

TRATAMIENTO PROFESIONAL DE SEMILLAS (TPS) ANTICIPADO EN SOJA (*GLYCINE MAX* (L.) MERR.) CON CURASEMILLAS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS. EFECTOS SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA

Bluma, R. V.¹, Arango Perearnau, M. R.², Scandiani, M.³, Gonzalez L.⁴

¹Laboratorio PAMPA SAS. Justiniano Posse. Cba, Argentina.

²INTA EEA Oliveros, Ruta Nac 11 Km 353. Oliveros, Santa FE, Argentina.

³Laboratorio Evagen, San Pedro, Bs. As, Argentina.

⁴Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela para Graduados. Cba. Argentina

laboratoriopampa@nodosud.com.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tratamientos profesionales de semilla (TPS) realizados de manera anticipada a la siembra, sobre la calidad fisiológica de las semillas de soja. Dos lotes de semillas de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), fueron sometidos a distintos TPS: **(TPS1)**: semillas sin tratamiento control; **(TPS2)**: a base de curasemillas químicos, **(TPS3)**: a base de curasemillas biológicos y **(TPS4)**: TPS a base de la mezcla de ambos. Se estudió el efecto de los tratamientos y del tiempo de almacenamiento post TPS sobre la calidad fisiológica de las semillas de soja mediante distintas variables: Primer conteo, Prueba de Germinación y vigor por la Prueba de frío modificada. La aplicación de TPS con curasemillas de diferentes composiciones no afectó la calidad fisiológica de los lotes de semillas analizados. Las variables de calidad fisiológica estudiadas se mantuvieron estables y/o en valores aptos para la siembra por un periodo superior a los 60 días posteriores a su aplicación. De las tres variables de calidad fisiológica analizadas, el vigor demostró ser el primer atributo de calidad en sufrir reducciones en los porcentajes de plantas normales. La aplicación de tratamientos profesionales de semillas podría ser llevado a cabo de manera anticipada sobre los lotes de semillas y ser almacenados en las unidades de beneficio por períodos seguros de entre 60 y 100 días hasta su distribución final para la siembra.

Palabras clave: unidades de beneficio, almacenamiento, vigor.

INTRODUCCIÓN

El Tratamiento Profesional de Semilla (TPS) es la aplicación industrial de forma controlada y regulada de ingredientes activos químicos, organismos biológicos y/o nutrientes sobre las semillas (Asociación de Semilleros Argentinos – *Seed Association of America* [ASA – SAA], 2020; Silva et al., 2019). Los TPS simplifican considerablemente las tareas del productor favoreciendo una siembra más dinámica y organizada, garantizando la utilización de las dosis adecuadas de terapicos, con recubrimientos homogéneos y dosificaciones uniformes además de evitar la manipulación de químicos por el personal (Illa et al., 2014; *International Seed Federation* [ISF], 2007). Desde las unidades de beneficio, los TPS pueden ser un medio para aumentar sustancialmente el valor agregado de las semillas, como así también mejorar su desempeño y la futura productividad a campo. Por otro lado, el tratamiento anticipado y su posterior almacenamiento les permite a las unidades de beneficio

operar con una mayor eficiencia, sin disminuir la calidad final de las semillas (Piccinin et al., 2013). De esta manera, se obtiene una semilla de calidad superior, donde se potencia la genética aplicada, el control de patógenos, como así también, el éxito de implantación (Silva et al., 2019).

El tratamiento de semillas de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) con productos químicos está ampliamente difundido en Argentina. Siendo la aplicación a campo, previo a la siembra, el método comúnmente empleado por los productores. Sin embargo, esta práctica suele ser rudimentaria y poco precisa. Si bien el TPS es una herramienta que se muestra como facilitadora de la siembra de soja y pese a contar con tecnologías superadoras a las prácticas actuales, no termina de difundirse plenamente para la siembra de soja.

Por otra parte, durante muchos años se han utilizado con éxito productos de síntesis química para el tratamiento de semillas. La tendencia mundial a disminuir su uso, apunta hacia el uso de productos biológicos, los cuales son más

seguros para la salud del hombre y el medio ambiente. (Sanchez Santos et al., 2021). El género fúngico *Trichoderma* spp. está ampliamente estudiado como posible agente de biocontrol por su habilidad de antagonizar con hongos fitopatógenos en condiciones naturales (Singh et al., 2014; Xiao et al., 2023). Estas especies fúngicas son de rápido crecimiento y fácil adaptación a distintas condiciones ambientales. Presenta varios mecanismos de biocontrol: micoparasitismo, competencia por espacio y nutrientes, producción de metabolitos secundarios, sideróforos, antibióticos y enzimas (Marra et al 2019; Singh et al., 2014). Es así que la combinación de los mecanismos de competencia que presentan estas especies limita el riesgo de aparición de microorganismos patógenos resistentes. *Trichoderma harzianum* es una de las especies más frecuentemente usadas en el control de enfermedades de plantas (Meher et al., 2020). Esta especie ha sido usada en más de 20 productos comerciales en todo el mundo con efectividad para inhibir el crecimiento de *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Botrytis* entre otros fitopatógenos como así también para promover el crecimiento de cultivos (Woo et al., 2014; Xiao et al., 2023). Por consiguiente, las especies del género *Trichoderma* se posicionan como candidatas adecuadas para utilizarlas como biocontroladores y estimulantes de la productividad en soja (Crovo y Clemente, 2015; Marra et al., 2019, Xiao et al., 2023).

Aunque el actual movimiento hacia la sustentabilidad agrícola se ha impuesto en todo el mundo, el uso de agroquímicos seguirá siendo la realidad de la mayoría de los agricultores. La agricultura continuará demandando productos de origen químico para controlar enfermedades (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019). Es por ello que actualmente se apunta a lograr el reemplazo parcial y paulatino de los productos de origen químico con productos biológicos (Arora, 2018; Arora et al., 2019; Sanchez Santos et al., 2021).

