

ELABORACIÓN DE BIOPOLÍMEROS PARA SER INCORPORADOS A LAS FORMULACIONES DE TRATAMIENTO DE SEMILLAS DE MAÍZ *ZEA MAYS* L. (POACEAE) Y SU EFECTO SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL RENDIMIENTO A CAMPO.

PREPARATION OF BIOPOLYMERS TO BE INCORPORATED INTO FORMULATIONS FOR THE TREATMENT OF CORN *ZEA MAYS* L. (POACEAE) SEEDS AND THEIR EFFECT ON GERMINATION AND FIELD YIELD.

Guerberoff, G.¹; Londero, W.¹

¹Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Córdoba. Argentina.

<https://orcid.org/0000-0003-2460-5840>

RESUMEN

Debido al impacto negativo del empleo masivo de insumos químicos de síntesis en la producción agrícola, se hace necesario el desarrollo de otras alternativas sostenibles en los sistemas de producción. En tal sentido, la utilización de películas naturales podría resultar útiles como reemplazo de los polímeros sintéticos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de películas naturales que puedan utilizarse como reemplazo de los polímeros sintéticos en el tratamiento de semillas de maíz *Zea mays* L. (Poaceae). Los biopolímeros fueron elaborados a base de gelatina, almidón de maíz, maltodextrina y proteína de soja. Se evaluó por un lado la viscosidad y la estabilidad de las mezclas, y por otro lado la germinación y el rendimiento de las semillas tratadas. Los resultados mostraron que el uso de biopolímeros en el tratamiento de semillas de maíz permite obtener mezclas con adecuada viscosidad y estabilidad, sin afectar la germinación ni el rendimiento de estas semillas. Las evidencias obtenidas en el presente trabajo tienen una relevante importancia en el campo de las tecnologías de semillas y ambientales que buscan reducir el impacto negativo sobre el medioambiente que tiene actualmente la producción de polímeros sintéticos.

Palabras clave: maíz, semillas tratadas, biopolímeros, formulaciones de plaguicidas.

ABSTRACT

Due to the negative impact of the massive use of synthetic chemical inputs in agricultural production, the development of other sustainable alternatives in production systems is necessary. In this sense, the use of natural films could be useful as a replacement for synthetic polymers. The objective of this work was to evaluate the use of natural films that can be used as a replacement for synthetic polymers in the treatment of *Zea mays* L. (Poaceae) maize seeds. The biopolymers were made from gelatin, corn starch, maltodextrin and soy protein. On the one hand, the viscosity and stability of the mixtures were evaluated, and on the other hand, the germination and yield of the treated seeds. The results indicated that the use of biopolymers in the treatment of corn seeds allowed to obtain mixtures with adequate viscosity and stability, without affecting the germination or the yield of these seeds. The evidence obtained in the present work has a relevant importance in the field of seed and environmental technologies that seek to reduce the negative impact on the environment that the use of chemically synthesized polymers currently has.

Keywords: mays, treated corn seeds, biopolymers, pesticide formulations.

INTRODUCCION

Habitualmente en el tratamiento de semillas se incluye el uso de polímeros sintéticos los cuales actúan protegiéndolas de agentes exteriores, a la vez que regulan el intercambio de humedad y oxígeno (Guilbert et al., 2001). Los polímeros pueden aumentar la retención y uniformidad de distribución del fungicida en la superficie de las semillas tratadas (Reichenbach, 2004). El uso de

polímeros ayuda adicionalmente a reducir el riesgo de emisión de polvo tóxico al ambiente y mantiene por más tiempo los ingredientes activos adheridos a las semillas, contribuyendo así con una mejor actividad de los productos sobre los organismos deletéreos (Nunes y Baudet, 2011). Los polímeros sintéticos son aquellos obtenidos en laboratorio o en la industria, como por ejemplo el nylon, el policloruro de vinilo (PVC) y el polietileno. En la actualidad, la mayoría de los materiales

poliméricos usados en el tratamiento de semillas son derivados del petróleo no biodegradables; además, no están diseñados específicamente para el recubrimiento de semillas, sino que derivan de la pintura o la industria farmacéutica (Saiah, et al., 2009). La sustitución parcial o total de estos materiales plásticos por polímeros biodegradables, provenientes de fuentes renovables, podría reducir el impacto que tiene actualmente la producción de plásticos en el medioambiente (de Camargo Andrade-Molina et al., 2013).

