

Monitoreo de glifosato en agua superficial en Entre Ríos. La Investigación Acción Participativa como metodología de abordaje

Prácticas de mitigación de contaminación por escurrimiento

SASAL, M.C.¹; WILSON, M.G.¹; SIONE, S.M.²; BEGHETTO, S.M.³; GABIOUD, E.A.¹; OSZUST, J.D.²; PARAVANI, E.V.⁴; DEMONTE, L.⁵; REPETTI, M.R.⁵; BEDENDO, D.J.¹; MEDERO, S.L.⁶; GOETTE, J.J.¹; PAUTASSO, N.¹; SCHULZ, G.A.⁶

¹ INTA EEA Paraná. Ruta 11, km 12.5, Oro Verde, Entre Ríos. Correo electrónico: sasal.maria@inta.gob.ar

² FCA- UNER. Ruta 11, km 10.5, Oro Verde, Entre Ríos.

³ Cambio Rural II; INTA AER Crespo, Almafuerte 998 y Ruta Nacional 131, Crespo, Entre Ríos.

⁴ FI-UNER; Ruta 11, km 10.5, Oro Verde, Entre Ríos.

⁵ FIQ-UNL; Santiago del Estero 2829, Santa Fe, Santa Fe.

⁶ INTA - CIRN; Nicolas Repetto y de los Reseros s/n, Hurlingham, Buenos Aires.

Los agroquímicos representan potenciales fuentes de contaminación ambiental. Los ambientes acuáticos son sistemas vulnerables, receptores naturales de las sustancias emitidas por las actividades agrícolas e industriales (Manahan, 2007). En Entre Ríos, las características naturales de topografía ondulada así como la baja capacidad de infiltración de sus suelos y las precipitaciones intensas en primavera-verano-otoño, predisponen a gran parte de la superficie provincial a procesos de degradación de suelos, especialmente por erosión hídrica (Scotta y Paparotti, 1990), a la vez que incrementan el riesgo de contaminación de los cursos de agua por escurrimiento desde agroecosistemas.

Diversos estudios han demostrado el impacto ambiental de la utilización de glifosato. En el suelo, es adsorbido mediante uniones fosfato y degradado por microorganismos, lo que determina una escasa movilidad tanto del glifosato como de su principal metabolito, el ácido amino metilfosfónico (AMPA). Sin embargo, estudios de lixiviación y escurrimiento indican que puede ser transportado hacia las capas profundas del suelo o hacia cursos de agua superficiales cuando su aplicación se realiza previo a lluvias intensas (Flury, 1996; Villholth *et al.*, 2000; Jaynes *et al.*, 2001; Petersen *et al.*, 2002; Rampoldi, 2007; Sasal *et al.*, 2010). En consecuencia, se han

detectado glifosato y AMPA en cursos de agua superficial aledaños a campos agrícolas (Sasal *et al.*, 2012a; Aparicio *et al.*, 2013; Primost, 2013; Etchegoyen, 2014; Ayarragaray *et al.*, 2015).

El Ministerio de Ambiente de Canadá (1987) fija en $280\mu\text{g L}^{-1}$ la concentración máxima aceptable de glifosato en agua potable y establece como umbral de largo plazo para la protección de la vida acuática en agua dulce una concentración de $800\mu\text{g L}^{-1}$ (CWQGs, 2012). La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos, ha determinado en agua potable las *metas máximas de niveles contaminantes* para glifosato en $700\mu\text{g L}^{-1}$ y ha fijado puntos de referencia para la vida acuática entre 1.800 y $49.900\mu\text{g L}^{-1}$ (USEPA, 2007). La Directiva Europea establece un valor paramétrico de $0,5\mu\text{g L}^{-1}$ para el total de plaguicidas y de $0,1\mu\text{g L}^{-1}$ para cada plaguicida individual. En Argentina, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación publicó en el año 2003 los niveles guías nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a glifosato. Para fuentes de consumo humano se establece un nivel $<300\mu\text{g L}^{-1}$, expresado como sal isopropilamina de glifosato, correspondiendo a la protección de la biota acuática un Valor Crónico Final de $240\mu\text{g L}^{-1}$. El Código Alimentario Argentino no define niveles guía de concentración de glifosato para agua potable de suministro público.