En base a la función mencionada, se plantea evaluar el efecto que genera la anticipación de TPS en semillas de soja, con productos químicos, biológicos y la mezcla de ambos, sobre la calidad fisiológica de estas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

El material biológico utilizado fueron dos lotes de semillas L1 y L2 de la especie *Glycine max* (L.) Merr., variedad DM46R18. Ambos lotes fueron provistos por el semillero multiplicador "La Josefa" de la Cooperativa Agropecuaria Unión, ubicada en la localidad de Monte Buey, provincia de Córdoba cuya localización es: (32°55'20.5"S

62°25'23.4"W). La procedencia de ambos materiales es del mismo establecimiento, campaña 2020 – 2021.

Tratamiento profesional de semillas (TPS)

Ambos lotes de semillas recibieron los siguientes tratamientos en la unidad de beneficio:

Tratamiento 1 (TPS1): corresponde a semillas sin tratamiento que se consideran como el testigo absoluto.

Tratamiento 2 (TPS2): corresponde a semillas tratadas con curasemillas químico de nombre comercial Maxim RFC, SYNGENTA AGRO S.A/ RIZOBACTER, cuya formulación es: fludioxonil: 4-(2,2-difluoro-1,3-benzodioxol-4-yl)-1H-pirrol-3-carbonitrilo 2,5%, metalaxyl-M: N-(2,6-dimetilfenil)-N-(2'-metoxi acetil)-D-alanina metil ester) 3,75%. Se aplicó una dosis de: 100 cm³/100 kg de semillas + Bacterias fijadoras de N, *Bradyrhizobium* sp. cuyo nombre comercial es Rizoliq LLI, de la empresa RIZOBACTER a una dosis de 125 cm³/50 kg de semillas.

Tratamiento 3 (TPS3): corresponde a semillas a las cuales se le aplicó el curasemillas biológico a base de *Trichoderma harzianum* cuyo nombre comercial es Rizoderma, de la empresa RIZOBACTER, en una dosis de 100 cm³/100 kg de semillas + bacterias fijadoras de N, *Bradyrhizobium* sp. (Rizoliq LLI, de la empresa RIZOBACTER), a una dosis: 125 cm³/50 Kg de semillas.

Tratamiento 4 (TPS4): corresponde a semillas que recibieron una mezcla de curasemillas químico y biológico. Maxim RFC (dosis= 100 cm³/100 kg de semilla) + Rizoderma (100 cm³/100 kg de semillas) + Rizoliq LLI (125 cm³/50 Kg de semilla).

Los tratamientos descriptos se aplicaron a muestras representativas de ambos lotes de semillas. Para cada tratamiento se utilizó una cantidad de 200 kg de semillas. Las muestras se trataron utilizando una máquina para el curado de semillas marca Metalúrgica Echegaray y construcciones, modelo MTS-3 Tn, con una capacidad de tratamiento de 3.000 Kg/hora. Cada tratamiento se almacenó en bolsas de 50 kg y fueron conservados dentro de la unidad de beneficio de la empresa. Para analizar la evolución de la calidad fisiológica de las semillas tratadas durante el almacenamiento se realizaron muestreos periódicos, según la metodología propuesta por ISTA (2021), luego de recibir los TPS y a los 15, 30, 45, 60, 105, 161 y 193 días posteriores a su aplicación.

Análisis de Primer conteo (PC) y Prueba de Germinación (PG)

Para los análisis de Primer conteo (PC) y de Germinación (PG), de cada lote y de los tratamientos se utilizó la metodología propuesta por las Reglas ISTA (2021). Se utilizaron 4 repeticiones de 100 semillas puras. Las

semillas se sembraron en sustrato arena, en bandejas plásticas de 26 x 19 x 5 cm. Las bandejas sembradas se cubrieron con bolsas plásticas para evitar pérdidas de humedad del sustrato. Las condiciones de germinación fueron: 25°C constante con fotoperiodo de 16 h con oscuridad y 8 h con luz (ISTA, 2021). El Primer conteo se realizó a los 5 días de la siembra y el conteo final para determinar Germinación a los 8 días de estadía en la cámara. Se evaluó el porcentaje de plántulas normales, anormales y semillas frescas, duras y muertas según los criterios descritos para la especie en el Manual de Evaluación de Plántulas ISTA (2018).

Análisis de Vigor por Prueba de Frío modificada (PFM)

Se realizó la metodología propuesta por Craviotto y Arango, (2009). De cada tratamiento, se sembraron cuatro repeticiones de 50 semillas cada una, en sustrato arena pre enfriada a 10°C durante 24 horas y con alto contenido de humedad (75% de la capacidad de retención del sustrato). Las bandejas con el sustrato arena húmeda en su interior se colocaron en la cámara fría durante 24 horas previas a la siembra, para que el sustrato adquiriera la temperatura de la prueba. Las bandejas una vez sembradas se colocaron en la cámara fría a 10° ± 1°C durante siete días. Luego del período de estrés, las bandejas se transfirieron a una cámara de germinación a 25°C durante otros siete días, siguiendo las condiciones de germinación descriptas. Los resultados se expresaron en porcentaje de plántulas normales, anormales, semillas duras, frescas y muertas según los criterios descritos

para la especie en el Manual de Evaluación de Plántulas ISTA (2018).

Evaluación estadística de los datos

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete de software Infostat (Di Rienzo et al., 2011). El efecto de los distintos TPS aplicados a las semillas de soja y de los tiempos de almacenamiento pos-tratamiento sobre los parámetros de calidad fisiológica estudiados (PC, PG, PFM) se evaluarón mediante un análisis de varianza (ANAVA). Las medias ± errores estándar (EE) se calcularon para cada variable en estudio, y los resultados fueron aceptados como significativos a P <0.05.

