

Compostaje de semillas de algodón tratadas con Carbofuran y Furatiocarb en el Paraguay

Composting of cotton seeds treated with Carbofuran and Furathiocarb in Paraguay

María del Pilar Galeano S.^{1}, Darío Pino¹, Silvia Weyer² y Katia Arenas³*

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.

² Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE), Asunción, Paraguay.

³ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Asunción, Paraguay.

*Autor para correspondencia (pilar.galeano68@gmail.com).

Recibido: 12/04/2013; Aceptado: 28/05/2013.

RESUMEN

Más de 4.000 t de semillas vencidas de algodón, tratadas con Carbofuran y Furatiocarb existen en diferentes depósitos del país. El objetivo de la investigación fue implementar y validar un modelo de biodegradación de plaguicidas en semillas de algodón mediante el compostaje. Se formaron cinco pilas de compostaje de 2000 kg cada una, en un depósito de semillas del Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE), Paraguarí, Paraguay. Los tratamientos evaluados fueron: T1 y T2 con 20% y 40% de semillas de algodón trituradas, 67% y 47% de mezcla de cascarilla de coco y bagazo de caña de azúcar, 10% de estiércol vacuno y 3% de suelo, respectivamente; T3, T4 y T5 con 60%, 40% y 20% de semillas de algodón enteras, 17%, 47% y 67% de mezcla de cascarilla de coco y bagazo de caña de azúcar, 20%, 10% y 10% de estiércol vacuno y 3% de suelo, respectivamente. Según los análisis de laboratorio, a los 70 días del compostaje, tanto el Carbofuran como el Furathiocarb disminuyeron a valores entre 0,13 y 1,0 mg/kg en el primero y entre 0,5 y 2,1 mg/kg en el segundo, considerados niveles de bajo riesgo. Existe una relación directa entre la concentración de semillas de algodón utilizadas y el tiempo necesario para degradar el plaguicida. Según los datos de temperaturas, a los 130 días de iniciado el experimento, en los tratamientos T1, T2 y T5 finalizó el proceso, con temperaturas inferiores a 40° C, no así en los tratamientos T3 y T4, que registraban temperaturas superiores a 40° C y olor fuerte al producto.

Palabras clave: Compostaje, semillas de algodón, biodegradación, Carbofuran, Furatiocarb.

ABSTRACT

Over 4,000 tons of expired cotton seed treated with Carbofuran and Furathiocarb exist in different seed storages of the country. The objective of the research was to implement and validate a model of biodegradation of pesticides in cotton seeds by composting. Five compost piles of 2000 kg each were formed in a seed storage of the Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE), Paraguarí, Paraguay. The treatments evaluated were: T1 and T2 with 20% and 40% of crushed cotton seed, 67% and 47% of a mixture of coconut husk and sugar cane bagasse, 10% of cow manure and 3% of soil, respectively; T3, T4 and T5 with 60%, 40% and 20% of whole cottonseed, 17%, 47% and 67% of a mixture of coconut husk and sugarcane bagasse, 20%, 10% and 10% of cow manure and 3% of soil, respectively. According to laboratory tests, at 70 days of composting, Furathiocarb decreased to values between 0.13 and 1.0 mg/kg and Carbofuran to values between 0.5 to 2.1 mg/kg, considered low risk levels. A direct relationship exists between the concentration of cottonseed used and the time required to degrade the pesticide. According to the data of temperatures, at 130 days into the experiment, in treatments T1, T2 and T5 finalize the process, with temperatures below 40°C, but not in T3 and T4, which recorded temperatures above 40 °C and strong odor of the pesticides.

Key words: Composting, cotton seed, biodegradation, Carbofuran, Furathiocarb.

INTRODUCCIÓN

El Carbofuran es un insecticida y nematicida del grupo de los metil carbamatos (2,3-dihidro-2-2-dimetil-7-benzofuranil-N-metilcarbamato), de acción sistémica y de contacto muy efectivo que actúa contra un rango amplio de plagas agrícolas (Stoorvogel et al. 2002). El modo de acción en los seres vivos es interfiriendo los impulsos nerviosos por inhibición de la acetilcolinesterasa e ingresa en los organismos principalmente por contacto e ingestión y en menor medida, por inhalación (Zinkl et al. 1991). Diversas son las evidencias sobre toxicidad del Carbofuran en mamíferos y en humanos y se lo clasifica en el grupo 1b (altamente peligroso) y en el caso de ingestión en forma directa o a través de residuos en alimentos, es extremadamente tóxico (OMS 2003).

