

# Aportes a la construcción de capacidades nacionales para el monitoreo ambiental de plaguicidas utilizando la cuenca de la Laguna del Cisne (Canelones) como caso de estudio.



## PRODUCTO 4

“Este informe técnico final fue generado en el marco del Producto 4 de la Carta de Acuerdo entre la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Básicas (FUNDACIBA), asociado al proyecto Fortalecimiento de las capacidades para la gestión ambientalmente adecuada de plaguicidas incluyendo COPS (GCP/URU/031/GFF), y su aporte a la construcción de las capacidades para el monitoreo ambiental de plaguicidas utilizando la cuenca de Laguna del Cisne (Canelones) como caso de estudio.”

## Equipo de análisis de la información y redacción del informe

<sup>1</sup>Dr. Franco Teixeira de Mello, <sup>1</sup>MSc. César Rodríguez-Bolaña, <sup>1</sup>Lic. Giancarlo Tesitore, <sup>1</sup>Lic. Alejandra Kröger, <sup>1</sup>Dr. Guillermo Goyenola, <sup>1,2</sup>Dr. Andrés Pérez, <sup>2</sup>Dr. Horacio Heinzen.

Este documento cuenta con los aportes obtenidos de intercambios con el laboratorio de DINAMA y la Unidad Coordinadora del Proyecto GCP/URU/031/GFF.

Dependencias de la Universidad de la República: <sup>1</sup> Centro Universitario Regional del Este, <sup>2</sup> Facultad de Química-GACT

**Responsable Técnico:** Dr. Franco Teixeira de Mello. e-mail: frantei@cure.edu.uy. Cel: +598 99089451. Departamento de Ecología y gestión Ambiental-CURE-UDELAR

## Citación:

Teixeira de Mello F., Rodríguez-Bolaña C., Tesitore G., Kröger A., Goyenola G, Pérez-Parada A, Heinzen H. Aportes a la construcción de capacidades nacionales para el monitoreo ambiental de plaguicidas utilizando la cuenca de la Laguna del Cisne como caso de estudio. Enmarcado en el Proyecto: Fortalecimiento de las capacidades para la gestión ambientalmente adecuada de plaguicidas incluyendo COPS, GCP/URU/031/GFF -MSP-MGAP-MVOTMA-FAO-GEF- 2016-2020. Montevideo, Uruguay. 150pp.

## **Equipo de obtención de muestras en campo, preparación primaria de muestras y traslado a laboratorios**

Responsables: Dr. Franco Teixeira de Mello, Lic. Giancarlo Tesitore, MSc. César Rodríguez, Lic. Alejandra Kröger, Dr. Guillermo Goyenola.

Colaboradores: Martín Pacheco, Maite Burwood, Claudia Baladan, Samanta Stebniki, Carmen Casás, Margenny Barrios, Clementina Calvo.

## **Equipo de procesamiento de muestras en laboratorios de Facultad de Química, GACT-Paysandú, y CURE-Rocha y entrega de datos.**

Responsables: Horacio Heinzen, Andrés Pérez.

Equipo técnico: Horacio Heinzen, Andrés Pérez, Analía Berton, Natalia Besil, Natalia Gerez, Guillermo Gil, Alejandro Mangarelli, Silvina Niell, Fiamma Pequeño, Gianna Zinola, Cesar Rodriguez-Bolaña.

## **Laboratorio de DINAMA**

Responsable: Natalia Barboza.

Equipo técnico de seguimiento: Natalia Barboza, Alejandro Mangarelli, Alfonso Rodríguez, Gabriela Pistone.

## **DINAMA**

Seguimiento de informes: Federico Souteras

## **Unidad Coordinadora del Proyecto GCP/URU/031/GFF.**

Responsable: Sebastián Viroga.

Equipo técnico de seguimiento de informes: Sebastián Viroga, Samanta Stebniki.

## Resumen ejecutivo

En las últimas décadas Uruguay experimentó un notorio aumento en la agricultura, incrementado un 80% la superficie cultivada en el período 2003 – 2011. Asociado a esto en Uruguay se emplea una elevada cantidad de plaguicidas como parte del paquete tecnológico asociado a la actividad agropecuaria.