RESULTADOS

Las **Tablas 1 y 2** muestran los valores promedio de plántulas normales (expresados en %) y sus correspondientes errores estándar (EE) obtenidos en el PC de la Prueba de Germinación realizadas a distintos tiempos, luego de la aplicación de los diferentes tratamientos TPS (T1, T2, T3, T4) sobre semillas del Lote 1 (L1) y Lote 2 (L2) respectivamente.

Para el L1, se observó que tanto el tiempo de almacenamiento de las semillas tratadas con TPS como los diferentes curasemillas utilizados, químicos, biológicos y la mezcla de ambos, no influyeron significativamente en los porcentajes obtenidos de plántulas normales (P=0.1290 y P=0.3278 respectivamente). Estos valores promedios mostraron un rango de 79 a 87% para todos los tratamientos y tiempos analizados.

Tabla 1. Valores promedio de plántulas normales (expresados en %) obtenidos en el PC de la Prueba de Germinación realizadas a distintos tiempos luego de la aplicación de los TPS sobre semillas de Lote 1.

Tiempo (días)	Plántulas Normales (%)							
	T1		T2		T3		T4	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
0	83	0,6 (a)	80	1,7 (a)	80	1,4 (a)	82	0,8 (a)
15	80	0,8 (a)	85	1,9 (a)	82	2,5 (a)	84	2,5 (a)
30	82	1,9 (a)	80	0,6 (a)	81	2,1 (a)	83	1,0 (a)
45	86	2,0 (a)	81	1,7 (a)	85	1,7 (a)	83	1,0 (a)
63	83	1,3 (a)	85	1,3 (a)	87	1,0 (a)	86	2,9 (a)
105	80	0,8 (a)	82	1,8 (a)	81	1,0 (a)	85	1,7 (a)
161	84	1,4 (a)	81	1,7 (a)	79	1,1 (a)	83	1,0 (a)
193	84	2,1 (a)	82	2,4 (a)	81	1,9 (a)	83	2,1 (a)

Los datos que presentan la misma letra no son significativamente diferentes (p< 0.05) según test DGC.

E.E: Error Estándar. TPS: T1: Control sin tratar, T2: TPS con Maxim RFC como fungicida, T3: TPS con Rizoderma como fungicida, T4: TPS con Maxim RFC + Rizoderma.

Tabla 2. Valores promedio de plántulas normales (expresados en %) obtenidos en el PC de la Prueba de Germinación realizadas a distintos tiempos luego de la aplicación de los TPS sobre semillas de Lote 2.

Tiempo (días)	Plántulas Normales (%)																			
	TPS				T1				T2				T3				T4			
	Media	E.E.			Media	E.E.			Media	E.E.			Media	E.E.			Media	E.E.		
0	86	2,2	(a)		79	2,0	(b)		85	1,3	(a)		83	1,9	(a)					
15	85	2,5	(a)		79	1,3	(b)		87	1,3	(a)		81	2,2	(a)					
30	84	2,5	(a)		81	1,4	(b)		86	2,4	(a)		82	0,8	(a)					
45	89	1,7	(a)		85	2,1	(a)		88	0,8	(a)		84	1,3	(a)					
63	91	1,3	(a)		83	2,5	(a)		87	1,0	(a)		84	1,3	(a)					
105	88	1,0	(a)		86	0,4	(a)		86	2,2	(a)		85	0,9	(a)					
161	85	2,1	(a)		86	1,0	(a)		84	1,5	(a)		85	1,7	(a)					
193	81	2,2	(b)		78	3,2	(b)		78	2,8	(b)		83	1,6	(a)					

Los datos que presentan la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según test DGC.

E.E: Error Estándar. TPS: T1: Control sin tratar, T2: TPS con Maxim RFC como fungicida, T3: TPS con Rizoderma como fungicida, T4: TPS con Maxim RFC + Rizoderma.

Mientras que, el análisis estadístico aplicado a los PC de L2 pudo determinar que hay diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,0001$) para los tiempos y tratamientos estudiados. En L2, se observó una reducción significativa en el porcentaje de plántulas normales en el PC de la Prueba de Germinación a los 193 días posteriores a la aplicación de los TPS. Para este lote de semillas, los valores observados se mantuvieron, en un rango de valores de 81% a 91%, desde el momento de la aplicación de los TPS hasta los 161 días posteriores al mismo para los tratamientos T1, T3 y T4. En contraste, los porcentajes de plántulas normales obtenidos para T2 mostraron valores menores al resto de los tratamientos para los tres primeros tiempos posteriores al inicio del ensayo y a los 193 días.

Para la segunda variable de calidad fisiológica medida por medio de la Prueba de Germinación, PG, el

comportamiento presentado por ambos lotes de semillas fue similar al observado para el PC.

En las **Tablas 3 y 4** se muestran los valores promedio de plántulas normales (expresados en %) y sus correspondientes errores estándar (EE) obtenidos en la Prueba de Germinación realizadas a distintos tiempos, luego de la aplicación de los diferentes tratamientos TPS sobre semillas del L1 y L2.

Los valores promedios de plántulas normales no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0.0801$) para L1 y ($P = 0.1161$) para L2. Mientras que existieron diferencias significativas entre diferentes tiempos de almacenamiento posteriores a los TPS ($P < 0.0001$) para ambos lotes de semillas estudiados. Siendo los últimos tiempos analizados, 161 y 193 días, aquellos donde se registraron valores significativamente menores en PG.

Tabla 3. Valores promedio de plántulas normales (expresados en %) obtenidos la Prueba de Germinación realizadas a distintos tiempos luego de la aplicación de los TPS sobre semillas de Lote 1.

