

Estrategias de descontaminación de envases vacíos del herbicida glifosato en Entre Ríos

Saluso, A.^{1,2}; Toledo, C.E.R.¹; Cuatrín, A.L.²; Marnetto, M.J.^{1,2}; Clavijo, A.V.¹; Penco, R.¹; Molinero, C.G.¹; Pintos, H.I.¹; Mugheri Bohl, F.A.¹; Foti, M.N.¹; Michel, A.¹; Nolla, J.D.¹; Toledo, M.V.³; Gamboa, D.M.¹; Eckerdt, V.D.¹

Autores: 1. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Ruta provincial N°11, km 10,5. Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.

2. INTA EEA Paraná

3. Facultad de Ciencias Exactas- Universidad Nacional de La Plata.

Contacto: adriana.saluso@uner.edu.ar

ARK: <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/czcb9khkr>

Resumen

El glifosato es el herbicida con mayor volumen comercializado en Argentina, lo que genera gran cantidad de envases, con diferente grado de descontaminación. La empresa Spraytec posicionó la lanza Dualtec® (LSD) como método alternativo al triple lavado manual (TLM). Con la finalidad de conocer el grado de adopción de las prácticas de descontaminación de los envases vacíos de fitosanitarios y detectar residuos de glifosato en el agua de lavado mediante técnicas analíticas, se realizaron encuestas a productores agrícolas y a empresas expendedoras de fitosanitarios de Entre Ríos, bioensayos con semillas de lechuga y ensayos de efectividad de prácticas de lavado a través del Test ELISA. La mayoría de los productores agrícolas y operarios de pulverizadoras conoce el triple lavado. El grado de adopción de este último es variable, y se relaciona con el Departamento encuestado. El mayor porcentaje de productores y de empresas almacena los envases vacíos en sitios específicos. La lechuga fue altamente sensible a los cambios en las concentraciones de glifosato. La técnica ELISA permitió discriminar la efectividad de los procedimientos para el lavado de envases vacíos del herbicida. La LSD fue igualmente efectiva que el TLM, lo que constituye el primer antecedente relacionado a este sistema.

Palabras clave: fitosanitarios; técnicas de lavado; Test Elisa; bioensayos; lechuga

1. Objetivos propuestos y cumplidos

Objetivo general:

Contribuir al desarrollo sostenible y la preservación del medio ambiente en la provincia de Entre Ríos, propiciando la adecuada gestión de envases de productos fitosanitarios a través del análisis de los sistemas de descontaminación y su destino final.

Objetivos específicos:

- Conocer los diferentes tratamientos que se realizan a los envases vacíos de fitosanitarios en Entre Ríos.
- Analizar el grado de adopción de buenas prácticas en el manejo de envases vacíos de glifosato, triple lavado o lavado a presión y destrucción de envases en los establecimientos agropecuarios que realizan productores agrícolas y proveedores de insumos.
- Detectar residuos de glifosato en el agua de lavado de los envases vacíos mediante bioensayos con semillas de lechuga.
- Determinar, a través del Test Elisa, la adecuada realización de la técnica del triple lavado y comparar su efectividad con el sistema lanza aspiradora Dualtec®.

2. Marco teórico (síntesis)

En Argentina, el actual modelo productivo se caracteriza por una alta dependencia de insumos, principalmente fertilizantes y productos fitosanitarios¹ como herbicidas, insecticidas, fungicidas (Andrade y Lema, 2017), aunado a la percepción social con respecto a estos últimos que genera preocupación e incertidumbre de las comunidades expuestas y de la sociedad en su conjunto (Rodríguez González y Heinzen Cesio, 2017), principalmente en áreas periurbanas (Saluso et al., 2018a). Esto conlleva a la necesidad de avanzar hacia una propuesta productiva con un enfoque agroecológico que resuelva o minimice los problemas generados por el modelo dominante (Marasas et al., 2015).

En nuestro país se utilizan 230 millones de litros de herbicidas y 350 millones de litros de otros productos fitosanitarios (Cavallin et al., 2017). De acuerdo con los datos elaborados por Montoya et al. (2022), existen en el mercado argentino alrededor de 5.387 productos formulados registrados en el SENASA, siendo los herbicidas el grupo mayoritario con el 43 %, seguido por los insecticidas (23 %) y por los fungicidas (20 %). Dentro de los herbicidas, el glifosato es uno de los más conspicuos (Montoya et al., 2022). Según las últimas estadísticas disponibles, del 87 % del volumen comercializado de fitosanitarios, el 62 % correspondió al glifosato (CASAFE, 2014). En promedio se utilizan 15 litros por hectárea por año, y en el caso del algodón hasta 40 litros por hectárea por año (Marino, 2019). El glifosato es un inhibidor de la enzima 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS), clave en la síntesis de aminoácidos aromáticos. Posee un amplio espectro de control de malezas y alta capacidad de ser translocado a órganos subterráneos, inhibiendo el rebrote de especies perennes normalmente sus-

1. Producto fitosanitario: Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, controlar o destruir cualquier organismo nocivo, incluyendo las especies no deseadas de plantas o animales, que causan perjuicio o interferencia negativa en la producción, elaboración o almacenamiento de los vegetales y sus productos. Incluye coadyuvantes, fitorreguladores, desecantes y las sustancias aplicadas a los vegetales antes o después de la cosecha para protegerlos contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte (SENASA, 2003).

ceptibles (Montoya y Yannicari, 2021). Los síntomas en malezas se relacionan con la detención del crecimiento y clorosis en las hojas, seguida de necrosis y muerte total. Dichos síntomas son más evidentes en el ápice y en las zonas de intensa actividad meristemática (Giesy et al., 2000; Novo y Cavallo, 2003).

En la campaña agrícola 2021/22, el 54 % de la superficie sembrada a nivel nacional y el 63 % a nivel provincial (S.A.G.yP., 2023) correspondió al cultivo de soja. Esta oleaginosa, en relación a otros cultivos extensivos, es la que mayor porcentaje de herbicidas utiliza, en un 45 % (Moltoni, 2012). Comparativamente con los fungicidas y los insecticidas, los herbicidas, presentan el mayor rango de impacto ambiental (EIQ), por lo que la utilización de estos productos incrementa el riesgo eco-toxicológico (Saluso et al., 2018a). Estudios realizados en la localidad de María Grande (Entre Ríos) determinaron que el 46 % del total de principios activos empleados en los establecimientos del área periurbana correspondió a herbicidas y, dentro de ellos, los más aplicados fueron glifosato (36 %), principalmente en barbecho químico, y 2,4 D (15 %). Si bien a las dosis y concentraciones utilizadas por los productores, el glifosato tiene un EIQ de 17,8, el problema radica cuando se combina la cantidad de hectáreas aplicadas con ese valor de impacto ambiental, lo que puede atentar contra la sustentabilidad del paisaje (Saluso et al., 2018b). Por todo ello, el volumen de producción de envases de glifosato es sustancialmente importante. En las últimas décadas, los envases comenzaron a ser objeto de análisis y evaluación ya que, una vez volcado el producto al tanque de la pulverizadora, se convierten en un problema (Allevato, 2001; Castelli, 2003). En este punto, el destino final de los envases vacíos pareciera responsabilizar a un único actor, los productores (Valencia Ospina et al., 2014), cuando la gestión integral de envases debería ser un trabajo mancomunado, con un mayor involucramiento de los organismos gubernamentales (Merlo et al., 2020). La rutina general del manejo de envases de fitosanitarios comprende cuatro etapas. La última de ellas, carga del producto en el equipo aplicador, finaliza con el enjuague de los envases vacíos de fitosanitarios, el que debe realizarse inmediatamente después de haberse agotado su contenido, evitando que el residuo se seque en su interior (Leon y Martens, 2018). Existen dos procedimientos que pueden implementarse siguiendo la Norma IRAM N° 12.0699: triple lavado y enjuague a presión. Su fundamento abrevia en tres pilares: (I) seguridad social en lo que respecta a la manipulación y disposición posterior de los envases; (II) sustentabilidad ambiental, al permitir el reciclado de los envases, minimizando los efectos adversos sobre el ambiente y (III) económico, debido a que permite aprovechar el total del producto, haciendo un uso eficiente del mismo (BPA, 2015).

En los últimos años se han realizado investigaciones para determinar restos de glifosato en agua, por tratarse de uno de los componentes del ambiente más vulnerable (Bayona et al., 2022; Demonte, 2020; Nardo et al., 2015). La técnica de referencia para la determinación de la concentración de este herbicida y AMPA en agua es la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) (Nedelkoska y Low, 2004; Maitre et al., 2008). Los costos elevados y el no disponer de una adecuada infraestructura obligan a buscar métodos alternativos de detección. De esta manera surgió la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA), que permite la detección cualitativa de presencia o ausencia de glifosato y ha sido exitosamente utilizada en muestras de agua (Byer et al., 2008; Paravani et al., 2016; Sasal et al., 2017), por lo que podría emplearse como método analítico alternativo para determinar los residuos de glifosato luego del lavado de

los envases. Asimismo, los bioensayos con plantas indicadoras se presentan como otra técnica sencilla y económica, igualmente sensible para la detección de restos del herbicida (Forero et al., 2004). Estos últimos permiten cualificar y cuantificar la presencia de compuestos químicos en diferentes medios, de acuerdo con el parámetro de medida que se utilice: peso, longitud de la planta, del coleoptilo o de la radícula (Horowitz, 1976; Richardson, 1985; Foti, 2018).

Por lo expuesto, este proyecto se concentró en el abordaje de dos líneas: (I) diagnóstico sobre las prácticas de descontaminación que realizan los productores agrícolas de la provincia de Entre Ríos y (II) eficacia de métodos para el lavado de envases de fitosanitarios. Por consiguiente, se intentó dar respuestas a los siguientes interrogantes: ¿Qué prácticas de descontaminación de envases llevan adelante los productores de la provincia de Entre Ríos? ¿En qué proporción las realizan? ¿La lanza de aspiración Dualtec® es igualmente efectiva que el triple lavado manual para la descontaminación de los envases de fitosanitarios? ¿Son efectivas las prácticas de descontaminación de envases de fitosanitarios que realizan los productores agrícolas de Entre Ríos?

3. Marco metodológico (síntesis)

3.1. Encuesta a productores agrícolas

Para cumplir con uno de los objetivos planteados, se realizaron encuestas a productores agropecuarios de todos los departamentos de la provincia. Las mismas incluyeron variables socio-productivas y variables relacionadas al tratamiento de los envases de fitosanitarios y su destino final.

