

INCIDENCIA DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA PERFORMANCE DE GLIFOSATO NANO ENCAPSULADO

Trabajo Final de Grado
del alumno



Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Junín, 16 de diciembre de 2024

**INCIDENCIA DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA PERFORMANCE DE
GLIFOSATO NANO ENCAPSULADO**

Trabajo Final de Grado

del alumno

EMILIANO RUSCONI

Aprobado por el Tribunal Evaluador

Ing. Agr. (MSci)
Martín A. Principiano.
Evaluador

Dra. Ing. Agr. María
Victoria Buratovich.
Evaluadora

Dr. Ing. Agr. Gabriel
Picapietra
Evaluador

Ing. Agr (MSci). Sergio Adrián Cepeda
Director

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Junín, 16 de diciembre de 2024

Índice general:

1. Índice de tablas	4
2. Resumen.....	5
3. Introducción.....	6
3.1. Contexto actual del manejo y control de malezas.....	6
3.2. Innovaciones en el control de malezas: Nanotecnología.....	7
3.3. Nanoencapsulación.....	7
4. Hipótesis y objetivos.....	9
4.1. Hipótesis.....	9
4.2. Objetivo general.....	10
4.3. Objetivos específicos.....	10
5. Materiales y métodos.....	10
5.1. Ubicación del ensayo.....	10
5.2. Diseño Experimental.....	10
5.3. Especie objetivo.....	11
5.4. Almacenamiento de las muestras de glifosato para el estudio.....	12
5.5. Equipo y especificaciones de aplicación.....	12
5.6. Evaluaciones.....	12
5.7. Análisis estadístico.....	13
6. Resultados.....	13
6.1. Control de <i>Hordeum vulgare</i> L.....	13
7. Discusión.....	16
8. Conclusiones.....	17
8.1. Sugerencias para futuros estudios.....	18
9. Bibliografía.....	18
10. Anexos.....	20
10.1. Primera evaluación.....	21
10.2. Segunda evaluación.....	21
10.3. Tercera evaluación.....	22

1. Índice de tablas

Tabla 1. Combinaciones posibles.....	10
Tabla 2. Tratamientos del ensayo.....	11
Tabla 3. Términos del modelo factorial de dos factores A y B. Tomado de Montgomery, D.C. (2007).....	13

2. Resumen

La disminución en el uso de fitosanitarios y la reducción del impacto ambiental y de los costos de producción son objetivos clave en la agricultura moderna. Esto se puede lograr mediante una combinación de prácticas y tecnologías que buscan optimizar la producción agrícola sin comprometer el medio ambiente ni la rentabilidad.

En este sentido, la tecnología de nano encapsulación potencia la eficiencia de los activos, ofreciendo una mejora en los resultados a partir de un mejor direccionamiento del producto al objetivo disminuyendo la cantidad requerida de agroquímicos.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la incidencia del tiempo de almacenamiento de dos formulaciones de Glifosato, nano encapsulado y convencional, sobre su performance de control en una especie en particular tomada como objetivo, *Hordeum vulgare L* (cebada).

Para cumplir con los objetivos planteados, se llevó a cabo un experimento con diseño factorial en condiciones de campo, considerando dos factores: Factor A (periodos de almacenamiento del Glifosato, los cuales fueron 2, 27 y 43 días) y Factor B (la presencia o ausencia del proceso de nano encapsulación).

Se realizaron observaciones a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación para determinar el impacto de estos factores en la efectividad del tratamiento.

Los resultados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Indicando que, al menos, para las condiciones en las que se realizó este ensayo, es indistinto utilizar una formulación de Glifosato nano encapsulada o convencional.

3. Introducción

3.1. Contexto actual del manejo y control de malezas

El manejo y control de malezas en la agricultura actual afronta varios desafíos. Entre ellos, mejorar la calidad de aplicación de los agroquímicos conlleva un uso más eficiente con mejores resultados con un menor impacto negativo tanto sobre el ambiente como sobre aquellas especies que no son el blanco del control (Labrada et al., 1996).

La aplicación de agroquímicos en los sistemas agrícolas es una tarea habitual dentro del manejo de cultivos. Se realizan aplicaciones durante todo el año, con mayor frecuencia en determinados meses dependiendo de las exigencias sanitarias de cada cultivo en la rotación. Esta situación muchas veces expone al productor a extremar medidas de seguridad para lograr la llegada del producto aplicado al objetivo, evitando así el desvío de los activos a regiones o sobre especies que no son blanco de control. Por lo tanto, una aplicación exitosa depende de varios factores, a veces con bajo nivel o probabilidad de gobernanza sobre ellos por parte del productor (Labrada et al., 1996).

El éxito de un herbicida depende en gran parte de la capacidad para ser absorbido por las plantas objetivo y trasladarse al sitio de acción donde ejercen su efecto fitotóxico. Este desafío muchas veces se ve obstaculizado por condiciones inapropiadas, ya sea por razones climáticas, mayormente baja humedad relativa y/o altas temperaturas y velocidad del viento. Frola (2013) establece que se debe trabajar con temperatura inferior a 30°C, humedad relativa superior a 40%, y vientos con velocidades menores a 18-20 km/h, teniendo en cuenta que cuando estas condiciones no son las adecuadas se debe recurrir al uso coadyuvantes antievaporantes, que ayuden a proteger la gota que se está generando y asperjando sobre el objetivo. O bien, un excesivo tamaño de la maleza para su control podría ser otra de las razones de baja eficiencia de herbicidas de aplicación foliar sobre las mismas. Distintos estudios determinaron que *Conyza bonariensis* al estado de roseta con entre 3 y 8 cm de diámetro fueron satisfactoriamente controladas con 3 l/ha de glifosato en invierno y sin embargo la misma dosis en primavera sobre plantas de 15 a 20 cm de altura no afectó en forma significativa la maleza (Gianelli et al., 2018).