Tiempo (días)	Plántulas Normales (%)																			
	TPS				T1				T2				T3				T4			
	Media	E.E.			Media	E.E.			Media	E.E.			Media	E.E.			Media	E.E.		
0	90	1,7	(a)		91	2,5	(a)		92	2,6	(a)		93	1,7	(a)					
15	91	1,5	(a)		91	1,0	(a)		94	1,3	(a)		94	1,4	(a)					
30	96	1,0	(a)		90	1,8	(a)		95	1,0	(a)		96	1,7	(a)					
45	88	1,7	(b)		91	1,3	(a)		92	1,8	(a)		91	1,7	(a)					
63	93	1,3	(a)		95	1,7	(a)		93	1,3	(a)		94	1,4	(a)					
105	95	2,4	(a)		93	1,3	(a)		91	1,0	(a)		97	1,3	(a)					
161	95	1,3	(a)		93	1,3	(a)		88	2,2	(b)		93	1,5	(a)					
193	87	2,5	(b)		87	0,6	(b)		85	1,9	(b)		88	1,4	(b)					

Los datos que presentan la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según test DGC.

E.E: Error Estándar. TPS: T1: Control sin tratar, T2: TPS con Maxim RFC como fungicida, T3: TPS con Rizoderma como fungicida, T4: TPS con Maxim RFC + Rizoderma.

Tabla 4. Valores promedio de plántulas normales (expresados en %) obtenidos la Prueba de Germinación realizadas a distintos tiempos luego de la aplicación de los TPS sobre semillas de Lote 2.

Tiempo (días)	Plántulas Normales (%)																			
	TPS				T1				T2				T3				T4			
	Media	E.E.			Media	E.E.			Media	E.E.			Media	E.E.			Media	E.E.		
0	93	1,7	(a)		96	0,8	(a)		95	1,5	(a)		96	0,5	(a)					
15	90	1,4	(a)		88	0,8	(a)		94	1,8	(a)		88	3,6	(a)					
30	91	1,9	(a)		91	2,5	(a)		96	1,6	(a)		91	2,1	(a)					
45	95	1,7	(a)		93	1,0	(a)		94	0,8	(a)		94	1,7	(a)					
63	97	0,6	(a)		96	2,3	(a)		94	2,0	(a)		95	1,9	(a)					
105	93	1,9	(a)		89	1,0	(a)		91	1,0	(a)		90	1,0	(a)					
161	89	1,9	(a)		91	1,3	(a)		90	1,3	(a)		89	0,6	(a)					
193	90	1,0	(a)		83	2,4	(b)		85	2,6	(b)		83	1,1	(b)					

Los datos que presentan la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según test DGC.

E.E: Error Estándar. TPS: T1: Control sin tratar, T2: TPS con Maxim RFC como fungicida, T3: TPS con Rizoderma como fungicida, T4: TPS con Maxim RFC + Rizoderm

En L1, los porcentajes de plántulas normales se mantuvieron en valores dentro de un rango de 90 a 97% para todos los TPS analizados hasta los 161 días de almacenamiento. Solo el tratamiento T3 mostro una reducción significativa del PG a este tiempo. Mientras que a los 193 días de almacenamiento, los valores promedios registrados mostraron una caída significativa tanto en las semillas testigos sin tratar (T1) como en aquellas que recibieron TPS químico, biológico y la mezcla de ambos. Tales disminuciones fueron de 6.5% para el TPS T1, 6% para las semillas tratadas con TPS T2, 7.6% para el TPS T3 y 6.4% para el TPS T4 respecto de los tiempos que no mostraron diferencias significativas.

En L2, los valores de PG se mantuvieron en un rango de 88 a 97%, para todos los TPS analizados hasta los 161 días de almacenamiento. Este lote también registró bajas significativas en los valores de PG a los 193 días. Las disminuciones se observaron para los tres TPS estudiados, mientras que las semillas sin tratar del testigo (T1) no registraron cambios significativos. Esta reducción en los valores promedios de PG fue de 9.8% para TPS T 2, 8.6 % para el TPS T3 y 9.8 % para el TPS T4 respecto de los recuentos sin diferencias significativas.

El vigor por Prueba de Frío (PFM) mostró ser la variable de calidad fisiológica más susceptible en relación al periodo de almacenamiento de semillas posterior a la aplicación de los TPS. El análisis estadístico aplicado pudo determinar que hay diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,0001$) para los tiempos y tratamientos estudiados. La **Figuras 1 y 2** muestran la evolución de porcentaje de plántulas normales en los distintos TPS y tiempos de almacenamientos para L1 y L2 respectivamente.

La reducción en los recuentos de plántulas normales comenzó a manifestarse con posterioridad a los 105 días

para L1, mientras que para L2, comenzaron a registrarse a partir del primer tiempo analizado en aquellos TPS que contenían curasemillas químicos y luego de 45 días de almacenamiento para el TPS a base de curasemilla biológico.

L1 mostró reducciones significativas en los porcentajes de plántulas normales a los 161 días para los 3 TPS estudiados. Mientras que, para las semillas sin tratar este comportamiento comenzó posterior a 193 días. Estas reducciones en los valores observados fueron del 5% para el control sin tratar, 9% para T2, 12% para T3, y 10% para T4. Para este lote de semillas, el tratamiento de TPS con curasemillas químico (T2) mostró una tendencia en caída de vigor más marcada y progresiva cuando se lo comparó con los TPS restantes, aunque este comportamiento no mostró diferencias estadísticamente significativas sino hasta los 161 días.

Por otra parte, L2 tuvo un comportamiento más susceptible frente al análisis de vigor por PFM. Las reducciones en sus recuentos se mostraron más marcadas y precoces que para L1. Las semillas con TPS a base de curasemillas químico (T2 y T4) comenzaron a registrar reducciones significativas de vigor posterior a la aplicación de los TPS, siendo estas más marcadas a partir de los 63 días para T2 y a los 105 días de almacenaje para T4. Mientras que aquellas semillas tratadas con Rizoderma la reducción de vigor estadísticamente significativa se observó a partir de los 45 días, intensificándose en el último tiempo de analizado.