Para la determinación del tamaño muestral, se consideró la ecuación propuesta por Grasso (2006), tomando como dato poblacional las 18.215 unidades productivas (UP) informadas por el CNA 2018 (CNA, 2019) y se asumió un riesgo de error de 5 %:

$$n = \frac{1}{e^2 + \frac{1}{N}} \quad (\text{Ec. 1})$$

El análisis de las encuestas se hizo a través de estadísticas descriptivas, medidas resumen, tablas y figuras.

3.2. Encuestas a empresas expendedoras de productos fitosanitarios

Se realizaron encuestas a proveedores de productos fitosanitarios con la finalidad de complementar la información aportada por los productores, valorando la mirada de este importante actor del sector agropecuario respecto al destino final de los envases de plaguicidas.

Para determinar el tamaño de muestra, se consideró de igual manera la ecuación anterior (Ec. 1), tomando como base el listado de 198 expendedores registrados en la Secretaría de Agricultura de la provincia de Entre Ríos. Asumiendo un riesgo de error de 5 %, se debían realizar 132 encuestas en un muestreo estratificado por departamento.

El análisis de las encuestas se hizo a través de estadísticas descriptivas, medidas resumen, tablas y figuras.

3.3. Bioensayos

Para los bioensayos se utilizaron cajas de Petri de vidrio de 9 cm de diámetro, con papel de filtro en la base, humedecido con 3 ml de la solución correspondiente a cada tratamiento/ensayo. En cada caja se colocaron 20 semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. capitata (L.) Janchen) pregerminadas, se taparon y se distribuyeron al azar en cámara de crecimiento a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, con alternancia de luz (16 horas) y oscuridad (8 horas) (Foti, 2018).

Se emplearon semillas de lechuga pregerminadas en cámara de crecimiento durante 24 horas (con radícula de 2 mm de longitud) para una mayor uniformidad en la siembra. A las 96 horas desde la siembra se midió la longitud de la raíz con calibre digital (Foti, 2018). Se trabajó con lechuga dado que es la especie más ampliamente difundida para su aplicación en este tipo de ensayos, fundamentalmente por su sensibilidad (Wang, 1987; Dutka, 1989; Mohan y Hosetti, 1999; Sobrero y Ronco, 2004; Sobrero, 2010).

3.3.1. Ensayo exploratorio

Con la finalidad de conocer si la lechuga era sensible a los cambios en las concentraciones de glifosato se realizó un ensayo exploratorio donde se consideró un testigo (agua destilada) y cuatro tratamientos:

1. Residuo de glifosato proveniente del agua del primer lavado.
2. Residuo de glifosato proveniente del agua del segundo lavado.
3. Residuo de glifosato proveniente del agua del tercer lavado.
4. Residuo de glifosato proveniente del agua del cuarto lavado.

Variable medida: longitud de la raíz de lechuga.

3.3.2. Ensayos para ajustar la curva Dosis-Respuesta

Con el objetivo de encontrar un modelo matemático que permita predecir la concentración de glifosato en envases vacíos, luego de haber realizado el lavado y en función del crecimiento de la radícula de lechuga, se llevaron a cabo 3 bioensayos considerando diferentes diluciones, según se observa en la Tabla 1: Ensayo 1: 9 tratamientos; Ensayo 2: 14 tratamientos y Ensayo 3: 18 tratamientos ($n=5$). El testigo consistió en agua destilada ($n=10$). Para el primer bioensayo se consideró un rango de 0 a 800 ppb. En este caso, se tuvo en cuenta como límite superior el umbral de largo plazo para el agua dulce de 800 $\mu\text{g/L}$ de glifosato, establecido en la guía de calidad de agua para la protección de la vida acuática (CWQG) publicada por el Ministerio de Ambiente de Canadá (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2012; Paravani et al., 2016). Los rangos posteriores se ajustaron de acuerdo a los resultados que se obtuvieron en los bioensayos precedentes.

Tabla 1. Tratamientos (diluciones en ppb) considerados en cada uno de los ensayos

BIOENSAYOS		
1	2	3
DILUCIONES (ppb)		
5	0,1	0,1
10	0,3	0,3
20	0,5	0,5
50	0,8	0,8
75	1	1

100	5	2,4
200	10	5
400	50	10
800	75	15
	100	20
	120	30
	150	40
	200	50
	240	75
		100
		120
		200
		240

En todos los bioensayos se utilizó el herbicida glifosato: sal potásica de la N-fosfonometil glicina, 58,8 g- equivalente ácido glifosato 48 % p/v, de la misma partida y marca comercial. Las diluciones se efectuaron en el Laboratorio de Química y los bioensayos en el Laboratorio de Fisiología Vegetal, ambos de la FCA-UNER.

Para ajustar la curva Dosis-Respuesta (D-R) se utilizaron modelos lineales y no lineales. Las herramientas estadísticas empleadas fueron los paquetes “easynls”, “drc”, “lmtest”, “multcomp” y para la realización de los gráficos “ggplot2” (Wickham, 2016) del software estadístico R (R Core Team, 2020). El ajuste de modelos lineales se realizó con regresión segmentada (Carmona, 2021). En el caso del modelo no lineal, se ajustó una regresión logística a fin de poder determinar la Dosis Letal 50 (DL_{50}) y otros parámetros de interés biológico de acuerdo a la propuesta de Ritz et al. (2015) (Ec. 2).

$$f(x, (b, c, d, e)) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))} \quad (Ec. 2)$$

Donde:

b es la pendiente de la curva dosis respuesta.

c es el límite asintótico inferior de la respuesta.

d es el límite asintótico superior de la respuesta.

e es la dosis letal 50; en este caso, es la dosis de glifosato en donde se reduce un 50 % el crecimiento de la raíz.

x corresponde a la dosis de glifosato adicionado a la muestra.

3.4. Ensayos de efectividad de técnicas de lavado y Test Elisa

El experimento se realizó en el campo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER) “Ramón Roldán”. Para ello, se utilizaron 12 envases del herbicida glifosato marca comercial “POTENZA FULL”, perteneciente a la empresa Nutrien Agro Soluciones, correspondientes al Lote NOV21INT184 con vencimiento del 02-11-23.

Se consideraron cuatro tratamientos, que se describen a continuación, y tres réplicas por tratamiento.

Tratamiento 1. Testigo sin lavar: El envase vacío de glifosato se colocó boca abajo y se dejó escurrir durante 30 segundos, hasta la interrupción del goteo propio del envase cuando se vacía su contenido.

Tratamiento 2. Triple lavado manual: Consistió en realizar el triple lavado conforme a lo establecido por la Noma IRAM 12069 (2003): (1) Quitar la tapa, colocar el envase sobre el orificio del tanque y hacer gotear el resto que quedó durante 30 segundos. (2) Llenar el envase con agua hasta 1/4 de su capacidad, cerrarlo con su correspondiente tapa, orientar la abertura del envase hacia un costado y agitarlo de derecha a izquierda, para lavar completamente su superficie interna. (3) Quitar la tapa y verter el contenido en el tanque pulverizador, haciendo gotear el residuo durante 30 segundos. Estas operaciones se repitieron dos veces más, agitando el envase con la abertura orientada hacia el suelo primero y luego hacia arriba, en posición normal (Figura 1A).

Tratamiento 3. Lavado a presión: El envase vacío de glifosato se colocó dentro de una batea, boca abajo, en un pico lavador que inyecta agua limpia a presión durante 60 segundos. En este caso, se agregaron 6 litros de agua limpia y se procedió a agitar los envases durante 30 segundos. Luego se dejó escurrir hasta que no quedaron gotas del agua de lavado. Este procedimiento se reiteró tres veces (Figura 1B).

Tratamiento 4. Lavado con lanza Dualtec®: El dispositivo Dualtec® se conectó a la bomba de pulverización que permitió, mediante una lanza de una sección de 1 pulgada, aspirar el herbicida directamente del envase. En el interior de la lanza se encuentra otro tubo, de una sección menor, por el cual se inyectó agua a presión. Se realizó el ingreso de agua y la succión de la misma durante 60 segundos, en los que se extrajo todo el contenido del envase (Figura 1C).

Luego de realizar cada tratamiento, se agregaron 1000 cc de agua en el interior de los envases de glifosato. De allí se tomó una muestra de 100 cc, la que se vertió dentro de envases estériles descartables rotulados. Dicha muestra se utilizó para realizar el test de ELISA.

Tanto en el lavado a presión como en el sistema Dualtec® se utilizaron 20 litros de agua limpia por minuto y por envase. En el caso del triple lavado se agregaron 6 litros de agua limpia; se procedió a agitar los envases durante 30 segundos, se vertió el contenido hasta que no cayera ninguna gota y se repitió el procedimiento tres veces.





Figura 1. Tratamientos realizados en el experimento: A. triple lavado manual; B. lavado a presión y C. lavado con el sistema Dualtec®.

La determinación de residuos del herbicida glifosato, posterior a los diferentes lavados efectuados, se llevó a cabo en el Laboratorio de Química de la FCA–UNER. En cada envase estéril descartable se agregó una cantidad conocida de agua destilada, a modo de remover los restos de glifosato que pudieran permanecer adheridos a las paredes. Se agitó durante 15 segundos y luego se vació cada envase. Se midió el volumen final y, por diferencia con respecto al volumen adicionado, se conoció el volumen inicial contenido en el envase luego del procedimiento en el campo. La concentración de glifosato residual se determinó mediante la técnica *Enzyme-Linked ImmunoSolvent Assay (ELISA)* competitiva, empleando el kit Abraxis® (Cailla et al., 1973).

A partir de esta información se construyó la curva de calibración con testigos estándares provistos en el kit de trabajo (Tabla 2).

Tabla 2. Concentraciones (ppt) de los estándares utilizados para el ajuste de la curva de calibración.

Standard	Concentraciones (ppt)
0	0
1	75
2	200
3	370
Control	500
4	750

Se calculó la regresión lineal entre los valores de absorbancia leídos y las concentraciones de glifosato. El análisis de varianza se realizó mediante el software estadístico *InfoStat* versión 2021 (Di Rienzo et al., 2021).