La investigación acción participativa (IAP) es una metodología que apunta a la producción de un conocimiento propositivo y transformador, mediante un proceso de debate, reflexión y construcción colectiva de saberes entre los diferentes actores de un territorio con el fin de lograr la transformación social (Fals Borda y Rodrigues Brandao, 1987). Mediante la interacción entre el saber técnico-científico y el saber empírico, una comunidad identifica un problema, revisa lo que se conoce acerca de ello, analiza la información generada, extrae conclusiones, aprende a conducir conjuntamente una investigación e implementa soluciones (Selener, 1997). Esto permite que la toma de decisiones desde las etapas iniciales del proceso, recaiga sobre el total de la población involucrada.

Se plantearon los siguientes objetivos: i) conformar una red de monitoreo del efecto del uso de glifosato sobre la calidad del agua (RMCA) en el área agrícola de Entre Ríos; ii) estimar la concentración de glifosato en agua superficial, producto de las pérdidas desde agroecosistemas e iii) identificar y acordar con los actores del sector agroalimentario, prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental. Estos objetivos se desprendieron de las preguntas de investigación: *¿se detecta glifosato en el agua superficial del área agrícola de Entre Ríos? ¿Cuáles son las prácticas a modificar para preservar el ambiente?*

MARCO METODOLÓGICO

Se contemplaron tres etapas:

Montaje institucional y metodológico de la investigación

El estudio se desarrolló a escala regional, dentro de los límites de Entre Ríos. Se llevó adelante un programa de sensibilización y motivación de los diferentes actores de la cadena agroalimentaria. El programa contempló una serie de reuniones de trabajo, en las que se efectuó la presentación del estudio, sus objetivos, actividades previstas y resultados esperados. Se elaboró un video (<https://www.youtube.com/watch?v=OE5oD1HB-qM>) y un díptico. Se convocó a profesionales, productores y organismos interesados en conocer la calidad de aguas en cursos linderos a lotes agrícolas. Se creó una cuenta de e-mail de uso compartido para los agentes involucrados en el estudio a cargo del INTA.

Obtención de datos y análisis de la información

Muestreo de cursos de agua superficial

La selección de los sitios y el muestreo de agua para el análisis de su calidad fueron realizados por los integrantes de la red. Se muestrearon sitios próximos a lotes de producción agrícola o forestal en la campaña 2012/2013. La ubicación de los puntos de monitoreo respondió a los criterios de accesibilidad y representatividad.

Fruto del consenso, la frecuencia de muestreo fue definida en función de la estacionalidad de pulverizaciones, a efectos de detectar los cambios de concentración de glifosato en el tiempo. Se establecieron tres períodos de muestreo:

- 1°. período: 15 de agosto – 15 de setiembre, para contemplar efectos de aplicaciones de barbecho químico y de escurrimiento por las primeras precipitaciones de primavera.
- 2°. período: 15 de noviembre – 15 de diciembre, próximo a la fecha de siembra del cultivo de soja y de las aplicaciones de pre y post emergencia
- 3°. período: 15 de marzo – 15 de abril, distanciado de las fechas de aplicaciones, luego de la cosecha de soja.

Los requisitos para la extracción de las muestras fueron difundidos a través del video y el díptico.

Determinación de la concentración de glifosato

Se puso a punto la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA), empleando el kit Abraxis®. Concentraciones de glifosato menores al límite inferior de detección ($0,075 \mu\text{g L}^{-1}$) fueron informadas como no detectadas (ND), mientras que valores mayores al último estándar ($4\mu\text{g L}^{-1}$) fueron informadas como concentraciones no cuantificables (NC) por el ensayo (Paravani *et al.*, 2016). Esta técnica permitió reducir los costos analíticos.

Cómo método de verificación, las muestras NC, junto a un subgrupo de muestras seleccionadas aleatoriamente, fueron analizadas también por la técnica de UHPLC-MS/MS, en el laboratorio PRINARC (Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral), según Ibañez *et al.* (2006) y Hanke *et al.* (2008), con modificaciones (Sasal *et al.*, 2015). El límite de detección de glifosato por esta técnica es de $0,2\mu\text{g L}^{-1}$.

