



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CONTAMINACIÓN AMBIENTAL



MANUAL DE USO DE BIOBEDS

Dirigido a agricultores de la Zona Norte de Cartago, Costa Rica





632.95

B837m Brenes Alfaro, Laura

Manual de uso de biobeds : dirigido a agricultores de la zona norte de Cartago, Costa Rica / elaborado por Laura Brenes Alfaro. – Primera edición – San José, Costa Rica : Universidad de Costa Rica, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, 2020.

1 recurso en línea (43 páginas) : ilustraciones a color, fotografías a color, archivo de texto, PDF, 16 MB.

ISBN 978-9930-9712-1-5

1. PLAGUICIDAS – BIODEGRADACIÓN – MANUALES. 2. PLAGUICIDAS – ASPECTOS AMBIENTALES. 3. PLAGUICIDAS – BIODEGRADACIÓN – EQUIPO – MANUALES. 4. PLAGUICIDAS – BIODEGRADACIÓN – EQUIPO – DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN. 5. BIODEGRADACIÓN DEL AGUA. 6. CONTAMINACIÓN DEL AGUA – PREVENCIÓN. I. Título.

CIP/3595

CC.SIBDI.UCR

Universidad de Costa Rica

© Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA)

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Primera edición: 2020.

Elaborado por: *Laura Brenes Alfaro*

Revisado por: *Juan Salvador Chin Pampillo, Paula Aguilar Mora, Carlos E. Rodríguez Rodríguez, Elizabeth Carazo Rojas*

Diseño y diagramación: *Fernanda Segura Acuña*

Este material no tiene fines de lucro. Se prohíbe su venta. Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del contenido de este producto para propósitos educativos u otros fines no comerciales, sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente.

Edición digital del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA). Fecha de creación julio 2020. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. San José, Costa Rica.

El CICA está ubicado en la Ciudad de la Investigación • Tel.: 2511-8202. Fax: 2253-1363 • www.cica.ucr.ac.cr

**Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA)
Universidad de Costa Rica**



El CICA es el centro de investigación de la Universidad de Costa Rica dedicado al estudio, prevención y mitigación de la contaminación ambiental. Además, es centro de colaboración del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para la protección del ambiente y los alimentos.



Este documento está protegido por Derechos de Autor©. Se autoriza la reproducción y difusión del contenido de este producto para propósitos educativos u otros fines no comerciales, sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente.

Este documento se elaboró en el marco de los siguientes proyectos, inscritos en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y coordinados por el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (proyecto de cooperación técnica COS5029) y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (proyecto FI-093-13).

- 802-B2-046. Diseño y validación de sistemas artificiales de biodegradación de los residuos de plaguicidas presentes en las aguas de lavado de los equipos de aplicación de plaguicidas.
- 802-B4-503. Diseño e implementación de sistemas de biodegradación de plaguicidas y otros contaminantes orgánicos de origen agrícola en pequeñas fincas de Cartago, Costa Rica (descripción de la dinámica microbiana por técnicas moleculares).
- 802-B5-400. Elaboración de una propuesta integral de prácticas para la conservación de la calidad del agua de los ríos de la zona norte de Cartago.
- 802-A9-069. Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de cebolla en la zona norte de Cartago y su efecto en la reducción de la contaminación ambiental por nematicidas.



MANUAL DE USO DE **BIOBEDS**

SIGLAS

CICA	Centro de Investigación en Contaminación Ambiental
FAO	Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
MICITT	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.
SBP	Sistemas de Biopurificación
SFE	Servicio Fitosanitario del Estado
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica.
UCR	Universidad de Costa Rica



MANUAL DE USO DE **BIOBEDS**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	6
¿Cuál es el problema?.....	8
¿Qué es una zona de manipulación de plaguicidas?.....	13
¿Por qué son importantes las zonas de manipulación de plaguicidas?.....	14
BIOBEDS.....	15
¿Qué es un biobed o cama biológica?.....	15
¿Qué hace un biobed?.....	18
Elementos que componen un biobed a pequeña escala.....	18
Construcción e instalación del biobed.....	23
1. Adquisición de los materiales.....	23
2. Preparación de la zona donde se instalará el biobed.....	23
3. Preparación de la biomezcla.....	24
4. Construcción del biobed.....	29
Operación, mantenimiento y funcionamiento del biobed.....	35
Costos de construcción del biobed a pequeña escala.....	36
Lista de verificación.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	40
GLOSARIO DE CONCEPTOS UTILIZADOS.....	42



INTRODUCCIÓN

Costa Rica es un país de alta actividad agrícola, en la cual se utilizan cantidades importantes de agroquímicos, entre ellos plaguicidas y en menor medida, antibióticos.

Como consecuencia directa de la agricultura, los plaguicidas y otros contaminantes emergentes se distribuyen en el ambiente e interactúan con el medio de distintas maneras, causando en algunas ocasiones contaminación del recurso hídrico, el aire y el suelo, afectando a los seres vivos en diferentes formas.

El manejo inadecuado de los plaguicidas o de los residuos de estos productos, remanentes en los equipos de aplicación luego de las actividades de control de plagas en el campo, pueden tener como consecuencia la presencia de residuos de plaguicidas en aguas superficiales y subterráneas, así como en los suelos. La búsqueda de tecnologías que permitan prevenir, evitar o mitigar el impacto que estos residuos pueden provocar en el ambiente es necesaria para proteger la salud humana y ambiental.

En este contexto, los sistemas de biopurificación (SBP), también conocidos como biobeds, biocamas, camas biológicas o bien, lechos biológicos, constituyen una herramienta biotecnológica de bajo costo y reducido mantenimiento para el tratamiento de aguas contaminadas con plaguicidas provenientes ya sea de los equipos de aplicación o de los tanques de preparación de agroquímicos en el campo como parte de las actividades agrícolas de control de plagas.



Para entender en qué consisten los biobeds y cuál es su importancia, se presenta este manual, el cual proporciona información con un diseño detallado y asesoramiento operacional para construir e implementar este sistema de tratamiento a pequeña escala.

El manual se divide en los siguientes apartados:

1. ¿Cuál es el problema?
2. Zonas de manipulación de los plaguicidas.
3. Biobeds:
 - ¿Qué es un biobed?
 - ¿Qué hace un biobed?
 - Elementos que componen un biobed a pequeña escala.
 - Construcción e instalación del biobed.
 - Operación, mantenimiento y funcionamiento del biobed.
 - Costos de construcción del biobed a pequeña escala.
 - Lista de verificación.



¿CUÁL ES EL PROBLEMA?

Los plaguicidas son algunos de los compuestos orgánicos más utilizados en todo el mundo. En las actividades agrícolas, su aplicación en los cultivos puede provocar la contaminación del suelo y del recurso hídrico, incluyendo las aguas superficiales y subterráneas. La contaminación debida a fuentes puntuales¹ incluye, entre otras causas, el manejo inadecuado de plaguicidas durante la preparación de las soluciones de aplicación, el llenado y el lavado del equipo de aplicación y la eliminación de residuos después de la aplicación de plaguicidas en los campos de cultivo. (Chin-Pampillo, et. al., 2015).

Los plaguicidas que alcanzan el agua pueden ser tóxicos para la vida acuática y contaminar los suministros de agua potable, por lo que es importante la identificación de las prácticas agrícolas para el manejo y uso de plaguicidas que generan riesgo de contaminación.