El Furatiocarb corresponde también al grupo químico de los Carbamatos, posee una acción insecticida y su modo de acción es sistémico, de contacto y estomacal, inhibidor de la colinesterasa, presenta una DL50/CL50 oral (ratas) de 53 mg/kg, por inhalación (ratas) de 0,214 mg/L, dérmico (ratas) mayor a 2000 mg/kg. La Organización Mundial de la Salud (OMS) lo clasifica como altamente peligroso. Posee baja solubilidad en agua, en el suelo no es persistente y su movilidad es ligera, bioacumulación alta a ligera. Es importante recalcar que en el suelo es rápidamente descompuesto a Carbofuran.

En esta investigación, se optó por compostar las semillas contaminadas por la habilidad de los microorganismos para degradar compuestos plaguicidas (Carbofuran y Furatiocarb) y por ser esta una opción viable, desde el punto de vista ambiental y económico, para la eliminación de más de 4.000 t de semillas contaminadas y vencidas, distribuidas en diferentes puntos del Paraguay. Sin embargo, esa habilidad de los microorganismos podría verse limitada en función a su actividad y al tiempo que tienen para actuar. La necesidad e importancia del compostaje de esas semillas, se fundamenta en el peligro que pudiera significar el hecho de que se las entierre directamente en el suelo, como una forma de eliminación. Debemos tener en cuenta que el poder depurador del suelo no es ilimitado y que dependerá a) del comportamiento que pudiera tener el plaguicida en el suelo, b) de las características edáficas y c) del potencial de acción de los microorganismos sobre los plaguicidas. No todos los suelos tienen el mismo poder depurador y a partir del momento en el que la cantidad de carga supera la capacidad de adsorción del suelo, los intercambiadores se saturarán de los polucionantes por haber alcanzado su "capacidad de carga", perdiendo ese poder (Ibáñez 2007; García 2012). Es por ello que aplicar o enterrar grandes cantidades de semillas de algodón contaminadas, sin conocer las características/capacidad del suelo y sin un previo compostaje, debe evitarse, debido al alto contenido de plaguicidas en las mismas y a que, en caso de satura-

ción del suelo, la movilidad del plaguicida (arrastre por lixiviación) será más rápida que la degradación del mismo. Sobre el punto, FAO (2000), menciona que se han notificado casos de eliminación de carbofuran en un periodo de 2 a 86 días en suelos inundados y de 26 a 110 días en suelos no inundados siendo la hidrólisis química y la degradación microbiana procesos de degradación importantes para este compuesto tanto en el suelo como en el agua y que además, el carbofuran tiene una movilidad en el suelo entre alta a muy alta. Esa movilidad en los suelos puede generar problemas de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, lo que puede ser determinado por medio de ensayos de laboratorio, hallando la relación adsorción:desorción en el suelo y la velocidad de lixiviación (Gutiérrez et al. 2007). Por otro lado, el potencial de lixiviación de los plaguicidas en los suelos está estrechamente relacionado con el grado de afinidad con la materia orgánica presente en el suelo, los tipos de arcillas presentes y las características hidráulicas del mismo (Ndongo et al. 2000; Capri 2000; Granada et al. 1998).

El compostaje es un proceso mediante el cual diversos sustratos orgánicos se descomponen y estabilizan debido a la acción de una población mixta de microorganismos, obteniéndose un producto final denominado compost, orgánicamente estable, libre de patógenos y semillas de malezas, que puede ser aplicado de manera eficiente al suelo para mejorar sus propiedades (Haug 1993). Se divide en cuatro etapas (mesófila, termófila, de enfriamiento y de maduración), de acuerdo con la evolución de la temperatura durante el proceso.

Los plaguicidas utilizados en agricultura son muy tóxicos para los seres humanos y animales, sin embargo, pueden ser degradados por microorganismos del suelo adaptados a esas condiciones, por su previa exposición al producto o a pesticidas de similar estructura y composición química, evitando la contaminación de los suelos y aguas subterráneas. Estos microorganismos utilizan dichos productos como fuente de carbono, energía y nutrientes (Racke y Coats 1988; Tam et al. 1987).