Los biopolímeros son macromoléculas presentes en los seres vivos. El almidón, la celulosa, la seda y el ADN son ejemplos de polímeros naturales (Parveen, 2016).

Las nuevas tendencias verdes en la agricultura, orientan hacia la necesidad de inclusión progresiva de productos naturales bioactivos que se puedan usar en el desarrollo de agroquímicos. El uso de tecnología verde de semillas, es considerado al momento de seleccionar los aditivos que se utilizan las formulaciones de plaguicidas, incluyendo los polímeros adherentes (O'Brien, et al., 2009).

Entre los materiales de origen natural que están siendo considerados con alto potencial de aplicación en insumos para la agricultura, se encuentran: proteínas como gelatina, gluten de trigo y maíz, proteínas de leche y proteínas de soja, entre otras; también son utilizados polisacáridos como almidón de maíz, celulosa y derivados, pectinas y carragenanos, como las más relevantes; de igual manera pueden utilizarse lípidos como ceras, ácidos grasos y mono glicéridos (Tang et al., 2012).

En el grupo de biopolímeros de proteínas, la gelatina, es el material preponderante, ya que, es biodegradable (Gómez-Guillén et al., 2011). Por otro lado, la proteína de soja parece ser un material adecuado para la fabricación de materiales super absorbentes de base natural y con alto carácter hidrofílico, debido a la presencia de ácido aspártico y glutámico en su composición (Felix et al., 2014). Las maltodextrinas, por su parte, tienen funciones multifacéticas, incluyendo propiedades de formación de película, capacidad de unión de grasas y reducción de la permeabilidad al oxígeno de la matriz de la pared, actuando también como agente emulgente (Sansone et al., 2011).

El propósito del presente trabajo fue elaborar polímeros naturales que puedan ser incorporados a mezclas de tratamiento de semillas de maíz y evaluar el efecto sobre la germinación y el rendimiento a campo.

MATERIALES Y METODOS

Semillas de maíz

Se utilizaron dos híbridos de maíz *Zea mays L. (Poaceae)*, el ACA 496, en adelante llamado híbrido 1 (H1) y el ACA 468, en adelante llamado híbrido 2 (H2) provistos por la empresa "Asociación de Cooperativas Argentinas" (ACA).

Polímeros

El polímero utilizado como referencia (patrón) fue el polímero sintético amarillo, en adelante llamado polímero A-(1,2-benzisotiazol-3(2H) y 1,2-propilenglicol) provistos por la empresa ACA. Los biopolímeros fueron los siguientes:

El **biopolímero GM**, compuesto por gelatina 3g, maltodextrina 2g, proteína de soja 1g, glicerol 8 mL, colorante amaranto 0,5 g, agua destilada 100cc. El **biopolímero GA** se elaboró con gelatina 2 g, almidón de maíz 4 g, glicerol 8 mL, colorante índigo carmín 0,5 g, agua destilada 100 mL. Los diferentes colorantes utilizados tuvieron por objetivo la distinción visual del tratamiento sobre las semillas.

Secuencia de elaboración de los biopolímeros:

Paso 1: se disolvió 0,5 g del colorante en 100 mL de agua destilada.

Paso 2: se agregó 3 g de gelatina sin sabor (marca Royal), a 50 mL de la solución obtenida en 1, y se llevó a fuego bajo removiendo hasta disolver completamente la gelatina, luego se añadieron los otros 50 mL de la disolución colorante a temperatura ambiente.

Paso 3: para el biopolímero GM, 2 g de maltodextrina y 1 g de proteína de soja fueron añadidos inmediatamente a la mezcla obtenida en el paso 2, se removió y se dejó enfriar. Para el polímero GA, se formó una pasta blanca con 4g de almidón y gotas de agua destilada, a temperatura ambiente. Se agregó luego la mezcla obtenida en el paso 2, se removió y se dejó enfriar.

Paso 4: se agregó 8 mL de glicerol a la mezcla obtenida en el paso 3 y se removió para homogenizar.