DISCUSIÓN

La aplicación de TPS en semillas de soja realizada con antelación a las fechas de siembra, propone una solución a la organización y logística de las unidades de beneficio.

Evitando problemas al momento de mayor demanda de retiro y traslado de semillas. En la actualidad, la aplicación de curasemillas a campo y previo a la siembra es el método comúnmente empleado por los productores, siendo una práctica rudimentaria y poco precisa. Como consecuencia conduce a un uso poco eficiente de los mismos (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes

[CASAFE], 2019; Scandiani y Luque, 2009). Por otro lado, las empresas productoras de semilla concentran la operación de tratamiento semanas antes de su comercialización por temer efectos negativos de los productos utilizados sobre la calidad fisiológica de la semilla (Trafane et al., 2017).

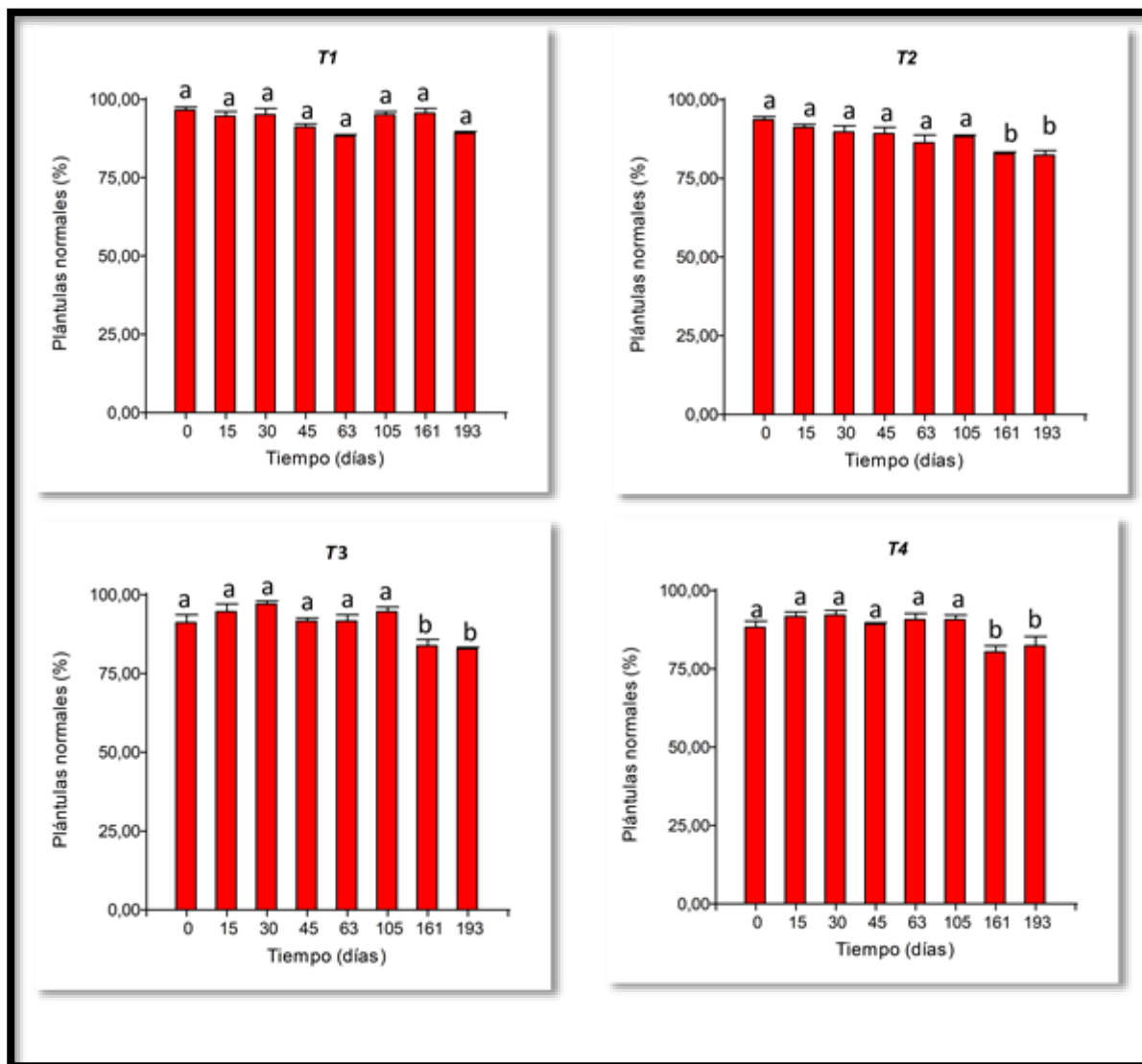


Figura 1 Porcentaje de plántulas normales obtenidas en la Prueba de Frio modificada realizadas a distintos tiempos luego de la aplicación de los TPS sobre semillas de Lote 1.

(Los datos que presentan la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según test DGC. TPS: T1: Control sin tratar, T2: TPS con Maxim RFC como fungicida, T3: TPS con Rizoderma como fungicida, T4: TPS Maxim RFC + Rizoderma).

Sería ventajoso para la logística de las empresas multiplicadoras de semillas de soja que la aplicación de TPS pudiera concentrarse en las unidades de beneficio como así también realizarse anticipadamente a los momentos de mayor demanda. Sin embargo, es necesario conocer el efecto de los productos utilizados sobre la calidad fisiológica de las semillas en el transcurso del período de almacenamiento (Dan et al., 2010).

Conforme aumenta la percepción del valor de la semilla y la importancia de proteger y/o mejorar su desempeño,

crece en el mercado la disponibilidad de productos para el tratamiento de semillas con diferentes finalidades como protección o nutrición, mejorando su desempeño en los aspectos fisiológicos y económicos (Avelar et al., 2011). Esta evolución ha llevado al desarrollo de nuevos productos con mayor eficacia biológica y nuevos modos de acción, confiriendo protección a las semillas de soja con menor compromiso de la salud humana y del medioambiente (Campos Leite, 1996). El tratamiento de semillas con agentes de control biológico se encuentra

ampliamente explorado como una posible alternativa al uso de fungicidas sintéticos. (Xiao et al., 2023). El recubrimiento de semillas con estos agentes de biocontrol surgió como una alternativa al control de enfermedades.