Para este caso en particular, la presencia de una proporción significativa de la cutícula en las hojas podría impedir en forma marcada el ingreso del producto para su acción en la planta, dado que las ceras epicuticulares, una de las barreras protectoras de la planta, varían en cantidad y distribución con la edad de las mismas. Además, en varias especies se encontró que la mayor tolerancia a los herbicidas era consecuencia de una

mayor cantidad de ceras superficiales que bloquean o dificultan la absorción (Traggiay et al., 2009).

3.2. Innovaciones en el control de malezas: Nanotecnología

En la búsqueda de soluciones a los problemas planteados hasta aquí, uno de los conceptos tecnológicos con gran potencial de crecimiento en la agricultura moderna es la nanotecnología (Martínez, 2019). El objetivo de la misma es transformar los sistemas alimentarios, la forma en que los alimentos son producidos, procesados, envasados, transportados y consumidos. En este sentido, la aplicación de nanotecnología en la agricultura renueva la promesa de la reducción del uso de agroquímicos, al lograr mecanismos con mayor precisión y mejor eficacia (desde fertilizantes a herbicidas y plaguicidas nano encapsulados), sensores para la determinación de características físico químicas del suelo y especies vivas en la producción agrícola, aditivos para su uso en la producción de alimentos y plásticos inteligentes para el envasado de los mismos. Al mismo tiempo que se advierte sobre posibles efectos adversos, dando cuenta de la alta dispersión de las nanopartículas, lo que puede dar lugar a una rápida diseminación en aire y agua, la alteración de la rizosfera, y efectos de exposición por inhalación no detectable en forma directa y perjudicial para los aplicadores de productos nano-manufacturados (Berger, 2023).

3.3. Nano encapsulación

La Nano encapsulación puede definirse como “el envasado” de un activo mediante un agente encapsulante (mayormente polímeros menores a 1 μm) adquiriendo propiedades y características diferentes para su liberación promoviendo un aumento en la vida útil del producto y facilitando además su manipulación (Valdiviezo-Morales et al., 2017).

Dentro de estas tecnologías de encapsulación, se encuentran novedosas plataformas para la administración de sustancias activas que generalmente se basan en una estructura de bicapa lipídica modificable a través de un sistema versátil que permite la manipulación de la bicapa y la superficie. El envío o transporte y liberación controlada de sustancias a través de vehículos nano particulados, también llamados nano vehículos, generaron mucho interés en el ambiente científico. El concepto implica adosarle a una nanopartícula una sustancia de interés, y que ésta viaje con ella hacia su destino final, en forma más dirigida y sin desviarse del objetivo (Berger, 2023).

Esta tecnología cuenta con la versatilidad de poder realizar cápsulas (nano vehículos) específicos para cada situación. Así, por ejemplo, puede hacerse que la

membrana de la cápsula sea de conformación similar a la membrana de la planta permitiendo una penetración más rápida del activo al interior de las células del vegetal o bien de su liberación lenta en el medio donde se aplica (Figura 1; Martínez, 2019).

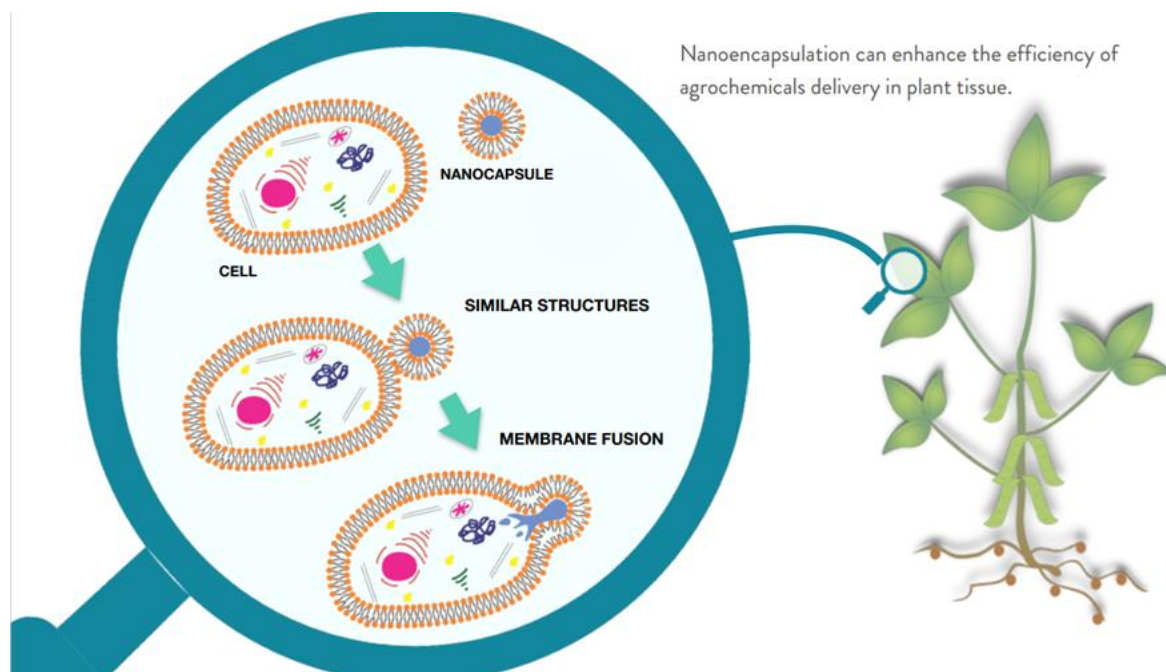


Figura 1. Acción de la nano capsula sobre la célula vegetal con membranas similares. Adaptado de NANOTICA Agro, 2022.