Mezclas para el tratado de las semillas

Se prepararon mezclas de 1000 mL para poder analizar adecuadamente su comportamiento. Los compuestos activos para 1000 mL de mezcla de tratamiento final preparada fueron los siguientes: fungicida, de nombre comercial "Maxim[®]" (Fludioxonil + Metalaxyl-M) 100 mL; insecticida, de nombre comercial "Poncho[®]" (Clotianidin) 160 mL; fertilizante líquido para semillas, de nombre comercial "Full Action[®]" (3% nitrógeno, 8% fosforo, 0,5% magnesio, 2% azufre y 3,5% zinc, 56ppm de auxinas, 56 ppm de giberelinas y 100 ppm de citoquininas) 150 mL; polímero sintético amarillo o el biopolímero GM o GA, 300 mL; buffer fosfato/acetato pH 7 300 mL o hasta completar 1000 mL. Se utilizó buffer en lugar de agua,

para llevar el pH de la mezcla a niveles adecuados a las exigencias del cultivo de maíz (pH entre 6 y 7). El orden de incorporación de los componentes se formuló utilizando criterios fisicoquímicos de solubilidad y densidad, mezclando por un lado los componentes con consistencia de “líquidos espesos” (Maxim[®], Poncho[®], polímero A o biopolímero GM o GA, según corresponda) y por otro lado los componentes con consistencia de “líquidos ligeros” (Full Action[®], y buffer). Luego los primeros fueron incorporados a los segundos, en constante agitación.

Las mezclas para el tratamiento de semillas se diferenciaron entonces por el polímero utilizado:

Mezcla A: polímero sintético A.

Mezcla B: biopolímero GM.

Mezcla C: biopolímero GA.

Tratamiento de las semillas

Cada muestra se preparó utilizando 300 g de semilla (H1 y H2) y 3 mL de la mezcla de tratamiento A, B o C. El impregnado se realizó en bolsas de nylon transparente de primer uso, la suspensión fue incorporada con jeringa lentamente y luego se mezcló manualmente sobre la bolsa cerrada, utilizando guantes, durante diez segundos. El proceso de secado fue por ventilación natural durante 48 h, en bandejas descartables y a temperatura ambiente. La formulación de los tratamientos fue la siguiente: **T1:** H1+ Mezcla A; **T2:** H2+Mezcla A; **T3:** H1+Mezcla B; **T4:** H2+ Mezcla B; **T5:** H1+ Mezcla C; **T6:** H2+ Mezcla C.

Evaluación de la Viscosidad aparente de los biopolímeros

La importancia de una adecuada viscosidad para un polímero adherente, permite su manejo durante el proceso de tratamiento de semillas, favoreciendo su función de adherencia. La viscosidad de los biopolímeros se analizó siguiendo la técnica del “cono Marsh” (Le Roy y Roussel, 2005) con adecuaciones referidas al aumento del “tiempo límite” en segundos para la toma de datos, el cual fue de 25 segundos. El proceso consistió en registrar el tiempo, en segundos, para que una cantidad determinada (100 mL) del polímero fluyera a través de un embudo de forma cónica de material plástico de 20 cm de alto, provisto de un tubo de diámetro pequeño en el extremo inferior a través del cual la dispersión fluye bajo la presión de la gravedad, no es la viscosidad verdadera, pero sirve como medida cualitativa de cuán espesa es la muestra. La viscosidad de embudo es útil sólo para comparaciones relativas.

Análisis de la Estabilidad de las mezclas para el tratamiento de semillas

La estabilidad de las dispersiones es una medida dispuesta para este trabajo ya que nos indica la efectividad de las mezclas para impregnar de manera homogénea a las semillas. Se refiere a la relación de la viscosidad y el tiempo (viscosidad vs tiempo). En detalle, se midió la viscosidad original (en tiempo cero) de cada una de las dispersiones, y posteriormente se midieron periódicamente (cada 15 días). Las muestras se mantuvieron 90 días, en frascos de vidrio esmerilado cerrados, a temperatura ambiente. La variación menor al 10% de la viscosidad original en menos de 90 días a temperatura ambiente, fue tomada como una dispersión estable.

Porcentaje de semillas germinadas y largo de la parte radicular

El porcentaje de germinación (%PG) es la relación entre la cantidad de semillas germinadas y la cantidad de semillas analizadas a temperatura ambiente (35-30°C), con adecuada humedad. El resultado se expresa como porcentaje de germinación (%PG). Se consideró semilla germinada a la presencia de raíz principal y un coleóptilo de aproximadamente 15-20 mm de longitud, tomado en el día tres de incubación. Ecuación:

$(\%PG) = \text{semillas germinadas} \times 100 / \text{cantidad de semilla}$ (ISTA, 2004).

