

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EFECTO Y PERSISTENCIA DE GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE CACAO  
EN SUCUMBÍOS**

**Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en Recursos Naturales  
Renovables**

**AUTOR:**

Edwin Bayardo Gaón Sarmiento

**DIRECTOR:**

Ing. M.Sc. Jorge Revelo

**Ibarra – Ecuador**

**2012**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EFFECTO Y PERSISTENCIA DE GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE CACAO  
EN SUCUMBÍOS**

**Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener el Título de:**

**“INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES”**

**APROBADA:**

Ing. Jorge Revelo, M.Sc. ....

**DIRECTOR**

Ing. Oscar Rosales, M.Sc. ....

**ASESOR**

Ing. Carlos Cazco, M.Sc. ....

**ASESOR**

Ing. Franklin Valverde, M.Sc. ....

**ASESOR**

**Ibarra – Ecuador**

**2012**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100274200-3	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Gaón Sarmiento Edwin Bayardo	
DIRECCIÓN:	Av. Atahualpa 18-97, Ibarra	
EMAIL:	edwin_038@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO:	062641994	TELÉFONO MÓVIL: 082665671

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EFECTO Y PERSISTENCIA DE GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE CACAO EN SUCUMBÍOS
AUTOR:	Gaón Sarmiento Edwin Bayardo
FECHA:	27 de Abril del 2012
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	X PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DIRECTOR:	Ing. Jorge Revelo, M.Sc.

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, EDWIN BAYARDO GAÓN SARMIENTO, con cédula de ciudadanía Nro.100274200-3; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 143.

## **2. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 07 de mayo del 2012.

**AUTOR:**

**ACEPTACIÓN:**

Edwin Gaón  
C.C: 100274200-3

Esp. Ximena Vallejo  
**JEFE DE BIBLIOTECA**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, EDWIN BAYARDO GAÓN SARMIENTO con cédula de ciudadanía Nro. 100274200-3 ; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominada **“EFECTO Y PERSISTENCIA DE GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE CACAO EN SUCUMBÍOS”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autorme reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

**Edwin Bayardo Gaón Sarmiento**

C.C.: 100274200-3

Ibarra, 07 de mayo del 2012.

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: 1335 FICAYA-UTN

Fecha:

**EDWIN BAYARDO GAÓN SARMIENTO**,“EFECTO Y PERSISTENCIA DE GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE CACAO EN SUCUMBÍOS”. TRABAJO DE GRADO. Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Recursos Naturales Renovables. Ibarra.EC. Abril 2012.80 p. 20anexos.

**DIRECTOR:** Revelo, Jorge.

Para generar datos experimentales de los daños que el glifosato causa a plantaciones de cacao por la deriva de las aspersiones del Plan Colombia para eliminar plantaciones de coca en la zona de frontera de Ecuador-Colombia, se realizó la presente investigación la cual determinó que si una plantación de cacao de la variedad CCN-51 recibe el impacto directo o por deriva de fumigación en dosis de 6,25, 4,69, 3,12, 1,57 y 0,63gl RoundupSL + Cosmo-flux/ha, registrarán pérdidas del 100 a 89,4% y monetarias de 5667,0 y 5066,3 USD/ha. El tiempo de persistencia del glifosato en el tejido de árboles de cacao, no es mayor a 180 días. Un manejo técnico del cultivo de cacao permite triplicar manejo tradicional del agricultor (64,8 y 19 sacos de 45 kg de grano seco/ha/año, respectivamente); el análisis económico del presupuesto parcial presenta una tasa de retorno marginal de 178,5% que indica alta rentabilidad de la tecnología.

Ibarra,27 de abril del 2012.

---

Ing. Jorge Revelo, M.Sc.