Las nano cápsulas proporcionan un medio eficaz para distribuir agroquímicos de manera más eficientes durante el proceso que transcurre desde la aplicación, ingreso en la planta y llegada al sitio donde actúan, logrando un ahorro en el uso de productos fitosanitarios y minimizando la contaminación ambiental (Echevarría-Machado, 2019).

Estas mejoras en las formulaciones implican manipular materiales a nivel molecular y atómico, y su aplicación a herbicidas se centra en mejorar la entrega y la liberación de los ingredientes activos.

Además de las ventajas ya mencionadas, el uso de esta tecnología permitiría reducir los costos de los fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas hasta en un 40% y nematicidas hasta un 90% poniendo en evidencia otro de los beneficios de la nanotecnología en la agricultura en general y en plaguicidas en lo particular (Pinzón Ruiz, 2012). Según Badano (2019), las nano cápsulas de óxido de zinc para destruir hongos reducen la dosis de agroquímicos en un 50% (Martínez, 2019). Esta tecnología permite, (i) mejorar la entrega de los herbicidas de manera más precisa y eficiente hacia las plantas objetivo (malezas), (ii) reducir sustancialmente el desvío de producto y minimizar de esta

manera el impacto ambiental, (iii) controlar gradualmente la liberación de los herbicidas en el suelo y (iv) mantener por más tiempo la cantidad de producto en concentraciones necesarias para lograr un control de malezas más prolongado.

Mayormente en la actualidad se formulan nanopartículas de plaguicidas con tamaño de entre 100 a 250 nm capaces de disolverse en agua mejorando así su eficacia. También se emplean nano emulsiones a base de aceite y agua que contienen suspensiones uniformes de nanopartículas de fitosanitarios en el rango de 200 a 400 nm (Lugo Medina et al., 2010).

Independientemente de los beneficios de la nanotecnología, también se plantean preocupaciones por posibles impactos sobre el ambiente y la salud humana. Las investigaciones en este campo están en curso, y el uso seguro y el impacto a largo plazo de los herbicidas nano encapsulados sigue bajo evaluación. Así, por ejemplo, estudios para reducir la volatilidad y deriva de plaguicidas, disminuir la exposición del operario a productos fitosanitarios y disminuir dosis de uso, son algunas de las líneas de trabajo de mayor interés.

De esta manera, y a los fines de comprender el nivel de estabilidad de formulaciones nano encapsuladas, en este trabajo se busca determinar el tiempo máximo posible de almacenamiento de un herbicida nano encapsulado, sin que sufra modificaciones importantes en la formulación que puedan alterar o disminuir su eficacia biológica. Para esto se optó por trabajar con el herbicida glifosato (N-fosfonometil-glicina), un inhibidor de la enzima 5-enolpiruvilsikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS), producto sistémico aplicado sobre el follaje de las plantas (Argenbio, 2019). Sobre una especie susceptible al mismo (*Hordeum vulgare* L), planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las Poáceas vulgarmente llamadas gramíneas (Gimenez, 2017), para poder evaluar el porcentaje de control del herbicida.

4. Hipótesis y objetivos

4.1. Hipótesis

La formulación del herbicida nano encapsulado pierde estabilidad con el transcurso del tiempo de almacenamiento, lo que impacta en la reducción de la performance de control.

4.2. Objetivo general

Determinar la eficacia de control de dos formulaciones de glifosato, una nano encapsulada y otra convencional, con diferentes tiempos de almacenamiento, en una especie objetivo (*Hordeum vulgare* L).

4.3. Objetivos específicos

- i) Evaluar el porcentaje de control de *Hordeum vulgare* L con Glifosato nano encapsulado luego de 2, 27 y 43 días de almacenamiento.
- ii) Determinar si existen diferencias significativas en el control de *Hordeum vulgare* L entre los tratamientos de Glifosato nano encapsulado y la formulación original, luego de 2, 27 y 43 días de almacenamiento.

5. Materiales y métodos

5.1. Ubicación del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en el Centro de Investigación Tecnológico de la empresa Bayer S. A. ubicado en Chacabuco, Buenos Aires, Argentina (CIT Chacabuco; Ruta 7 Km 193,8) durante 2022.

5.2. Diseño experimental

El diseño del ensayo fue en bloques completamente aleatorizados (DBCA), con arreglo factorial de segundo orden y con cuatro repeticiones.

Factor A: días de almacenamiento antes de la aplicación (2, 27 y 43 días).

Factor B: Formulación de Glifosato (original o nano encapsulada).

Resultando las siguientes combinaciones entre factores:

Tabla 1. Combinaciones posibles.

Factor A (días de almacenamiento)	Factor B (tipo de formulación)	Combinación
2	Original	2 días – original
2	Nano encapsulada	2 días – nano encapsulada
27	Original	27 días – original
27	Nano encapsulada	27 días – nano encapsulada
43	Original	43 días – original
43	Nano encapsulada	43 días – nano encapsulada

Tabla 2. Tratamientos del ensayo.

N° trat.	Producto	Nano encapsulado	Concent.	Dosis (g.a.i/ha)	Dosis formulado (ml/ha)	Volumen aplicación (l/ha)	Almacenam. (días)
1	Testigo (sin tratar)						
2	Glifosato SL	No	575	810	1409	100	43
3	Glifosato SL	Si	210,8	810	3842,5	100	43
4	Glifosato SL	No	575	810	1409	100	27
5	Glifosato SL	Si	210,8	810	3842,5	100	27
6	Glifosato SL	No	575	810	1409	100	2
7	Glifosato SL	Si	210,8	810	3842,5	100	2

Referencias:

Trat: tratamiento

Concent: concentración.

