM 3.2 a 4.6) superaron el 16 % SV. En esta FS, solo los cultivares NS 4955, NA 5009 RG y SY 5x1 RR alcanzaron el 80 % PG, es decir que podrían tener potencial para ser usados como simiente (Figura 3a).

En la FS2, los % PG promedio fueron inferiores a la FS1, siendo de 72 % (GM 3.0 a 4.9), 76 % (GM 4.9 a 5.1) y 66 % (GM 5.2 a 7.2). En la mencionada FS los cultivares con potencial fisiológico como simiente fueron DM 40R16 STS, SRM 3988, DM 4214 STS, 4x5 SYN RR, SPS 4x4 RR, NA 5009 RG, SY 5x1 RR, NS 5028 STS, BioSoja 5.40 STS y CZ 6205 B (Figura 3b). Sólo los cultivares DM 2200 y SRM 3410 superaron el 16 % SV y alcanzaron valores muy por debajo del estándar de germinación para simientes de soja.

Mientras tanto, en la FS3, los % PG se vieron negativamente afectados, encontrándose valores de 60 % (GM 3.0 a 4.9), 64 % (GM 4.9 a 5.1) y 58 % (GM 5.2 a 7.2). Además, se observa que todos los cultivares presentaron % PG por debajo del 80 %, no pudiendo alcanzar los valores mínimos para destinarse a la siembra (Figura 3c). Los cultivares DM 62R63 STS, DM 67i70 IPRO y M 6210 IPRO superaron ampliamente el 16 % SV, coincidiendo nuevamente con valores inferiores al 80 % PG.

Consideraciones finales

En campañas con déficit hídricos tan marcados y prolongados (sequía similar a la mediterránea) no existen prácticamente estrategias seguras para lograr un escape a la sequía que permita alcanzar rendimientos superiores a los 3000 kg/ha. Del análisis de los rendimientos medios y de las reducciones de rendimiento con el atraso de la siembra, surge que los cultivares más adecuados para ser sembrados con condiciones ambientales de restricción hídrica serían aquellos que pertenecen al GM V (5.1 a 5.7) y, más aún, si se considera la opción de siembras en suelos cuyo perfil presentará un bajo contenido de agua útil inicial.

El manejo tiene un rol decisivo en la aparición de semillas verdes de soja, dado que tanto la elección del GM como la FS determinan las condiciones a las que van a ser expuestas las semillas durante su maduración. Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con ensayos realizados durante las campañas 2004/05 a 2008/09 en la Estación Experimental Agropecuaria Rafaela del INTA. Los mismos determinaron que los cultivares de grupos de madurez cortos (GM III y GM IV), sembrados en fechas tempranas, muestran una tendencia a presentar elevados porcentajes de semillas verdes (Cencig, 2013). Esta situación determina que el momento de llenado y madurez de las semillas coincida con los meses de enero y febrero, donde existe mayor probabilidad de ocurrencia simultánea de condiciones de estrés térmico e hídrico. Sin embargo, a diferencia de lo observado por Cencig (2013), en la fecha de siembra tardía se detectaron elevados niveles de semilla verde en los cultivares de grupos de madurez largos (GM V, VI y VII).

En relación a la capacidad germinativa de los lotes con presencia de semilla verde, es necesario contar con estándares de valores máximos de tolerancia de semilla verde como

referencia para la toma de decisiones, así como los establecidos por Gallo (2008). En la campaña 2019/20, se detectaron niveles superiores al 16 % SV en GM cortos en FS de mediados de noviembre y en GM largos en FS de mediados de diciembre, los cuales coincidieron con bajos porcentajes de germinación, determinando que se descarte su uso como simiente. La presencia de semilla verde en un lote es una manifestación de las condiciones de estrés térmico e hídrico. Sin embargo, los niveles de semilla verde de los lotes no determinan su capacidad germinativa, ya que la misma se ve influenciada por diversas condiciones bióticas y abióticas durante el desarrollo y maduración de la semilla.

La relación entre el % SV y % PG no es clara, pero se detecta que los cultivares que presentaron mayores % SV tuvieron reducidos % PG, indicándose la necesidad de profundizar en esta relación. Además, se pone en evidencia que tanto la componente genética como ambiental inciden en la problemática de grano/semilla verde, siendo relevante estudiar las variables ambientales como temperatura e índices de déficit hídricos en el período R5-R7 con el objeto de estimar la predisposición a la aparición de granos/ semillas verdes en las campañas agrícolas futuras.