**Director de Tesis**

---

Edwin Bayardo Gaón Sarmiento

**Autor**

## **PRESENTACIÓN**

Las ideas, conceptos, tablas, datos, resultados y más informes que se presentan en esta investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

*Edwin Gaón*

## DEDICATORIA

*A Dios por permitirme vivir, guiarme y bendecirme a cada instante.*

*Todo mi esfuerzo y la lucha constante por alcanzar una de mis más anheladas metas se lo dedico con mucho amor a mis padres: Nelson Gaón y Rosa Sarmiento ya que supieron infundir en mí el valor necesario para luchar con perseverancia hasta alcanzar uno de los objetivos de mi vida.*

*A mi abuelita Digna Paredes que con su cariño, y palabras de aliento han sido necesarios para darme el coraje para seguir adelante y muy cumplir mi meta.*

*Y de manera especial a mi novia Andrea que estuvo a mi lado momento a momento apoyándome, brindándome su amor y comprensión, gracias por luchar a mi lado para cumplir este sueño tan añorado.*

*Edwin Gaón*

## *AGRADECIMIENTO*

*A la Universidad Técnica del Norte y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, de la cual me llevo las mejores enseñanzas.*

*Al Centro Universitario de Investigación Ciencia y Tecnología por haberme dado las facilidades para hacer mi proyecto de tesis.*

*Al Ing. Jorge Revelo, M.Sc. Director de Tesis porque gracias a sus conocimientos esta investigación llevo a culminarse con éxito.*

*Al Ing. Luis Unigarro, por sus sugerencias aportadas que me llevaron cumplir esta investigación.*

*A los señores asesores de tesis Ing. Carlos Cazco, Ing. Oscar Rosales, Ing. Franklin Valverde, por contribuir con los conocimientos y experiencia a desarrollar este proyecto.*

*Y mi eterna gratitud a todos mis maestros, amigos, compañeros y a todas aquellas personas, testigos de mis triunfos y fracasos.*

*Edwin Gaón*

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
PRESENTACIÒN	vii
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	xvii

### CAPÍTULO I

	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1.	OBJETIVOS	4
1.1.1.	General	4
1.1.2.	Específicos	4
1.2.	HIPÓTESIS	4

### CAPÍTULO II

	<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	5
2.1.	El Plan Colombia	5
2.1.1.	Programa de control de cultivos ilícitos	6
2.1.2.	Depósito fuera del objetivo	7
2.1.3.	Efectos sobre los cultivos por las fumigaciones de glifosato en Putumayo	8
2.1.4.	Impactos de la deriva de las fumigaciones de glifosato a cultivos en Sucumbíos	8
2.1.5.	Contaminación de los alimentos con glifosato	10
2.2.	El Glifosato	10
2.2.1.	Fórmula del Glifosato	11
2.2.2.	Mecanismo de acción	12
2.2.3.	Toxicidad	12

2.2.4.	Persistencia del glifosato en las plantas	13
2.2.5.	El metabolito AMPA	15
2.3	Producto y dosis utilizados en el Plan Colombia	15
2.3.1	Surfactantes y adherentes asociados al herbicida	15
2.3.1.1.	Polioxietileno amina (POEA)	16
2.3.1.2.	Cosmoflux	16
2.4.	Cacao – Importancia	17
2.5.	Manejo del Cultivo	18
2.5.1.	Fertilización	18
2.5.2.	Podas	19
2.5.3.	Control de malezas	19
2.5.4.	Plagas y enfermedades	20

### **CAPÍTULO III**

	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	21
3.1.	Descripción del área donde se realizó el experimento	21
3.2.	Factor en estudio	22
3.3.	Tratamientos	22
3.4.	Unidad experimental	23
3.5.	Características del experimento	23
3.6.	Diseño Experimental	23
3.7.	Análisis Estadístico	23
3.8.	Variables y métodos de evaluación	24
3.8.1.	Defoliación y apariencia de los árboles	24
3.8.2.	Rendimiento	24
3.8.3.	Presencia de glifosato y AMPA en el árbol	25
3.9.	Manejo específico del experimento	25
3.9.1.	Manejo técnico	25

3.9.2.	Manejo del agricultor	28
3.9.3.	Cálculo de las dosis del herbicida Roundup <sub>SL</sub> glifosato (48%) + POEA (surfactante), el adherente Cosmo-flux 411F 1% y el volumen de agua (51%)	28

## **CAPÍTULO IV**

	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	30
4.1.	Defoliación y apariencia de los árboles	31
4.2.	Rendimiento	41
4.2.1.	Análisis económico de los tratamientos T6 y T7	45
4.3.	Persistencia del glifosato y presencia de AMPA en el cultivo de cacao	46