Debido a la movilidad variable que presentan estos compuestos, una proporción no despreciable terminan llegando a los sistemas acuáticos por mecanismos como la deriva aérea, transporte atmosférico, escorrentía superficial o subsuperficial. Una vez en el medio acuático, los plaguicidas permanecen disueltos en agua o son absorbidos por las partículas orgánicas e inorgánicas suspendidas, las cuales luego pueden depositarse en los sedimentos o ser absorbidas por la biota. Sin embargo, se conoce poco acerca de los perjuicios o daños que causan estas sustancias sobre la salud humana y en el medio ambiente.

En un contexto de preocupación creciente a nivel país por mejorar la gestión de los plaguicidas, se está desarrollando en Uruguay el proyecto: “Fortalecimiento de las capacidades para la gestión ambientalmente adecuada de plaguicidas incluyendo COPs (GP/URU/031/GFF)”.

En el marco de dicho proyecto (GCP/URU/031/GFF) y con el objetivo de aportar a su desarrollo, la presente propuesta pretende generar capacidades nacionales para el monitoreo ambiental de plaguicidas utilizando la cuenca de la Laguna del Cisne (Canelones) como área de estudio para el desarrollo de un programa de monitoreo piloto.

En este sentido, durante un año (2018-2019) se ejecutó un programa de monitoreo de plaguicidas en Laguna del Cisne, sus principales afluentes y su efluente, abarcando las matrices ambientales: agua, sedimentos y peces. Se identificó, cuantificó y evaluó la presencia de plaguicidas, así como su dinámica espacial y temporal. El enfoque metodológico que se ha diseñado para este trabajo, buscó hacer posible la aplicación del conocimiento generado a otras cuencas y cuerpos de agua del país. Los resultados demostraron que, por sus dimensiones y accesibilidad, la Laguna del Cisne resultó ser un buen modelo de estudio. Los materiales utilizados fueron acordes y el diagrama de flujo de las muestras resultó satisfactorio. Se lograron generar distintos canales para que todas las muestras fueran ingresadas con sus respectivas fichas al Sistema informático del laboratorio Ambiental de DINAMA (SILAD-DINAMA), y a los laboratorios del Grupo de Análisis de Contaminantes Traza (GACT) en Facultad de Química en Montevideo y en la Regional Norte en Paysandú.

El análisis de muestras de agua tanto de los cursos como de la propia laguna, permitió evaluar la presencia y los aportes recientes de plaguicidas en el sistema y sus efectos en la calidad del agua. Se detectaron 26 plaguicidas, varios de uso prohibido en Uruguay (Etión, Atrazina; p-p'-DDT y sus metabolitos p-p'-DDD y p-p'-DDE) y de otros plaguicidas con solicitudes de prohibición y de severa restricción (Diazinon, Permetrina y Clorpirifós). De las 120 muestras de agua analizadas, solamente 18 no presentaron ningún compuesto.

Se logró evidenciar variaciones estacionales de estos compuestos, observándose una mayor ocurrencia durante la primavera y una mínima en invierno. Asimismo, se logró determinar una entrada diferencial de los plaguicidas en la laguna, en función de las características de uso en diferentes sectores de la cuenca.

Es de hacer notar que la metodología analítica empleada estudió “agua bruta”, sin filtrar. El análisis conjunto del agua sin extraer las partículas en suspensión, hizo posible que algunos de

los plaguicidas detectados pudiesen encontrarse adsorbidos a las partículas en suspensión (ejemplo, piretroides y organoclorados).

Se detectó la presencia de 7 compuestos con elevada toxicidad que generan niveles de riesgo ecotoxicológico elevados (basado en el método de Risk Quotient). Ellos son Etión, Bifenthrin, Cipermetrina, Clorpirifós, p,p'-DDE, p,p'-DDD y Permetrina. Este hallazgo muestra la evolución del uso de plaguicidas en la zona. El p,p'-DDE y el p,p'-DDD son metabolitos de p,p'-DDT, conocido por su persistencia y prohibido en el país desde hace 35 años. Por su parte el Etion, compuesto prohibido desde 2017 para agricultura extensiva y considerado semi persistente, dado su uso actual como garrapaticida y el uso intensivo que ha tenido, tanto en ganadería como en agricultura, no resulta extraño encontrarlo en la cuenca, así como el Clorpirifos el insecticida de mayor uso en los últimos años. Los restantes son piretroides, de elevado riesgo para peces.