4. Resultados y discusión (síntesis)

4.1. Encuesta a productores agrícolas

Se determinó que se debían realizar 391 encuestas a productores agropecuarios de todos los departamentos de la provincia, asumiendo un error de 5 % (Ec. 1), aunque finalmente se lograron 418 encuestas, superando la cantidad estimada (Tabla 3). En el departamento Islas se hicieron sólo un par de encuestas porque los productores manifestaron que prácticamente no utilizaban fitosanitarios, lo que justificó no incluir dicho departamento en los análisis correspondientes.

Tabla 3. Número de encuestas realizadas y requeridas por departamento de la Provincia de Entre Ríos

Departamento	Realizadas	Requeridas	Departamento	Realizadas	Requeridas
Colón	29	28	Nogoyá	33	33
Concordia	18	18	Paraná	65	42
Diamante	23	16	San Salvador	11	11
Federación	34	32	Tala	22	20
Federal	17	17	Uruguay	37	35
Feliciano	11	11	Victoria	11	10
Gualeguay	15	15	Villaguay	33	33
Gualeguaychú	35	35	TOTALES	418	380*
La Paz	24	24			

* Este número surge de restar las 11 encuestas necesarias del departamento Islas.

En el 40 % de los casos, los productores utilizan un equipo propio para realizar las pulverizaciones, con máquina autopropulsada (17 %) y de arrastre (83 %). Esto genera un costo de oportunidad menor, difícil de cuantificar, dado por la mayor versatilidad para iniciar la pulverización en el momento más apropiado (velocidad del viento y humedad relativa) y por la posibilidad de realizar las regulaciones óptimas de acuerdo con las condiciones ambientales, lo que en general conduce a una mejor calidad de aplicación (Bongiovanni, 2003). El 60 % de los productores contratan principalmente equipos autopropulsados, aproximadamente el 90 % de los casos (Figura 2). Estos últimos valores coinciden con los resultados hallados por Montoya et al. (2015), ya que en una encuesta realizada, principalmente a aplicadores de La Pampa, permitió conocer que el 94 % de los equipos terrestres que se utilizan en dicha provincia corresponden a pulverizadoras autopropulsadas. De acuerdo con los datos del INDEC (2022), en el primer trimestre de 2022 en Argentina, se vendieron un total de 234 unidades: el 60 % correspondió a pulverizadoras autopropulsadas y el 40 % restante a máquinas de arrastre. En este sentido, la inversión en una pulverizadora autopropulsada puede re-

sultar en una alternativa laboral para un productor chico, con capacidad ociosa de mano de obra familiar, quien podría realizar trabajos de pulverización a terceros (Bongiovanni, 2003).

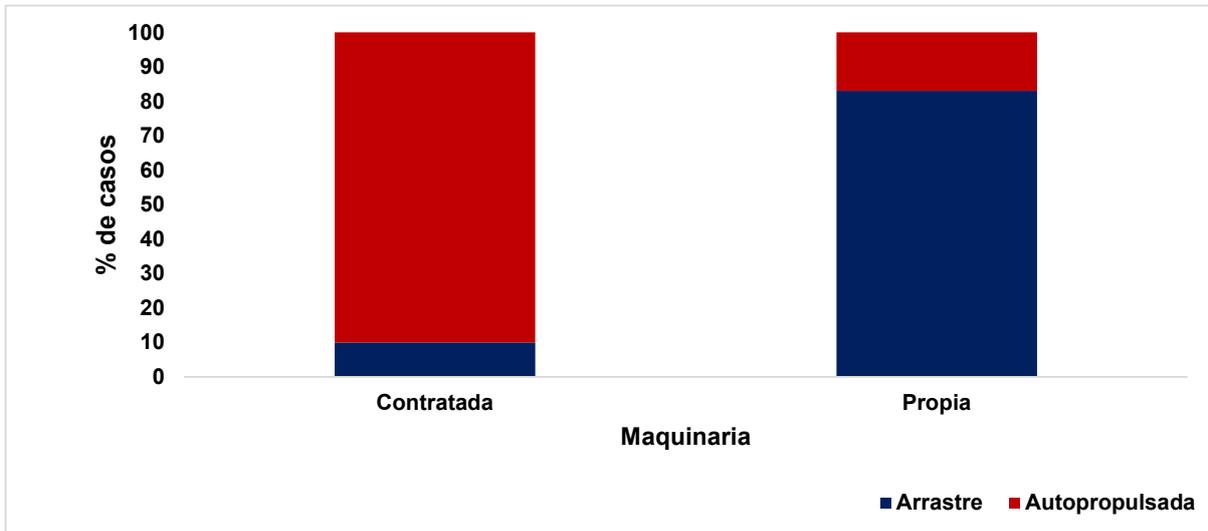


Figura 2. Frecuencia de casos de productores con maquinaria contratada o propia y tipo de pulverizadora: arrastre o autopropulsada.

En lo que respecta al tipo de máquina pulverizadora utilizada, ya sea propia o contratada, analizada por departamento, se observa que en Victoria y Gualeguay únicamente se emplean equipos autopropulsados, mientras que en Federación y Concordia hay un predominio de equipos de arrastre (Figura 3).

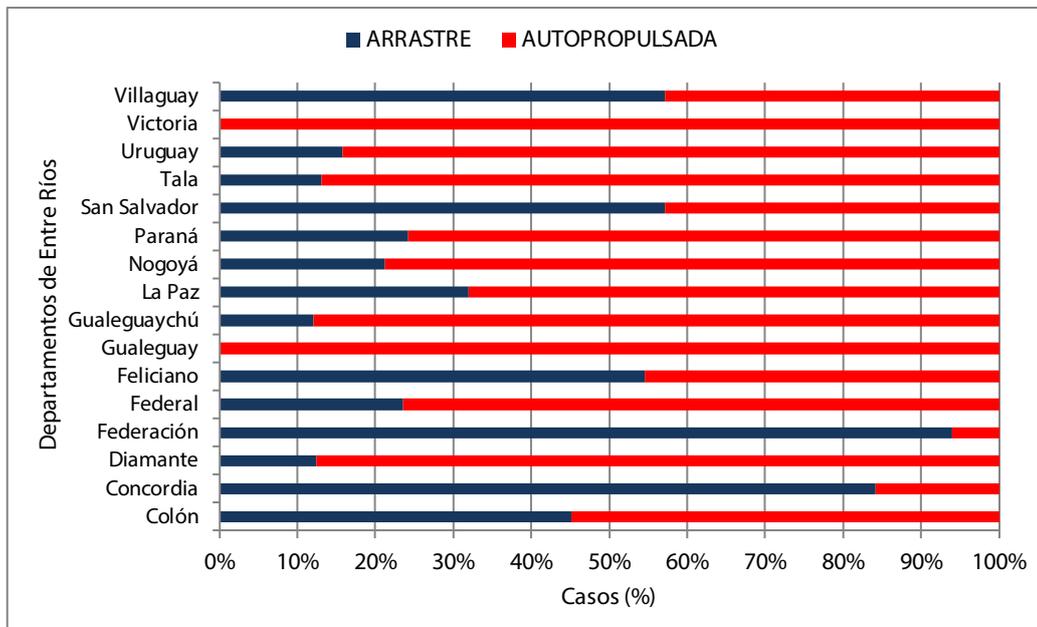


Figura 3. Tipo de máquina pulverizadora utilizada por departamento de Entre Ríos en porcentaje.

En aquellos casos en que el productor tiene máquina pulverizadora propia, la frecuencia con que realiza su mantenimiento difiere en relación con el tipo de equipo. Si es de arrastre, en el 48 % de los casos el mantenimiento se efectúa previo a su uso; si es autopropulsada, lo más frecuente es el mantenimiento mensual (36 %), según se observa en la Figura 4.

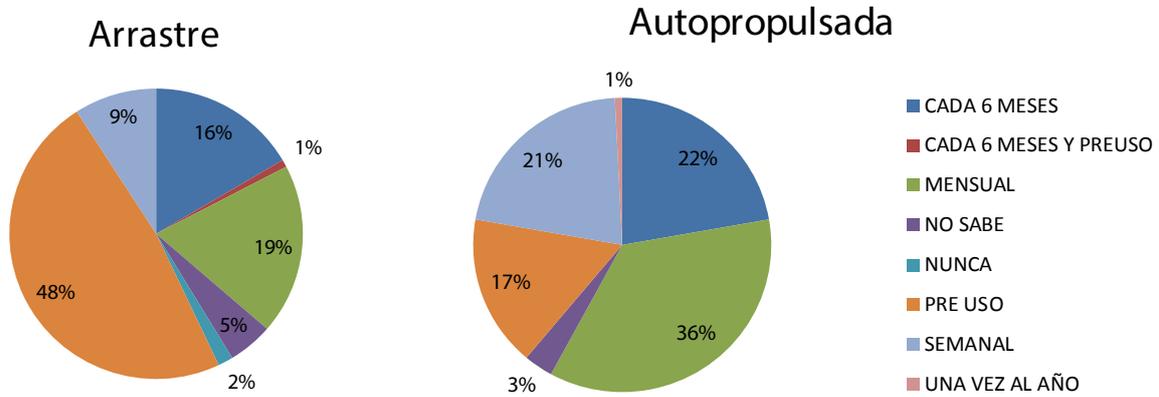


Figura 4. Frecuencia con que se realiza el mantenimiento de los equipos pulverizadores en relación con el tipo de maquinaria.

El 73 % de los productores encuestados compran sus fitosanitarios en agropecuarias y cooperativas de la zona (Figura 5).

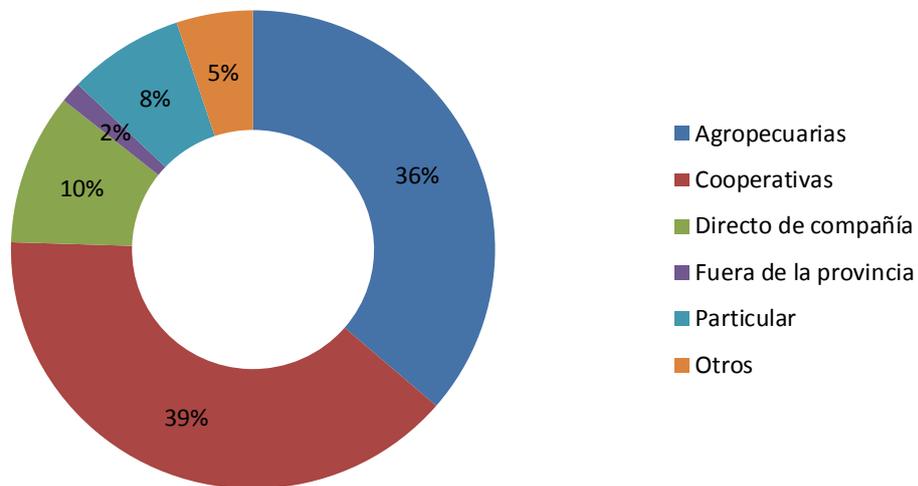


Figura 5. Distribución de frecuencias relacionadas al origen de las compras de productos fitosanitarios.