Según Araya (2004), la biodegradación de plaguicidas por microorganismos aislados del suelo está bien documentado en la literatura y cita algunos ejemplos que se relacionan con la degradación de ciertos pesticidas. Racke y Coast (1988), mencionan que en suelos con historial de aplicaciones de carbamatos donde el 82 – 91% de Carbofuran se degradó en menos de ocho días, se encontró entre $1,5 \times 10^5$ y $7,4 \times 10^7$ microorganismos/gramo de suelo, mientras que en suelo no tratado el valor fue de $0,5 \times 10^5$. Read (1987), en condiciones de degradación de Aldicarb, encontró en conteos totales de bacterias, poblaciones de 15×10^6 .

En estudio de biodegradación de plaguicidas durante el proceso de compostaje de residuos agrarios en Las Canarias, Alcoverro et al. (2011), utilizando restos de empaquetados de plátano y restos de cultivo de tomate tratados con fitosanitarios, concluyeron que al finalizar el proceso de compostaje, las materias activas fueron prácticamente indetectables en las muestras, especialmente en el caso del compost de restos de empaquetados de plátano y que por lo tanto, el compost obtenido era válido para su uso en la producción de hortalizas (lechuga), sin que se detecten transferencias al cultivo de las materias activas remanentes.

METODOLOGIA

Para esta investigación se formaron cinco pilas de compostaje de 2,0 m de base y 1,5 m de alto, con un volumen total de 2000 kg de material orgánico, de fácil disponibilidad en la zona de estudio, en cada una. Las mismas fueron armadas en dependencias del SENAVE en Paraguarí, Paraguay, en uno de los tinglados disponibles. El piso de material fue cubierto con plástico negro grueso para garantizar que los residuos de plaguicidas no lleguen al mismo. Fueron evaluadas diferentes combinaciones de materiales para el compostaje (tratamientos), a fin de determinar al final del experimento cuál de ellos sería el adecuado para la degradación de los plaguicidas, en tiempo y forma.

Los tratamientos evaluados y las diferentes proporciones de materiales utilizados fueron:

- T1. 20% (400 kg) de semillas de algodón trituradas, 67% (1340 kg) de mezcla de cascarilla de coco y bagazo de caña de azúcar, 10% (200 kg) de estiércol vacuno, 3% (60 kg) de suelo.
- T2. 40% (800 kg) de semillas de algodón trituradas, 47% (940 kg) de mezcla de cascarilla de coco y bagazo de caña de azúcar, 10% (200 kg) de estiércol vacuno, 3% (60 kg) de suelo.
- T3. 60% (1200 kg) de semillas de algodón enteras, 17% (340 kg) de mezcla de cascarilla de coco y bagazo de caña de azúcar, 20% (400 kg) de estiércol vacuno, 3% (60 kg) de suelo.
- T4. 40% (800 kg) de semillas enteras, 47% (940 kg) de mezcla de cascarilla de coco y bagazo de caña de azúcar, 10% (200 kg) de estiércol vacuno, 3% (60 kg) de suelo.
- T5. 20% (400 kg) de semillas enteras, 67% (1340 kg) de mezcla de cascarilla de coco y bagazo de caña de azúcar, 10% (200 kg) de estiércol vacuno, 3% (60 kg) de suelo.

Se tomaron muestras compuestas, representativas de semillas de algodón, que fueron analizadas para detectar niveles de plaguicidas (Carbofuran y Furatiocarb) al inicio del experimento (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles de plaguicidas encontrados en semillas de algodón contaminadas

MUESTRAS	CARBOFURAN (mg/kg)	FURATIOCARB (mg/kg)
Semillas de algodón contaminadas	3035	1381,4

Desde el primer día del compostaje, la temperatura fue monitoreada en cuatro puntos (tres laterales y uno central) de la pila en dos oportunidades, a la mañana, momento antes del volteo de las mismas y a la tarde, unas horas después; y a dos profundidades (30 y 60 cm), utilizando termómetro adecuado para el efecto, a modo de controlar que ésta no supere los 70°C. Este procedimiento fue realizado todos los días hasta que la temperatura se estabilizó (compost maduro) en la mayoría de los tratamientos.