En este sentido, tres actividades están usualmente involucradas (Castillo, et. al., 2008):

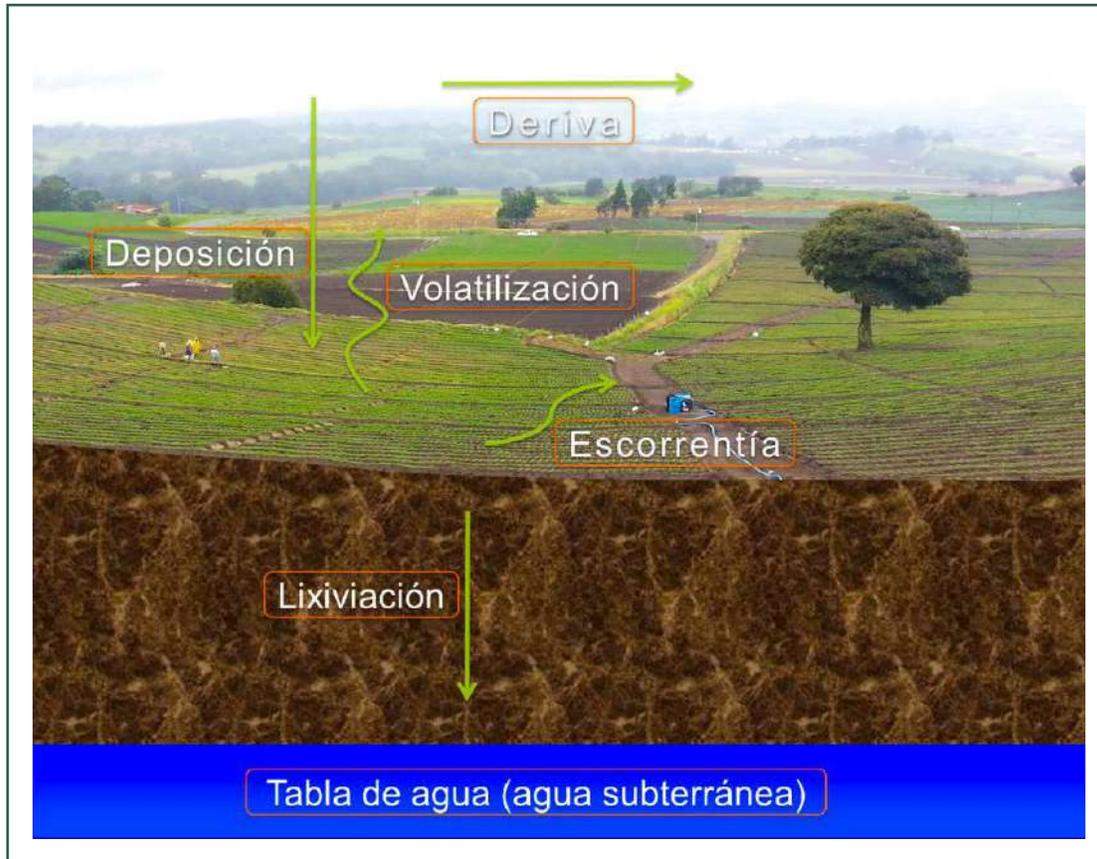
1. La preparación de la solución o “caldo” de trabajo, a partir de los plaguicidas concentrados y su trasvase a los equipos de aspersion.
2. El descarte de mezcla remanente luego de la aplicación de los productos, en caso de que sobre.
3. El lavado de los equipos de aplicación y el descarte de las aguas producidas en el proceso.



¹ Contaminación debida a una fuente puntual es una fuente única identificable y localizada de contaminación.

En el siguiente diagrama se muestran esquemáticamente los procesos de transporte de los plaguicidas en el ambiente, que pueden aplicar tanto a descargas de fuentes puntuales, como derrames, o a liberación por fuentes difusas², como la aplicación de los plaguicidas a los cultivos.

TRANSPORTE DE PLAGUICIDAS EN EL AMBIENTE



2 Contaminación debida a fuentes difusas: localización indeterminada, es difícil predecir su difusión y distribución (Morell & Candela, 1998).

CONCEPTOS

Lixiviación de plaguicidas: desplazamiento del plaguicida a través del suelo causado por el movimiento del agua infiltrada produciendo la contaminación de aguas subterráneas. La lixiviación de los plaguicidas será menor, si el suelo posee una gran capacidad de adsorción o retención del plaguicida. Algunos de los factores del suelo que son importantes en la lixiviación de los plaguicidas son el contenido de materia orgánica, la textura, la presencia de minerales como óxidos de hierro y la humedad del suelo.

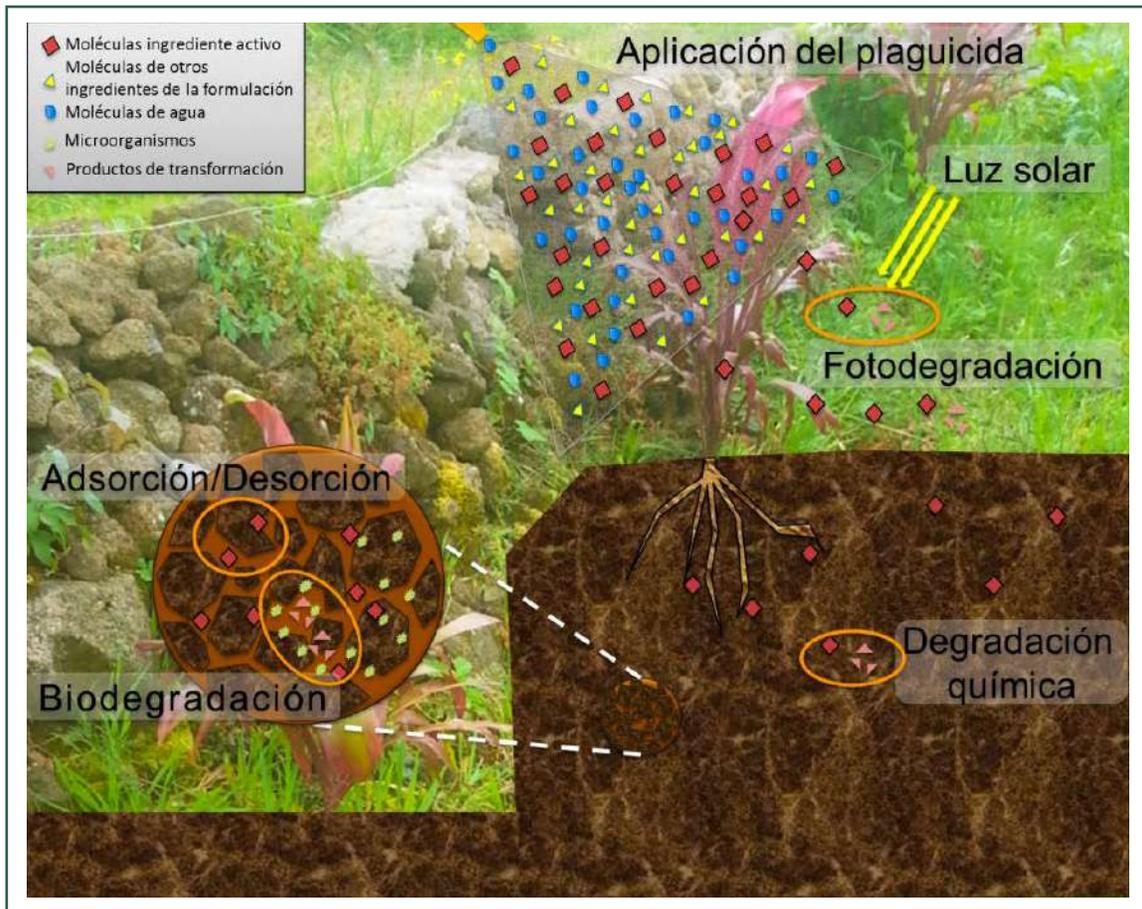
Deriva de los plaguicidas: movimiento de los plaguicidas a través del aire desde el lugar de aplicación hacia otros sectores. Los principales factores que influyen son las condiciones de trabajo del equipo de aplicación (presión de trabajo y tamaño de gotas) y las condiciones ambientales (turbulencia, dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad relativa). La deriva es uno de los procesos que causa lo que se conoce comúnmente como contaminación difusa.

Escurrimiento (o escorrentía) de los plaguicidas: movimiento superficial de los plaguicidas con el agua que es arrastrada sobre un terreno con pendiente y que no se infiltra en el suelo. Los factores que influyen en el escurrimiento de los plaguicidas son la pendiente, el tipo de suelo, el contenido de humedad en el suelo, la cantidad de riego o lluvia y la solubilidad del plaguicida.

Volatilización de los plaguicidas: proceso por el cual plaguicidas sólidos o líquidos pasan a la fase gaseosa o al aire. Todos los plaguicidas son susceptibles a la volatilización dependiendo de su presión de vapor y la temperatura del ambiente. Es uno de los factores de movimiento de los plaguicidas más rápido en comparación al movimiento por la lixiviación o el escurrimiento.

Durante los procesos de transporte en el ambiente, los plaguicidas se pueden transformar. Estos procesos de transformación se muestran en el siguiente diagrama.

TRANSFORMACIÓN DE PLAGUICIDAS EN EL AMBIENTE



En particular, la adecuada eliminación de los restos de plaguicidas de las aguas de lavado de las bombas de aplicación puede reducir drásticamente la contaminación puntual de los suelos y de las fuentes de agua, porque muchas veces son vertidas al ambiente por desconocimiento del personal encargado de la aplicación de plaguicidas en el campo.