Al analizar esta información por departamento, se observa que en Paraná los productores compran sus fitosanitarios fundamentalmente en las cooperativas, mientras que en Uruguay y Villaguay lo hacen en las agropecuarias. En el resto de los departamentos se observan valores similares en lo que respecta a ambos sitios de compra (Figura 6).

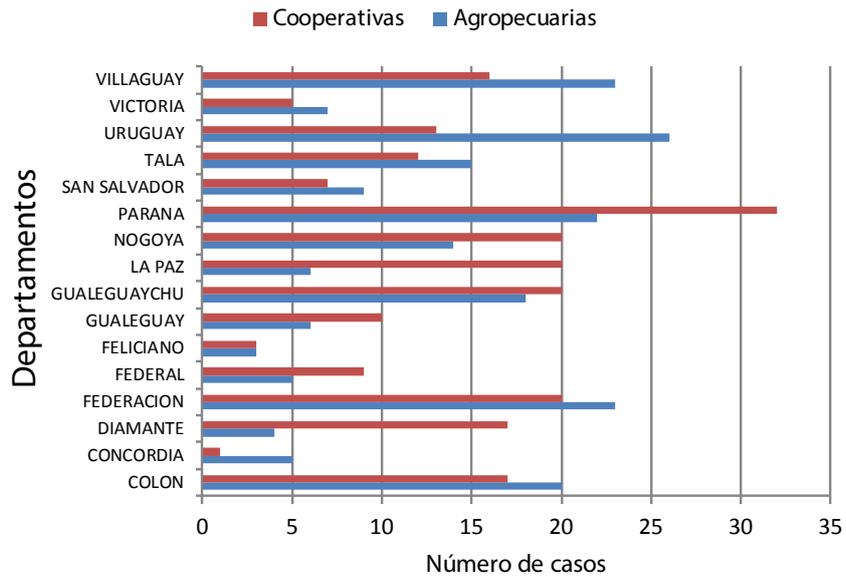


Figura 6. Sitios donde los encuestados compran sus fitosanitarios por departamento de Entre Ríos (número de casos).

El 97 % de los encuestados recibe los fitosanitarios en envases sellados al momento de efectuar su compra. El 5,7 % lo recibe a granel y el 5,3 % fraccionado. Por otro lado, el 92 % de los encuestados no realiza el trasvase de los productos.

En referencia al triple lavado, el 83,7 % de los encuestados conoce esta técnica, aunque los porcentajes varían de acuerdo con el departamento relevado. Así, por ejemplo, el 100 % de los productores encuestados de San Salvador conoce el triple lavado, mientras que en Victoria la mayor proporción de los mismos (38 %) desconoce dicha técnica (Figura 7).

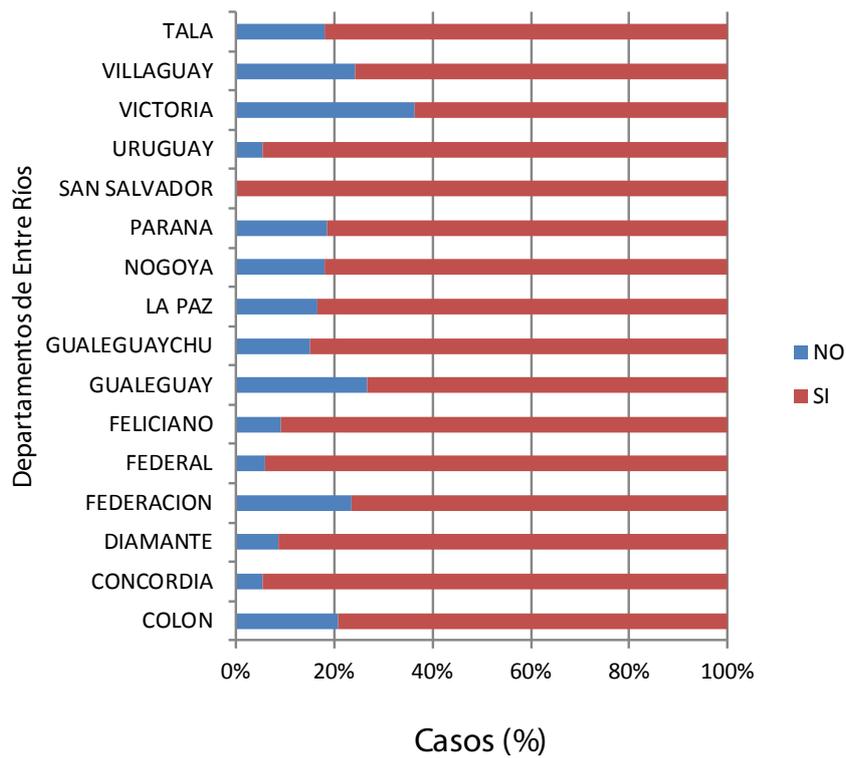


Figura 7. Productores encuestados (%) que conoce la técnica de triple lavado.

Asimismo, de los que conocen la técnica de triple lavado, el 12,5 % no lo realiza. En los departamentos Villaguay y Concordia todos los que la conocen la aplican. En Feliciano, si bien el 95 % conoce la técnica, solo el 70 % la aplica. A su vez, para aquellos que aplican el triple lavado, el 62 % utiliza boquilla lavadora a presión, mientras que el 47 % lo hace manualmente.

En lo que respecta al destino final de los envases vacíos de productos fitosanitarios, independientemente del tipo de envase utilizado (plástico, chapa o vidrio), la mayoría de los encuestados los acumula en un lugar previsto para ello (Figura 8). Aquellos que entierran el envase (1,2 % de plástico, 4,1 % de chapa y 7,6 % de vidrio) mayoritariamente lo hacen sin tratamiento previo (82 %) y sin identificar el lugar donde lo realizan (73 %). Quienes queman los envases (22,1 % de plástico, 5,1 % de chapa y 1,5 % de vidrio) mayoritariamente lo hacen a cielo abierto (88 %), y sólo el 2 % indicó utilizar incinerador de alta temperatura. Cabe mencionar que las encuestas se realizaron antes de 2021, esto es, previo a la inauguración del primer Centro de Almacenamiento Transitorio (CAT) en el departamento Federación. Entre Ríos adhirió a la Ley N° 27.279 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la gestión de envases vacíos de fitosanitarios, y en este contexto se prevé contar con ocho CAT antes de diciembre de 2023.

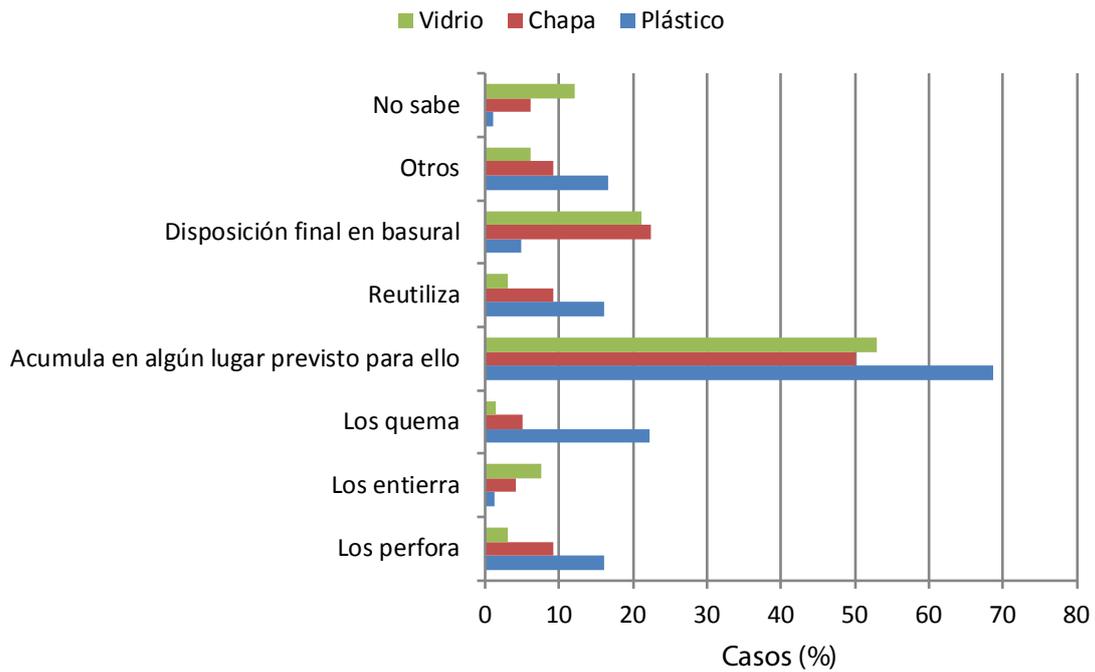


Figura 8. Destino final de los envases vacíos de fitosanitarios en porcentaje de casos.

En referencia al destino de los productos vencidos, el 59 % de los encuestados continúa utilizándolos sin tener en cuenta la fecha de vencimiento, aunque un 29 % manifestó que nunca llega a tener productos vencidos (Figura 9).

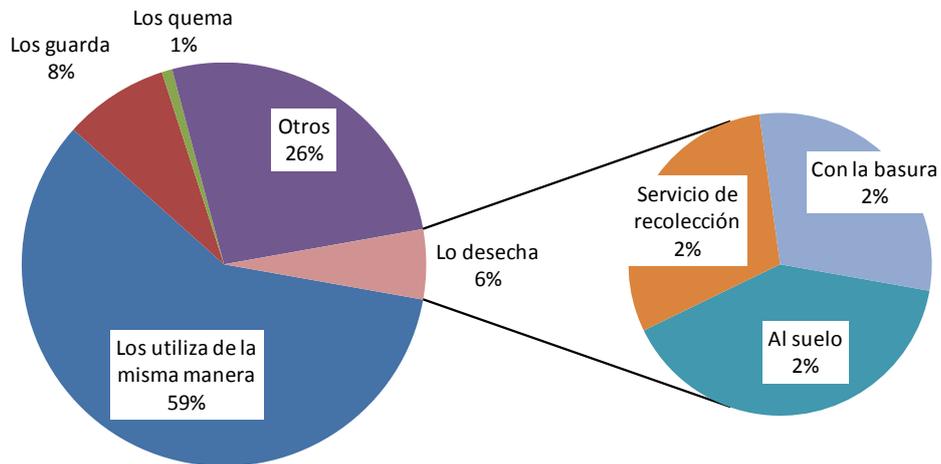


Figura 9. Destino de los envases de fitosanitarios vencidos, en porcentaje de caso.

