



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura



Carta del Acuerdo entre la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) y la Fundación para el Progreso de la Química (FUNDAQUIM), asociada al proyecto ‘Fortalecimiento de las capacidades para la gestión ambientalmente adecuada de plaguicidas incluyendo COPs’ (GCP/URU/031/GFF):

Instalación y evaluación de una cama biológica para la bio-remediación del paquete de plaguicidas empleado en la producción hortifrutícola.

Resumen Ejecutivo

El presente proyecto fue realizado en los laboratorios del Grupo de Análisis de Compuestos Traza (GACT) instalados en la Facultad de Química y el CENUR del Litoral Norte, bajo la responsabilidad de los Dres. Verónica Cesio y Horacio Heinzen.

El objetivo general del mismo fue ‘contribuir a generar información que permita implementar el uso de los **lechos biológicos** (o **camas biológicas**) a nivel de campo, asegurando un correcto desenvolvimiento de los procesos que permiten reducir los riesgos de contaminación ambiental, aplicando tecnologías apropiadas a las necesidades y posibilidades de los establecimientos hortofrutícolas del país’.

Actividades preliminares

Para lograr este objetivo se trabajó durante 18 meses en el marco de un equipo multidisciplinario, en conjunto con personal de DIGEGRA y los ejecutivos del Proyecto Plaguicidas (FAO/DINAMA).

La literatura internacional hace hincapié en la plasticidad de las camas biológicas, adaptables a las diferentes situaciones productivas de la agricultura. Se recopiló y avanzó en el conocimiento de esta herramienta, para poder comprobar la viabilidad y las condiciones necesarias para su uso por parte de los productores.

Como primera etapa, se seleccionó el productor con el que se trabajaría, para instalar en su predio la cama biológica. La selección se realizó de acuerdo al conocimiento del personal de DIGEGRA, entre aquellos posibles candidatos que por su metodología de trabajo, responsabilidad, tipo de producción e interés en instalar una cama biológica en su propio predio se consideraban aptos para colaborar en el proyecto. Se seleccionó un predio hortícola con producción en invernadero, en la zona de San Jacinto, Canelones.

Los principios activos a evaluar se definieron en base a los plaguicidas aplicados en el predio y al tipo de cultivo. A partir de entrevistas con el productor, se definió una lista de 36 plaguicidas para el ajuste metodológico analítico que permitiera evaluar su degradación, primeramente a escala de laboratorio y luego a campo.

La efectividad de la cama biológica solo se puede evaluar si existe una metodología analítica apropiada para la determinación de los plaguicidas aplicados. Esta metodología se aplicó a lo largo de todo el ensayo, por lo que su desarrollo y optimización constituyó el primer hito del proyecto.

Para evaluar la degradación se realizó el ajuste y validación completa de la metodología analítica, de acuerdo a las guías internacionales para análisis de residuos de pesticidas (documento SANTE), utilizando cromatografía gaseosa y líquida acoplada a masas en tándem.

Se consideró necesario poseer además una herramienta para evaluar la toxicidad de las camas biológicas luego de que los compuestos ya no se pudieran detectar analíticamente. Para eso, se ajustó y validó una metodología para la evaluación del grado de toxicidad, utilizando un ensayo OECD con lombrices (*Eisenia fetida*). Luego de contar con las herramientas analíticas para la evaluación planteada se pasó a la construcción de las camas biológicas a escala piloto. Se aplicaron los compuestos formulados usados por los productores, para reproducir las condiciones reales.

Ensayos piloto de laboratorio y diseño de la cama biológica

Para la evaluación en laboratorio de las camas biológicas se preparó la biomezcla que consta de tres componentes: turba, tierra y afrechillo en proporción 1:1:2 en volumen, que fueron homogéneamente mezcladas con una mezcladora rotatoria clásica. Se armaron dispositivos-piloto en contenedores idénticos con 1 kg de biomezcla cada uno, 5 repeticiones y sus blancos correspondientes, para poder realizar posteriormente la evaluación estadística de los resultados. Se aplicaron simultáneamente todos los productos a estudiar, a la concentración recomendada por la etiqueta. El muestreo se realizó de acuerdo a un plan previamente diseñado, y las muestras se congelaron para luego ser liofilizadas y realizar su posterior análisis. Todas las muestras fueron analizadas y con los resultados obtenidos en cada punto de muestreo se construyeron las curvas de degradación.