## **CAPITULO V**

	<b>CONCLUSIONES</b>	50
--	---------------------	----

## **CAPÍTULO VI**

	<b>RECOMENDACIONES</b>	52
	<b>RESUMEN</b>	53
	<b>SUMARY</b>	55
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	57
	<b>ANEXOS</b>	62

## INDICE DE CUADROS

No.	Tema	Pág.
1.	Daños a cultivos en el Valle del Guamuez-Colombia. 2001.	8
2.	Daños a los cultivos por el Glifosato en Sucumbíos. Ecuador; 2001.	9
3.	Recomendación para la fertilización del cultivo de cacao, de árboles en producción.	18
4.	Tratamientos evaluados para determinar el efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao.	22
5.1.	Recomendación de fertilización determinada para el cultivo de cacao.	27
5.2.	Cantidad de elemento puro aplicado en el cultivo de cacao.	27
5.3.	Cronograma de fertilización para el cultivo de cacao (2010 -2011)	27
6.	Cantidad de cada componente para obtener el volumen de la mezcla asperjada a un árbol de cacao, según los tratamientos considerados.	29
7.	Número de mazorcas totales producidas, sanas, enfermas, mazorcas cosechadas totales, peso mazorcas cosechadas, peso del grano seco y el peso del grano seco en sacos de 45 kg/ha con manejo técnico y del agricultor, registrado antes de aplicar los tratamientos de glifosato en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 5 meses). Sucumbíos, 2010-2011. (n = 4).	31
8.	Análisis de varianza de las variables mazorcas totales, sanas, enfermas, cosechadas, peso mazorcas cosechadas, peso del grano seco y el peso del grano seco en sacos de 45 kg/ha de los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 7 meses). Sucumbíos, 2011.	43
9.	Prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) para las variables mazorcas totales producidas, sanas, enfermas, mazorcas cosechadas totales, peso mazorcas cosechadas, peso del grano seco y el peso del grano seco en sacos de 45 kg/ha registradas en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 7 meses). Sucumbíos, 2011.	44
10.	Pérdidas del rendimiento estimados en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 7 meses). Sucumbíos, 2011. (n = 4).	45

11.	Análisis económico de presupuesto parcial de los tratamientos T6 y T7 en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2011.	45
12.	Análisis de la tasa de retorno marginal (TRM) de los Tratamientos T7 y T6 en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2011.	46
13.	Persistencia del glifosato en el tejido de 4 estratos de los árboles de cacao a los 7 y 180 días de la aplicación, registrado en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao. Sucumbíos, 2011. (n = 4).	46
14.	Detección del AMPA en el tejido vegetal en 4 estratos de los árboles de cacao a los 7 y 180 días de la aplicación registrado en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao. Sucumbíos, 2011. (n = 4).	48
15	Valoración de Impactos.	75

## INDICE DE ANEXOS

<b>No.</b>	<b>Tema</b>	<b>Pág.</b>
1.	Mapa de ubicación del experimento	63
2.	Croquis de campo del ensayo y distribución de los tratamientos, bajo el diseño BCA	64
3.	Análisis de suelo	65
4.	Número de mazorcas totales producidas antes de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 5 meses).	66
5.	Número de mazorcas enfermas producidas antes de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 5 meses).	66
6.	Número de mazorcas sanas producidas antes de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 5 meses).	66
7.	Rendimiento de mazorcas cosechadas antes de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 5 meses).	67
8.	Rendimiento de mazorcas cosechadas antes de la aplicación del glifosato expresado en t/ha (datos de 5 meses).	67
9.	Rendimiento del grano seco antes de la aplicación del glifosato, expresado en t/ha (datos de 5 meses).	67
10.	Porcentaje de defoliación desde el día 7 al 180 después de la aplicación del glifosato.	68
11.	Número de mazorcas totales producidas después de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 7 meses).	68
12.	Número de mazorcas enfermas producidas después de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 7 meses).	69
13.	Número de mazorcas sanas producidas después de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 7 meses).	69

14.	Rendimiento de mazorcas cosechadas después de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 7 meses).	69
15.	Rendimiento de mazorcas cosechadas después de la aplicación del glifosato, expresado en t/ha (datos de 7 meses).	70
16.	Rendimiento del grano seco después de la aplicación del glifosato, expresado en t/ha (datos de 7 meses).	70
17.	Costo de producción del manejo técnico para el cultivo de Cacao CCN-51 (625 plantas/ha/año).	71
18.	Costos de producción del manejo tradicional del agricultor para cultivo de CacaoCCN-51 (625 plantas/ha/año).	71
19.	Fotografías de las actividades realizadas en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” Sucumbíos, Cascales. 2010 - 2011.	72
20.	Estudio de Impacto Ambiental	74

## INDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>No.</b>	<b>Tema</b>	<b>Pág.</b>
1,2,3,4	Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T1	33
5,6,7,8	Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T2	34
9,10,11,12	Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T3	35
13,14,15,16	Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T4	36
17,18,19,20	Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T5	37
21,22,23,24	Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T6	38
25,26,27,28	Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T7	39
29,30	Cultivos de banano y pasto rociados el (15/07/2011) en el sector La Hormiga del Departamento de Putumayo-Colombia.	40

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>No.</b>	<b>Tema</b>	<b>Pág.</b>
1.	Curvas de defoliación de los árboles de cacao generadas por los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”(datos de 5 meses). Sucumbíos, 2010-2011.	32

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Según el Tribunal Administrativo de Cundinamarca (2003), en Colombia el problema de los cultivos ilícitos (coca, marihuana y amapola) se agudizó en la década de 1990 al 2000, señalando como actuales zonas productoras de coca, los departamentos: Cundinamarca, Boyacá, Magdalena y Cesar, La Guajira, Antioquia, Norte de Santander, Bolívar, Nariño, Cauca, Casanare y Arauca, Vichada, Guaviare, Meta, Caquetá y Putumayo.

Esta situación y la necesidad de cumplir con el Acuerdo Mundial contra las Drogas Ilícitas–ONU 1998, obligó al Gobierno de Colombia, a implementar una estrategia de eliminación total de la producción de cultivos ilícitos llamado Plan Colombia, el cual contó con financiamiento de los Estados Unidos de Norte América. Este plan comprende la implementación de las siguientes estrategias: programa de fumigaciones aéreas con herbicidas químicos y de un mico herbicida, erradicación manual, desarrollo de programas de remplazo con cultivos lícitos y destrucción de laboratorios ilícitos en el territorio colombiano (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, 2003; Amicus Curiae, 2009; Ewins y Adrian, 2003).

En diciembre del 2000, inicia las fumigaciones en el Departamento de Putumayo con la formulación química de glifosato + POEA, 44% + Cosmoflux 1% + agua 55%, sin un plan de manejo ambiental para el territorio colombiano como los Departamentos del Putumayo y Nariño, limítrofes con Ecuador. Es decir, no diseñó un conjunto de programas, acciones y medidas concretas de manejo

ambiental relacionadas con la prevención, control, compensación y corrección, para los posibles impactos y efectos causados por el programa de erradicación con glifosato, porque no se habían realizado investigaciones sobre los efectos en la salud humana, el agua, suelos, flora y fauna del bosque y en cultivos de ecosistemas compartidos con Ecuador (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, 2003; Amicus Curiae, 2009; Ewins y Adrian, 2003).

En el 2002, se amplió el área de fumigación a 150000 ha, acción que causó reclamos de las poblaciones de frontera por impacto socio-ambiental y afección de la salud humana (Acción Ecológica, 2002). En un seminario sobre “Erradicación de cultivos ilícitos”, realizado en Bogotá (13-15/02/2002), al que no asistió personal técnico sino políticos colombianos, ni donde los dos países presentaron información técnica para que Ecuador tome medidas preventivas para futuras fumigaciones, la recomendación fue que realicen investigaciones sobre los efectos del glifosato en cultivos, agua, suelos, flora y fauna y que, hasta que se obtenga dicha información, las fumigaciones se realicen respetando una franja de 10 km a la frontera con Ecuador (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, 2003). En la literatura disponible, no se encontró reporte alguno de estudios realizados por Ecuador o Colombia.

De lo anotado se definió como problema a la falta de información experimental sobre el efecto del glifosato en cultivos en las zonas afectadas por la deriva de las aspersiones, así como también en la flora, fauna del bosque, agua y en el suelo. Según Amicus Curiae (2009), los cultivos afectados por la deriva de las fumigaciones de glifosato en la frontera ecuatoriana, fueron: café, potrero, plátanos, arroz, maíz, cacao, frutales (coco, papaya, caña de azúcar), yuca y maní, con pérdidas estimadas de hasta 100%, estimación realizada en base a información verbal proporcionada por los agricultores no en su momento y en forma experimental.