El problema es importante si se considera el intenso uso de plaguicidas en el país. Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) para el 2010 señalan que Costa Rica es el país con el mayor uso de plaguicidas por área cultivada (15,5 kg de ingrediente activo (i.a.) por hectárea (ha) cultivada), en comparación con otros países de la región (El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua), aunque actualmente, datos del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) muestran que ha disminuido de manera importante hasta 10,16 kg i.a./ha cultivada (FAO, 2015 y SFE, 2015).



CONCEPTOS

Adsorción: proceso por el cual un plaguicida puede quedar unido a la superficie de las partículas de suelo y por lo tanto afectar su biodisponibilidad³.

Desorción: proceso por el cual un plaguicida adsorbido en la superficie de las partículas de suelo es liberado de estas hacia la fracción acuosa circundante.

Es importante aclarar que ambos procesos, adsorción y desorción, están asociados con la estructura y propiedades químicas del plaguicida y con las condiciones ambientales del suelo como el pH, el contenido y tipo de arcillas, el contenido de materia orgánica del suelo y el contenido de óxidos de hierro.

Absorción: movimiento del plaguicida hacia el interior de los organismos, o incluso de las partículas de suelo. Algunos de los aspectos más importantes que influyen en la absorción son los eventos de lluvia o de riego después de la aplicación.

Degradación: proceso por el cual el plaguicida es transformado en otros compuestos químicos llamados metabolitos, a través de reacciones químicas (degradación química), acción de los microorganismos (biodegradación) y descomposición por la luz solar (fotodegradación).

3 Biodisponibilidad Tasa y extensión en las que un plaguicida o metabolito puede ser absorbido por un organismo y estar disponible para ser metabolizado o para interactuar con receptores biológicos importantes (Stephenson & Solomon, 2013).

¿QUÉ ES UNA ZONA DE MANIPULACIÓN DE PLAGUICIDAS?

La zona de manipulación de plaguicidas es el sitio donde se prepara la solución de trabajo (o “caldo”) y donde la bomba (equipo de aplicación) se llena. Usualmente también es el sitio utilizado para el lavado de las bombas y de boquillas de aplicación. En algunas ocasiones puede estar cerca del lugar de almacenamiento de los agroquímicos, aunque no es común. Una característica importante es que la zona de manipulación es donde hay acceso a alguna fuente de agua, como una manguera o un tubo.

LLENADO DE LAS BOMBAS DE APLICACIÓN CON LA SOLUCIÓN DE PLAGUICIDAS



LAVADO DE LOS EQUIPOS DE APLICACIÓN Y BOQUILLAS

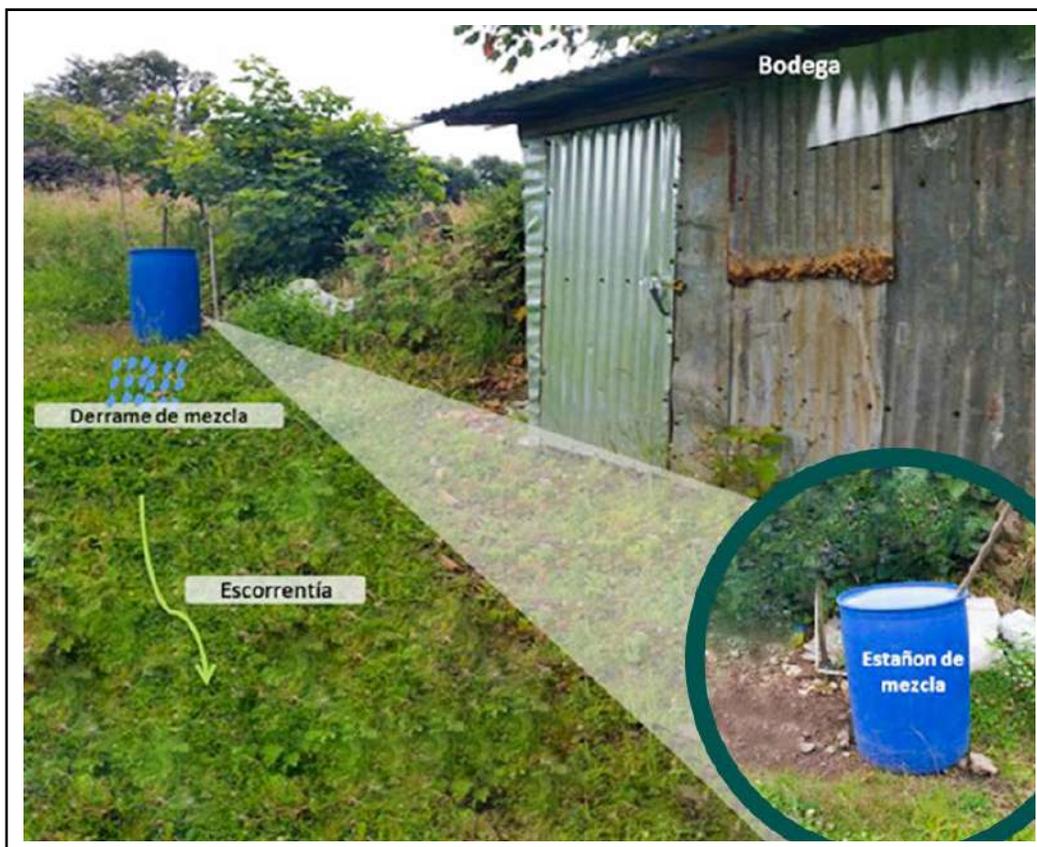


¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LAS ZONAS DE MANIPULACIÓN DE PLAGUICIDAS?

Hasta el 40% de los plaguicidas que llegan a aguas subterráneas y superficiales pueden venir de las zonas de manipulación de plaguicidas (The Voluntary Initiative, 2010). Las fuentes de agua se pueden contaminar aun cuando se trate de pequeñas salpicaduras y derrames que se producen cuando se llena el equipo de aplicación y cuando se enjuaga el recipiente.

Inadecuadas actividades de limpieza, de lavado y de eliminación caldo o mezcla de plaguicidas pueden también ocasionar un impacto ambiental importante.

Por lo tanto, para reducir el riesgo del movimiento de residuos de plaguicidas hacia el ambiente, procedentes de las zonas de manipulación, resulta clave revisar las condiciones de estas zonas, como el sitio donde se realiza el llenado y el lavado de los equipos de aplicación. La mejora de la zona de manipulación de plaguicidas y la adecuada gestión de las aguas de lavado y otros desechos generados durante la manipulación de los plaguicidas, es una medida muy simple que puede prevenir la contaminación del ambiente, incluyendo las fuentes de agua.



BIOBEDS

¿QUÉ ES UN BIOBED O CAMA BIOLÓGICA?

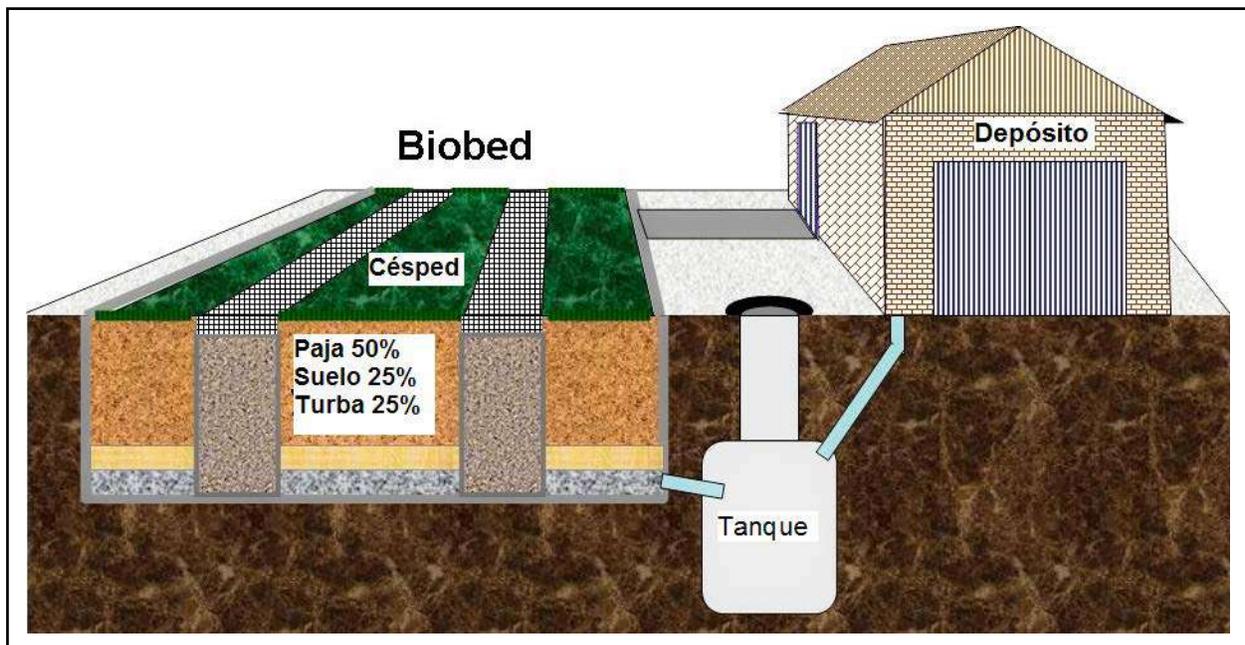
Los biobeds o camas biológicas son dispositivos que surgieron como parte de una estrategia para mitigar el impacto de los plaguicidas en el ambiente. Fueron desarrollados en Suecia en la década de los 90, y posteriormente diseminados a otros países de Europa, para proporcionar un método simple y de bajo costo en fincas para el tratamiento de residuos diluidos de plaguicidas.