Durante los primeros 10 días del proceso, las pilas fueron volteadas transversalmente (de lado a lado), en forma manual, utilizando palas. A partir del día 11, las pilas quedaron en reposo (sin volteo), sin embargo, los procesos de degradación continuaron naturalmente, aunque de manera más lenta. Estas acciones permitieron que los plaguicidas de las semillas tratadas se degraden casi en su totalidad. Los siguientes volteos dependieron de las condiciones de temperatura y humedad de la pila. El riego de las pilas se realizó según necesidad, utilizando para el efecto, mangueras y agua corriente. En ningún momento se observó excedente de líquido.

La aireación y el contenido de humedad fueron estimados visualmente. Durante todo el proceso de compostaje, la humedad fue mantenida próxima a la capacidad de campo (sin exceso ni falta de agua), suficiente para permitir el flujo del oxígeno dentro de la pila. Con una aireación y humedad óptima y la combinación de los materiales adecuados, la temperatura en la pila alcanzó un máximo de 60 a 70°C, necesarios para garantizar el normal desarrollo del proceso y para evitar que los microorganismos involucrados mueran.

Los análisis de residuos de Carbofuran y Furatiocarb en el compost fueron determinados en tres etapas, a los 34, 69 y 130 días del inicio del ensayo. Para el efecto, se consideraron cuatro puntos de muestreo en cada pila (uno en el centro y tres a los lados). Las muestras fueron mezcladas y homogeneizadas para obtener una muestra compuesta, y fueron analizadas en laboratorio.

Temperatura de la pila de compostaje - Durante los 130 días que duró el proceso, la temperatura de las pilas de compostaje se mantuvo a menos de 70°C, por medio del volteo y riego según necesidad, a fin de garantizar la buena aireación y la adecuada humedad para un normal desempeño de los microorganismos.

Niveles de plaguicidas en las semillas - Utilizando los

datos del análisis de las semillas (Tabla 1) y asumiendo una misma velocidad de degradación, se calculó además la cantidad de Carbofuran encontrada (mg) por kilogramo de semilla, y con ello su tasa de degradación diaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los datos de temperatura de la pila de compostaje, la etapa MESOFILA, con temperatura ambiente (menos de 40°C), se dio entre el primer y segundo día de armado de las pilas, en casi todos los tratamientos, a excepción del T2 en el cual desde el primer día la temperatura superó los 40°C. Es en esta etapa donde los microorganismos se multiplican rápidamente y por tanto, también la actividad metabólica, elevando la temperatura. La segunda etapa (TERMOFILA), en casi todos los casos se dio a partir del segundo día, con temperaturas entre 40 y 70°C, manteniéndose en ese rango casi todos los tratamientos,

prácticamente hasta la semana 21, a partir de la cual, el proceso entró en la etapa de ENFRIAMIENTO, empezando la temperatura a descender nuevamente hacia temperaturas próximas a 35 - 40°C. Cabe recalcar que los tratamientos T3 y T4 mantuvieron temperaturas superiores a 40°C hasta el último día del ensayo, además de expedir olor desagradable. Con estos datos (alta temperatura y olor fuerte) se constató la existencia de actividad microbiana, lo que indica que se requiere mayor tiempo para que culmine el proceso. A partir de la semana 22, los tratamientos T1 y T5 empezaron a entrar en la última etapa (MADURACIÓN) con temperaturas próximas a la del ambiente.

Niveles de plaguicidas en el compost - Una vez instalados los tratamientos y luego de transcurrido un mes desde el inicio del experimento, comenzaron los muestreos correspondientes para determinar el comportamiento de los plaguicidas en el proceso de compostaje (**Tabla 2**).

Tabla 2. Concentración (mg/kg) de los plaguicidas Carbofuran (Carb) y Furatiocarb (Furat) en cinco tratamientos de compostaje y tres épocas de muestreo (34, 69 y 130 días después del inicio del experimento). Paraguarí, 2011-2012.

Tratamientos	Muestreo a los 34 días		Muestreo a los 69 días		Muestreo a los 130 días	
	CARB mg/kg	FURAT mg/kg	CARB mg/kg	FURAT mg/kg	CARB mg/kg	FURAT mg/kg
T1 (20% semilla algodón triturada)	75,9	98,0	12,45	21,4	1,0	2,10
T2 (40% semilla algodón triturada)	580,0	51,6	60,1	41,4	0,13	0,50
T3 (60% semilla algodón entera)	1446,2	110,3	562,1	74	0,75	0,10*
T4 (40% semilla algodón entera)	661,8	59,3	33,1	13,6	0,13	0,10*
T5 (20% semilla algodón entera)	190,3	34,2	15,90	6,20	0,30	1,40

* A pesar de los bajos niveles obtenidos en laboratorio en el tercer muestreo, es importante recalcar que estos tratamientos expedían un olor bastante fuerte hasta el levantamiento del experimento.