El largo de la parte radicular (LPR) tiene relación con el vigor que tendrá la plántula correspondiendo a la raíz de mayor longitud tomada desde el cuello del vástago hasta el meristema apical de la misma, al día siete y expresado en cm.

El estudio de germinación se realizó mediante la siembra de 25 semillas sobre papel secante en bandejas, las cuales fueron cubiertas por éste, rociadas con agua destilada y colocadas en bolsas de polietileno. Luego, se llevaron a cámara de germinación, la que está programada para para brindar 16 horas de luz a 20°C simulando la noche y 8 horas de luz a 30°C simulando el día, con un forzado de aire para mantener constante la temperatura en todo momento.

Este procedimiento se realizó para los 6 tratamientos, detallados antes, con cuatro repeticiones para cada uno. A los tres días, se contaron aquellas semillas que germinaron, posteriormente volvieron a la cámara y se las dejó hasta el día siete para medir el largo de la parte radicular (LPR) (ISTA, 2019).

Ensayo comparativo de rendimiento

El ensayo se llevó a cabo en el campo escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNC ubicado en Camino a Capilla de los Remedios Km 15,5

(geográficamente a 31° 28 49,42" S y 64°00 36,04" O); la siembra se realizó durante abril-mayo de 2018, utilizando sembradora mecánica. El cultivo fue implantado sobre un lote sujeto a un barbecho invernal. El suelo se clasificó como un Haplustol éntico de textura franco-limosa y bien provisto de materia orgánica. Cada unidad experimental estuvo constituida por tres surcos de 5 m de longitud distanciados por 0,52 m. Se usó un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. La densidad de plantas por metro cuadrado fue de 4 (40 mil por hectárea). El ensayo no se fertilizó y se condujo en secano.

Por cada combinación de tratamientos se cosecharon dos metros lineales (1 m²) sobre el surco central. Se estimó el rendimiento del grano (corregido a 14,5% de humedad) expresado en kg ha⁻¹, el peso de 1000 granos, expresado en gramos y el número de granos por m².

Análisis estadístico

El conjunto de determinaciones analíticas se realizó por triplicado. Los datos se expresaron con la media (±) y el Desvío Estándar (DS) utilizando el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2017). La diferencia entre medias fue realizada por ANOVA. El nivel de significancia estadística fue aceptado en $P \leq 0,05$ y analizado con test de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Viscosidad aparente de los polímeros

El tiempo en segundos, en que los biopolímeros analizados fluyeron por el embudo, se puede observar en la **Figura 1**.

Los biopolímeros no mostraron diferencias significativas con el polímero sintético tomado como referencia, ($p \geq 0,05$) según test de Fisher. Cabe mencionar que el polímero GM, mostró mayor similitud a la viscosidad del polímero de referencia.

Estos resultados coinciden con otros autores quienes evaluaron un biopolímero con características similares. Ellos observaron que concentraciones bajas de maltodextrina, combinada con gelatina (4% de gelatina y

1,5% de maltodextrina) contribuyeron a mantener las propiedades funcionales deseadas en un biopolímero (Lorén *et al.*, 2001, Pérez-Alonso, *et al.*, 2006). Además, otros estudios que también utilizaron proteína de soja en combinación con glicerol para la elaboración de biopolímeros, observaron una viscosidad adecuada (Felix *et al.*, 2014).

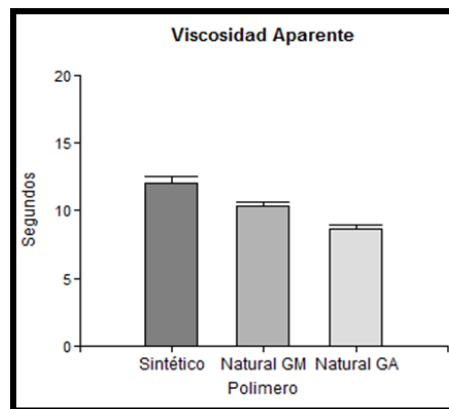


Figura 1. Viscosidad aparente (segundos/100ml) de los diferentes polímeros: sintético, biopolímero GM (gelatina/maltodextrina) y biopolímero GA (gelatina/almidón), medidos al día uno de elaboración. Las barras representan el error. Los resultados se basan en mediciones por triplicado.

Estabilidad de las mezclas de tratamiento de semillas

La estabilidad de las mezclas elaboradas, se muestra en la **Tabla 1**.