Los valores de concentración de glifosato fueron clasificados en categorías, en función de los niveles guía definidos por la Subsecretaría de Recursos

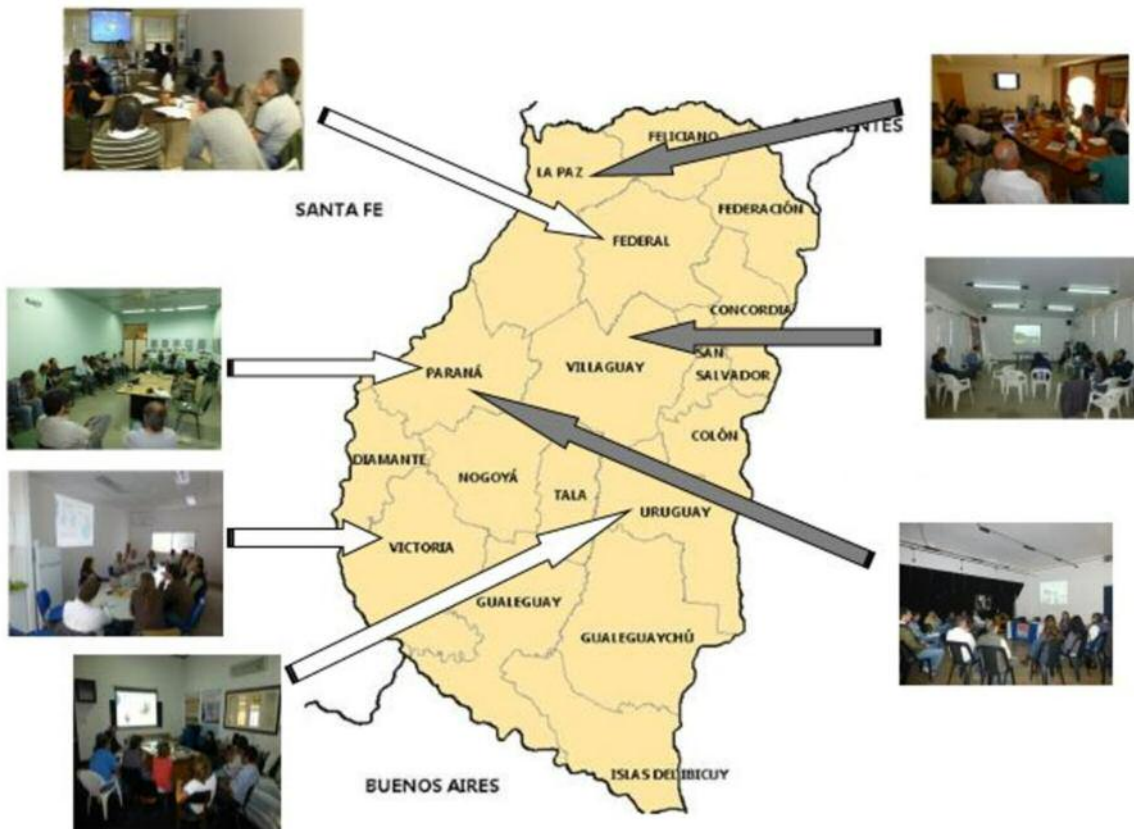


Figura 1. Localidades de Entre Ríos donde se realizaron los talleres de la RMCA. Flechas blancas: localidades donde se desarrolló el taller de análisis y discusión de resultados. Flechas grises: localidades donde se desarrolló el taller de consolidación de la RMCA y estrategias a futuro.

Hídricos de la Nación Argentina y por la Unión Europea. Estas categorías fueron acordadas por los integrantes de la RMCA, resultando: $<0,1\mu\text{g L}^{-1}$; $0,1-240\mu\text{g L}^{-1}$ y $>240\mu\text{g L}^{-1}$. Se calculó la frecuencia porcentual de cada categoría de concentración.

Análisis de la información

Los datos resultantes del análisis de las muestras de agua fueron enviados por e-mail en forma individual a cada integrante de la red. Posteriormente, se desarrolló un taller de análisis y discusión de los resultados globales. Los objetivos de este taller fueron someter a análisis e interpretación los datos, discutir aspectos referidos a percepción y niveles guía, temas considerados de gran importancia por los participantes de la RMCA. El taller, de 3 horas de duración, se replicó en 4 localidades de la provincia (Figura 1): Victoria (19/08/14), Paraná (20/08/14), Federal (21/08/14) y Concepción del Uruguay (22/08/14).