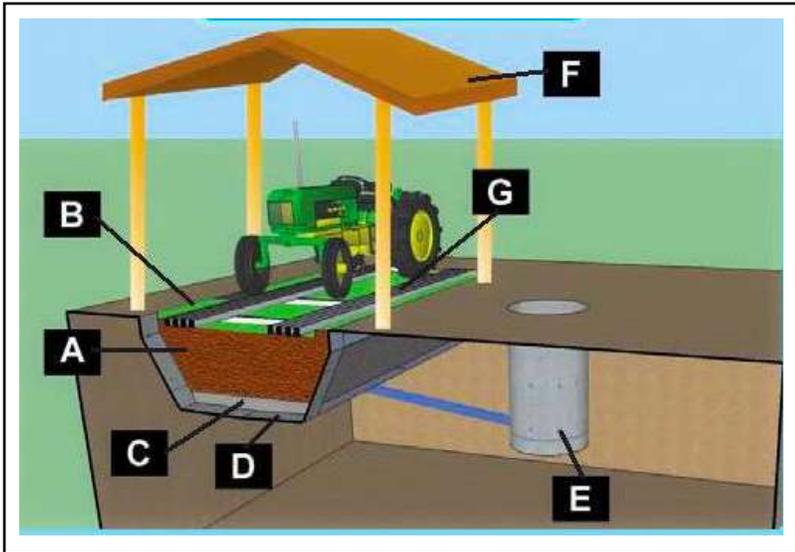
Un biobed es un sistema “artificial” de degradación de plaguicidas, que contiene una biomezcla que ayuda a acelerar el proceso natural de biodegradación de los plaguicidas, mediante la combinación de materiales y condiciones óptimas para el crecimiento de los microorganismos.

La degradación de plaguicidas por bacterias por medio de los biobeds es una manera efectiva y de bajo costo para tratar las aguas de los lavados de los equipos de aplicación de plaguicidas

EJEMPLOS DE TIPOS DE BIOBEDS

BIOBED A ESCALA DE CAMPO PARA EQUIPOS DE APLICACIÓN GRANDES





COMPONENTES DE UN BIOBED:

- (A) Biomezcla
- (B) Cubierta vegetal
- (C) Capa de gravilla (capa de piedras pequeñas)
- (D) Sistema de impermeabilización
- (E) Sistema de recirculación
- (F) Techo de protección
- (G) Sistema de soporte para el equipo de aplicación



BIOBED A PEQUEÑA ESCALA, CON RECIRCULACIÓN, PARA EQUIPOS DE APLICACIÓN PEQUEÑOS, COMO BOMBAS DE ESPALDA



BIOBED A PEQUEÑA ESCALA, SIN RECIRCULACIÓN, PARA EQUIPOS DE APLICACIÓN PEQUEÑOS, COMO BOMBAS DE ESPALDA



¿QUÉ HACE UN BIOBED?

La biomezcla del biobed es el centro activo del sistema. Consiste en una mezcla de sustratos sólidos, que incluyen suelo, un material húmico, como el compost, y un material lignocelulósico (material rico en lignina y celulosa), como fibra de coco o paja, entre otros. Tiene una alta actividad microbiana, y debido a su composición, tiene un contenido de materia orgánica mayor que el del suelo. El alto contenido de materia orgánica provoca que los plaguicidas tengan afinidad por adsorberse a la mezcla. Los microorganismos presentes descomponen los residuos de plaguicidas, en tanto que el compost ayuda a estabilizar el contenido de humedad dentro de la mezcla (The Voluntary Initiative, 2015).

Una vez realizada la aplicación, el productor agrícola debe verter los residuos de plaguicidas (que queden en la bomba de aplicación) o en las aguas del lavado del equipo en el biobed, para que la biomezcla actúe sobre esos residuos.

ELEMENTOS QUE COMPONEN UN BIOBED A PEQUEÑA ESCALA

La construcción de un biobed a pequeña escala es simple, económica, ocupa poco espacio, requiere poco tiempo para su instalación y poca mano de obra.

Es importante destinar un lugar para instalar el biobed, de preferencia protegido de la lluvia y de la incidencia de los rayos solares en exceso, y debe estar ubicado lo más cerca posible de la zona de manipulación de los plaguicidas. Además, se debe preparar la biomezcla, la cual se coloca en el interior del estañón destinado para ese objetivo.

CONTENEDORES TIPO “ESTAÑÓN”

El estañón con 200 litros de capacidad, se coloca sobre el suelo o se entierra parcialmente en el suelo. Debe contar con una tapa para proteger la biomezcla de desecación excesiva o de inundación por entrada de agua de lluvia.



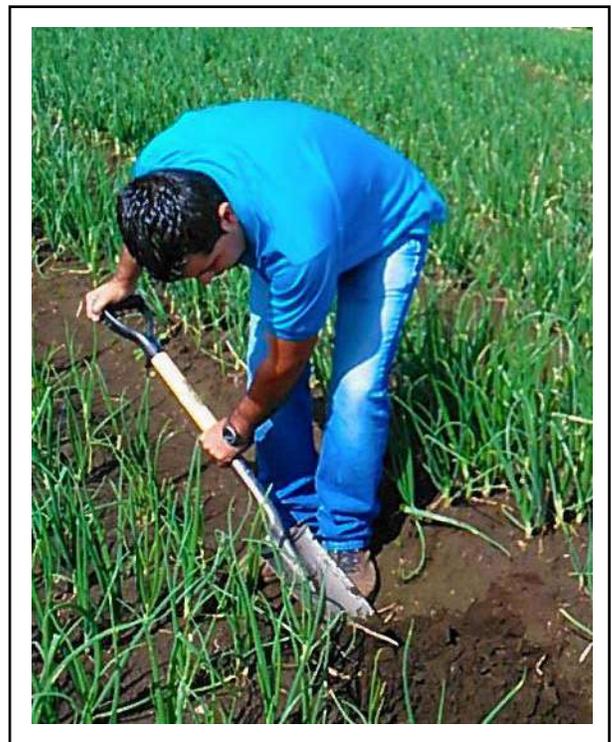
BIOMEZCLA

Es el componente más importante del biobed y está compuesto por suelo, fibra de coco (material lignocelulósico, rico en lignina) y compost (material húmico), homogéneamente mezclados. La biomezcla permite la retención y posterior degradación de los plaguicidas, provocando la disminución de su concentración o su total eliminación, debido a la degradación producida por los microorganismos presentes (Universidad de la Frontera, 2013).

Los volúmenes indicados de cada uno de los materiales que componen la biomezcla se han determinado para preparar 200 litros (L) de biomezcla, es decir, para un estañón.

1. SUELO

Un 42% de la biomezcla está compuesta de suelo, aproximadamente 84 litros y este se extrae de la capa superficial (primeros 20 cm de profundidad), del lugar donde se realizan las actividades agrícolas. Antes de tomar el suelo, se debe eliminar la capa superior de material vegetal con una pala.



2. FIBRA DE COCO

Un 45% de la biomezcla corresponde a la fibra de coco, es decir, 90 L.