En la **Tabla 2** se observa que en cada uno de los tratamientos, la concentración de plaguicidas fue disminuyendo con el transcurrir del tiempo, hasta alcanzar valores entre 0,13 y 1,0 mg/kg en el caso del Carbofuran y concentraciones entre 0,5 y 2,1 mg/kg en el caso de Furatiocarb. Según FAO/OMS (2010), el Codex alimentario establece los Límites Máximos de Residuos (LMR) para Carbofuran en un rango de 0,05 a 2 mg/kg en alimentos y piensos; y según la Legislación española (2008) para Furatiocarb entre 0,05 y 0,5 mg/kg observándose que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permitido.

En relación a la concentración del plaguicida Carbofuran y el tiempo de compostaje transcurrido, en la **Figura 1** se observa que existe una relación directa entre la concentración de semillas de algodón utilizadas en los tratamientos (ST: Semillas Trituradas y SE: Semillas Enteras) y el tiempo necesario para degradar el

plaguicida, es así que cuanto mayor fue la concentración de semillas en el compostaje, mayor fue el tiempo requerido para la degradación de los plaguicidas.

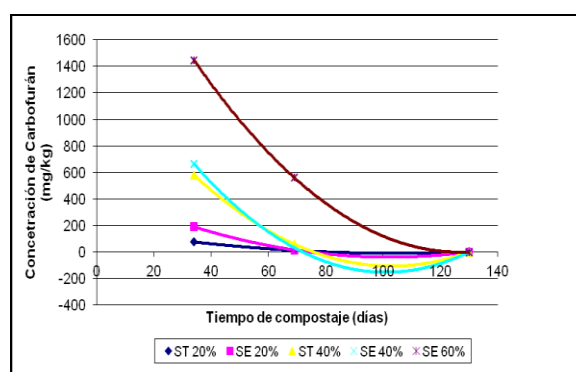


Figura 1. Relación entre la concentración del plaguicida Carbofuran y el tiempo de compostaje transcurrido, en semillas trituradas (ST) y semillas enteras (SE).

Se observa también que en los tratamientos con semillas de algodón trituradas la degradación de los plaguicidas se acentuó, sin embargo, no se puede hablar de diferencias significativas entre tratamientos con semillas trituradas y enteras debido a que no se trabajó con repeticiones. Comparando los tratamientos con semillas trituradas (T1: ST 20% y T4: ST 40%) y con semillas enteras (T2: SE 20% y T5: SE 40%), el comportamiento de las curvas es prácticamente el mismo en ambos casos, donde a los 70 días aproximadamente, el plaguicida está totalmente degradado.

Este es un dato sumamente importante de manejar ya que, según Sztern & Pravia (1999), el material triturado será más fácil y rápido de degradar por los microorganismos por una mayor área de contacto. Para el efecto, en las condiciones de este experimento, se recurrió a máquinas para el triturado de las semillas, lo que implicó una mayor exposición del personal al riesgo de intoxicación, por inhalación de polvillo resultante durante esa actividad, lo que también significó incurrir en mayores costos operativos.

En la **Figura 2**, se presenta la relación entre la concentración del plaguicida Furatiocarb y el tiempo de compostaje transcurrido, en el que se observa que el comportamiento fue diferente al de Carbofuran.

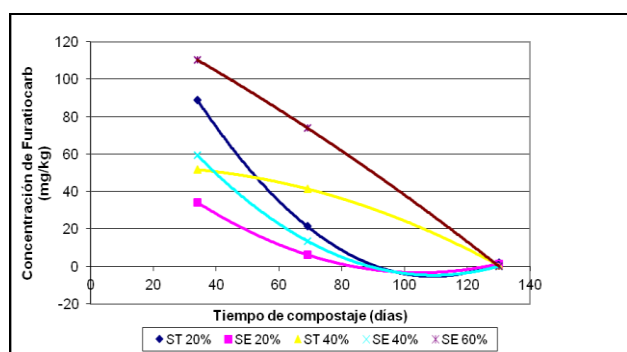


Figura 2. Relación entre la concentración del plaguicida Furatiocarb en las semillas (SE: Semillas Enteras y ST: Semillas Trituradas) y el tiempo de compostaje transcurrido.