Según la literatura disponible, a veces la flora nativa del suelo no es suficiente a degradar los pesticidas aplicados. En estos casos, es necesario el agregado de otros microorganismos capaces de degradar xenobióticos, generalmente basidiomicetes. Por esta razón, para completar el diseño de la cama biológica, en paralelo se evaluaron camas biológicas con adición de *Abortiporus biennis* como inóculo para la bioaumentación. Este microorganismo fue estudiado por el grupo de trabajo y ha demostrado su capacidad para degradar xenobióticos, como agente de bioconversión externo. Se construyeron las curvas de degradación con y sin inóculo y se compararon las cinéticas de degradación. Como no hubo una diferencia significativa entre las mismas, para los plaguicidas evaluados, se decidió, para la realización del experimento a escala de campo con el productor, trabajar sin bioaumentación, por considerarlo más fácilmente adaptable a las condiciones de los pequeños productores.

Con todos estos resultados se pasó al diseño de la cama biológica a escala de campo. Esta se instaló en el predio hortícola seleccionado, en el cuál se cultiva en invernadero tomate y morrón, y cebolla y maíz a campo. Se adecuaron las dimensiones del biorreactor a los volúmenes de producto utilizado, según las prácticas agrícolas y rutina de aplicación del productor, ajustando además, la lista de principios activos a evaluar, ya que éste había incorporado nuevos productos de protección de cultivos. La cama instalada consistió en un recipiente de plástico de 1m³, lleno con la biomezcla hasta sus 4/5, enterrado entre los dos invernaderos del predio y adecuadamente protegido de la lluvia para evitar posibles desbordes de agua. El equipo de aplicación es a mochila, por lo que se incluyó un tanque de 100L donde el productor lava el equipo para luego “regar” el biorreactor con esa agua de lavado. En este diseño, el agua se elimina por evapotranspiración.

Es de destacar que en paralelo, como complemento de la propuesta inicial que no estaba contemplado en el proyecto, en octubre de 2018 se construyó en colaboración con

SOFOVAL y DIGEGRA, en el marco de un proyecto “Más Tecnologías” (DGDR-INIA), otra cama biológica en Colonia Valdense, Departamento de Colonia, a 120 km de Montevideo, en un predio frutícola. Se asesoró en el diseño, se trabajó en la preparación de la biomezcla y llenado de la cama, se acompañó la evolución y el control analítico así como ecotoxicológico de la eficiencia de dicha cama biológica. En este caso, la cama instalada recibió el paquete de plaguicidas usado en los cultivos de duraznos y ciruelas, cultivos predominantes en la región.

Ambas camas fueron planeadas y diseñadas teniendo en cuenta las diferentes realidades de cada productor y los volúmenes a ser remediados, ya que las maquinarias usadas en los predios son totalmente diferentes: en el predio frutícola de C. Valdense se utiliza una atomizadora agrícola, mientras el productor hortícola de San Jacinto emplea mochila para la aplicación de los plaguicidas.

En Colonia Valdense la cama se instaló como resumidero en una planchada de hormigón diseñada para recoger las aguas cuando el equipo de aspersión (una atomizadora agrícola de tiro de 1000L) es lavado sobre ella. La cama está impermeabilizada con pintura epoxi, con un desagüe para recoger las aguas de lixiviado hacia un tanque subterráneo que posee una bomba que permite recircular el agua hacia la cama biológica y repetir el proceso para asegurar la degradación total de los compuestos. Se montó una estructura para proteger la cama de la lluvia al igual que en San Jacinto.

La cama de San Jacinto está hecha en base a tarrinas de plástico, y no tiene un desagüe donde se puedan recoger posibles excesos de aguas de lavado; por esto es de crucial importancia que el riego desde el tarro recolector se haga con cuidado, para no generar anaerobiosis en el sistema y consecuentemente perder la microbiota responsable de la degradación.

En ambos casos, se diseñó un plan de muestreo mensual, se realizaron los análisis químicos de cada muestreo por triplicado y con los datos obtenidos se construyeron las curvas de degradación. Las respuestas y los comportamientos de los compuestos fueron evaluados.

Los resultados muestran la eficiencia de ambas camas biológicas en la degradación de los plaguicidas aplicados. Hubo que esperar a la finalización de la cosecha, que no se agregaran más principios activos para observar este fenómeno.

En el informe se presentan los diagramas de ambas camas y se describe la construcción de las mismas.