Retroalimentación de la RMCA y acciones derivadas

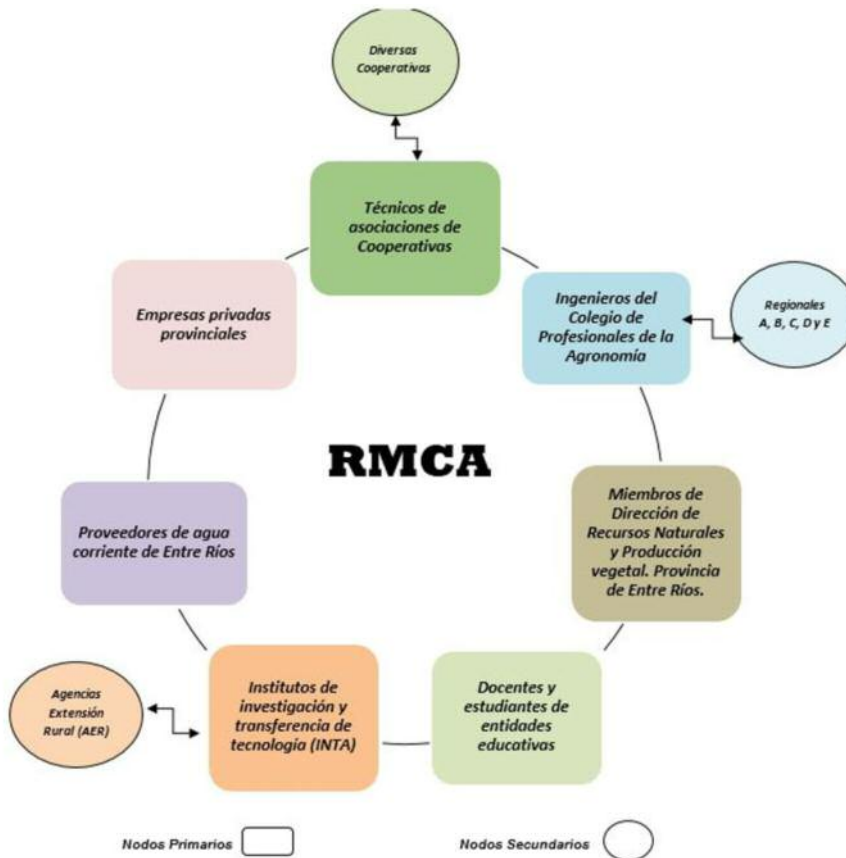
Un segundo taller sobre “Consolidación de la RMCA y estrategias a futuro” tuvo lugar en 3 localidades: Villaguay (08/10/15), Crespo (09/10/15) y La Paz (25/11/15) (Figura 2). En el marco de este taller, a partir de la presentación y análisis de información antecedente, se construyó un espacio de referencia donde se identificaron y acordaron prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental.

RESULTADOS

Montaje institucional y metodológico de la investigación

Se conformó una red de monitoreo de calidad de aguas, que se constituyó en una Organización de Base Comunitaria para promover la preservación de los cursos de agua superficiales de Entre Ríos. Resultó integrada por 70 miembros, que representan un grupo de interés común, incluyendo produc-

Figura 2. Estructura de la RMCA.



tores agropecuarios, profesionales de la agronomía y organismos gubernamentales preocupados por el impacto de las aplicaciones de agroquímicos sobre el ambiente. La estructura de la red contempla nodos de vinculación primarios y secundarios (Figura 2). Las agencias de extensión de INTA y los productores agropecuarios constituyeron los grupos de mayor contribución de integrantes a la red, seguidos por las cooperativas.

Puntos de monitoreo

La RMCA permitió evaluar 311 puntos de monitoreo (Figura 3) situados en cursos de agua linderos a lotes bajo producción agrícola del territorio provincial. Se analizaron 703 muestras durante los 3 períodos.

Obtención de datos y análisis de la información

Concentración de glifosato en agua superficial

En el 1º período de muestreo (15 agosto-15 septiembre), el 4,7% de los puntos superó $240\mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 4a), detectándose 2 sitios con concentraciones superiores a $73.000\mu\text{g L}^{-1}$, que correspondieron a casos de contaminación puntual por depósito de envases vacíos de glifosato.