Cabe resaltar que los niveles de Furatiocarb encontrados en las semillas fueron menores a los niveles de Carbofuran, sin embargo, también se observa una relación directa entre la concentración de semilla en el compostaje y el tiempo necesario para degradar el plaguicida, es decir que cuanto mayor es la concentración de semilla en la pila de compostaje mayor fue el tiempo requerido para completar el proceso.

Según lo que se puede observar en la **Figura 2**, el hecho de que las semillas enteras (SE) se hayan degradado con mayor rapidez que las semillas trituradas (ST), contradice a lo que indica la literatura. Sin embargo, este fue el comportamiento observado en el presente experimento. Al

no contar con repeticiones, no se pudo determinar si las diferencias son estadísticamente significativas.

Niveles de plaguicidas en las semillas - La cantidad de Carbofuran encontrada (mg) por kilogramo de semilla, y su tasa de degradación diaria, se presenta en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Tasa de degradación diaria de Carbofuran (mg/kg semilla) en tres etapas de muestreo.

Muestreros	26/11- 29/12	29/12-2/02 (35 días)	2/02-3/05 (61 días)
	CARBOFURAN		
T1. (20% semilla algodón triturada)	78,16	84,93	49,67
T2. (40% semilla algodón triturada)	46,6	82,42	49,74
T3. (60% semilla algodón entera)	18,37	59,94	49,73*
T4. (40 % semilla algodón entera)	40,60	84,35	49,74*
T5. (20 % semilla algodón entera)	61,28	84,44	49,72

* A pesar de los bajos niveles obtenidos en laboratorio en el tercer muestreo, es sumamente importante recalcar que estos tratamientos expedían un olor bastante fuerte al plaguicida hasta el levantamiento del experimento.

Se aprecia en la **Tabla 3**, un comportamiento del Carbofuran bien definido. En la primera etapa de evaluación (34 días), se observa que en aquellos tratamientos donde se utilizó un menor porcentaje de semillas (T1 y T5), la tasa de degradación fue mayor con respecto a los demás tratamientos y que esa tasa fue disminuyendo a medida que aumentó el porcentaje de semillas en los tratamientos (T2, T3 y T4), independientemente a que las semillas hayan sido trituradas o no.

El tratamiento donde se usó 60% de semillas de algodón fue el que presentó menor tasa de degradación. En la segunda etapa (35 días), la tasa de degradación aumentó para todos los tratamientos, siendo bastante similares para los tratamientos con 20 y 40% de semillas trituradas y enteras. Nuevamente, menor tasa se observó en el tratamiento con 60% de semillas. En la tercera etapa (61 días), la tasa disminuyó para todos los tratamientos. Este comportamiento coincide con el comportamiento de la temperatura (etapas mesófilas, termófilas, de enfriamiento y de maduración) que se observó durante el proceso de compostaje y cuyas etapas están relacionadas con la actividad microbiana.

CONCLUSIONES

En las condiciones del presente experimento se pudo concluir que:

- El proceso de compostaje fue eficiente en la degradación de Furatiocarb y Carbofuran.
- El compostaje puede realizarse con materiales fácilmente disponibles en áreas rurales.
- Existe una relación directa entre la concentración de semillas de algodón utilizadas en los tratamientos y el tiempo necesario para degradar el plaguicida.
- Según los análisis de laboratorio, a los 70 días del compostaje, la concentración de Furatiocarb y Carbofuran alcanzaron niveles de bajo riesgo.
- Según los datos de control de temperaturas, a los 130 días de iniciado el experimento, en los tratamientos T1, T2 y T5 se cumplieron las cuatro etapas del compostaje (mesófila, termófila, de enfriamiento y de maduración), indicando la finalización del proceso.
- A los 130 días, los tratamientos T3 y T4 no alcanzaron la etapa de enfriamiento y de maduración del compost, registrándose aun temperaturas superiores a 40° C y olor fuerte al producto.
- La trituración de semillas previo al compostaje permite una tasa de descomposición mayor, sin embargo, esto genera un riesgo de intoxicación por inhalación y dermal para el personal que maneja el compostaje y mayores costos operativos.

Degradación de plaguicidas durante el proceso de compostaje de residuos agrarios. In XVIII Jornadas Técnicas SEAE Manejo agroecológico del suelo. Granada, España. SEAE. p. 1-8.