La falta de información confiable acerca de los efectos del glifosato en los cultivos agrícolas, por la deriva de las fumigaciones, justificó la ejecución de la presente investigación, cuyo fin fue generar información experimental sobre el daño y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao. Los resultados obtenidos permitieron cuantificar el impacto que ocasiona este herbicida al cacao.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. General**

Generar datos experimentales de los daños que el glifosato causa al cultivo de cacao y el tiempo de persistencia.

### **1.1.2. Específicos**

Cuantificar el daño en el área foliar y las pérdidas de rendimiento

Determinar la persistencia del glifosato en el cultivo de cacao

## **1.2. HIPÓTESIS**

**H<sub>0</sub>:** El glifosato no causa daño foliar y pérdidas de producción significativas a corto y mediano plazo al cultivo de cacao.

**H<sub>a</sub>:** El glifosato causa daño foliar y pérdidas de producción significativas a corto y mediano plazo al cultivo de cacao.

**H<sub>0</sub>:** La persistencia del glifosato en el cultivo de cacao es menor a 6 meses.

**H<sub>a</sub>:** La persistencia del glifosato en el cultivo de cacao es mayor a 6 meses.

## **CAPITULO II**

### **REVISION DE LA LITERATURA**

#### **2.1. El Plan Colombia**

La necesidad de cumplir con el Acuerdo Mundial contra las Drogas Ilícitas–ONU de 1998, obligó al Gobierno de Colombia, a implementar una estrategia de eliminación total de la producción de cultivos ilícitos llamado Plan Colombia, para lo cual contó con financiamiento de los Estados Unidos de Norte América. Este plan comprende la implementación de las siguientes estrategias: programa de fumigaciones aéreas de herbicidas químicos y de un mico herbicida, erradicación manual, desarrollo de programas de remplazo con cultivos lícitos y destrucción de laboratorios ilícitos en el territorio colombiano (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, 2003; Amicus Curiae, 2009; Ewins y Adrian, 2003).

Las fumigaciones aéreas del Plan Colombia comenzaron oficialmente el 22 de diciembre del 2000 en el Departamento del Putumayo (límitrofe con Ecuador), cubriendo 29000 ha al 28 de enero del 2001 y a 94000 ha hasta finales de año. Posteriormente la Administración norteamericana amplió el área de fumigación a 150000 ha durante el 2002, acción que causó impacto socio-ambiental, afección de la salud humana y reclamos de las poblaciones de frontera (Acción Ecológica, 2002).

Según la Dirección Nacional de Estupefacientes de Colombia, la dosis promedia utilizada fue 23,66 litros/ha (6,25 galones/ha) de glifosato + Cosmoflux, sin

embargo al considerar que se han rociado 594393,3 litros (157246,9 galones) de Roundup más POEA en la franja de frontera de 10 km de Colombia con Ecuador, la Comisión Científica Ecuatoriana (2007) estimó que la cantidad aplicada por hectárea fue mayor a la indicada y la dosis de Cosmoflux también fue duplicada al considerar que se asperjaron cerca de 13715,3 litros (3628,4 galones) (a una concentración del 2,3%). A pesar de esto, en 6 años sólo se habían logrado erradicar tan solo 3185 hectáreas (Comisión Científica Ecuatoriana, 2007).

La mezcla utilizada contenía Roundup Ultra al 44% de glifosato. La etiqueta de este herbicida para uso en los Estados Unidos, señala concentraciones de 1,6% a 7,7% para la mayoría de usos y, como máximo, una concentración del 29%. Para aplicaciones aéreas, indica que no debe exceder de 1 litro por acre del producto formulado. En Colombia, la tasa corresponde a casi 4,5 veces esa cantidad (Comisión Científica Ecuatoriana, 2002).