La aplicación de suspensiones de esporas o preparados secos han sido usados para cubrir las semillas formando una capa de conidios en la superficie de las mismas (Sinh et al., 2014).

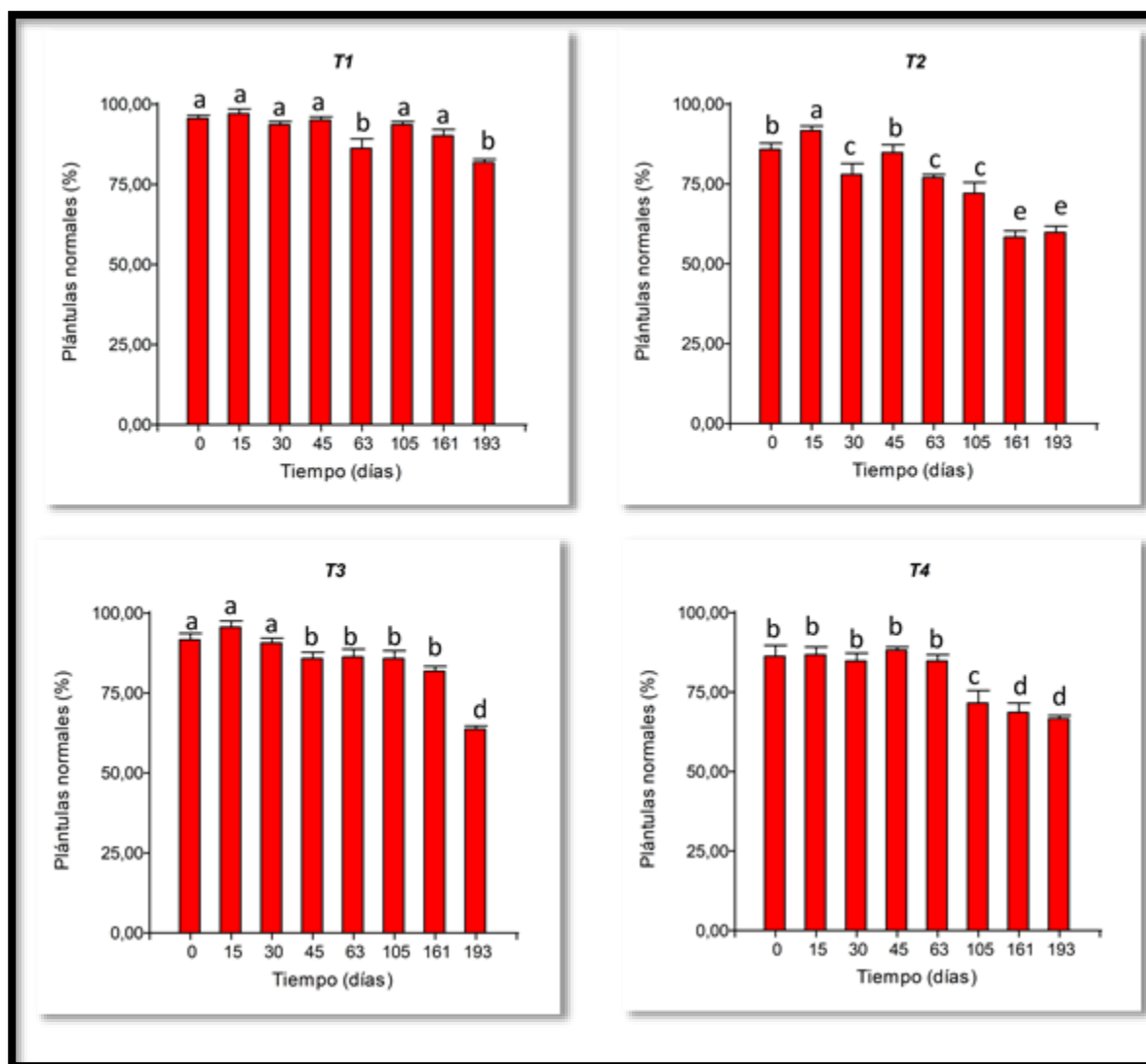


Figura 2. Porcentaje de plántulas normales obtenidas en la Prueba de Frio modificada realizadas a distintos tiempos luego de la aplicación de los TPS sobre semillas de Lote 2.

(Los datos que presentan la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según test DGC. TPS: T1: Control sin tratar, T2: TPS con Maxim RFC como fungicida, T3: TPS con Rizoderma como fungicida, T4: TPS Maxim RFC + Rizoderma).

En este trabajo se pudo observar para ambos lotes de semillas estudiados que dos de las variables de calidad, PC y PG, permanecieron estables en sus valores por un periodo superior a 161 días de almacenamiento posteriores a recibir los TPS Mientras que, para el vigor medido por la Prueba de Frio modificada, la reducción en los porcentajes de plántulas normales comenzó a descender antes que el PC y PG.

Existen trabajos que demuestran que los tratamientos anticipados con fungicidas no causan alteraciones en la calidad de semillas de soja (Goulart et al., 1999; Singh et al., 1988; Trafane et al., 2017; Zorato y Henning, 2001). Mientras que, autores como Brzezinski et al. (2015) y

Mantovanelli et al. (1995) no evidenciaron respuesta satisfactoria en sus estudios.