Todas las mezclas mostraron variaciones en la viscosidad menores al 10% durante los 90 días a temperatura ambiente. Por lo tanto, se consideraron estables cada una de ellas, según el criterio adoptado para este trabajo. Estos resultados permiten inferir que los biopolímeros logran integrarse con el resto de los productos de la mezcla de tratamiento para semillas.

Otros autores informaron de una alta estabilización de un biopolímero de citrato de almidón incorporado a una formulación con carbofurano, pesticida muy usado para el control de plagas de insectos en una abundante variedad de cultivos, que incluyen patata, maíz y soja (Oluwatoyin *et al.*, 2020).

Tabla 1. Estabilidad de las mezclas de tratamiento (viscosidad vs tiempo). Los datos representan la media de tres repeticiones

Mezcla/ días	0 d	15 d	30 d	45 d	60 d	75 d	90 d
Mezcla A	17''±3	16''±3	17''±1	17''±3	17''±2	17''±3	17''±2
Mezcla B	16''±1	15''±2	16''±2	17''±1	16''±3	17''±1	16''±1
Mezcla C	14''±1	14''±3	15''±3	15''±2	14''±1	16''±2	16''±2

Mezcla A: polímero sintético; Mezcla B: biopolímero GM; Mezcla C: biopolímero GA.

Ensayo de germinación y largo de la parte radicular

Los porcentajes de germinación (%PG) y el largo o longitud de parte radicular (LPR) de cada uno de los tratamientos se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Porcentaje de germinación (%PG) al día 3 y largo de la parte radicular (LPR) al día 7, de los híbridos de maíz tratados con las diferentes mezclas. Los datos representan la media de 4 repeticiones.

Tratamientos	% de PG	LPR (cm)
T1	97 ±1	13,63 ±2
T2	96 ±2	14,19 ±1
T3	100 ±1	14,02 ±3
T4	98 ±1	11,90 ±3
T5	97 ±1	12,47 ±2
T6	98 ±1	13,01 ± 2

T1: H1+mezcla A; T2: H2+ mezcla A; T3: H1+mezcla B; T4: H2+mezcla B; T5: H1+mezcla C; T6: H2+mezcla C.

Los resultados mostraron que todos los tratamientos presentaron porcentajes de germinación por encima del 97 %, sin diferencias significativas entre los biopolímeros y el polímero sintético, según el test de Fisher. El largo de la parte radicular mostro que no hay diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, según ANOVA. Sin embargo, cabe mencionar que el tratamiento tres, correspondiente al híbrido 1 con el biopolímero GM, alcanzó el mayor %PG (100%), como así también los valores más altos en LPR (14,02 cm). Esto puede deberse al híbrido como así también a la cubierta constituida por el biopolímero que permite la libre emergencia de la radícula y la absorción de agua y gases, sin formar barrera física a estos procesos.

Estos resultados coinciden con un estudio que midió %PG y el crecimiento de plántulas de semillas de maíz tratadas con una mezcla que contenía un biopolímero a base de almidón de maíz. Estos autores concluyeron que la capa bioplástica no afecta el crecimiento de las plántulas ($P \geq 0,05$), incluida la altura del brote y la longitud de la raíz (Accinelli et al.,2018).

Ensayo comparativo de rendimiento

El rendimiento en grano (kg ha^{-1}), el peso de mil granos (g) y el número de granos por m^2 , se muestra en la **Figura 2**. Los tratamientos no mostraron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) sobre las variables estudiadas, sin embargo, el tratamiento tres (H1, mezcla B) mostró el mayor rendimiento ($1782 \pm 210 \text{ kg ha}^{-1}$) y peso de 1000 granos ($161 \pm 8 \text{ g}$). Estos resultados indican que es factible el uso de biopolímeros en mezclas de tratamiento de semillas y concuerdan con las indicaciones dadas por

otros autores acerca del adecuado tratamiento de semillas, el cual debe ser realizado con un producto capaz de erradicar los patógenos presentes en las semillas, no ser tóxico para las plantas, para el hombre y para el medio ambiente, presentar estabilidad, adherencia y cobertura, no ser corrosivo, ser de bajo costo y fácil adquisición, además de ser compatible con otros productos (Cita et al., 2017).