En el 2º período de muestreo, todas las concentraciones resultaron inferiores a $240\mu\text{g L}^{-1}$, de las cuales un 69,2% presentó valores inferiores a $0,1\mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 4b). Si bien las aplicaciones de glifosato próximas a la siembra de la soja estuvieron acompañadas por eventos de escurrimiento, es probable que las abundantes precipitaciones ocurridas en este período produjeran un efecto de dilución en los cursos de agua. En este período, el volumen promedio acumulado de precipitaciones en la provincia resultó 110% superior respecto al valor histórico.

De las muestras de agua extraídas en el período marzo/abril, el 76% presentó concentraciones inferiores a $0,1\mu\text{g L}^{-1}$. Un sitio superó el valor de $240\mu\text{g L}^{-1}$. En esta muestra se determinó un valor del orden de los $105.000\mu\text{g L}^{-1}$, correspondiendo a uno de los puntos con altas concentraciones del 1º período (Figura 4c).

Análisis y discusión de la información

El taller de análisis y discusión de los datos obtenidos (Figura 1) contó con la participación de 55 actores. Los integrantes de la RMCA arrojaron respuestas divergentes sobre la relación entre la percepción de contaminación previa al estudio y los

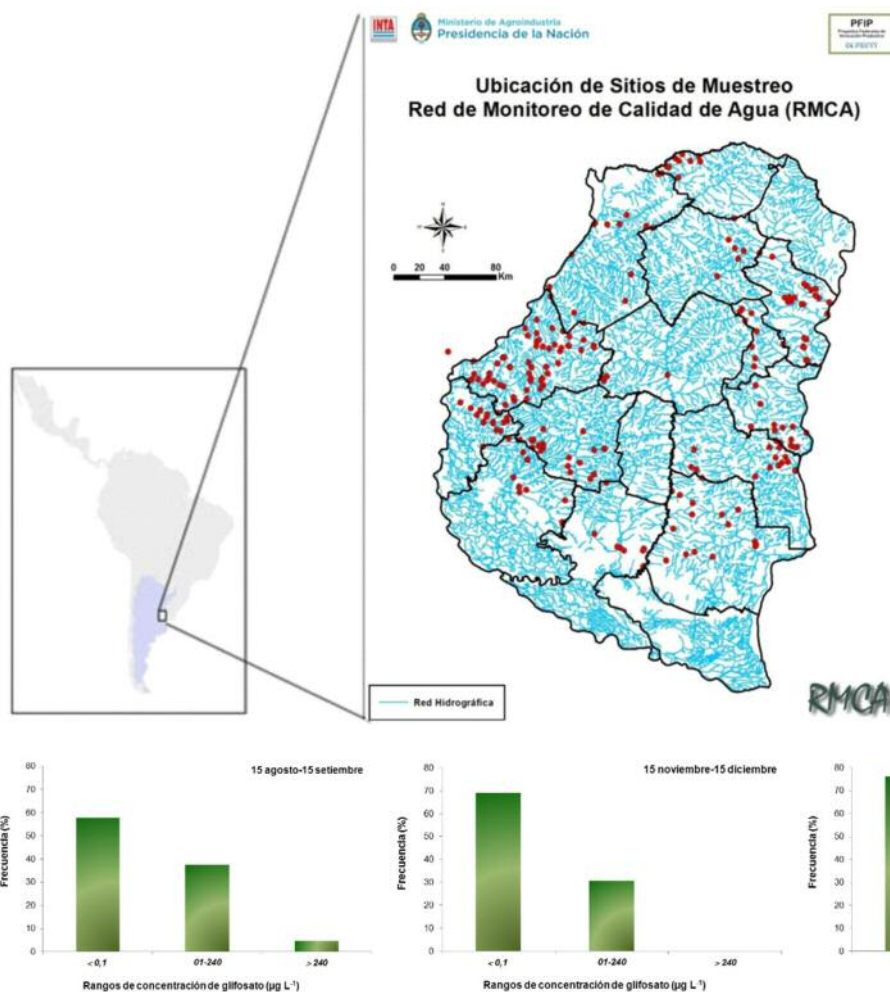


Figura 3. Mapa hidrográfico de Entre Ríos y distribución de puntos de monitoreo de la RMCA.