4.2. Encuestas a empresas expendedoras de productos fitosanitarios

Se realizaron 62 encuestas que correspondieron a 54 empresas expendedoras de fitosanitarios, es decir, un 46 % de lo propuesto a relevar. Por esta razón, los resultados obtenidos tienen carácter exploratorio.

De las 54 empresas relevadas, el 67 % indicó que no posee sucursales en otras localidades de la provincia. La mayoría de las empresas tienen entre 10 y 20 años de actividad en el rubro, aunque un 11 % manifestó tener más de 50 años comercializando fitosanitarios (Figura 10).

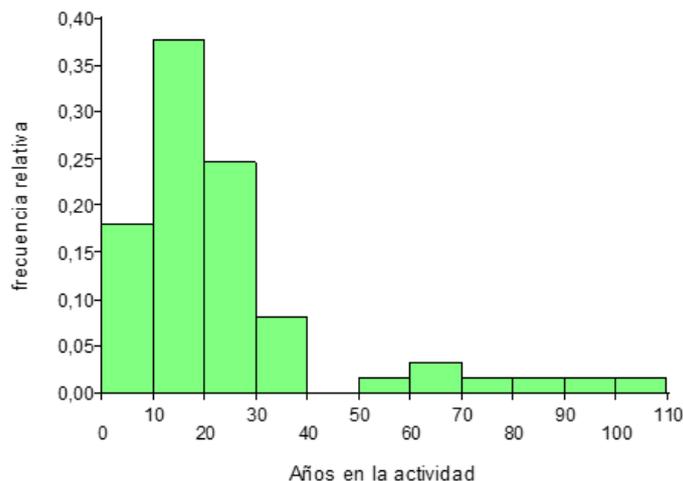


Figura 10. Distribución de frecuencias de la antigüedad (años) en la actividad de las empresas relevadas.

En lo que respecta a los depósitos donde se almacenan los envases de fitosanitarios, el 94 % de las empresas encuestadas manifestó que los mismos se encuentran independizados del lugar de atención al cliente. El 54,8 % de los encuestados respondió que sus depósitos cumplían con todas las características generales que deben tener para garantizar la preservación de los envases de fitosanitarios, es decir, pisos impermeables, ventilación, sistemas de desagotes para casos de derrame, cartelería con señales de advertencia, matafuegos, tarimas. Del análisis de las encuestas también surgen los siguientes resultados:

- El 6 % no posee pisos impermeabilizados.
- El 69,3 % tiene un sistema adecuado de desagote en caso de derrame de producto.
- Sólo en un caso, el depósito de productos no posee la ventilación adecuada.
- El 90 % de los encuestados incluye cartelería con señales de advertencia.
- El 3,2 % no cuenta con matafuego reglamentario.
- El 96,8 % mantiene los productos ubicados sobre tarimas.

Por otro lado, el 6,5 % de las empresas expendedoras encuestadas manifestó que realizan fraccionamiento de los productos fitosanitarios, el 11 % de ellas ofrece únicamente el servicio de aplicación de fitosanitarios y el 26 % incluye servicios de siembra y pulverización (Figura 11). Además, el 37 % cuenta con pulverizadora autopropulsada y el 56,5 % sólo posee una máquina. El resto posee dos o más, siendo lo más frecuente en este grupo cinco máquinas y llegando a contar con hasta ocho pulverizadoras.

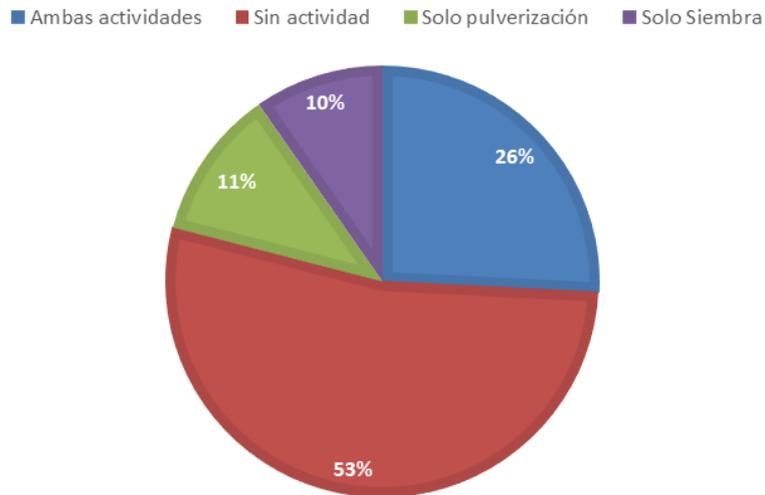


Figura 11. Distribución porcentual de los servicios ofrecidos por las empresas expendedoras de fitosanitarios que respondieron las encuestas

En el caso de los expendedores, la frecuencia con que realizan el mantenimiento de sus equipos es variada, aunque predomina el mantenimiento previo a su uso, coincidiendo en sus respuestas con los productores encuestados.

Con relación a la capacitación de los operarios, del total de empresas que poseen equipos pulverizadores, un 82,8 % reciben capacitación. Lo más frecuente es que los operarios asistan a una capacitación anual sobre temas relacionados al manejo de los equipos pulverizadores (Figura 12).



Figura 12. Frecuencia en que los operarios reciben capacitaciones en porcentaje de casos.

El 100 % de los operarios de las empresas expendedoras que realizan el servicio de pulverización manifiesta conocer la técnica del triple lavado de sus envases vacíos. El

91 % de ellas realiza dicha actividad con boquilla a presión.

El 17,7 % de los encuestados recibe envases vacíos. Un 72 % de estos los acumula en un lugar previsto para tal fin; de ellos, la mitad los perfora antes de almacenarlos. El 28 % restante los manda a un sitio de reciclaje.

Si la empresa expendedora posee productos vencidos, en la mayoría de los casos los devuelve a la empresa que los fabricó y, en segundo lugar, los utiliza en sus propios establecimientos agropecuarios. En el caso de optar por su venta, se le indica al comprador las condiciones del producto o bien, mediante análisis de laboratorio, piden extensión de la fecha de vencimiento (Figura 13).

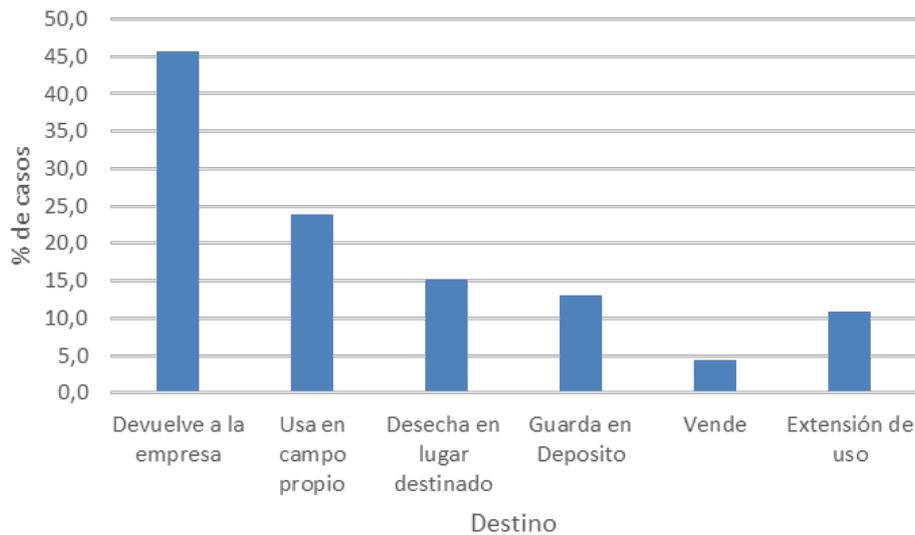


Figura 13. Posibles destinos de los productos fitosanitarios vencidos de acuerdo con las encuestas realizadas.

Finalmente, el 80 % de los encuestados percibe que el manejo de los envases vacíos es Muy Bueno o Bueno (Figura 14).

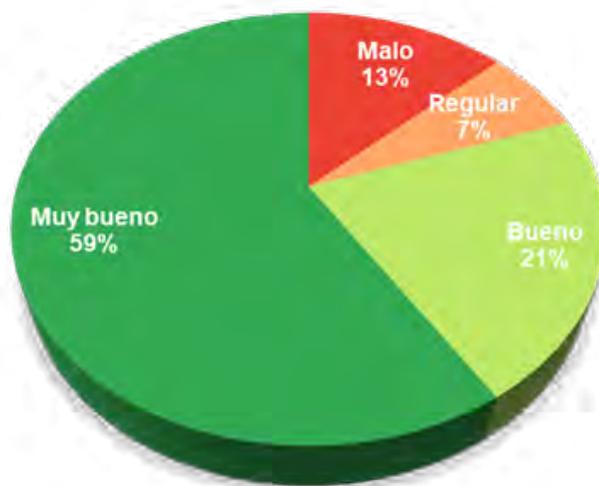
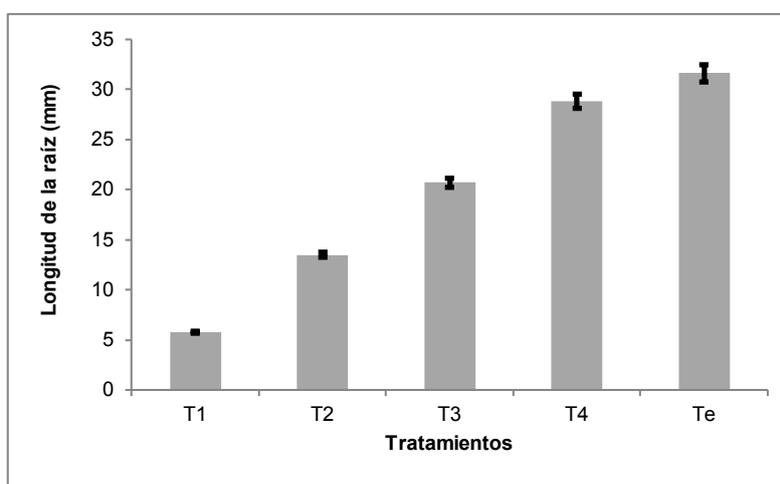


Figura 14. Percepción de las empresas expendedoras sobre el manejo de los envases vacíos.