Almacenam: almacenamiento

Las parcelas fueron de 4,1 metros de largo por 3 de ancho. Los tratamientos se aplicaron desde el lado izquierdo de la parcela en 2 metros de ancho por el largo de la misma, dejando un 1 metro de ancho sin tratar a la derecha (testigo apareado). Las aplicaciones se realizaron con una mochila experimental de dióxido de carbono. La misma constaba con una barra de 2,5m de ancho, con 4 pastillas de aspersión abanico plano a una distancia de 0,52m entre ellas.

5.3. Especie objetivo

Se sembró cebada (*Hordeum vulgare L.*) variedad Sinfonía en toda la superficie del ensayo, a una densidad de siembra de 130 kg/ha, que aseguró una distribución uniforme de la especie utilizada como objetivo de control y la evaluación de los tratamientos propuestos sobre una especie susceptible a glifosato.

El momento de la aplicación fue en inicio de llenado de granos (figura 2).

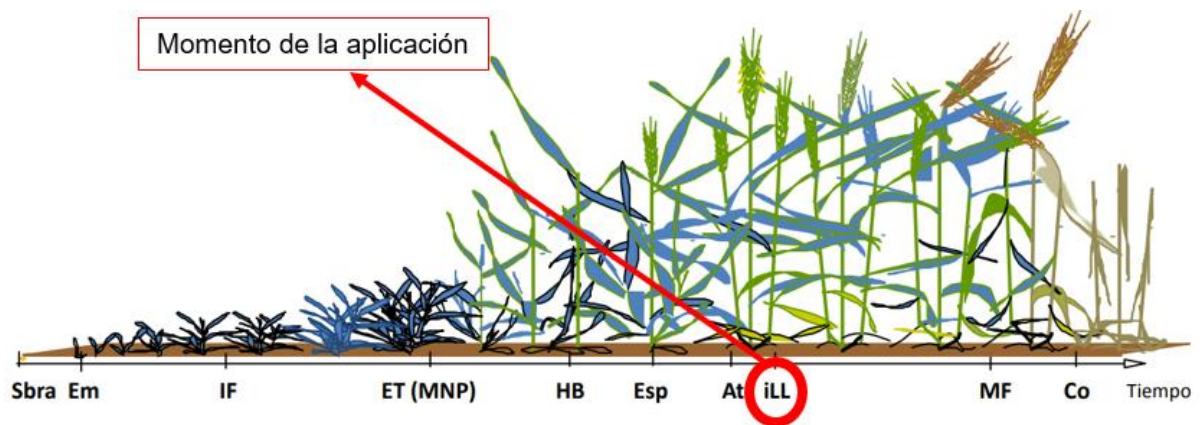


Figura 2. Ciclo ontogénico de la cebada. Adaptado de Slafer y Rawson, 1994.

5.4. Almacenamiento de las muestras de glifosato para el estudio

Las muestras de glifosato fueron almacenadas durante 2, 27 y 43 días en cámara de almacenamiento con temperatura controlada a 15°C.

5.5. Equipo y especificaciones de aplicación

Mochila experimental Schachtner.

Propelente: dióxido de carbono.

Diluyente: agua

Volumen de aplicación: 100 l/ha

presión de trabajo: 2,5 bares.

Pastillas de asperción: 11001 anti deriva.

5.6. Evaluaciones

La primera evaluación se realizó el 03/11/2022, a los 7 días después de la aplicación, la segunda el 10/11/2022, a los 14 días luego de la aplicación y la tercera el 17/11/2022, a los 21 días de la aplicación. Dichas evaluaciones se cuantificaron a través del porcentaje de cobertura vegetal utilizando la aplicación móvil Canopeo. Esta aplicación se basa en colorimetría, utilizando proporciones de color de rojo a verde, de azul a verde, y un exceso de índice verde para obtener la cobertura (Patrignani y Ochsner, 2015). Se tomaron fotografías en cada unidad experimental, a una distancia de 0,3 m sobre la superficie del canopeo de la cebada. Luego estas fotografías se procesaron en la aplicación Canopeo y se determinó así el porcentaje de cobertura. Con estos datos se determinó el % de control, comparando los tratamientos aplicados con el tratamiento testigo.

5.7. Análisis estadístico

El modelo utilizado en este estudio fue $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ (Tabla 3), donde:

$i=1, 2, \dots, a$ (niveles del factor A),

$j=1, 2, \dots, b$ (niveles del factor B),

$k=1, 2, \dots, n$ (réplicas).

Tabla 3. Términos del modelo factorial de dos factores A y B. Tomado de Montgomery, D.C. (2007).

Y_{ijk}	Respuesta observada cuando el factor A tiene el nivel i -ésimo y el factor B tiene el nivel j -ésimo en la réplica k -ésima
μ	Efecto promedio global
A_i	Efecto del nivel i -ésimo del factor A en la respuesta
B_j	Efecto del nivel j -ésimo del factor B en la respuesta
AB_{ij}	Efecto de la interacción entre el nivel i -ésimo factor A y el nivel j -ésimo factor B
ε_{ijk}	Componente del error aleatorio

Para el análisis de los datos, se utilizó el *software* estadístico InfoStat versión estudiantil, 2020 (Di Rienzo et al., 2020). Se realizó un análisis de medias y varianzas, análisis de interacción y test de Tukey con una significancia del 5%.

Al Factor B (tipo de formulación, original o nano encapsulada) se le realizó un cambio semántico con el fin de simplificar el uso del *software* estadístico. (ver en anexo) asignando el valor 1 a la formulación nano encapsulada y el valor 0 a la formulación original de Glifosato.

Para disminuir el coeficiente de variación se transformaron los datos, utilizando la función del logaritmo con base diez (ver tabla de análisis de la varianza en Anexo como variable respuesta LOG10 control (%)).