Figura 4. Frecuencia porcentual de categorías de concentración de glifosato en agua superficial de Entre Ríos, por período monitoreado. a. 1er. período: 15 agosto - 15 setiembre 2012; b. 2do. período: 15 noviembre -15 diciembre 2012; c. 3er. período: 15 marzo - 15 abril 2013.

datos de concentración de glifosato obtenidos. Algunos actores percibían previo a la investigación, niveles de glifosato en los cursos de agua superiores a los detectados, debido a las prácticas inadecuadas de aplicación de agroquímicos. Otros integrantes en cambio, consideraban poco probable detectar presencia de glifosato en cursos de agua. Esta dicotomía entre percepciones llevó a valorizar la función de la RMCA para generar información concreta, entendiendo que disponer de datos ayuda a definir medidas a futuro.

Los niveles de concentración de glifosato en los cursos de agua de la provincia son coincidentes con valores encontrados en otras zonas del país (Peruzzo *et al.*, 2008; Aparicio *et al.*, 2013; Primost, 2013; Ayarragaray *et al.*, 2015; Oszust *et al.*, 2015). Además, si bien los valores superiores al nivel guía

para la vida acuática fueron poco frecuentes, la detección de glifosato en concentraciones entre 0,1 y 240 µg L⁻¹ en aproximadamente el 30% de las muestras, indica que hay prácticas agrícolas que necesitan reverse. Este reconocimiento por parte de los integrantes de la red permitió una vinculación directa con su realidad y con la necesidad de buscar e implementar medidas de mitigación, generando entre los participantes de la red sentido de pertenencia con los resultados obtenidos.

Retroalimentación de la RMCA

El taller sobre “Consolidación de la RMCA y estrategias a futuro” (Figura 1) contó con la participación de 52 actores que identificaron y acordaron prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental sobre la calidad del agua.

Prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental identificadas y acordadas

Las prácticas identificadas como necesarias para minimizar pérdidas de glifosato no son desconocidas para los actores del sector. Está demostrado que las acciones probadas para minimizar el escurrimiento, reducen también el aporte de glifosato desde agroecosistemas a ambientes acuáticos. Dentro de éstas, la implementación de rotaciones y de cultivos de cobertura (CC) se encuentran entre las principales y más reconocidas por los participantes. Estudios realizados durante 5 años a escala de parcela, han revelado que en años con precipitaciones normales (1000 mm), el monocultivo de soja pierde por escurrimiento aproximadamente 4 veces más agua que la rotación con maíz y trigo y aproximadamente 8 veces más que una pastura. Por otro lado, la inclusión de un CC en el monocultivo de soja permitió una reducción de 45% de escurrimiento. El CC redujo la concentración media de glifosato y AMPA en el agua escurrida, resultando 27 y 35% inferior al monocultivo, respectivamente, sin reducción de rendimiento (Sasal *et al.*, 2012b).

Como norma general, cualquier monocultivo es excluido como buena práctica agrícola, ya que impacta sobre la sustentabilidad del sistema en el largo plazo. En particular, la minimización del escurrimiento a partir de la diversificación en la secuencia tiene efecto directo sobre la reducción en las pérdidas de glifosato hacia cursos de agua superficiales.

El distanciamiento entre momento de pulverización y eventos de precipitaciones constituye otra de las estrategias de minimización de pérdidas de plaguicidas. En lisímetros y parcelas de escorrentía (Sasal *et al.*, 2010), se comprobó que lluvias inmediatamente posteriores a las pulverizaciones (1 a 3 días) pueden generar pérdidas de glifosato por lixiviación y escurrimiento. También, Oszust *et al.* (2015) y Sasal *et al.* (2015) en estudios realizados en un embalse y con simulaciones de lluvia en Entre Ríos detectaron picos de concentración de glifosato inmediatamente posteriores a eventos de lluvia que generaron escurrimiento. Por esto, se propone analizar pronósticos de precipitaciones previas a la aplicación de glifosato con el fin de reducir las pérdidas por escurrimiento.

Otra de las prácticas identificada por los integrantes de la RMCA es la implementación de prácticas de conservación de suelo, tales como la sistematización de tierras y la siembra directa. La primera

permite controlar la velocidad del escurrimiento del agua de lluvia. Por su parte, la protección de la superficie del suelo con rastros, así como la ausencia de labores de remoción del suelo, hacen de la siembra directa una herramienta para minimizar la erosión hídrica y las pérdidas de nutrientes y plaguicidas asociadas.