Benkenstein (2009) demostró que no hubo influencia negativa de los tratamientos de semillas sobre el porcentaje de germinación durante 93 días de almacenamiento posterior a la aplicación de los TPS en aquellos lotes de semillas de calidad inicial alta. Mientras que, en lotes de semillas de baja calidad inicial, el porcentaje de germinación se mantuvo durante 65 días por encima de 80% (porcentaje mínimo requerido para su comercialización como semillas), posterior a dicho periodo se observó una rápida caída de los porcentajes de germinación. En cuanto al vigor de semillas de alta y baja calidad se observaron mayores reducciones, siendo el

tratamiento a base de fungicidas + imidacloprid el que presento mayores mermas. Este autor recomienda ordenar el tratamiento de semillas según calidad fisiológica inicial y periodo de antelación, realizando primero el tratado de semillas de alta calidad fisiológica inicial, las cuales pueden conservar mayor tiempo su calidad y por último realizar el tratamiento cerca a la fecha de siembra en semillas de baja calidad inicial.

El deterioro de las semillas es un evento progresivo e irreversible que no puede ser evitado, solamente retardado. El primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro en las semillas es el vigor, seguido de la reducción de la germinación o de la producción de plántulas normales y finalmente de la muerte de las semillas. (Dall'Orso et al., 2012). Es por ello que esta variable podría ser utilizada como un indicador precoz de deterioro en semillas con TPS, marcando el tiempo máximo de almacenamiento de estas.

La semilla de soja es particularmente sensible al deterioro debido a factores predisponentes como la profusa exposición del embrión, condición morfológica que la hace más susceptible a daños, principalmente mecánicos, durante el procesamiento (Craviotto & Arango, 2009). Estos factores inducen a un deterioro acelerado, particularmente cuando no se aplican buenas prácticas en el manejo de la producción, cosecha, procesamiento y almacenamiento (Craviotto & Arango, 2009). Goulart et al., (1999) observaron una progresiva pérdida de los atributos de calidad fisiológica a medida que las semillas pasaban más tiempo almacenadas, resaltando que este fenómeno fue indistintamente observado tanto para las semillas tratadas como en aquellas que no recibieron tratamiento. Esto indicaría que el tratamiento de las semillas con determinados fungicidas no afecta la calidad de las semillas durante el período de almacenamiento y que, por el contrario, puede promover una mejor conservación de las mismas.

En contraposición, varios investigadores indican que la pérdida de calidad de semillas tratadas con TPS y almacenadas puede deberse a un posible efecto fitotóxico de los productos utilizados (Brzezinski et al., 2015; Ferreira et al., 2016; Pereira et al., 2018). Sin embargo, Santos et al. (2018) plantea que estos posibles efectos sobre la calidad fisiológica de las semillas no solo deben ser atribuidos a posibles efectos fitotóxicos de los ingredientes activos utilizados en los TPS sino que la conservación de los lotes de semillas, dependiendo también de factores tales como el vigor inicial de las semillas, la sensibilidad del cultivar, el grado de daño mecánico recibido durante el procesamiento como así también el volumen de solución utilizado para la realización de estos tratamientos anticipados.

Como conclusión en este trabajo podemos decir que la aplicación los TPS podrían ser llevado a cabo de manera

anticipada sobre los lotes de semillas de soja y ser almacenados en las unidades de beneficio por períodos seguros de entre 60 y 100 días hasta su distribución final para la siembra. Es necesario tener conocimiento de la calidad inicial de cada lote a tratar como así también monitorearla durante el tiempo que estas se encuentren almacenadas, siendo el vigor el atributo de calidad que podría ser utilizada como un indicador precoz de deterioro en semillas con TPS, marcando el tiempo máximo de almacenamiento de estas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arora, N.K. (2018). Agricultural sustainability and food security. *Environmental Sustainability*, 1, 217–219.
- Arora, N.K., Fatima, T., Mishra, I. & Verma, S. (2019). Microbe-based Inoculants: Role in Next Green Revolution. In J.B. Metzler. (Ed.), *Environmental Concerns and Sustainable Development* (191–246). Springer Singapore.
- Asociación de Semilleros Argentinos [ASA] – Seed Association of America [SAA]. (2020). http://www.asa.org.ar/wpcontent/uploads/2020/09/GUIA_PARA_LA_GESTION_RESPNSABLE_DEL_TRATAMIENTO_DE_SEMILLAS_-_FINAL_WORD.pdf
- Benkenstein, L. O. (2009). Evaluación del tratamiento anticipado con curasemillas insecticidas y su efecto en la calidad fisiológica de semillas de soja (*Glycine max*). Itapua.
- Brzezinski, C., Henning, A., Abati, J., Henning, F., de Barros Franca-Neto, J., Krzyzanowski, J., & Zucareli, C. (2015). Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. *Journal of Seed Science*, 37(2), 147-153.
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes [CASAFE]. (2019). La importancia del curado de semillas con fungicidas. <https://www.casafe.org/la-importancia-del-curado-de-semillas-con-fungicidas>.
- Craviotto, R. M. y Arango, M. R. (2009). Evaluando calidad en simientes de maíz: La Prueba de Frío. *Análisis de Semillas* 3 (11), 61-62.
- Craviotto, R. M. y Arango, M. R. (2009). Problemática de calidad en simiente de soja. *Análisis de Semillas* 3 (11), 64-65.
- Crovo, V. & Clemente, G.E. (2015). Eficacia de fungicidas de síntesis y biológicos en base a *Trichoderma harzianum* para controlar patógenos de semillas de soja. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 14 (2), 1-13.
- Dall'Orso, J. D., Formento, A. N., A., Ruberti, D., Bonetto, M., Medicina, C., & Scandiani, M. (2012). Análisis de Semillas. 6(22), 88-92.
- Dan, LGDM, Dan, HDA, Barroso, ALDL y Braccini, ADL (2010). Calidad fisiológica de semillas de soja tratadas