6. Resultados

6.1. Control de *Hordeum vulgare* L.

El análisis de la varianza determinó que tanto los factores evaluados por separados, como la interacción entre ellos, no fueron significativa (valor- $p > 0,05$) para la variable % control a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA) (Figura 3 a-c).

Las figuras 3 a,b,c muestran el control de los tratamientos combinados (A x B) a los 7, 14 y 21 días luego de la aplicación respectivamente indicando que no hay diferencias significativas para la interacción (valor-p > 0,05).

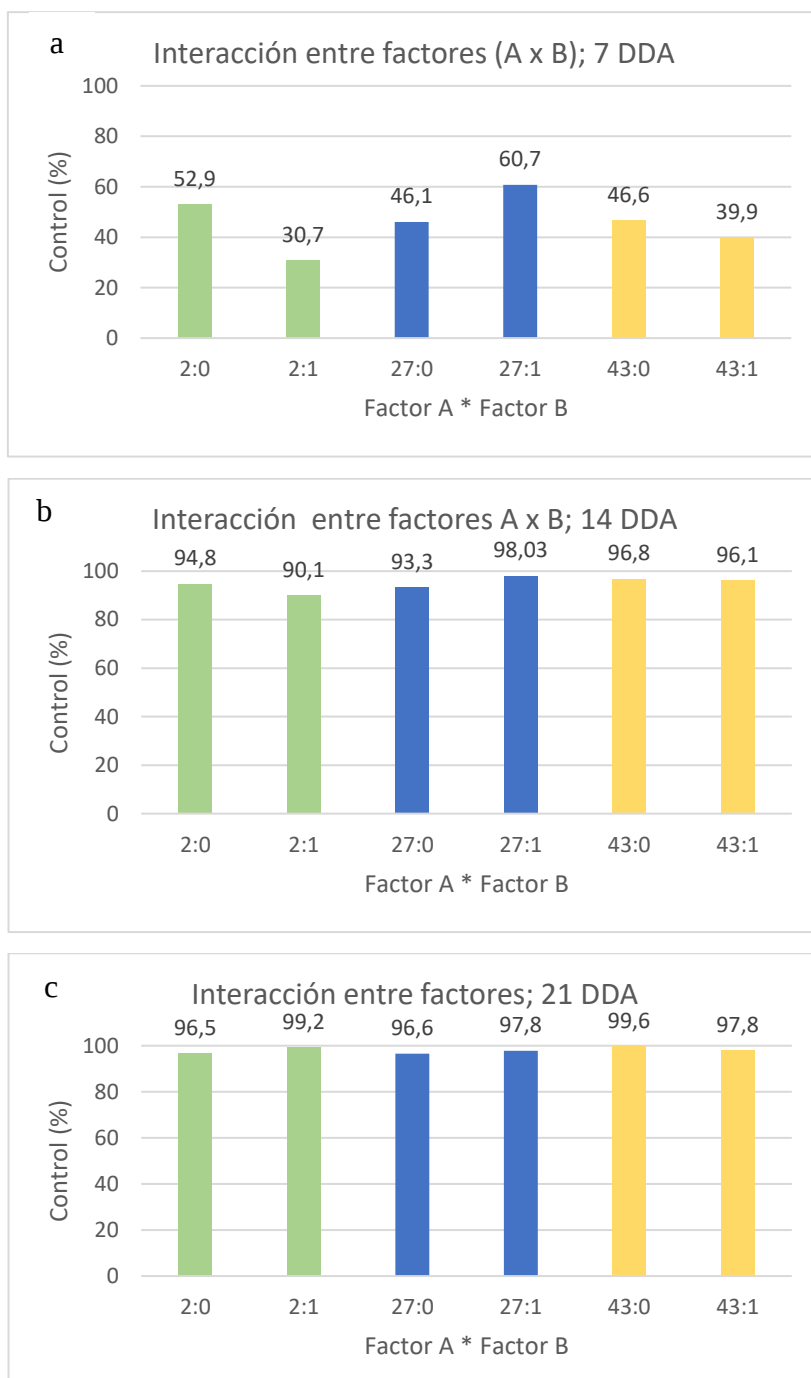
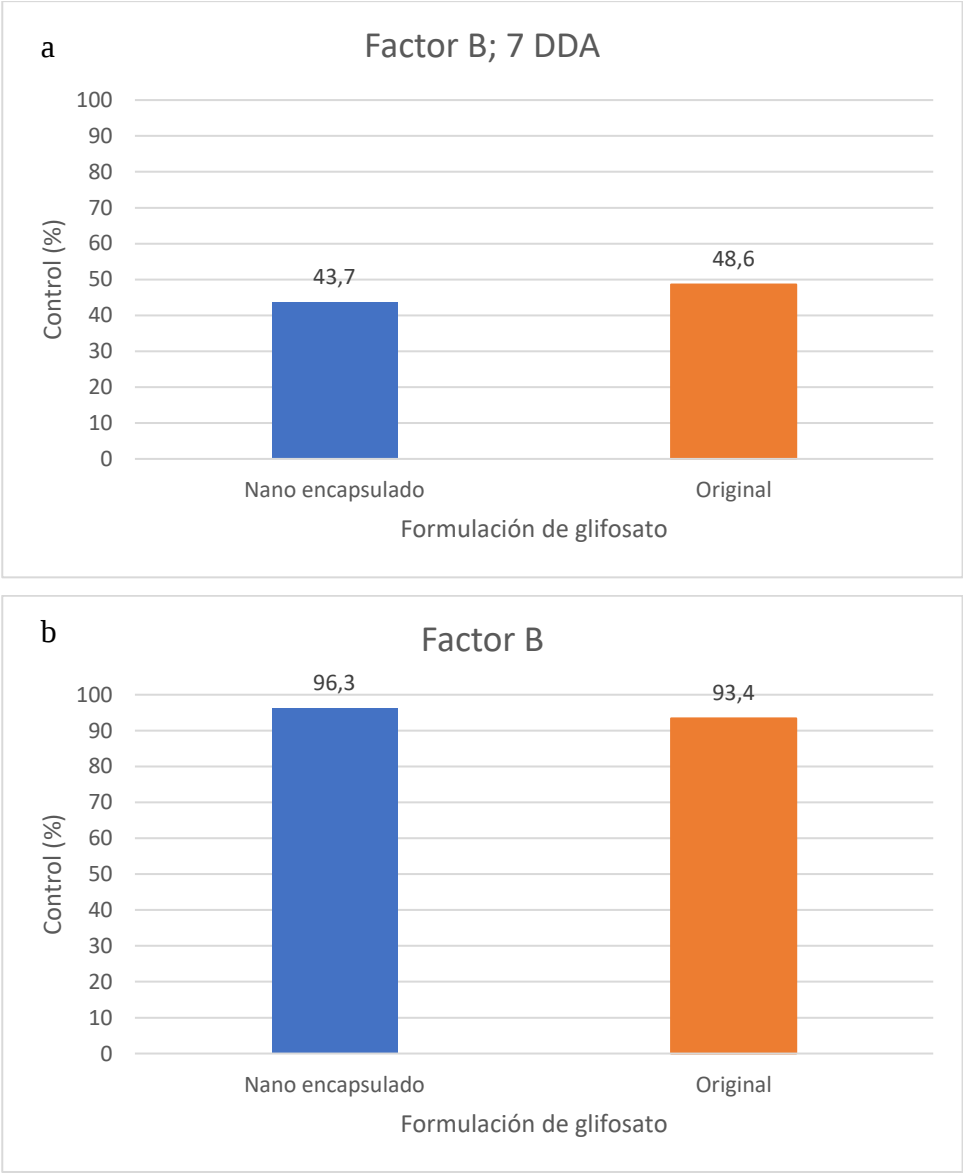