Finalmente, se destacó el distanciamiento entre el momento de pulverización con glifosato y el de fertilización fosforada como otra estrategia de manejo que también contribuye a minimizar pérdidas de glifosato y que actualmente es desconocida por los actores del sector. Se ha demostrado que el fósforo compite con el glifosato en el proceso de adsorción al suelo, favoreciendo el arrastre por escurrimiento. Así, la combinación de la fertilización fosforada y la aplicación de glifosato aumentan las pérdidas del herbicida por escurrimiento, incrementándose cuando ocurre un evento de precipitación próximo a la pulverización. Se han determinado pérdidas en el agua de escurrimiento del orden del 28% del glifosato aplicado a causa de la aplicación conjunta de fertilización fosforada y pulverización. Estas pérdidas resultaron 2,5 veces inferiores cuando sólo se aplicó glifosato, reduciéndose aún más a medida que transcurrieron los días entre la aplicación y la lluvia (Sasal *et al.*, 2015). Por esto, se recomienda no combinar la fertilización con fósforo y la aplicación de glifosato en la misma jornada.

CONSIDERACIONES FINALES

La IAP resultó adecuada para analizar los cambios en la calidad del agua superficial debidos al uso de glifosato en el área agrícola de Entre Ríos, involucrando a los diferentes actores de la cadena agroalimentaria en la búsqueda de prácticas que minimicen el impacto ambiental.

La conformación de una red de monitoreo con base comunitaria se constituyó en el primer logro de este trabajo. Los integrantes de la RMCA se interesaron en conocer el impacto de sus sistemas de producción agrícola sobre la calidad del agua superficial de Entre Ríos. La cuantificación de la concentración de glifosato en agua superficial, producto de las pérdidas desde agroecosistemas, permitió dar luz a especulaciones de contaminación que no ha sido medida precedentemente.

Los integrantes de la red acordaron prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental, necesarias para minimizar pérdidas de glifosato. Estas son la

implementación de rotaciones y de cultivos de cobertura, el distanciamiento entre momento de pulverización y eventos de precipitaciones, el distanciamiento entre el momento de pulverización con glifosato y el de fertilización fosforada y la implementación de prácticas de sistematización de tierras para control de la erosión. Además, coincidieron en la necesidad de dar continuidad a la RMCA. La investigación acción participativa involucró a los miembros de la red desde un nuevo lugar, pasando a ser agentes de cambio y no objeto de estudio. El compromiso de los integrantes de la RMCA valoriza los resultados generados y asegura un cambio.