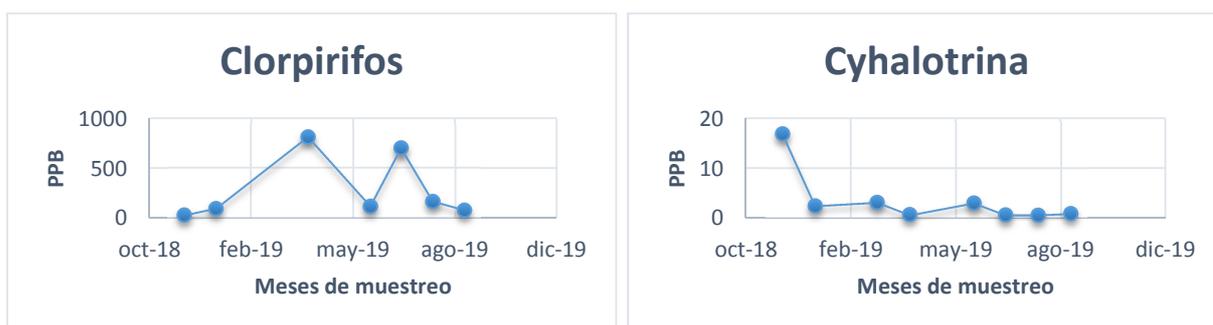
Es importante destacar que ambas camas biológicas están perfectamente aisladas para evitar cualquier tipo de lixiviación y consecuente contaminación.

A continuación se muestran las camas biológicas construidas en Colonia Valdense y San Jacinto, de izquierda a derecha.



También es de destacar la excelente colaboración de los productores, quienes llevaron un cuaderno de sus aplicaciones y de los volúmenes vertidos en las camas, para poder luego relacionarlos con los resultados analíticos. Tuvieron un contacto directo y fluido con el grupo de trabajo y se discutieron los problemas que se presentaron entre todos, para solucionarlos. Si bien todos aquellos compuestos utilizados por los productores, que estaban en el alcance del método analítico, fueron evaluados, y se pudo comprobar que hay degradación, cada uno tiene un comportamiento diferente; inclusive el mismo compuesto en condiciones diferentes presenta cinéticas de degradación distintas.

Lo que se puede afirmar es que los compuestos utilizados por los productores a lo largo de un año se degradan en las condiciones de las camas instaladas. A modo de ejemplo se presentan las curvas de degradación para clorpirifos y cyhalotrina, que son de los insecticidas más utilizados en el país.



Variaciones en los componentes de la biomezcla degradadora fueron ensayadas, buscando sustituir la turba, que sería el componente de mayor costo, y de más complicada obtención en nuestro país. Una mezcla que los productores usan frecuentemente conocida como “cama de pollo”, desechos de la industria vitícola como escobajo y orujo, son ejemplo de variaciones que fueron probadas a escala piloto. Los resultados no fueron buenos debido a que no se observó el crecimiento necesario de la microbiota como para que esa mezcla se constituyera en una posible mezcla biodegradadora. Este fue otro insumo que llevó a que la recomendación final para los productores sea que la cama biológica se construya con la composición tradicional de turba, suelo y afrechillo.

Se realizaron varias presentaciones en jornadas académicas regionales y nacionales en forma oral y poster, del proceso y de los resultados. Se realizaron dos jornadas de divulgación con productores de ambas zonas, con visitas guiadas a los predios donde se pudieron observar las camas biológicas en funcionamiento y se presentaron los resultados analíticos de la degradación de los plaguicidas utilizados. Para dichas instancias se confeccionó una cartilla, como guía para la instalación de camas biológicas para productores interesados.

En paralelo se está redactando una guía/manual donde se profundiza en la metodología de armado, funcionamiento y control de las camas biológicas.

En diciembre 2019 se realizó una presentación oral de 40 minutos acerca de la experiencia del proyecto en el Congreso ‘Argentina y Ambiente – 2019’ en Buenos Aires y luego se participó de una jornada con productores en la ciudad de Dolores, Uruguay, para presentar nuevamente la experiencia y valorar las posibilidades del uso de las camas biológicas en la agricultura extensiva.

Conclusiones Generales:

- Se comprobó que las camas biológicas son una herramienta útil y sencilla de reducción de riesgos de contaminación puntual, en dos sistemas de producción del país.
- Se cuenta con una metodología analítica para evaluar la degradación de plaguicidas en biomezclas.
- Se debe ajustar mejor el ensayo ecotoxicológico, para que pueda ser utilizado por los productores, como una sencilla herramienta de control a campo.
- Se generaron insumos y recomendaciones para armar una cama biológica, que fueron plasmadas en una guía para productores.
- La experiencia positiva llevó a que una de las empresas vitivinícolas más grande del país decidiera comenzar con la instalación de camas biológicas en sus predios de producción.
- Del trabajo conjunto del Grupo de Análisis de Compuestos Trazas de la UDELAR /FQ/CENUR litoral, DIGEGRA y el Proyecto Plaguicidas (FAO) se obtuvo un producto que servirá de puntapié para que los productores puedan caminar hacia la instalación de este tipo de herramientas de mitigación, tal como lo aconsejan las guías de Buenas Prácticas Agrícolas vigentes en el país.