Considerando el análisis de acumulación de plaguicidas por sitio en la laguna, es esperable que la toma de una sola muestra por arroyo sea insuficiente para comprender la dinámica temporal. En este sentido la estrategia recomendable sería o incrementar el número de muestras, o bien tomar muestras integradas en los diferentes sistemas, con las consideraciones que pueden surgir relacionadas a la dilución de los compuestos que se encuentran cercanos a los límites de detección. Otra alternativa podría ser la utilizar muestreadores capaces de integrar largos períodos de tiempo (ya sean activos o pasivos). Asimismo, una correcta selección de los meses de muestreo, permitirían disminuir el esfuerzo, minimizando la pérdida en la detección de los compuestos, por ejemplo, seleccionando los meses que existe una mayor probabilidad de detección. Para tomar estas decisiones, es necesario conocer el uso mensual de los plaguicidas en la cuenca, a fin de sincronizar las fechas de colecta con las de mayor aplicación de compuestos en la cuenca de estudio, así como generar un conocimiento de línea de base como el realizado en este proyecto.

Como conclusión, surge la importancia de realizar monitoreos intensivos que generen líneas de base para luego definir la frecuencia y el número de muestras a realizar. En este sentido, la cantidad de muestras colectadas en este estudio resultaron suficientes, permitiendo determinar la carga de plaguicidas en el sistema y su variabilidad estacional producto de los diferentes usos de la cuenca a lo largo del año de estudio. Siempre será recomendable una revisión de la información generada y tener capacidad de adaptar el monitoreo frente a condiciones cambiantes, ya sean climáticas o productivas.

Por otra parte, en sedimentos se analizaron solo 35 compuestos en comparación a los 49-84 en agua y 75-83 en peces. No fueron detectados plaguicidas en esta matriz, que preceptivamente es complementaria a la matriz agua para reflejar presencia de plaguicidas no solubles en el sistema. Cabe resaltar que el elevado número de plaguicidas detectados en agua con respecto a los sedimentos puede estar condicionado en primera instancia por la diferencia en los límites de cuantificación para cada matriz. Dichos límites en agua son ampliamente inferiores, ya que las muestras se pre-concentran, intentando alcanzar los límites establecidos en las regulaciones vigentes, en comparación con las muestras sólidas como ser sedimentos y peces, para los cuales no existen valores de referencia a alcanzar por dichas metodologías. En conclusión, los límites elevados de cuantificación para la matriz sedimento puede ser la principal explicación de la nula detección de pesticidas en esta matriz. En este sentido la matriz peces mostró ser más relevante para la detección de plaguicidas.

Las metodologías existentes y el estado del arte analítico actual pueden considerarse limitante en el seguimiento de los plaguicidas en las diferentes matrices ensayadas.

En el caso de los peces, se analizaron 220 muestras provenientes de 15 especies, resultando positivas para al menos un compuesto el 62,7% de las mismas. Se detectaron 14 compuestos distintos, 4 de ellos actualmente prohibidos para su aplicación en Uruguay: Alaclor, Aldrín, Dieldrín y p,p'-DDT (así como sus metabolitos p,p'-DDE y p,p'-DDD). En este sentido, el p,p'-DDE resultó ser el compuesto de mayor frecuencia de detección en músculo a lo largo del estudio, con una presencia en 10 de los 12 meses analizados. De los 14 plaguicidas detectados, 4 fueron exclusivamente encontrados en peces (Alaclor, Aldrín, Dieldrín y 2-Phenylphenol) sugiriendo la capacidad de acumular compuestos que no son de fácil detección en otras matrices.

El número de plaguicidas por muestra, el contenido lipídico y la estación del año resultaron las variables que mejor explican los datos obtenidos en peces. El número de plaguicidas encontrados se vio aumentado cuando aumenta el porcentaje de lípidos en músculo, siendo este aumento mucho más pronunciado en invierno y otoño. El análisis estadístico permitió mostrar diferentes opciones para optimizar el número de muestras a tomar para detectar todos los plaguicidas presentes. Esto es relevante para la instrumentación de nuevos planes de monitoreo.

El compuesto p,p'-DDE presentó una fuerte relación entre el contenido lipídico, el peso y la posición trófica de los peces. La probabilidad de encontrar este compuesto aumenta proporcionalmente al contenido lipídico, además de verse favorecido en peces de tamaños extremos (pequeños o grandes) y con una posición trófica cercana a 3.