### **2.1.1. Programa de control de cultivos ilícitos**

El programa de control de cultivos ilícitos en Colombia, para identificar, localizar, georeferenciar y levantar mapas de los sitios de producción, utiliza imágenes satelitales suministradas por los gobiernos de Norteamérica y Europa, sitios que son verificados por medio de vuelos con observadores y/o fotografías en aeroplanos a baja altitud. Los mapas generados en el Sistema de Información Geográfica (*Geographic Information System, GIS*) muestran a los pilotos las coordenadas del lugar de aspersión y son ingresadas al sistema de navegación de la aeronave, es decir, los campos a asperjar y las rutas de vuelo se conocen con un alto grado de precisión (Salomón, *et. al.*, 2005).

Las aeronaves están equipadas con un sistema de aspersión de boquillas de gotas lluvia que producen gotas con un diámetro volumen medio entre 300 y 1500  $\mu\text{m}$ , sistema que es calibrado electrónicamente para dispensar una cantidad de la mezcla por hectárea, además es verificado por técnicos y pilotos antes del vuelo. Cada operación de asperjado, con 2 o más aeronaves, es escoltada por helicópteros

de operaciones de búsqueda y rescate en caso de un accidente o de un incidente (Salomón, *et. al.*, 2005).

La aspersión es realizada durante el día, antes de la mitad de la tarde, para asegurar condiciones de aplicación apropiadas. Si la lluvia es inminente o la velocidad del viento supera los 7,5 km/h, la aspersión no se realiza. El rociado se realiza a una altura de 30 m y, a pesar de conocer el sitio y la ruta de vuelo, la aspersión en sí está bajo el control de los pilotos. Si hay alguien presente en los cultivos, la aspersión no se realiza por precaución a recibir disparos. La frecuencia de la aplicación varía según las condiciones locales y las acciones tomadas por los cultivadores después de la aspersión de la coca. La aspersión de una plantación de coca en particular, puede tener una frecuencia de retorno de cerca de 6 a 12 meses (Salomón, *et. al.*, 2005).

### **2.1.2. Depósito fuera del objetivo**

Dos tipos de depósitos fuera del blanco u objetivo son considerados. El primero, aplicación incorrecta del piloto por inicio de la aspersión demasiado pronto o por finalización demasiado tarde, y también porque la franja de rociado incluye un área no objetivo a uno o a los dos lados de la misma. El segundo, por deriva de la aspersión (Salomón, *et. al.*, 2005).

En estimaciones realizadas por Helling (2003), citado por Salomón, *et. al.*, (2005), sobre aspersiones accidentales, determina que de 86 campos asperjados visitados en el 2002, 22 mostraron evidencias de depósito fuera del blanco con daños a plantas ubicadas por fuera de los límites del área sembrada con coca, es decir, 1 de cada cuatro operaciones de fumigación afectaron zonas aledañas a los cultivos de coca, lo cual es un error significativo. Similares situaciones se documentan que sucedió en la frontera de Ecuador-Colombia.

### 2.1.3. Efectos sobre cultivos por las fumigaciones de glifosato en Putumayo

Según Acción Ecológica (2002), en el año 2001 las fumigaciones realizadas en el valle de Guamuéz-Colombia, afectaron a los cultivos consignados en el Cuadro 1, y en el 2002 apalmito, en el mismo valle, y en Puerto Asís y Orito; señalan que de 54,8 ha, 43,8 ha fueron afectadas (80%).

**Cuadro 1.** Daños a cultivos en el Valle del Guamuez-Colombia. 2001.

<b>Cultivos</b>	<b>Hectáreas dañadas (Nº)</b>	<b>Porcentaje</b>
Potrero	1308	41,0
Plátano	229	7,2
Maíz	188	5,9
Yuca	163	5,1
Frutales	138	4,3
Otros	1148	36,0
<b>TOTAL</b>	<b>3174</b>	

Fuente: Acción Ecológica, 2002.

### 2.1.4. Impactos de la deriva de las fumigaciones de glifosato a cultivos en Sucumbíos

A partir del año 2000, inicio de las fumigaciones, la prensa ecuatoriana informó los primeros impactos de esta actividad sobre el ambiente y la salud pública en la provincia de Sucumbíos, limítrofe con el Departamento del Putumayo. Según Acción Ecológica (2002), los pobladores de la zona informaron que después de las aspersiones, los cultivos de café, cacao, plátano, caña, yuca, arroz, frutales y potreros, presentaron follaje de color amarillento, negro y finalmente seco, con apariencia de haber sido quemado.