- con insecticidas bajo el efecto del almacenamiento. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(2), 131-139.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y Robledo, Y. C. (2011). InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Ferreira, T. F., Oliveira, J. A., Carvalho, R. A. D., Resende, L. S., Lopes, C. G. M., & Ferreira, V. D. F. (2016). Quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. *Journal of Seed Science*, 38, 278-286.
- Goulart, A. C.P., Fialho, W., & Fujino, M. (1999). Viabilidade técnica do tratamento de sementes de soja com fungicidas antes do armazenamento. *Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa* 2. ISSN 1517-0322.
- Illa, C., Novo, R., Kopp, S., Olivo, A., Gonzalez Montañón, E. y Perez, M.A. (2014). "Evaluación en laboratorio y campo de diferentes tratamientos profesionales aplicados en semillas de maní". en XXIX Jornada Nacional del Maní, General Cabrera, Córdoba, Argentina. <http://www.ciacabrera.com.ar/docs/JORNADA%2029/23.pdf>.
- International Seed Federation [ISF] CropLife. (2007) Tratamiento de semillas. Una herramienta para una agricultura sustentable. Comité de Tratamiento de semillas y Medio Ambiente de la Federación Internacional de Semillas. [http://www.worldseed.org/cms/medias/file/Tradelssues/SeedTreatment/A Tool Sustainable Agriculture ES.pdf](http://www.worldseed.org/cms/medias/file/Tradelssues/SeedTreatment/A%20Tool%20Sustainable%20Agriculture%20ES.pdf).
- International Seed Testing Association (2021) International rules for seed testing 2021. The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA handbook on seedling evaluation (2018). 4th edition. The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland.
- Mantovanelli, M.C.H., Costa, J. C., Coelho, J.C. & Peluzio, J.M. (1995). Avaliação da qualidade fisiológica de semente de soja tratadas com fungicidas, produzidas no estado do Tocantins. In: Congresso Brasileiro de Sementes. 9 Florianópolis. Informativo ABRATES. Londrina 5(2) 99.
- Marra, R., Lombardi, N., d'Errico, G., Troisi, J., Scala, G., Vinale, F., Sheridan, L.W., Bonanomi, G. & Lorito, M. (2019). Application of *Trichoderma* Strains and Metabolites Enhances Soybean Productivity and Nutrient Content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67 (7), 1814-1822.
- Meher, J., Rajput, R. S., Bajpai, R., Teli, B., & Sarma, B. K. (2020). *Trichoderma*: A globally dominant commercial biofungicide. *Trichoderma: Agricultural applications and beyond*, 195-208.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2019). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Pereira, L. C., Matera, T. C., Braccini, A. L., Pereira, R. C., Marteli, D. C. V., Suzukawa, A. K., ... & Correia, L. V. (2018). Addition of biostimulant to the industrial treatment of soybean seeds: physiological quality and yield after storage. *Journal of Seed Science*, 40, 442-449.
- Piccinin, G. G., Braccini, A. L., Dan, L. G. de M., Bazo, G.L. & Lima, L.H. da S. (2013). Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas. *Revista Ambiente*, 9(2), 289-298.
- Sanches Santos, M., Fernandes Rodrigues, T., Nogueira, M. A. & Hungria, M. (2021). The Challenge of Combining High Yields with Environmentally Friendly Bioproducts: A Review on the Compatibility of Pesticides with Microbial Inoculants. *Agronomy*, 11, 870. 2-20.
- Santos, S., Carvalho, E. R., Rocha, D. K., & Nascimento, R. (2018). Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatments in the industry and physiological quality during storage. *Journal of Seed Science*, 40(1), 67-74.
- Scandiani, M.M. y Luque, A.G. (2009). Identificación de Patógenos en Semillas de Soja. *Análisis de Semillas, Suplemento Especial* Nº 2. ISSN 1852-5024.
- Silva, I. L., de Camargo, F. R. T., de Souza, R. T. G., Teixeira, I. R., & Kikuti, H. (2019). Storage of soybean seeds treated with chemicals. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(6Supl2), 2961-2972.
- Silva, L.I., Ribeiro Teles de Camargo, F., Tadeu Guimarães de Souza, R., Teixeira, I & R., Kikuti, H. (2019). Storage of soybean seeds treated with chemicals. *Semina: Ciências Agrárias*, 40, (6Supl.2) 2961-2972.
- Singh, A., Sarma, B.K., Singh, H.B. & Upadhyay, R. S. (2014) *Trichoderma*: A Silent Worker of Plant Rhizosphere. In V.G. Gupta, M. Schmoll, A. Herrera-Estrella, R. S. Upadhyay, I. Druzhinina, M. Tuohy (Eds.), *Biotechnology and Biology of Trichoderma*. (533- 540). Elsevier.
- Singh, S. N., Srivastava, S. K., & Agarwal, S. C. (1988). Viability and germination of soybean seeds in relation to pre-treatment with fungicides, period of storage and type of storage container. *Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago)*. 65(2), 106-108.
- Trafane, G. L., da Molta, X. F., Suarez Castelhanos, C. I., da Silva Almeida, A., Geri, E. M., & Madruga de Tunes, L. (2017). Tratamiento de semillas de soja y su influencia sobre la calidad fisiológica a lo largo del almacenamiento. *Agrociencia Uruguay*, 21(1), 58-69.
- Woo, S. L., Ruocco, M., Vinale, F., Nigro, M., Marra, R., Lombardi, N., ... & Lorito, M. (2014). *Trichoderma*

based products and their widespread use in agriculture. *The Open Mycology Journal*, 8(1).

Xiao, Z., Zhao, Q., Li, W., Gao, L., & Liu, G. (2023). Strain improvement of *Trichoderma harzianum* for enhanced biocontrol capacity: Strategies and prospects. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1146210.

Zorato, M.F. y Henning, A.A. (2001). Influencia de los tratamientos anticipados con fungicidas, aplicados en diferentes tiempos de almacenamiento, sobre la calidad de la semilla de soja. *Revista Brasileira de sementes*. 23 (2)236-244.