4.3. Bioensayos

4.3.1. Ensayo exploratorio

A partir de la ejecución de este ensayo se comprobó que la lechuga es altamente sensible a los cambios en las concentraciones de glifosato ($H=33,17$ $p<0,0001$) (Figura 15), lo que justificaría su utilización en los bioensayos. Estos resultados coinciden con los hallados por otros autores. Así, Forero *et al.* (2004) determinaron que la lechuga fue la mejor especie bioindicadora de residuos de glifosato, en comparación con otras cuatro especies evaluadas: pepino, rábano, tomate y coliflor. Por otra parte, Lallana *et al.* (2013) concluyeron que tanto *Latuca sativa* L. var. mantecosa como *Triticum aestivum* L. **resultaron sensibles a distintas dosis de glifosato empleadas, por lo que podrían utilizarse como indicadores biológicos de toxicidad específica.**

**Figura 15.** Longitud media de la raíz de lechuga (mm) \pm E.E de acuerdo a las diferentes concentraciones de glifosato residual proveniente del agua de lavado de envases vacíos: primer lavado (T1) al cuarto lavado (T4). Te: testigo, agua destilada.

4.3.2. Ensayos para ajustar la curva Dosis-Respuesta

En el primer ensayo se utilizó un rango de diluciones de 0 a 800 ppb (Tabla 1). A partir del ajuste de un modelo de regresión segmentada (bi-lineal), se observó que se produjo una disminución marcada en el crecimiento de la radícula de lechuga hasta una concentración de glifosato de 13,33 ppb. Luego, si bien se redujo el crecimiento, el mismo fue apenas perceptible (Figura 16).

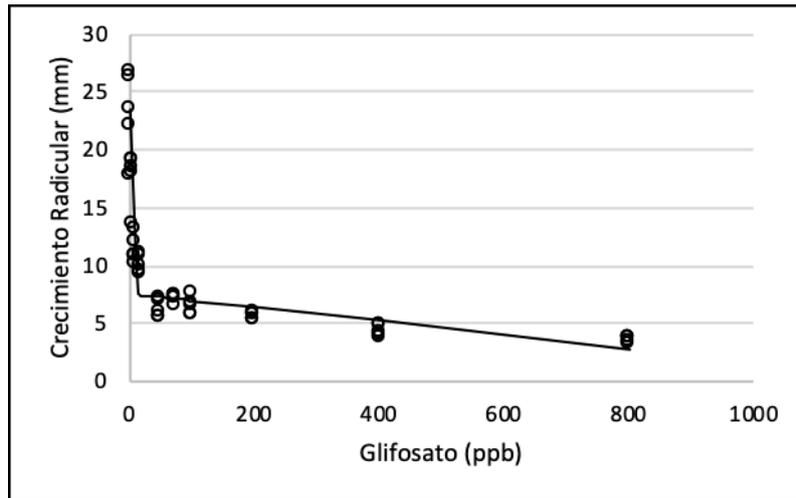


Figura 16. Ajuste del modelo bi-lineal para el crecimiento de la raíz de lechuga (variable respuesta) de acuerdo al rango de concentraciones de glifosato propuesto (0-800 ppb) (variable explicativa).

El modelo ajustado fue estadísticamente significativo ($p < 0,0001$; $R^2_{aj} = 92,25$) (Ec. 3).

$$y = 23,36 - 1,19 * x \quad \text{para } x < 13,33 \text{ ppb de glifosato} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$y = 7,58 - 0,006 * x \quad \text{para } x \geq 13,33 \text{ ppb de glifosato}$$

Donde:

y es el crecimiento radicular (mm)

x es la concentración de glifosato (ppb)

El ajuste del modelo D-R logístico fue estadísticamente significativo ($c_2 = 136,25$; $p = < 0,0001$) (Ec. 4). El valor de concentración de glifosato que redujo un 50 % el crecimiento de la raíz fue de 8,29 ppb (Figura 17).

$$f(x, (b, c, d, e)) = 4,39 + \frac{23,43 - 4,39}{1 + \exp(1,06(\log(x) - \log(8,29)))} \quad (\text{Ec. 4})$$

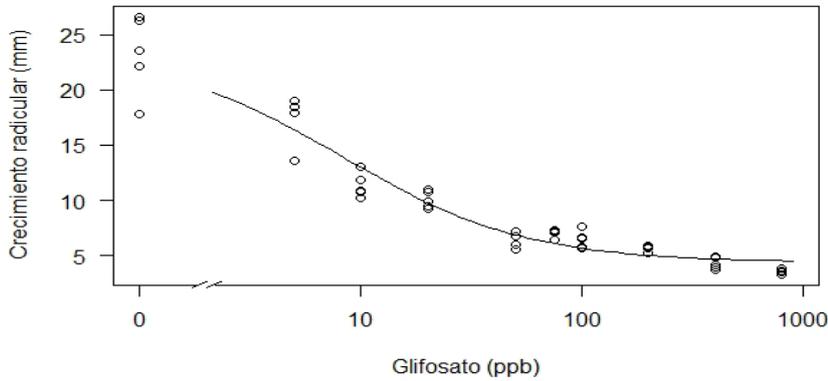


Figura 17. Ajuste del modelo logístico para el crecimiento radicular de lechuga de acuerdo con las concentraciones de glifosato propuestas.

En los dos bioensayos siguientes se incorporaron diluciones pequeñas y menos espaciadas a fin de construir la curva con la mayor cantidad de puntos posibles y mejorar la precisión en la determinación de la concentración de glifosato que reduce un 50 % el crecimiento de la raíz, usándose únicamente el modelo logístico. En el tercer ensayo se logró ajustar la curva D-R, siendo el modelo ajustado (Ec. 5) estadísticamente significativo ($c_2=369,4$; $p<0,0001$) (Figura 18).

$$f(x, (b, c, d, e)) = 8,5025 + \frac{40,4032 - 8,5025}{1 + \exp(1,6159(\log(x) - \log(3,4986)))} \quad (Ec. 5)$$

El valor de concentración de glifosato que redujo un 50 % el crecimiento de la raíz fue de 3,50 ppb. Esto indica que la técnica es muy sensible a la presencia del producto contaminante y, por lo tanto, puede ser una herramienta adecuada para la detección del herbicida en el agua de lavado de los envases.

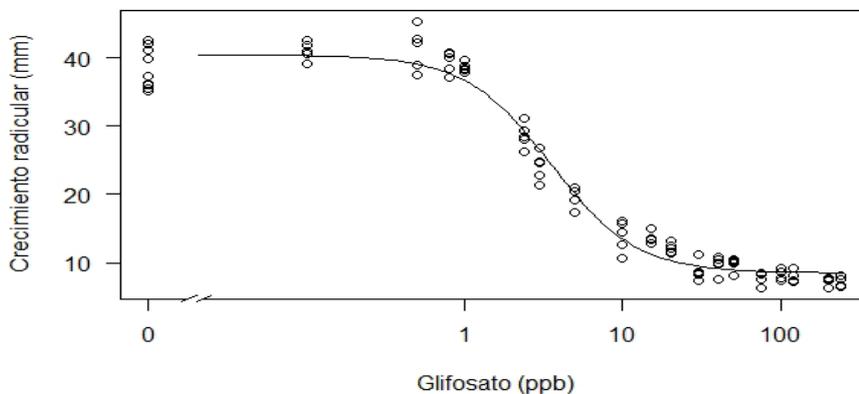


Figura 18. Ajuste del modelo logístico para el crecimiento radicular de lechuga de acuerdo con las concentraciones de glifosato propuestas.

4.4. Ensayos de efectividad de técnicas de lavado y Test Elisa

En primera instancia, se ajustó la curva de calibración de glifosato a partir de los estándares remitidos, dando un valor de $R^2=0,1028$ (Figura 19). De acuerdo a las especificaciones del *Manual Glyphosate HS Eurofins Abraxis®*, para un rango de concentración de 75 a 4000 ppt, el R^2 debe ser de 0,990. Esta inconsistencia se debió a un error involuntario en la preparación de los viales por la empresa fabricante del kit.

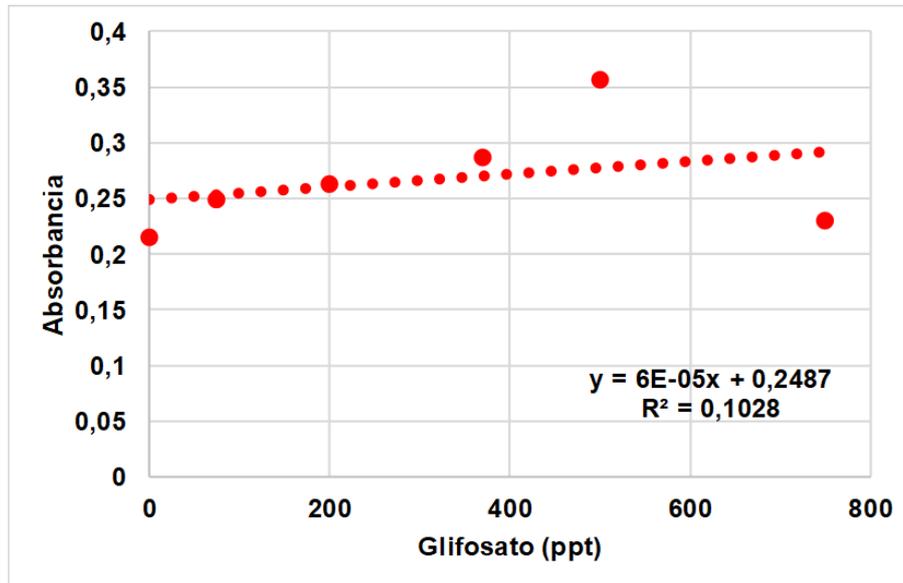


Figura 19. Curva de calibración de glifosato de acuerdo con los estándares remitidos (ver Tabla 2).