En el 2001, un total de 188 campesinos de diferentes comunidades de las parroquias de General Farfán, Nueva Loja, Pacayacu, Dureno y Tarapoa, presentaron una denuncia a la Defensoría del Pueblo de Lago Agrio, trámite que

pasó a la Defensoría de Quito donde se congeló su avance (Acción Ecológica, 2002). La demanda recogía pérdidas en los cultivos consignados en el Cuadro 2, pérdidas que se asume fueron estimadas en forma visual.

**Cuadro 2.** Daños a los cultivos por el Glifosato en Sucumbíos. Ecuador; 2001.

<b>Cultivos</b>	<b>Hectáreas dañadas (Nº)</b>	<b>Porcentaje</b>
Café	1125	47,4
Potreros	785	30,6
Plátanos	182	7,1
Arroz	103	4,0
Maíz	87	3,4
Cacao	79	3,1
Frutales	53	2,0
Yuca	51	2,0
<b>TOTAL</b>	<b>2560</b>	

**Fuente:** Acción Ecológica, 2002.

De forma similar, la Asociación de Campesinos “Santa Marianita” de la Parroquia General Farfán, denunció que la producción de maíz, cacao, arroz y plátano, se redujo a tal extremo que no permitió recuperar la inversión. También las comunidades de Chone 2, Puerto Nuevo y La Playera, en la vía Tetetes, y de Parcayacu, denunciaron daños en sus cultivos y animales (Acción Ecológica, 2002).

Acogiendo estas denuncias, el 02 de julio del 2001, el Gobierno del Ecuador solicita al Gobierno de Colombia que las fumigaciones se realicen respetando una franja de seguridad de 10 km para salvaguardar a la población y al territorio ecuatoriano de los posibles efectos dañinos de las aspersiones. La Cancillería colombiana contesta el 14 de julio 2001, y en su parte sustancial propuso la realización de un Seminario-Taller en Colombia, donde facilitaría información técnica a los funcionarios ecuatorianos. El seminario no contó con funcionarios de alto nivel técnico sino políticos de Colombia, no obstante, se obtuvieron al menos tres conclusiones importantes, contundentes y acordes a lo solicitado por el Gobierno de Ecuador: a) No se fumigará en una franja de seguridad de 8 a 10 km,

desde la línea de frontera binacional para adentro del territorio colombiano. (En esta franja se aplicarían programas de erradicación manual).b) Hacen falta investigaciones sobre los efectos del glifosato en agua, suelos, flora, fauna y en cultivos en ecosistemas compartidos. c) El programa de erradicación de cultivos ilícitos no cuenta con un Sistema de Vigilancia Epidemiológica (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, 2003).

Sin embargo, según un reporte de la Misión de Verificación, las fumigaciones en Colombia se efectuaron a menos de 10 kilómetros de la frontera con Ecuador; en algunos casos, se fumigó hasta la orilla del Río San Miguel, afectando la deriva del producto, un perjuicio grave a la población fronteriza ecuatoriana. Desde el 2001 las denuncias locales afirman que las avionetas de fumigación violaban el espacio aéreo ecuatoriano para dar la vuelta y continuar con las aspersiones. Concluyendo que no se respetó lo acordado, lo cual, de comprobarse y según Acción Ecológica (2002), supone una agresión directa a la soberanía ecuatoriana.

### **2.1.5. Contaminación de los alimentos con glifosato**

Los análisis de residuos de glifosato son complejos y costosos, por eso no son realizados rutinariamente; sin embargo, según la Comisión Científica Ecuatoriana (2007), existen investigaciones que demuestran que el glifosato puede ser tomado por las plantas y movido a las partes que se usan como alimento. Se ha encontrado residuos de glifosato en fresas, moras azules, frambuesas, lechugas, zanahoria y cebada después de que fuera aplicado (Murillo, 2002), pero no existen reportes de estudios realizados en cultivos de las zonas afectadas, en especial en el cultivo de cacao.

## **2.2. El Glifosato**

El glifosato es un herbicida sistémico no selectivo de amplio espectro, desarrollado para eliminar hierbas y arbustos, en especial los perennes. Por estas

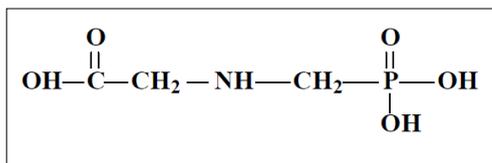
características constituye un riesgo alto para las plantas no objetivo fuera de la zona de aplicación. (Murillo, 2002).