La fibra de coco es un sustrato orgánico, 100% natural, renovable y es ideal para mezclar con cualquier tipo de suelo.

Tiene una gran capacidad de retención de agua y es capaz de retener nutrientes y liberarlos progresivamente, evitando las pérdidas de estos por lixiviación.

Preferiblemente, la fibra de coco debe ser molida.



3. COMPOST

Un 13% de la biomezcla corresponde al compost (26 L).

El compost es una mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes. Puede estar compuesto por restos de las cosechas, estiércol de animales, hojas, aserrín y diversos materiales orgánicos.



COMPONENTES DE LA BIOMEZCLA

FIBRA DE COCO

90 L (45%)

COMPOST

26 L (13%)

SUELO

84 L (42%)



OTROS MATERIALES PROBADOS PARA LA BIOMEZCLA

Para realizar la biomezcla se recomienda el uso de compost, suelo y fibra de coco molida, en las cantidades indicadas, pues los resultados obtenidos en los laboratorios del CICA reflejan que esa mezcla de materiales en esa proporción es la mezcla óptima para lograr la máxima capacidad de degradación de los residuos de plaguicidas. Sin embargo, en algunos biobeds se han utilizado otros materiales, con resultados aceptables en lugar de la fibra de coco, como por ejemplo:

- Papel periódico
- Granza de arroz
- Borucha de madera
- Bagazo de caña
- Pasto

CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DEL BIOBED

Pasos:

1. ADQUISICIÓN DE LOS MATERIALES

Lista de materiales:

- Estañón
- Balde o cubeta
- Sacos o plásticos
- Fibra de coco molida
- Suelo
- Compost

Se debe adquirir un estañón plástico común, con tapa, para elaborar el biobed. Este se puede conseguir en diversos depósitos, almacenes de insumos agropecuarios, ventas de productos plásticos, entre otros. En esos mismos lugares se puede conseguir un balde o cubeta que funcione como medidor de cada uno de los sustratos.

Los sacos o plástico se consiguen en agroservicios o comercios de venta de productos agrícolas.

En cuanto a los materiales que componen la biomezcla:

- La fibra de coco molida se puede conseguir en distintos comercios de venta de productos de jardinería o agropecuarios como Agroservicios El Surco (Tierra Blanca y Cartago) e Hidro Plant (Cartago), o Biorganic (Pavas), EPA (Curridabat), entre otros.
- El suelo se extrae directamente de la parcela o finca donde se va a colocar el biobed. Es recomendable que se tenga de la finca o parcela el historial de aplicación de plaguicidas.
- El compost se puede adquirir en almacenes de insumos agropecuarios, viveros o el productor puede elaborarlo a partir de diversos materiales orgánicos que se encuentran en las fincas (pastos, hojas, estiércol, desechos de cosecha, entre otros).

2. PREPARACIÓN DE LA ZONA DONDE SE INSTALARÁ EL BIOBED

Se requiere que el biobed se ubique en la parcela, en la zona de manipulación de plaguicidas, específicamente donde se lavan los equipos de aplicación.

El biobed debe estar resguardado de la lluvia para evitar que ingrese agua de más y así evitar la saturación de la biomezcla, y que se resguarde de la exposición excesiva a los rayos solares, para evitar la desecación de la biomezcla. Se recomienda que permanezca semitapado cuando no está siendo utilizado, y que se ubique bajo un techo o en una bodega o troja.



3. PREPARACIÓN DE LA BIOMEZCLA

El suelo, la fibra de coco y el compost se adicionan en las cantidades indicadas (fibra de coco: 90 L, suelo: 84 L y compost: 26 L). Se puede utilizar un balse o cubeta para medir cada material.



Se extrae la cantidad suficiente de suelo para completar los 84 L que requiere un biobed. Posteriormente, de ser necesario, se debe cernir o zarandear para eliminar materiales grandes como piedras, ramas, raíces y restos vegetales de la cosecha, de forma tal que quede "suelto" para posibilitar su mezcla con el compost y la fibra de coco.

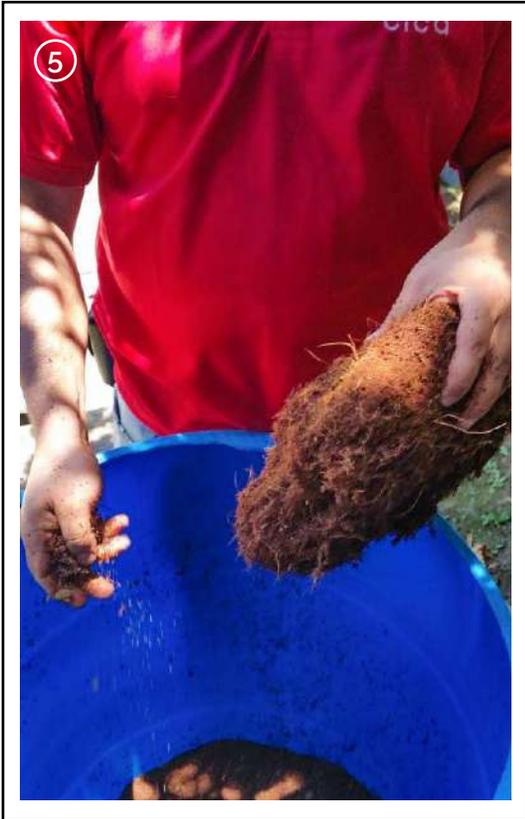
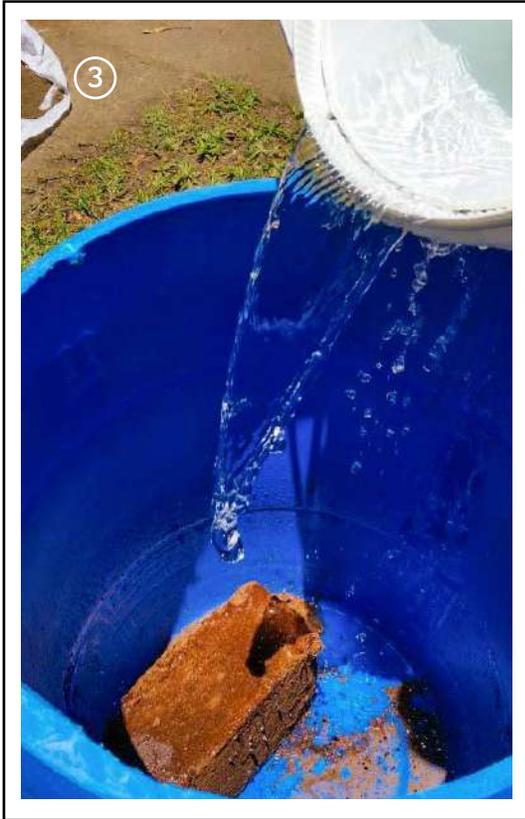




Se coloca un bloque y medio de **fibra de coco** (aproximadamente éste corresponde a la medida de 90 L) a “soltar”. Para esto se coloca el bloque en un recipiente grande y se agrega agua para que poco a poco la fibra empiece a absorberla y se desmorone, se puede utilizar una pala o palín o se puede hacer manualmente.

Otra opción presente en las ventas de productos de jardinería o agropecuarios es la fibra de coco molida que ya viene lista para usarse (en bolsas), sin embargo, se encuentran en presentaciones con poca cantidad lo cual aumenta el costo de la compra.





El **compost** se puede comprar en agroservicios, sin embargo, si el productor decide realizar él mismo un compost, puede utilizar elementos que puede encontrar en su parcela o zonas aledañas.

En ese caso, se debe prestar atención al proceso de compostaje, el cual dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que deben estar bajo vigilancia constante para que siempre estén dentro de un rango óptimo, es decir, con la adecuada humedad y temperatura que asegure una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

La gran mayoría de los materiales orgánicos son compostables. En la siguiente lista se hace una extensa relación de materiales que se pueden compostar (Román, Martínez, & Pantoja, 2013, págs. 33-34):

- Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín. Ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos. Heno y hierba segada. Césped o pasto (preferiblemente en capas finas y previamente desecado).
- Estiércol de porcino, vacuno, caprino y ovino, y sus camas de corral.
- Restos orgánicos de cocina en general (frutas y hortalizas). Alimentos estropeados o caducados. Cáscaras de huevo (preferible trituradas). Restos de café. Restos de té e infusiones. Cáscaras de frutos secos. Cáscaras de naranja, cítricos o piña (pocos y troceadas). Papas estropeadas, podridas o germinadas.
- Aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad).
- Virutas de aserrín (en capas finas).
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados, ni mezclados con plástico).