Por consiguiente, el ensayo realizado posterior al ajuste de la curva de calibración fue parcialmente válido, debido a que no se pudieron transformar los valores de absorbancia a valores de glifosato. De todas formas, el análisis de varianza permitió observar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($F=5,4298$; $p=0,0248$), plasmadas en la Figura 20.

El lavado mediante el sistema Dualtec® presentó el mayor valor de absorbancia, lo que indicaría que la concentración de residuos de glifosato luego del tratamiento sería menor, no diferenciándose estadísticamente del triple lavado manual, pero sí de los otros dos tratamientos: sin lavado y lavado a presión. Estos últimos no se diferenciaron entre sí. El lavado a presión no se diferenció del triple lavado manual, aunque el valor de absorbancia fue menor (Figura 20).

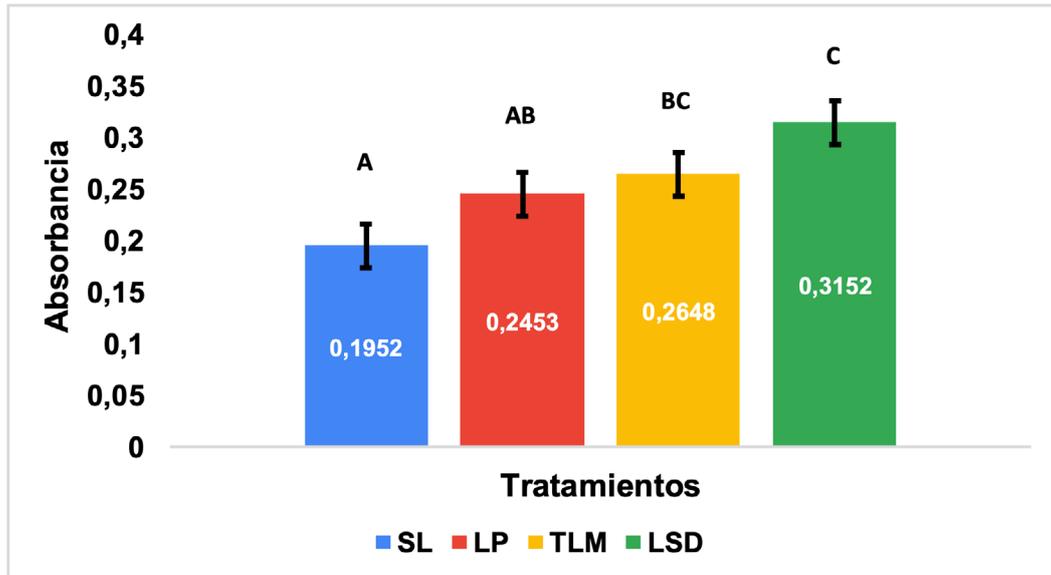


Figura 20. Valores de absorbancia de los tratamientos realizados. SL: sin lavado; LP: lavado a presión; TLM: triple lavado manual y LSD: lavado con sistema Dualtec®. Letras distintas indican diferencias significativas $\alpha=0.05$

Estos resultados, a pesar de las dificultades en su procesamiento, permitirían aceptar dos de las hipótesis planteadas en esta investigación :

- La lanza de aspiración Dualtec® sería igualmente efectiva que el triple lavado manual para descontaminar los envases vacíos de fitosanitarios. Este resultado constituye el primer antecedente relacionado a la eficacia del sistema Dualtec®.
- El lavado a presión, principal método utilizado por los productores agrícolas de acuerdo a las encuestas realizadas, no sería un método efectivo debido a que no se diferenció del tratamiento donde los envases no fueron lavados, aunque tampoco se diferenció del triple lavado manual. En este sentido, Castelli (2003) estudió que el enjuague a 5 bar de presión sería igualmente eficiente que el triple lavado manual, aunque planteó como inconveniente mantener el caudal erogado debido a que la presión de trabajo es elevada. Por lo tanto, recomendó al triple lavado manual como la mejor técnica para reducir el remanente de los fitosanitarios a valores despreciables. En este ensayo, la presión de trabajo del prototipo diseñado y utilizado para descontaminar los envases fue de 4 bar, por lo que podría ser una de las causas que respalde los resultados obtenidos.

El *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para Cultivos Extensivos* (2015) establece que para los envases menores a 20 l puede utilizarse en forma indistinta el lavado a presión o el triple lavado manual, mientras que para envases de 20 l o más, se sugiere el lavado a presión, ya que implica un menor gasto de energía al no requerirse la agitación del envase como se establece para la técnica del triple lavado manual. Estas consideraciones obligan a analizar los procedimientos a utilizar en cada caso en particular, pero lo que no se discute es la obligatoriedad del lavado de los envases vacíos de fitosanitarios a fin de reducir los riesgos de contaminación en todas sus dimensiones.

En lo que respecta a la técnica ELISA, la misma permitió discriminar los distintos procedimientos para el lavado de envases vacíos de glifosato, por lo que podría emplearse

como método analítico complementario a la técnica de referencia, cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). En este sentido, dicha técnica, ha sido utilizada exitosamente en muestras de agua (Byer et al., 2008; Paravani et al., 2016; Sasal et al., 2017), aunque, cuando la misma detecta glifosato, se requiere la aplicación de la técnica de UHPLC-MS/MS para la cuantificación de la concentración del herbicida (Paravani et al., 2016).

5. Conclusiones

A partir del análisis de los resultados obtenidos en esta investigación se destaca que:

- La mayoría de los productores agropecuarios de la provincia de Entre Ríos conoce el triple lavado como técnica de descontaminación de envases de glifosato. En el caso de las empresas expendedoras de productos fitosanitarios, la totalidad de los operarios que realiza el servicio de pulverización están al tanto de esta práctica y sólo un porcentaje menor lo realiza en forma manual.
- El grado de adopción de la técnica de triple lavado difiere entre departamentos. Villaguay y Concordia lideran la utilización de esta herramienta de descontaminación.
- En lo que respecta al destino final de los envases vacíos de productos fitosanitarios, la mayoría de los productores encuestados los acumula en un lugar previsto para ello, dentro del predio de los establecimientos agropecuarios. Un porcentaje pequeño de las empresas expendedoras recibe envases vacíos de fitosanitarios, quienes los almacenan, al igual que los productores, en un sitio acondicionado para tal fin.
- La lechuga es altamente sensible a los cambios en las concentraciones de glifosato; por lo tanto, esta especie vegetal puede utilizarse como indicadora biológica de residuos de este herbicida en el agua de lavado de los envases, en el contexto de bioensayos.
- En lo que respecta a la técnica ELISA, la misma permite discriminar la efectividad de los distintos procedimientos para el lavado de envases vacíos de glifosato, por lo que podría emplearse como método analítico complementario a la cromatografía líquida de alta eficiencia.
- La lanza de aspiración Dualtec® es igualmente efectiva que el triple lavado manual para descontaminar los envases vacíos de fitosanitarios. Esta afirmación constituye el primer antecedente relacionado a la eficacia del sistema Dualtec®.

Se requiere continuar con esta línea de investigación a fin de (I) robustecer los resultados hallados, (II) calibrar el método analítico para la rápida determinación de residuos en los envases vacíos de glifosato y (III) generar acciones concretas y factibles de ser adoptadas por los productores agropecuarios en relación a las técnicas de descontaminación eficiente de los envases, de tal manera de contribuir al desarrollo sostenible y a la preservación del medio ambiente en la provincia de Entre Ríos.

Indicadores de producción:

2021 – Abril: obtención de financiamiento Empresa LOGISEED S.R.L.

Participación en Congresos

2022 – Saluso, A. XVII Jornadas Fitosanitarias Argentinas organizadas por la Escuela de Ciencias Agrarias Naturales y Ambientales de la Universidad Nacional Noroeste Buenos Aires (UNNOBA) los días 19 al 21 de octubre de 2022. Pergamino (Buenos Aires). Modalidad Presencial.

Cursos de posgrado realizados

2022 Saluso, A. “Aplicación Mendeley: nuestro mejor aliado en la gestión de la información científica”. Modalidad virtual.

2022 Saluso, A. y Cuatrín A. “Análisis de redes y cienciometría”. Teoría y aplicaciones en organizaciones científicas-tecnológicas del sector agroalimentario. Paraná. Entre Ríos.

2022 Cuatrín, A. “Modelos matemáticos para la investigación científica”

Bibliografía

Allevato, H. (2001). *Reciclaje de envases de agroquímicos. Aspectos tecnológicos*. San Pablo: REMAR

Andrade, F. y Lema, D. (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA.

Bayona, M.A.Á., Amaya, R.G. y Torrado, A.A.M. (2022). Presencia de herbicidas (glifosato) en el agua superficial y potable del Río Algodonal Ocaña Norte de Santander. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.

Bongiovanni, R. (2003). Análisis económico de la compra versus la contratación de una pulverizadora autopropulsada. *Revista Agro Propuesta*, 4, 15-16.

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) (2015). *Directivas y requisitos para cultivos extensivos*. Comisión de cultivos extensivos. <https://redbpa.org.ar/wp-content/uploads/2020/01/EP-RedBPA-CultivosExtensivos.pdf>

Byer, J., Struger, J., Klawunn, P., Todd, A. y Syerko, E. (2008). Low Cost Monitoring of Glyphosate in Surface Waters Using the ELISA Method: An Evaluation. *Environ. Sci. Technol.*, 42.

Cailla, H.L., Racine-Welsbuch, M.S. y Delange, M.N. (1973). Adenosine 3', 5' Cyclic monophosphate assay at 10–15 mole level. *Anal. Biochem.*, 56, 394-407.