REFERENCIAS

- APARICIO, V.; DE GERONIMO, E.; MARINO, D.; PRIMOST, J.; CARRIQUIRIBORDE, P.; COSTA, J.L. 2013. Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. *Chemosphere* 93 (9), 1866-1873. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653513008837>. Fecha de consulta: 02/03/2016.
- AYARRAGARAY, M.; REGALDO, L.; RENO, U.; M.F. GUTIÉRREZ. 2015. Monitoreo de glifosato y ácido aminometilfosfónico (AMPA) en ambientes acuáticos cercanos a la ciudad de San Justo (Santa Fe, Argentina). Tesis de maestría en Gestión Ambiental. FICH-UNL.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). 2012. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Disponible en: <http://ceqg-rcqe.ccm.ca/download/en/182>. Fecha de consulta: 02/03/2016.
- ETCHEGOYEN, A. 2014. Distribución de plaguicidas en aguas y sedimentos de fondo en los principales afluentes de la cuenca del Paraguay-Paraná. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, 84 p.
- FALS BORDA, O.; RODRIGUES BRANDAO, C. 1987. Investigación Participativa. Instituto del Hombre. Ediciones Banda Oriental. Uruguay.
- FLURY, M. 1996. Experimental evidence of transport of pesticides through field soil. A review. *Journal of Environmental Quality* 25, 25-45.
- HANKE, I.; SINGER, H.; HOLLENDER, J. 2008. Ultratrace-level determination of glyphosate, aminomethylphosphonic acid and glufosinate in natural waters by solid-phase extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry: performance tuning of derivatization, enrichment and detection. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 391, 2265-2276.
- IBAÑEZ, M.; POZO, O. J.; SANCHO, J. V.; LOPEZ, F. J.; HER- NANDEZ, F. 2006. Re-evaluation of glyphosate determination in water by liquid chromatography coupled to electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1134, 51-55.
- JAYNES, D.B.; AHMED, S.I.; KUNG, J.S.; KANWAR, R.S. 2001. Temporal dynamics for preferential flow to a subsurface drain. *Soil Science Society of America Journal* 65, 1368-1376.
- MANAHAN, S. 2007. Introducción a la Química Ambiental. Ed. Reverté. Barcelona, España. 725 p.
- OSZUST, J.D.; RALIREZ, A.C.; SIONE, S.M.; WILSON, M.G.; GABIOUD, E.A.; REPETTI, M.R.; SASAL, M.C.; POLLA, W. 2015. Evaluación de la concentración de glifosato en un embalse asociado a un ambiente agrícola en Entre Ríos. XXV Congreso Nacional del Agua. 15-19/06/15. Paraná, Entre Ríos.
- PARAVANI, E.V.; SASAL, M.C.; SIONE, S.M.; GABIOUD, E.A.; OSZUST, J.D.; WILSON, M.G.; DEMONTE, L.; REPETTI, M.R. 2016. Determinación de la concentración de glifosato en agua mediante la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA). *Revista Internacional de Contaminación* 32 (4), 399-406.
- PERUZZO, P.J.; PORTA, A.A.; RONCO, A.E. 2008. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in North pampasic region of Argentina. *PJ. Peruzzo, AA Porta; AE Ronco. Environmental Pollution* 156, 61-66.
- PETERSEN, C.; HOLM, J.; KOCH, C.B.; JENSEN, H.E.; HANSEN, S. 2002. Movement of pendimethalin, ioxynil and soil particles to field drainage tiles. *Pest Management Science* 59, 85-96.
- PRIMOST, J. 2013. Estudio de niveles ambientales de glifosato y AMPA en una zona modelo de intensa actividad agrícola en los alrededores de Urduinarrain, Entre Ríos. Trabajo Final de Graduación. Centro de Investigaciones en Medio Ambiente (CIMA) Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.
- RAMPOLDI, E.A. 2007. Comportamiento de glifosato en suelos agrícolas de la Pcia. de Córdoba y su relación con la estratificación de la materia orgánica provocada por la siembra directa. Tesis de Doctorado. Facultad de Cs. Agropecuarias-UNC.
- SASAL, M.C, ANDRIULO, A.E., WILSON, M.G.; PORTELA, S.I. 2010. Pérdidas de glifosato por drenaje y escurrimiento en Molisoles bajo siembra directa. *Información Tecnológica* 21(5), 135-142.
- SASAL, M.C.; WILSON, M.G.; OSZUST, J.D., CASTIGLIONI, M.G.; ANDRIULO, A.E. 2012a. Destino de fugas de N, P y glifosato del sistema agrícola. *Argentina y Ambiente* 2012. Mar del Plata, 28 al 31 de junio.
- SASAL, M.C.; WILSON, M.G.; GARCIAARENA, N.A. 2012b. Impacto ambiental de la introducción de un cultivo de cober-

tura al monocultivo de soja. 2012. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 16 al 20 de abril.

- SASAL, M.C.; DEMONTE L.; CISLAGHI, A.; GABIOUD, E.A.; OSZUST, J.D.; WILSON, M.G.; MICHLIG, N.; BELDOMENICO, H.R.; REPETTI, M.R. 2015. Glyphosate loss by runoff and its relationship with phosphorous fertilization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63 (18), 4444-4448.
 - SCOTTA, E.; O. PAPANOTTI. 1990. Aguas excedentes y tecnologías de control y captación. INTA EEA Rafaela. Publicación Misceláneas 57. Jornadas Regionales "Labranzas y conservación de suelos", pp. 57-69.
 - SELENER, D. 1997. Participatory Action Research and Social Change. Nueva York: Cornell University, Participatory Action Research Network, 384 p.
 - USEPA. 2007. United States Environmental Protection Agency. Restricted Database.
 - VILLHOLTH, K.G.; JARVIS, N.J.; JACOBSON, O.H.; DE JONGE, H. 2000. Field investigations and modelling of particle-facilitated pesticide transport in macroporous soil. *Journal of Environmental Quality* 29, 1298-1309.
-