No se deben incluir materiales inertes, tóxicos o nocivos tales como:

- Residuos químicos-sintéticos, pegamentos, solventes, gasolina, petróleo, aceite de vehículos, pinturas.
- Materiales no degradables (vidrio, metales, plásticos).
- Aglomerados o contrachapados de madera (ni sus virutas o serrín).
- Tabaco, ya que contiene un biocida potente como la nicotina y diversos tóxicos.
- Detergentes, productos clorados, antibióticos, residuos de medicamentos.
- Animales muertos (estos deben ser incinerados en condiciones especiales, o pueden ser compostados en pilas especiales).
- Restos de alimentos cocinados, carne.





HOJAS DE MONTAÑA



MELAZA Y GRANZA DE ARROZ



COMPOST



4. CONSTRUCCIÓN DEL BIOBED

Una vez que se tienen los componentes del biobed y el lugar de instalación identificado, se procede a llenar el estañón con la biomezcla.

Colocando suficientes sacos o plástico en el suelo (manteado), se mide cada componente de la biomezcla con un recipiente que indique cantidad de litros y se va colocando en el manteado.

LOS TRES COMPONENTES DE LA BIOMEZCLA





Se carga el recipiente las veces que sean necesarias hasta completar la cantidad indicada

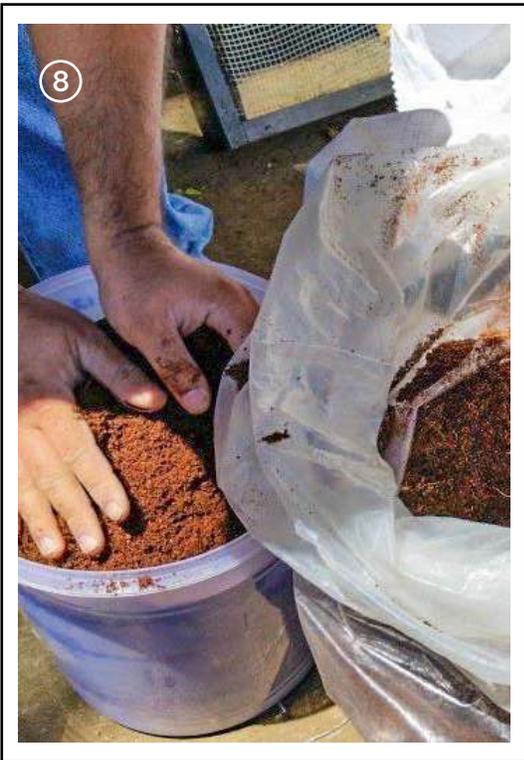
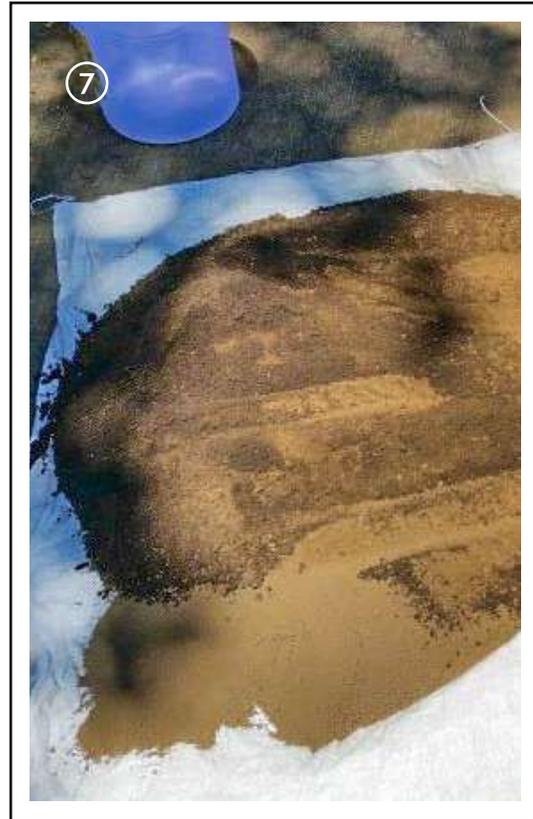


Incorporación del suelo

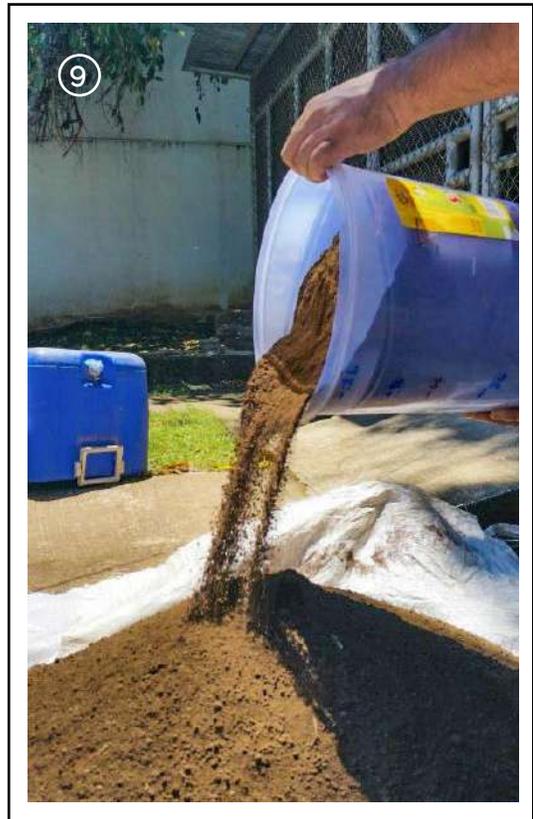




Incorporación del compost



Incorporación de la fibra de coco





Se revuelven los tres componentes de la biomezcla



Se vierte la biomezcla en el estañón





También se revuelve la biomezcla en el estañón

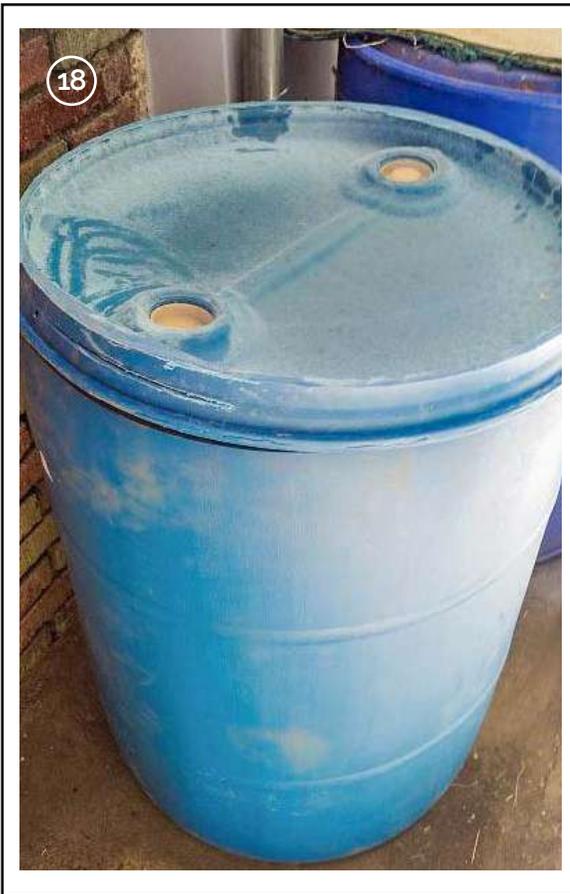


Se revisa la biomezcla



Estañón con la biomezcla lista

BIOBED



Se tapa el estañón y se coloca bajo techo



OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DEL BIOBED

Después de que el biobed está completamente instalado debe permanecer al menos 30 días sin ser utilizado y con una humedad de 50-60% de la capacidad de campo, para la maduración de la biomezcla y para favorecer el desarrollo de los microorganismos (Universidad de la Frontera, 2013, pág. 77), por lo que será necesario agregarle agua de forma tal que la biomezcla esté húmeda al tacto.

Una prueba sencilla es tomar un poco de biomezcla y compactarla en la palma de la mano con el puño cerrado. Si al abrir la mano se mantiene compacta la biomezcla, se encuentra en la humedad recomendada. Mientras el biobed se esté utilizando al menos una vez por semana, va a tener la humedad necesaria. En caso de que no se vaya a utilizar por varias semanas, es recomendable humedecerlo al menos una vez por semana.