CONCLUSIONES

Los biopolímeros GM y GA demostraron tener adecuadas características de viscosidad siendo similares al polímero sintético tomado como referencia. La estabilidad de las dispersiones con los biopolímeros, conteniendo además los plaguicidas, colorantes y el fertilizante, fue también apropiada. El porcentaje de semillas germinadas y el largo de las radículas no fue afectado por el uso de los biopolímeros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC), por el uso de sus instalaciones y campo escuela. Damos gracias al Ing. Agr. Ricardo Maich y al Dr. Celso Camusso por su asesoramiento. Este trabajo fue financiado con el fondo PROIINDIT- 281/2017 (Secyt-UNC).

BIBLIOGRAFÍA

- Accinelli, C., Abbas, H.K., Little, N.S., Kotowicz, J.K., Mencarelli, M., Shier, W.T. 2018. Biological control of aflatoxin production in corn using non-aflatoxigenic *Aspergillus flavus* administered as a bioplastic-based seed coating. *Crop Protection*, 107, 87–92. Disponible en: doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.004.
- De Camargo Andrade-Molina, T.P., Ayumi Shira, M., Eiras Grossman, M.V., Yamashita, F. 2013. Active biodegradable packaging for fresh pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 54 (1), 25-29. Disponible en: doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.011.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada M., Robledo, C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Felix, M., Martín-Alfonso, J.E., Romero, A., Guerrero, A. 2014. Development of albumen/soy biobased plastic materials processed by injection molding, *Journal of Food Engineering*, 125, 7-16. Disponible en: doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.018.