Por su parte el fungicida Propiconazole presentó un fuerte patrón estacional, siendo la estación del año el factor que influye en la probabilidad de detección. Los resultados mostraron que es posible detectar este compuesto en los meses de otoño-invierno, siendo más probable encontrarlo acumulado en músculo durante el otoño.

A nivel de la comunidad, el análisis de contenido estomacal y de isótopos estables, no evidenció un patrón claro entre frecuencia/número de plaguicidas detectados y la posición trófica, gremio o vía principal de ingreso de materia orgánica (autóctona o alóctona).

En base a los resultados encontrados recomendamos una serie de criterios para la selección de especies de peces considerando un programa de biomonitoreo en la Laguna del Cisne y otros sistemas acuáticos: 1) adoptar una estrategia de selección de múltiples especies, 2) trabajar con especies que se encuentren ubicadas en diferentes niveles de la red trófica, 3) trabajar con especies con diferentes niveles de contenido graso, 4) seleccionar especies con rango de distribución amplio 5) seleccionar especies con una elevada abundancia esperada y de tamaño medio/grande de forma de asegurar contar con el volumen necesario para los análisis. Para laguna del Cisne entre estas especies incluirían al Sabalito (específicamente *Cyphocharax voga*), dientudo (específicamente *Oligosarcus oligolepis*), tararira (*Hoplias malabaricus*) y bagre amarillo (*Pimelodus maculatus*). La evaluación de plaguicidas en la biota nos muestra el alcance de la contaminación más allá de la llegada directa en agua. Cabe resaltar que se debe avanzar en la evaluación de efectos a nivel biológico para comprender la magnitud de los efectos a nivel ecosistémico que se pueden alcanzar debido a la bioacumulación de plaguicidas en la biota.

*Comentarios Finales.*

En resumen, de las tres matrices analizadas, cada una explicaría un momento en particular del sistema y cada una tiene sus ventajas y desventajas, por eso, del análisis conjunto de todas es que se obtiene un cuadro de situación más completo. En el caso de los peces, estos organismos son bioacumuladores de los plaguicidas permitiendo detectar estos compuestos durante una ventana de tiempo mayor a lo que ocurre en el agua, así como compuestos que solo se encuentran en peces. A la vez, es posible observar el nivel de incorporación en la biota acuática de los plaguicidas, lo que nos permite comprender el posible impacto ecológico que pueden tener estos productos. Como desventaja, muchas especies presentan una gran movilidad en los sistemas abiertos, por ejemplo, ríos y arroyos, por esa razón resulta importante la selección de especies territoriales con poca movilidad, así como complementar con organismos sésiles como bivalvos (ej. con el mejillón dorado, especie asiática invasora). De particular relevancia es el hecho de encontrar plaguicidas persistentes ya prohibidos, que representan un riesgo y que puedan hacer necesarias medidas de mitigación y remediación.

Se debe resaltar la existencia de una gran dificultad para poder acceder a la información sobre el uso de plaguicidas en la cuenca. Entre otros factores, esto deriva de la naturaleza coyuntural del proceso de toma de decisiones por parte de los productores, la no obligatoriedad en los hechos de la declaración de uso de plaguicidas, las dificultades institucionales en generar los registros previstos en la normativa (ver medidas cautelares específicas), y el potencial uso de compuestos no admitidos por la normativa. Esta complejidad es válida para todo el territorio nacional.

La estrategia aplicada permitió generar el más completo set de datos de ocurrencia de plaguicidas en un sistema acuático de Uruguay. Si bien se esperaba encontrar un reducido número de compuestos (debido a las medidas de gestión implementadas recientemente en el sistema) utilizando las tres matrices (agua, sedimentos y peces) fue posible detectar la presencia de plaguicidas en todas las las instancias de muestreo. La ejecución del proyecto permitió generar, ajustar y acordar interinstitucionalmente protocolos de trabajo, así como desarrollar mejoras en las capacidades analíticas a escala nacional como ser ampliaciones en el número de plaguicidas analizados y ajustes de protocolos.

Se destaca como un logro mayor el nivel de coordinación entre grupos de trabajo multidisciplinarios y en la formación de recursos humanos al más alto nivel.