El agricultor debe verter en el biobed los residuos de los plaguicidas que queden en la bomba de aplicación. El biobed podrá recibir **plaguicidas** tales como **insecticidas, fungicidas y herbicidas**, aunque las mezclas también pueden contener **fertilizantes**. Actualmente, se están realizando pruebas en el laboratorio para la degradación de antibióticos, pero debido a que los resultados no están listos aún no es recomendable verter antibióticos o bactericidas en el biobed.

Haciendo una estimación preliminar de la capacidad de carga del biobed, éste es capaz de recibir aproximadamente 20 L de líquido por semana, como tope máximo.

Se estima que el funcionamiento óptimo de la biomezcla es de 3 a 4 años aproximadamente. Luego de este tiempo, una alternativa es reincorporar la biomezcla como material orgánico a la parcela. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que la biomezcla removida del biobed puede contener cantidades pequeñas de residuos de plaguicidas, ya sea porque el biobed ha sido recientemente utilizado o porque algunos plaguicidas son degradados lentamente. Por lo anterior es necesario compostar la biomezcla previo a su disposición final (Universidad de la Frontera, 2013, pág. 87).

Para compostar la biomezcla, se debe apilar sobre un plástico protegida de la lluvia, debe ser revuelta una vez por semana cuidando que esté siempre con la humedad adecuada. El tiempo de compostaje debe ser de 6 a 12 meses. Posterior a este tiempo, el material compostado puede ser vertido en la parcela en forma segura (Universidad de la Frontera, 2013, pág. 87).



COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL BIOBED A PEQUEÑA ESCALA

A continuación, se presenta un desglose del presupuesto que detalla los costos(*) para construir un biobed a pequeña escala.

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIOBED			
ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Estañón de 200 L (con tapa)	1	¢25.000+IVA ¹	¢28.250
Sacos para poner la biomezcla	4	¢350 ²	¢1.400
Plástico para poner la biomezcla	1	¢350	¢350
Recipiente para medir (20 L)	1	¢1.995 ³	¢1.995
SUBTOTAL			¢31.955
MATERIALES DE RELLENO DEL BIOBED			
ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Fibra de coco	2 sacos	¢3.000 (5 kg c/u) ⁴	¢6.000
Compost	26 litros (5 kg)	¢500 (1 kg) ⁵	¢2.500
Suelo	84 litros		
SUBTOTAL			¢8.500
TOTAL			¢40.495

(*) Precios aproximados a mayo de 2020.

¹ RENVASA, Alajuela.

² EPA/Sacos e Impresiones de Costa Rica. Se pueden adquirir sacos o plástico para colocar los componentes de la biomezcla. El productor puede escoger una de las dos opciones, alguna otra disponible o hacer la mezcla directamente en el suelo.

³ EPA.

⁴ Ever Green, Pavas. Un bloque de fibra de coco (5 Kg) en Sembrarte (Sarapiquí), cuesta ¢7.000. 1 bloque 5 Kg = 50 litros, aproximadamente.

⁵ Finca La Esperanza (San Jerónimo, Moravia), Sr. Anselmo Rodríguez: productor de compost (¢500 = 1 Kg), y de lombrices (¢10.000 = 1 kg).



LISTA DE VERIFICACIÓN

A la par de cada aspecto, marcar con un check (✓) o una equis (X) una vez cumplido.

MATERIALES

MATERIAL	✓
Estañón de 200 litros (con tapa)	
Recipiente medidor	
Plástico o sacos	
2 bloques de fibra de coco	
84 litros de suelo	
26 litros de compost	

CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN

PASOS	✓
Paso 1. Adquisición de los materiales	
Paso 2. Preparación de la zona donde se instalará el biobed	
Paso 3. Preparación de la biomezcla	
Paso 4. Construcción del biobed	

MANTENIMIENTO

ASPECTOS QUE CUIDAR	✓
Mantenimiento de la humedad	
Biobed bajo techo o bien tapado	
Un mes de descanso del biobed antes de su funcionamiento	
Control de la capacidad de carga del biobed	
Compostaje de la biomezcla (disposición final)	



SEGUIMIENTO

Nombre de finca	Registro de plaguicidas (Para uso de fincas con sistemas de biopurificación Biobed)
Ubicación (1):	
Nombre o número de lote (2):	
Cultivo (3):	
Variedad (4:)	
Área (5):	Laboratorio de Metabolismo y Degradación de Contaminantes CICA

Fecha (6)	INFORMACIÓN DEL PLAGUICIDA					Objetivo de la aplicación (12)	Dosis aplicada (13)	Equipo de aplicación (14)	Tiempo de aplicación (15)	Volumen utilizado (16)	Cantidad de mezcla sin aplicar (17)	Cantidad de agua para el lavado del equipo (18)
	Nombre del producto (7)	Ingrediente Activo(8)	Presentación y unidad de medida (g) (9)	Dosis recomendada (10)	Periodo de carencia (11)							

INDICACIONES DE LLENADO DEL REGISTRO DE PLAGUICIDAS

(1) Indicar la ubicación exacta de donde se encuentra la finca o el lugar en donde se desarrolla la actividad.	(10) Anotar la dosis indicada en el panfleto o etiqueta del producto, o la recomendada por el técnico a cargo de la venta del producto (por ejemplo 1L/ha.
(2) Nombre o número de lote al cual se le aplica el presente registro.	(11) Anotar el periodo de carencia que se indica en la etiqueta.
(3) Indicar el cultivo que en la actualidad se está desarrollando.	(12), indicar si la aplicación es preventiva o curativa e indicar el organismo objetivo, por ejemplo: Preventivo para cortador; curativo para torbó, etc.
(4) Especificar la variedad del cultivo.	(13) Indicar la cantidad o el peso de la presentación fertilizante a utilizar, (indicar si es kg, L, mL o cc) (0.5 kg, 1 L, 250 mL, etc.).
(5) Determinar el área total con la que cuenta el lote al cual se le realiza el presente registro.	(14) Mencionar si se utiliza bomba de espalda, de motor o estacionaria u otro equipo empleado para realizar la aplicación.
(6) Indicar la fecha en la cual se realiza la aplicación del plaguicida.	(15) Indicar el tiempo en horas o jornales que se emplearon para realizar la aplicación.
(7) Indicar el nombre comercial del producto y la formulación indicada en el envase (granulado, polvo mojable, solución líquida, etc.).	(16) Indicar la cantidad de agua (L) utilizada para realizar la aplicación.
(8) Mencionar el ingrediente activo del producto aplicado.	(17) Indicar la cantidad sobrante (en caso de que exista)
(9) Indicar la cantidad o el peso de la presentación del plaguicida a utilizar así como la medida bajo la cual se da la aplicación (0.5 kg, 1 L, 250 mL, etc.).	(18) Indicar la cantidad de agua utilizada para el lavado y que se va a verter en el Biobed

The diagram shows a pesticide label for ACROBAT MZ 69 WP with callouts pointing to specific information:

- Nombre comercial:** ACROBAT MZ 69 WP
- Ingrediente activo:** FUNGICIDA - DERIVADO DEL ÁCIDO CINÁMICO, DITIOCARBAMATO DIMETILOMORPH, MANCOZEB
- Presentación:** 1 kg
- Objetivo de la aplicación:** FUNGICIDA
- Dosis recomendada:** 100 g por volumen de 1000 l de agua por hectárea (100 g/ha)
- Periodo de carencia:** 7 días para papa y tomate, 5 días para melón y sandía.

The label also includes a table with application instructions:

CULTIVO	PLAGA	DOSES	EPOCA DE APLICACION
Alfalfa, Cítricos, Melón, Sandía, Uva, etc.	Trips, Ácaros, etc.	100 g por volumen de 1000 l de agua por hectárea (100 g/ha)	Elaborar las aplicaciones en forma preventiva o curativa durante los meses adecuados. Cubrir uniformemente el follaje de las plantas.
Melón, Sandía, Uva, etc.	Melón, Uva, etc.	100 g por volumen de 1000 l de agua por hectárea (100 g/ha)	Elaborar las aplicaciones en forma preventiva o curativa durante los meses adecuados. Cubrir uniformemente el follaje de las plantas.