Figura 3 a,b,c. Control de *Hordeum vulgare* L. a los 7, 14 y 21 DDA. Valores promedio de 4 repeticiones en cada tratamiento. 2:0 tratamiento 2 días almacenamiento formulación original, 2:1 tratamiento 2 días almacenamiento formulación nano encapsulada, 27:0 tratamiento 27 días almacenamiento formulación original, 27:1 tratamiento 27 días almacenamiento formulación nano encapsulada, 43:0 tratamiento 43 días almacenamiento formulación original y 43:1 tratamiento 43 días almacenamiento formulación nano encapsulada.

Las figuras 4 a,b,c muestran el control para el factor B a los 7, 14 y 21 días luego de la aplicación respectivamente indicando que no hay diferencias significativas (valor-p > 0,05).



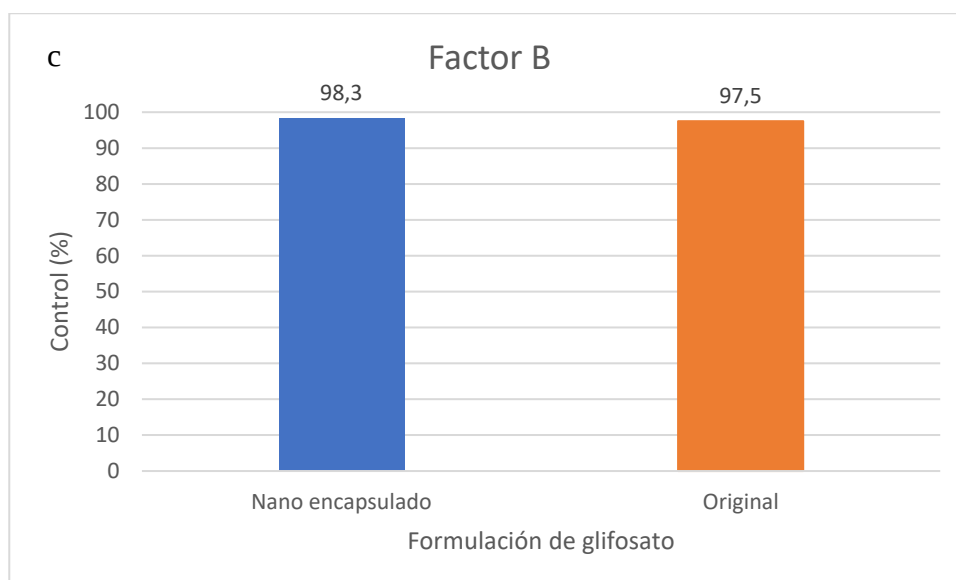


Figura 4 a, b, c. Control promedio de todos los tratamientos con glifosato nano encapsulado versus formulación original del herbicida.

7. Discusión

Los resultados obtenidos no evidenciaron una diferencia significativa en el control entre tratamientos. Esto podría estar relacionado con el momento de la aplicación de los mismos, que en este estudio coincidió con el inicio de llenado de granos de la cebada, el cual puede no haber sido el momento óptimo para este tipo de ensayos, ya que diversos estudios han señalado que el éxito de un tratamiento herbicida depende, en gran medida, del estadio fenológico de la maleza al momento de la aplicación. Según Gianelli et al (2018), los mejores resultados se logran en estadios tempranos de la fenología de la maleza, cuando las plantas son más pequeñas y vulnerables. En este sentido, la falta de diferencias significativas en el control de cebada entre tratamientos podría explicarse por una absorción insuficiente en la planta de cebada. Es decir, que, al verse afectadas las vías de ingreso del herbicida en la planta, como consecuencia de un avanzado estado fenológico, el glifosato nano encapsulado, a pesar de una posible mejora en las propiedades de la formulación, no mostró mejores resultados. Otra de las causas pudo haber sido una falta de especificidad de las propiedades de las cápsulas utilizadas para el nano encapsulado que ayudara a lograr el ingreso del herbicida a las células de la planta, además de otros factores como las condiciones ambientales (Frola, 2013) o a la falta de uso de coadyuvantes que favorezcan el ingreso a la planta.