La selección de un cultivar o de los cultivares deberá hacerse no solo teniendo en cuenta su rendimiento potencial y estabilidad ante el cambio de fechas de siembra, sino también considerando aspectos de la calidad del grano (comercial y fisiológica), integrando dicha información para diseñar estrategias de manejo que minimicen el efecto del ambiente sobre las mismas.

Agradecimientos: A la Ing. Agr. Silvina Bacigaluppo por sus importantes aportes a la redacción y edición del artículo, y a todo el personal auxiliar que colaboró en la realización de estos ensayos y en particular a los ayudantes del Grupo de Manejo de Cultivo, Suelo y Agua y Tecnología de Semillas: Darío Cruz, Marcelo Fared, Leandro Martarello, Omar Medina, Diego Uliassi, Ramón Ynfante.

Bibliografía:

Bacigaluppo, S.; Enrico, Juan M.; Almada, G.; Capurro, J.; Condori, A.; Dickie, M.; Gentili, O.; Malmantile A.; Méndez, J.; Prieto, G.; Rosso, Y.; Sanmarti, N.; Vita Larreu, E. 2019. Evaluación en Red de Cultivares de Soja de los Grupos de Madurez III, IV y V en siembras de Primera Época en diferentes ambientes del Centro-Sur de Santa Fe – Campaña 2017/18. Para mejorar la producción N° 58: pp: 77-86. Eds. INTA EEA Oliveros.

Cámara Arbitral de Cereales (CAC) – Bolsa de Comercio de Rosario (BCR). 2019. Norma XVII de calidad para la comercialización de Soja Norma XVII - S.A.G.P.y A.151/2008. <https://www.cac.bcr.com.ar/es/arbitraje-y-calidad/normas-de-comercializacion/norma-xvii-de-calidad-para-la-comercializacion-de>

Cencig, G.F. (2013). Influencia de la temperatura en llenado de grano como factor determinante de la presencia de granos verdes en soja. Tesis de maestría. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 91 p.

Cuniberti, M., Herrero, R. y Baigorri, H. 2001. Calidad industrial, rendimiento y sanidad de la soja en la región central del país, campaña 2000/01. Aposgran 3 (74): 6-10.

Enrico, J.M.; Conde, M.B.; Martignone, R.A.; Bodrero, M.L. 2013. Soja: evaluación de la estabilidad del rendimiento según fechas de siembra. Para mejorar la Producción 50, pp: 71-78.

Gallo, C. 2008. Calidad fisiológica y efecto de la presencia de semillas verdes de soja (*Glicine max* L. Merr) en lotes destinados a simiente. Tesis de Maestría, mención en Tecnología de semillas. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela para Graduados. 134 p.

Instituto Nacional de Semillas (INASE). 1993. Tolerancias para semilla fiscalizada en identificada de cereales y oleaginosas - RESOLUCION SAGYP 2270. https://www.inase.gov.ar/index.php?option=com_remository&Itemid=102&func=download&id=562&chk=c33d0da86ab29e3f18f7a3fa5ff384c7&no_html=1

ISTA, 2018. Handbook on Seedling Evaluation. International Seed Testing Association, 159 p.

ISTA. 2020. International Rules for Seed Testing. ISBN 3-906549-38-0 P.O. BOX 308, 8303 Basserdorf, CH- Switzerland, Suiza, 300 p. <https://doi.org/10.15258/istarules.2020.F>

Martignone, R.A.; Bodrero, M.L.; Morandi, E.N.; Quijano, A. 1995. Siembra tardía en soja: Influencia sobre la fenología y el rendimiento. Compendio de trabajos presentados 1er Congreso Nacional de Soja y 2da Reunión Nac. de Oleaginosos, Pergamino. Tomo I, Cap. II p. 254 - 261.

Pádua, G.P., França-Neto, J.B., Carvalho, M.L.M., Costa, O., Krzyzanowski, F.C., y Costa, N.P. 2007. Tolerance level of green seed in soybean seed lots after storage. Revista Brasileira de Sementes, 29(3), 128-138.

SAS Institute Inc. (2018). SAS University edition virtual application. Cary, NC, USA. Retrieved from http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html