Additional text on the label includes:

- PRECAUCIÓN:** ANTIDOTO: NO TIENE
- ESTE PRODUCTO PUEDE SER MORTAL SI SE INGIERE Y/O SE INHALA PUEDE CAUSAR DAÑOS A LOS OJOS Y A LA PIEL POR EXPOSICIÓN.**
- NO ALMACENAR EN CASAS DE HABITACIÓN, MANTENGASE ALEJADO DE LOS NIÑOS, PERSONAS MENTALMENTE INCAPACES, ANIMALES DOMÉSTICOS, ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS.**
- INTERVALO DE APLICACIÓN:** Aplique cada 7 a 10 días según sean las condiciones climáticas y la incidencia de la enfermedad.
- INTERVALO ENTRE LA ÚLTIMA APLICACIÓN Y LA COSECHA:** 7 días para papa y tomate, 5 días para melón y sandía.
- INTERVALO DE REINGRESO AL ÁREA TRATADA:** Una vez que la superficie tratada haya secado.
- FITOTOXICIDAD:** No es fitotóxico en los cultivos y bajo las recomendaciones dadas en este panfleto.
- COMPATIBILIDAD:** ACROBAT MZ 69 WP es compatible con la mayoría de los productos fitosanitarios de uso común, como lo son Dimetatoil, Deltamethina, Cipemetrina, Pirimicarb, así como nutrientes líquidos. No es compatible con productos con reacción alcalina fuerte como el calce boroté.
- MANEJO ANTIRESISTENCIA:** Se recomienda, para reducir el potencial de desarrollo de resistencia a este producto y de otros fungicidas con el mismo modo de acción, aplicarlo secuencialmente en rotación con otros fungicidas registrados con otro modo de acción. En el caso del cultivo de tabaco realizar un máximo de cuatro aplicaciones en el semillero.

BIBLIOGRAFÍA

Castillo M.P., Torstensson L., Stenström J. (2008). Biobeds for environmental protection from pesticide use: A review. *J. Agric Food Chem* 56: 6206-6219.

Chin-Pampillo, J. S., Ruiz-Hidalgo, K., Masís-Mora, M., Carazo-Rojas, E., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2015). Adaptation of biomixtures for carbofuran degradation in on-farm biopurification systems in tropical regions. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 9839-9848.

FAO. (2015). *Base de datos FAOSTAT*. Recuperado el 15 de octubre de 2015, de <http://faostat3.fao.org/download/E/EP/S>

Morell, I., & Candela, L. (1998). *Plaguicidas: Aspectos ambientales, analíticos y toxicológicos*. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.

Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

SFE. (2015). *Plaguicidas en Costa Rica. Periodo 2008-2014*. Recuperado el 11 de noviembre de 2015, de Servicio Fitosanitario del Estado: http://sfe.go.cr/agroquimicos/Estadisticas_importacion_y_exportacion_plaguicidas.pdf

Stephenson, G. R., & Solomon, K. R. (2013). *Plaguicidas y ambiente*. San José, Costa Rica: Editorial UCR.

The Voluntary Initiative. (agosto de 2010). *Best practice guides: Pesticide handling areas*. Recuperado el 11 de noviembre de 2015, de The Voluntary Initiative. Promoting Responsible Pesticide Use: www.voluntaryinitiative.org.uk

The Voluntary Initiative. (9 de febrero de 2015). *Pesticide Handling Area and Biobed Manual. Guidance on the design and use of Pesticide Handling Areas, Lined Biobeds and Biofilters*. Recuperado el 14 de setiembre de 2015, de The Voluntary Initiative: http://www.voluntaryinitiative.org.uk/media/549412/1498_s4.docx

Universidad de la Frontera. (2013). *Manual de construcción y operación de lechos biológicos*. Temuco, Chile: Ediciones Universidad de la Frontera.



FOTOGRAFÍAS TOMADAS DE:

- Archivo de los proyectos.
- Bayer. (2013). *Biobeds: environmental protection in agriculture*. En: <http://www.nordic.bayer.com/en/sustainability/sustainable-development/product-stewardship---biobeds>
- Fundación Limpiemos Nuestros Campos. (2011). *Manual de buenas prácticas de manejo de plaguicidas para una agricultura sostenible, segura y sana. Manual para aplicadores y agricultores*. San José, Costa Rica: FLNC y Croplife Latin America.
- Universidad de La Frontera. (2013). *Manual de construcción y operación de lechos biológicos*. Temuco, Chile: Ediciones Universidad de La Frontera.



GLOSARIO DE CONCEPTOS UTILIZADOS

Absorción

Movimiento del plaguicida hacia el interior de los organismos, o incluso de las partículas de suelo. Algunos de los aspectos más importantes que influyen en la absorción son los eventos de lluvia o de riego después de la aplicación.

Adsorción

Proceso por el cual un plaguicida puede quedar unido a la superficie de las partículas de suelo y por lo tanto afectar su biodisponibilidad. La adsorción del plaguicida al suelo consiste en la acumulación en la interfase agua-suelo.

Biobed

Sistema “artificial” de degradación de plaguicidas, que contiene una biomezcla que ayuda a acelerar el proceso natural de biodegradación de los plaguicidas, mediante la combinación de materiales y condiciones óptimas para el crecimiento de los microorganismos.

Biodisponibilidad

Tasa y extensión en las que un plaguicida o metabolito puede ser absorbido por un organismo y estar disponible para ser metabolizado o para interactuar con receptores biológicos importantes.

Capacidad de campo⁷

Se refiere a la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El drenaje ocurre por la trasmisión del agua a través de los poros mayores de 0,05 mm de diámetro; sin embargo, la capacidad de campo puede corresponder a poros que varían entre 0,03 y 1 mm de diámetro.

El suelo a capacidad de campo se siente muy húmedo en contacto con las manos.

Contaminación debida a fuente puntual

Fuente única identificable y localizada de contaminación.

Contaminación debida a fuentes difusas

Localización indeterminada de la contaminación, es difícil predecir su difusión y distribución.

Degradación

Proceso por el cual el plaguicida es transformado en otros compuestos químicos llamados metabolitos, a través de reacciones químicas (degradación química), acción de los microorganismos (biodegradación) y descomposición por la luz solar (fotodegradación).

⁷ Tomado de: Barber, R. & Shaxson, F. (2005). *Boletín de suelos de la FAO N° 79: Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.



Desorción

Proceso por el cual un plaguicida adsorbido a la superficie de las partículas de suelo es liberado de estas hacia la fracción acuosa circundante.

Es importante aclarar que ambos procesos, adsorción y desorción, están asociados con la estructura y propiedades químicas del plaguicida y con las condiciones ambientales del suelo como el pH, el contenido y tipo de arcillas, el contenido de materia orgánica del suelo y el contenido de óxidos de hierro.

Deriva de los plaguicidas

Movimiento de los plaguicidas a través del aire desde el lugar de aplicación hacia otros sectores. Los principales factores que influyen son las condiciones de trabajo del equipo de aplicación (presión de trabajo y tamaño de gotas) y las condiciones ambientales (turbulencia, dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad relativa). La deriva es uno de los procesos que causa lo que se conoce comúnmente como contaminación difusa.

Escurrimiento (o escorrentía) de los plaguicidas

Movimiento superficial de los plaguicidas con el agua que es arrastrada sobre un terreno con pendiente y que no se infiltra en el suelo. Los factores que influyen en el escurrimiento de los plaguicidas son la pendiente, el tipo de suelo, el contenido de humedad en el suelo, la cantidad de riego o lluvia y la solubilidad del plaguicida.

Material lignocelulósico

Material rico en lignina y celulosa.

Lignina

Es una sustancia orgánica que se encuentra en la pared celular de algunos tejidos de soporte y transporte. Es una de las sustancias más abundante en las plantas.

Lixiviación de plaguicidas

Desplazamiento del plaguicida a través del suelo causado con el movimiento del agua infiltrada causando la contaminación de aguas subterráneas. La lixiviación de los plaguicidas será menor, si el suelo posee una gran capacidad de adsorción o retención del plaguicida. Algunos de los factores del suelo que son importantes en la lixiviación de los plaguicidas son el contenido de materia orgánica, la textura, la presencia de minerales como óxidos de hierro y la humedad del suelo.

Volatilización de los plaguicidas

Proceso por el cual plaguicidas sólidos o líquidos pasan a la fase gaseosa o al aire. Todos los plaguicidas son susceptibles a la volatilización dependiendo de su presión de vapor y la temperatura del ambiente. Es uno de los factores de movimiento de los plaguicidas más rápido en comparación al movimiento por la lixiviación o el escurrimiento.





MANUAL DE USO DE **BIOBEDS**