Si bien los tratamientos con glifosato nano encapsulado no mostraron una mejora en el control comparado con la formulación convencional del mismo, tampoco se pudo determinar

que esta tecnología se vea afectada conforme al avance del tiempo de almacenamiento, ya que no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Aunque trabajos previos sugieren que el proceso de nano encapsulación mejora la penetración de los activos en las células vegetales (Martínez, 2019), los resultados de este ensayo no corroboran de forma concluyente esa tendencia. Pero como demostró Gianelli et al (2018) que el mejor control de malezas se logra al aplicar herbicidas postemergentes sobre individuos pequeños, una aplicación en un momento adecuado en el ensayo, quizás hubiera incidido de manera positiva sobre los resultados obtenidos con esta tecnología.

Para futuros estudios, sería recomendable tener en cuenta aplicaciones de tratamientos con formulaciones de herbicidas nano encapsuladas sobre plantas pequeñas de la especie objetivo, lo cual podría optimizar la eficacia de los tratamientos herbicidas y permitir una mejor evolución de los efectos del uso de la nanotecnología en el control. Además, sería conveniente también comparar formulaciones de nano encapsulados almacenadas por un mayor periodo de tiempo que los evaluados en este estudio, para determinar si es posible que este proceso tenga un efecto positivo en la estabilidad de la formulación a largo plazo. Los resultados obtenidos en este estudio destacan que, aunque la nanotecnología podría ofrecer una posible ventaja frente a la formulación original, su aplicación práctica en el control de malezas aún enfrenta varios desafíos. Esto subraya la necesidad de seguir investigando sobre propiedades físico químicas de las nanopartículas, la interacción con las plantas objetivo, y la optimización de las condiciones de almacenamiento y aplicación. Además, es crucial que en las futuras investigaciones se siga explorando el impacto ambiental y los efectos a largo plazo del uso de nanopartículas en los agroquímicos tanto en términos de su dispersión en el ambiente como de su bioacumulación en organismos no objetivo y productos de consumo que devienen de la producción agropecuaria manejada con productos nano formulados. En este contexto, el uso responsable de la nanotecnología debe ir acompañado de un enfoque riguroso en cuanto a la seguridad y evaluación de riesgos.

8. Conclusiones

- Los resultados de este trabajo rechazan la hipótesis planteada, ya que son contradictorios al postulado de la misma donde se menciona que el tiempo de almacenamiento del glifosato nano encapsulado afecta negativamente su performance, sustentada por el hecho de que los ingredientes activos pueden sufrir alteraciones físico químicas con el paso del tiempo. Se demostró en cambio que las diferencias entre tratamientos no fueron significativas. Por lo tanto, el

tiempo de almacenamiento no tuvo influencia en la estabilidad y performance de la formulación nano encapsulada del herbicida.

8.1. Sugerencias para futuros estudios

- Estudiar el impacto a largo plazo de los productos nano encapsulados sobre la estabilidad de los principios activos más allá de los 43 días.
- Determinar el período óptimo de almacenamiento y las condiciones de conservación necesarias para mantener la eficacia de los tratamientos.
- Considerar también el uso de coadyuvantes que puedan mejorar la penetración y eficacia del herbicida en formulaciones nano encapsuladas, dado que las características de la superficie de las plantas y las condiciones de aplicación influyen enormemente en el resultado de los tratamientos herbicidas.

9. Bibliografía

Argenbio. (2019). Documento sobre el glifosato. (Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología). Consultado 26 oct. 2022. Disponible en: <https://www.argenbio.org/component/jdownloads/?task=download.send&id=27&catid=3&mid=0&Itemid=101>

Berger, M. (2023). Agro-nanotecnología en Argentina. De los experimentos a los desafíos regulatorios nano-específicos. y *Sociedad en Argentina*, 419.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2020). InfoStat, versión estudiantil 2017.1.2, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Echevarría-Machado, I. L. E. A. N. A. (2019). El tamaño sí importa: Los nanofertilizantes en la era de la agricultura de precisión. *Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC, 11*, 69-75. Disponible en: https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2019/2019-04-04-IEchevarria-El-tamano-si-importa-Nanofertilizantes.pdf

Frola, E. 2013. Manejar tamaño, número y distribución de impactos para lograr aplicaciones de calidad. Consultado 23 feb.24. Disponible en:

<https://www.todoagro.com.ar/manejar-tamano-numero-y-distribucion-de-impactos-para-lograr-aplicaciones-de-calidad/>

Gianelli, V., Scaramuzza, N., Bedmar, F., & Diez de Ulzurrun, P. (2018). Sensibilidad de *Conyza bonariensis* y *Conyza sumatrensis* a glifosato en distintos estadios de desarrollo. Disponible en: <https://rephip.unr.edu.ar/items/aabf4229-bcb3-4edf-81d3-8f54c80708eb>

Gimenez, F.J. 2017. Ganancia genética en cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.) en Argentina durante el período 1931-2007. Tesis Dr. en agronomía. Bahía Blanca, Argentina, Universidad Nacional del Sur. 16 p. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9555/INTA_CRBsAsSur_EE_ABordenave_Gimenez_FJ_Ganancia_cebada_cervequera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Labrada, R., Caseley, J. C., & Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo* (Vol. 120). Food & Agriculture Org. Consultado 11 oct. 24. Disponible en: <https://www.fao.org/4/t1147s/t1147s00.htm#Contents>

Lugo-Medina, E., García-Gutiérrez, C., & Ruelas-Ayala, R. D. (2010). Nanotecnología y nanoencapsulación de plaguicidas. *Ra Ximhai*, 6(1), 63-67. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46112896009.pdf>

Martínez, G. (2019, 31 marzo). La startup argentina que diseña nanotecnología para proteger el medioambiente. Consultado 5 oct. 24. Disponible en: <https://www.innovaspain.com/nanotica-agro-startup-argentina-nanotecnologia-medioambiente/>

Montgomery, D. C. (2007). *Diseño y análisis de experimentos* (Vol. 2). México^ eDF. DF.: Limusa Wiley.