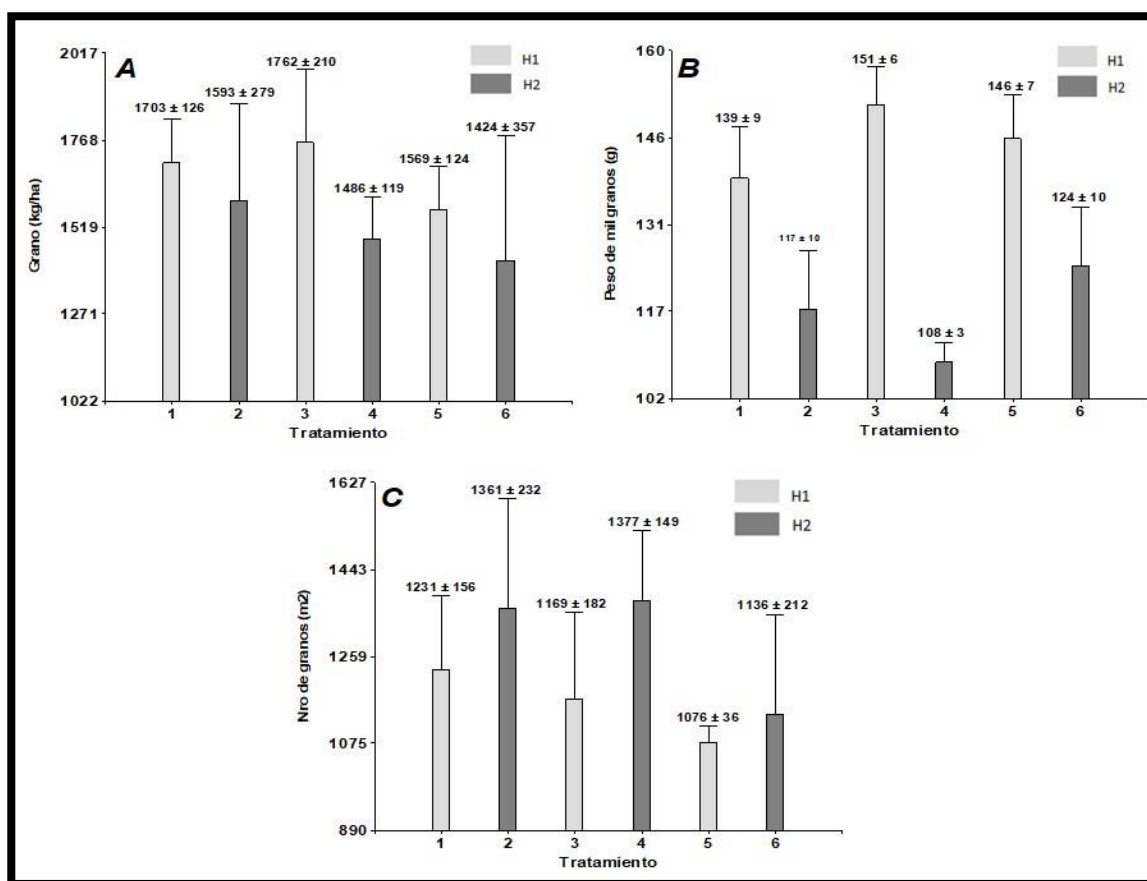


Figura 2. A. rendimiento en grano (Kg/ha). **B.** peso de 1000 granos (g). **C.** Número de granos por m² de dos híbridos de maíz (H1 y H2) con diferentes tratamientos: T1: H1+mezcla A; T2: H2+ mezcla A; T3: H1+mezcla B; T4: H2+mezcla B; T5: H1+mezcla C; T6: H2+mezcla C. Las barras representan el error. Los valores corresponden a la media de tres repeticiones. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$).

Guilbert, S., Gontard, N., Morel, M. H., Chalier, P., Micard, X and Redl, A. 2001. Formation and properties of wheat gluten films and coatings. In: Protein-based Films and Coatings (A. Gennadios, ed.), pp. 69-122. CRC Press, Boca Raton, FL.

Gómez-Guillén, M.C., Giménez, B., López-Caballero, M.E., Montero, M.P. 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25 (8), 1813–1827. Disponible en: doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007.

International Seed Federation. Trade related topic- Seed Treatment Chemin du Reposoir 7, Copyright © 2015-2020. Switzerland.

International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland. 243 p.

International Seed Testing Association (ISTA) 2019. International Rules for Seed Testing. Chapter 5, i–7-6 (14). Disponible en: <https://doi.org/10.15258/istarules.2019.07>.

Le Roy, R., Roussel, N. 2005. The marsh cone as a viscometer: Theoretical analysis and practical limits.

Materials and Structures, 38 (1), 25–30. Disponible en: doi.org/10.1007/BF02480571.

Lorén, N., Hermansson, A.M., Williams, M. A. K., Lundin, L., Foster, T. J., Hubbard, C. D., Clark, A. H., Norton, I. T., Bergström, E. T., Goodall, D. M. 2001. Phase separation induced by conformational ordering of gelatin in gelatin/maltodextrin mixtures. *Macromolecules*, 34 (2), 289-297. Disponible en: doi.org/10.1021/ma0013051.

Nunes, J. C., Baudet, L. 2011. Tratamiento de semillas industrial, *Revista Cultivar*, 57p.

O'Brien, P.K., Franjevic, S., Jones, J. 2009. Green Chemistry and Sustainable Agriculture: The Role of Biopesticides, *Advancing Green Chemistry*, 55p.

Oluwatoyin, A.F., Oluwaseyi, D.S., Abiodun, O.C., Israel, O.O., Oreoluwa, V. O., Gabriel, A.O. 2020. Porous starch citrate biopolymer for controlled release of carbofuran in the management of root knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Biotechnology Reports*, 25: e00428.

Parveen, F. 2016. Recent Advances in Biopolymers. *ExLi4EvA*, 281p.

- Pérez-Alonso, C., Beristain, C. I., Lobato-Calleros, C., Rodríguez-Huezo, M. E., Vernon C. 2006. Thermodynamic analysis of the sorption isotherms of pure and blended carbohydrate polymers. *Journal of Food Engineering*, 77, 753–760. Disponible en: doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.08.002.
- Reichenbach, J. 2004. Film-coating para agregar qualidade e segurança. *Seed News*, (1), 24-25.
- Saiah, R., Sreekumar P.A., Leblanc N., Saiter, J.M. 2009. Structure and thermal stability of thermoplastic films based on wheat flour modified by monoglyceride. *Industrial Crops and Products*. 29 (1), 241-247.
- Sansone F., Mencherini T., Picerno P., d'Amore M., Aquino R.P., Lauro M.R. 2011. Maltodextrin/pectin microparticles by spray drying as carrier for nutraceutical extracts. *Journal of Food Engineering*. 105 (3), 468-476. Disponible en: doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.03.004.
- Tang, X. Z., Kumar P, Alavi S, Sandeep K. P. 2012. Recent Advances in biopolymers and biopolymers-based nanocomposite for food packaging materials. *Critical Reviews. Food Science and Nutrition*, 52, (2), 426-441. Disponible en: doi.org/10.1080/10408398.2010.500508.
- Trafane, L.G., da Motta, X. F., Suarez Castelhanos, C.I., da Silva Almeida, A., Meneghello, G.E., 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.