Araya, M. 2004. La biodegradación acelerada de nematicidas no-fumigantes en plantaciones comerciales de banano (Musa AAA). In XVI Reunión Internacional Acobat. p.113 – 125.

Capri, E. 2001. Imidacloprid and pyrimethanil soil sorption. *Agronomie* 21: 57-64.

FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2000. Evaluación de la contaminación del suelo. Manual de referencia: Roma, IT. FAO. 205 p. (Colección FAO Eliminación de plaguicidas).

FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT); OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2010. Residuos de plaguicidas en los alimentos y piensos: Detalles sobre el plaguicida Carbofuran (en línea). Consultado 11 set 2011. Disponible en <http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/pesticides/details.html?d-16497-o=2&d-16497-s=3&id=96&lang=es>

García, MI. 2012. Vulnerabilidad y autodepuración del suelo. Capacidad de autodepuración y las propiedades del suelo (en línea) Consultado 11 set 2011 Disponible en: www.edafologia.net.

Granada, LA; Páez, M; Lerma, J.1998. Relación de la movilidad del fluometuron con la adsorción en cuatro suelos del Valle del Cauca. *Información Tecnológica* 9(4): 65-69.

Gutierrez, H; Barba, L, Materon, H. 2007. Movilidad de los plaguicidas carbofuran e imidacloprid en un suelo Typic Humitropept. *Agronomía colombiana* 25(1):160-167.

Haug R. 1993. The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers. Boca Raton, US, Lewis Publishers. 717 p.

Ibáñez, JJ. 2007. El suelo como depurador de contaminantes (en línea). Consultado 11 set 2011. Disponible en: www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/10/10/76088.

Legislación española (en línea). 2008. Límite máximo de residuo en la legislación española. Consultado 11 set 2011 Disponible en: http://www.infoagro.com/abonos/lmr_materia.asp?id=207

Ndongo, B; Leroux, G; Fortín, J. 2000. Transport du linuron, d'el imidaclopride et du bromure au travers de colonnes de sol et de lysimètres drainast. *Biotechnology y Agronomic Society* 4(1): 33-40.

OMS (Organización Mundial de la Salud, CH), 2003. Carbofuran in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la cali

AGRADECIMIENTOS

A la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO–PY) por el apoyo técnico y financiero del trabajo de investigación dentro del marco del proyecto TCP/PAR 3301; y al Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE)-Punto Focal del Proyecto TCP/PAR/3301 por el apoyo técnico, logístico y de recursos.

A la Lic. Tania Santivañez por su colaboración y presencia en todas las etapas de ejecución del Proyecto.

Al Dr. Joop Hansen por su colaboración en un primer planteamiento y elaboración del Proyecto, y el acompañamiento en la etapa de ajuste del Proyecto Final.

Al personal de campo del SENAVE-Paraguari, en las personas de Blas Quiroga, Faustino Irala y Abdón Arce.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron con el Proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcoverro, T; Díaz, R; Doble, A; López-Cepero, J. 2011.

- dad del agua potable. Ginebra, CH.
- Racke, KD; Coats, JR. 1988. Enhanced degradation and the comparative fate of carbamate insecticides in soil. *Journal of Agricultural Food Chemical*. 36:1067-1072.
- Read, DC. 1987. Greatly accelerated microbial degradation of Aldicarb in re-treated field soil, in flooded soil, and in water. *Journal of Economic Entomology* 80(1):156-163.
- Sztern, D; Pravia, MA. 1999. Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos. Montevideo, UR, OPS. 65 p.
- Stoorvogel, JJ. 2002. Plaguicidas en el medio ambiente. In: *Los Plaguicidas: Impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi*. Ecuador, sn. p. 49 - 99.
- Tam, AC; Behki, RM; Khan, SU. 1987. Isolation and characterization of an S - Ethyl - N, N-dipropylthio carbamate - degrading *Arthobacter* strain and evidence for plasmid - associated S - Ethyl - N, N-dipropylthio carbamate degradation. *Applied. Environment. Microbiology*. 53: 1088-1093.
- Zinkl, GJ; Lockhart, WL; Kenny, SA; Ward, FJ. 1991. The effects of cholinesterase inhibiting insecticides on fish. In: *Cholinesterase Inhibiting Insecticides*. Ed. Mineau. Amsterdam, NL, Elsevier. p:233-254.