Patrignani, A.; Ochsner, E. 2015. Canopeo: a powerful new tool measuring fractional green canopy cover. (en línea). *Agronomy Journal*. 107(6):2312-2320. Consultado 23 feb. 2024. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/7e32/aeaa7f309befe41eb657caec83599b18955e.pdf?_ga=2.129186252.1915248394.1582293595-1260110011.1582293595

Pinzón Ruiz, M. P. (2012). Nanotecnología en los alimentos. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1536/2010-03P-05.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Slafer, G. A., & Rawson, H. M. (1994). Does temperature affect final numbers of primordia in wheat?. *Field Crops Research*, 39(2-3), 111-117.

Traggiay, M., Dellaferrera, R., & Perreta, M. (2009). 3 C. 14-INFLUENCIA DE LA EDAD DE LA PLANTA Y LA TEMPERATURA DE CRECIMIENTO DE COMMELINA ERECTA SOBRE LA CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE CERAS EPICUTICULARES Y LA TOLERÂNCIA A GLIFOSATO.

Valdiviezo-Morales, L. Ortega-Cerrilla, ME. Vaquera-Huerta, H. Kawas-Garza, JR. Zetina-Cordoba, P. Miranda-Jiménez, L. 2017. MICRO Y NANOENCAPSULACIÓN: UNA PERSPECTIVA BIOTECNOLÓGICA EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL. Agroproductividad. Volumen 10 (Número 5): 63-18.

10. ANEXO

ANOVA y test Tukey para las distintas fechas de evaluación

10.1. Primera evaluación a los 7 DDA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LOG10 control(%)	48	0,48	0,30	11,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,08	12	0,09	2,65	0,0123
Bloque	0,80	7	0,11	3,35	0,0077
Factor A	0,08	2	0,04	1,22	0,3075
Factor B	0,01	1	0,01	0,21	0,6507
Factor A*Factor B	0,19	2	0,10	2,84	0,0722
Error	1,19	35	0,03		
Total	2,28	47			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15970

Error: 0,0341 gl: 35

Factor A Medias n E.E.

27	1,70	16	0,05	A
2	1,62	16	0,05	A
43	1,61	16	0,05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10817

Error: 0,0341 gl: 35

Factor B Medias n E.E.

0	1,66	24	0,04	A
1	1,63	24	0,04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,27809

Error: 0,0341 gl: 35

Factor A Factor B Medias n E.E.

27	1	1,78	8	0,07	A
2	0	1,70	8	0,07	A
43	0	1,64	8	0,07	A
27	0	1,63	8	0,07	A
43	1	1,58	8	0,07	A
2	1	1,54	8	0,07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

10.2. Segunda evaluación a los 14 DDA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LOG10 control(%)	48	0,45	0,26	2,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	12	0,01	2,36	0,0242
Bloque	0,04	7	0,01	2,90	0,0170
Factor A	0,01	2	3,9E-03	1,83	0,1761
Factor B	4,5E-05	1	4,5E-05	0,02	0,8857
Factor A*Factor B	0,01	2	4,7E-03	2,16	0,1306
Error	0,08	35	2,2E-03		
Total	0,14	47			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04019

Error: 0,0022 gl: 35

Factor A	Medias	n	E.E.
43	1,98	16	0,01 A
27	1,97	16	0,01 A
2	1,95	16	0,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02722

Error: 0,0022 gl: 35

Factor B	Medias	n	E.E.
1	1,97	24	0,01 A
0	1,97	24	0,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06998

Error: 0,0022 gl: 35

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.
27	1	1,99	8	0,02 A
43	0	1,98	8	0,02 A
43	1	1,98	8	0,02 A
2	0	1,97	8	0,02 A
27	0	1,95	8	0,02 A
2	1	1,94	8	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

10.3. Tercera evaluación a los 21 DDA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LOG10 Control (%)	48	0,55	0,39	0,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	12	9,8E-04	3,50	0,0019
Bloque	0,01	7	1,5E-03	5,28	0,0004
Factor A	3,9E-04	2	1,9E-04	0,69	0,5064
Factor B	1,3E-04	1	1,3E-04	0,46	0,5019
Factor A*Factor B	8,9E-04	2	4,5E-04	1,59	0,2177
Error	0,01	35	2,8E-04		
Total	0,02	47			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01449

Error: 0,0003 gl: 35

Factor A	Medias	n	E.E.
43	1,99	16	4,2E-03 A
2	1,99	16	4,2E-03 A
27	1,99	16	4,2E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00981

Error: 0,0003 gl: 35

Factor B	Medias	n	E.E.
1	1,99	24	3,4E-03 A
0	1,99	24	3,4E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02522

Error: 0,0003 gl: 35

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.
43	0	2,00	8	0,01 A
2	1	2,00	8	0,01 A
43	1	1,99	8	0,01 A
27	1	1,99	8	0,01 A
27	0	1,98	8	0,01 A
2	0	1,98	8	0,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)