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE). (2014) *Estudio de Mercado 2014 de Productos de Protección de Cultivos*. <https://www.casafe.org/pdf/2018/ES-TADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitarios-2014.pdf>

Canadian Council of Ministers of the Environment (2012). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Glyphosate. En: Canadian Council of Ministers of the Environment, *Canadian environmental quality guidelines* (10 pp.). Winnipeg. <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/18215/06/2015>

Carmona, F. (2021). *Regresión segmentada en dos trozos*. <https://www.ub.edu/cursosR/files/chow.pdf>

Castelli, G. (2003). *Ensayo comparativo entre el triple lavado de envases de productos fitosanitarios y el enjuague con boquillas hidrolavadoras*. Buenos Aires: FAUBA

Cavallin, A., Rossit, D. G., Savoretti, A. A., Sorichetti, A. E. y Frutos, M. (2017). Logística

- inversa de residuos agroquímicos en Argentina: resolución heurística y exacta. XV Simposio Argentino de Investigación Operativa (SIO)-JAIIO 46.
- Censo Nacional Agropecuario (CNA) (2019). Resultados preliminares del Censo Nacional Agropecuario 2018. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos – INDEC. https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/economia/cna2018_resultados_preliminares.pdf.
- Demonte, L.D. (2020). Estudio de métodos alternativos para la determinación de glifosato y otros plaguicidas de solución analítica compleja en matrices ambientales y alimentarias de interés prioritario regional. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional del Litoral].
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2021). *InfoStat, versión 2021, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*. <http://www.infostat.com.ar>
- Dutka, B. (1989). *Short-term root elongation toxicity bioassay. Methods for Toxicological Analysis of Waters, Wastewaters and Sediments*. National Water Research Institute (NWRI). Environment Canada.
- Forero, C.V., Rodríguez, P.E. y Fuentes, C.L. (2004). Detección de residuos biodisponibles de glifosato en aguas y suelos: Optimización de una técnica de bioensayo con plantas indicadoras. *Agronomía Colombiana*, 22(1), 63-73.
- Foti, M.N. (2018). Bioensayos de germinación para determinar toxicidad por glifosato en rastrojo y suelo de un lote agrícola. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Entre Ríos].
- Giesy, J., Dobson, S. y Solomon, K. (2000). Ecotoxicological risk assessment for Roundup® herbicide. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 35-120
- Grasso, L. (2006). *Encuestas: elementos para su diseño y análisis*. Córdoba: Encuentro Grupo Editor.
- Horowitz, M. (1976). Application of bioassay techniques to herbicide investigations. *Weed research*, 16, 209-215.
- IRAM. (2003). *NORMA IRAM 12069. Plaguicidas. Procedimiento para el lavado de envases Rígidos de plaguicidas miscibles o dispersables en agua*. Buenos Aires.
- INDEC (2022). Informe de la industria de la maquinaria agrícola. Resumen ejecutivo. Primer trimestre 2022. *Industria Manufacturera*, 6(13). https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/maq_agricola_05_224418F4E25F.pdf
- Lallana, M.D.C., Foti, M.N., Lallana, V.H., Elizalde, J.H. y Billard, C.E. (2013). Determinación de reducción del crecimiento radical (CE50) por una formulación de glifosato utilizando lechuga y trigo como especies bioindicadoras. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 45(1), 0-0.
- Leon, C. y Martens, S. (2018). *Gestión de Envases Vacíos. Estrategias para el uso eficiente, seguro y responsable. Formación de formadores en gestión de fitosanitarios*. Buenos Aires: Procadis. SRA. INTA.
- Maitre, M.I., Lorenzatti, E.A., Lorenzon, M.A. y Enrique S.N. (2008). Adsorción-desorción de glifosato en dos suelos argentinos. *Natura Neotropicalis*, 39, 19-31.
- Marasas, M., Blandi, M.L., Berensztein, N.D. y Fernández, V. (2015). Transición agroecológica: características, criterios y estrategias. Dos casos emblemáticos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Agroecología*, 10(1), 49-60.
- Merlo, A., Güiraldes, J. y Poma, J. (2020). La Generación de Residuos Plásticos en la Ac-

- tividad Agropecuaria y la implementación de la ley nacional N 27.270 de envases Vacíos de Fitosanitarios en la Provincia de Buenos Aires. En N. Sbarbati Nudelman (Ed.), *Residuos plásticos en Argentina: su impacto ambiental y en el desafío de la economía circular*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales-ANCEFN.
- Mohan, R. y Hosetti, B. (1999). Aquatic plants for toxicity assessment. Review. *Environmental Research*, (Section A. 81), 259-274.
- Moltoni, L. (2012). Evolución del mercado de herbicidas en Argentina. *Boletín del Instituto de Ingeniería Rural*, 1(2).
- Montoya, J.C., Babinec, F.J. y Porfiri, C. (9-10 de septiembre de 2015). Resultados de la encuesta "Exposición a plaguicidas en agroaplicadores: factores condicionantes". XXII Congreso de la ALAM - I Congreso de la ASACIM, Buenos Aires, Argentina.
- Montoya, J. y Yannicari, M. (2021). *Sorgo de Alepo resistente a glifosato. Avanzan las poblaciones resistentes en La Pampa*. INTA – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9747/INTA_CRLaPampa-SanLuis_EEAAnquil_Montoya_JC_sorgo_alepo_resistente_glifosato.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Montoya, J., López, S.N., Salvaggiotti, F., Mitidieri, M., Cid, R., Sasal, C., ... y Trumper, E. (2022). *Mesa de análisis y propuestas para el abordaje integral del uso de productos fitosanitarios*.
- Nardo, D., Evia, G., Castiglioni, E., Egaña, E., Galiotta, G., Laporta, M. y Chichet, M.E.N. (2015). Determinación de glifosato mediante inmunoensayo enzimático (ELISA) en el paisaje protegido Laguna de Rocha y su entorno, Uruguay. *Innotec*, (10), 64-70.
- Nedelkoska, T.V. y Low, G.K. (2004). High performance liquid chromatography determination of glyphosate in water and plant material after pre-column derivatisation with 9-fluorenylmethyl chloropormate. *Anal. Chim.*, (Acta. 511), 145-153.
- Novo, R. y Cavallo, A. (2003). *Protección Vegetal*. Córdoba: Editorial Sima.
- Paravani, E., Sasal, M., Sione, S., Gabioud, E., Oszust, J., Wilson, M., ... y Repetti, M. (2016). Determinación de la concentración de glifosato en agua mediante la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA). *Revista Internacional de Contaminación*.
- R CORE TEAM (2020). *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing*. Vienna. <https://www.R-project.org/>
- Richardson, W.G. (1985). Bioassays for glyphosate. *Plant Physiology*, 70, 833-839.
- Ritz, C., Baty, F., Streibig, J.C. y Gerhard, D. (2015). Dose-Response Analysis Using R. *PLOS ONE*, 10(12), e0146021.
- Rodríguez González, N. y Heinzen Cesio, J. (2017). Producciones de sentido en torno a la exposición a agroquímicos. El caso de la ciudad de Young. *INNOTEC*, 13, 115-124.
- Saluso, A., Marnetto, M.J., Penco, R., Anglada, M., Toledo, C., Facendini, V., Ayala, F., Riffel, M.F., Zuccarino, M. y Rodríguez, M.P. (2018a). Protejamos el ambiente utilizando fitosanitarios de bajo impacto eco-toxicológico. *Actualización Técnica Soja*, (Serie Extensión N° 83), 1-97.
- Saluso, A., Marnetto, M.J., Penco, R., Anglada, M.M., Zuccarino, M., Toledo, C.E.R., Ledesma, S., Ayala, F. y Rodríguez, M.P. (2018b). Fitosanitarios utilizados en establecimientos agrícolas del área periurbana de María Grande (E.R.) y su impacto ambiental. En P.A. Tiftonell y B.L. Giobellina (Eds.), *Periurbanos hacia el consenso. Resúmenes ampliados* (pp. 222-224). Ediciones INTA.
- Sasal, M.C., Wilson, M.G., Sione, S.M., Beghetto, S.M., Gabioud, E.A., Oszust, J.D., ... y Schulz,

- G.A. (2017). Monitoreo de glifosato en agua superficial en Entre Ríos: La investigación acción participativa como metodología de abordaje. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 43(2), 195-205.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (S.A.G.yP.) (21 de febrero de 2023). *Estimaciones agrícolas*. <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- SENASA (2003). Resolución 500/2003. Créase el Sistema Federal de Fiscalización de Agroquímicos y Biológicos. Objetivos y organización. Apéndice II. Glosario de términos. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anejos/85000-89999/88014/norma.htm>
- Sobrero, M. y Ronco A. (2004). Protocolos de Prueba. Bioensayo de Toxicidad Aguda con Semillas de Lechuga (*Lactuca sativa*). En G. Castillo (Ed.), *Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas. Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones* (pp. 55-67). México: IMTA.
- Sobrero, M. (2010). *Estudio de la fitotoxicidad de metales pesados y del herbicida glifosato en ambientes acuáticos. Bioensayos con plantas vasculares como organismos diagnósticos*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de La Plata].
- Universidad Nacional de La Plata (2019). *Científicos de la UNLP advierten que el glifosato está en todos lados*. <https://investiga.unlp.edu.ar/cienciaenaccion/cientificos-de-la-unlp-advierten-que-el-glifosato-esta-en-todos-lados-10058>
- Valencia Ospina, V.M., Ramírez Escobar, M.P. y Jaramillo Ramírez, L.C. (2015). *Identificación de alternativas para la disposición final de los envases de plaguicidas de uso agrícola* [Tesis de Doctorado, Corporación Universitaria Lasallista].
- Wang, W. (1987). Root Elongation Method for Toxicity Testing of Organic and Inorganic Pollutants. *Environmental Toxicology & Chemistry*, 6, 409-414.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag.

PID 2216 Denominación del Proyecto

Estrategias de descontaminación de envases vacíos del herbicida glifosato en Entre Ríos

Directora

Adriana SALUSO

Codirector

Carlos Enrique Roque TOLEDO

Unidad de Ejecución

Universidad Nacional de Entre Ríos

Dependencia

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Contacto

adriana.saluso@uner.edu.ar

Cátedra/s, área o disciplina científica

Metodología de la Investigación, Terapéutica Vegetal, Taller Integrado de Manejo Fitosanitario, Introducción a los Sistemas Agroproductivos, Sociología y Extensión Rural y Química analítica.

Convenios: convenio de Vinculación Tecnológica (CVT) entre la FCA-UNER y la empresa LOGISEED S.R.L. firmado en agosto de 2020

Integrantes del proyecto

Docentes: Andrea Virginia Clavijo; María José Marnetto; Carlos Germán Molinero Jacob; Francisco Alfredo Mughlerli Bohl; José Daniel Nolla; Adolfo Gustavo Ostrovsky; Rodrigo Penco; Hernán Ignacio Pintos. Integrantes externos: Alejandra Lorena Cuatrín; María Victoria Toledo. Colaboradores: Eliana Stefanía Bressan; Daniela Marina Gamboa. Becario: Víctor Damián Eckerdt

Fechas de iniciación y de finalización efectivas

15/08/2019 y 07/12/2022

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 379/23 (19-10-2023)