### 2.2.1. Fórmula del Glifosato

Composición: El glifosato es un ácido, pero se usa comúnmente como sal, siendo la forma más utilizada la sal isopropilamina (IPA) de N-(fosfometil) glicina, o sal isopropilamina de glifosato.

Fórmula química:  $C_3H_8NO_5P$  (Figura 1).

**Figura 1:** Estructura química del Glifosato



**Fuente:** Documento Plan de Manejo Ambiental  
Erradicación de Cultivos Ilícitos, 2000.

Es altamente soluble en agua y prácticamente insoluble en solventes orgánicos. Por ser hidrosoluble, se lo usa mezclado a otras sustancias como solventes, coadyuvantes y demás, denominados como “ingredientes inertes”, que lo fijan a la planta para mejorar la penetración en los tejidos. Sobre estos ingredientes no se proporciona información en las etiquetas y en muchos casos son sustancias biológicas, químicas o toxicológicamente activas (Comisión Científica Ecuatoriana, 2007).

El nombre comercial más conocido de este producto es Roundup, patentado por Monsanto. Existen varias formulaciones que se caracterizan comúnmente por contener 480 g/l de sal IPA de glifosato y el surfactante POEA (polioxietil amina). POEA pertenece a la familia de alquilaminas polietoxiladas sintetizadas de ácidos grasos de origen animal. Según Kaczewer (2002), citado por la Comisión Científica Ecuatoriana (2007), reporta que el POEA tiene mayor toxicidad. El Glifosato + POEA + Cosmoflux está considerado como un organofosforado.

ROUNDUP presenta una solución viscosa de color ambarino claro, pH 4,4 a 4, 9, gravedad específica 1,17, olor tenue a amina y de categoría III, medianamente tóxico (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, 2003).

### **2.2.2. Mecanismo de acción**

El glifosato aplicado al follaje es absorbido por las hojas y se mueve rápidamente por la planta en forma sistémica. Una vez aplicado sobre las malezas, es absorbido por hojas y tallos verdes, y traslocado hacia las raíces y órganos vegetativos subterráneos, ocasionando la muerte de las mismas (Sánchez, M. 2011).

Su acción se debe a la inhibición de la enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintasa (EPSC), importante en la síntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptófano), usados en la síntesis de proteínas esenciales para el crecimiento y sobrevivencia de las plantas. También puede inhibir o reprimir la acción de otras dos enzimas involucradas en la síntesis de los aminoácidos clorismatomutasa y prefrenatohidratasa. Estas enzimas forman parte de la vía del ácido chiquímico, presente en plantas superiores y microorganismos pero no en animales. Puede afectar también otras enzimas no relacionadas con la vía del ácido chiquímico (Murillo, 2002).

### **2.2.3. Toxicidad**

De acuerdo con información de la Dirección Nacional de Estupefacientes (2000), la decisión de recomendar el glifosato obedeció a un procedimiento sistemático y científico, el cual consideró las variables ambientales y de riesgo toxicológico como elementos que rigen el criterio para su selección. Las características toxicológicas consideradas fueron las siguientes: a) baja toxicidad (categoría IV), según el ICA (Organismo Científico del Gobierno Colombiano para estos fines) y Ministerio de Salud; b) reducido potencial tóxico en humanos y animales; c) dosis letal media entre 4900-5000 miligramos por kilogramo de peso vivo. Comparativamente es menos tóxico que la aspirina, que posee una dosis letal

media de 1000 mg/kg de peso vivo; d) no posee características teratogénicas, cancerígenas o mutagénicas; e) no posee acción residual. Su vida media en el suelo es de 1 a 4 semanas como máximo; f) se bio-degrada por la acción microbiana en productos como dióxido de carbono, agua, nitrógeno y ciertos fosfatos; g) es un herbicida sistémico (actúa como vacuna), es decir, se manifiesta desde dentro de la planta; h) no es un producto volátil o corrosivo ; i) el efecto de deriva es prácticamente nulo o menor del 2% (Salomón, *et. al.*, 2005).

La Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA) reclasifica a los plaguicidas que contienen glifosato como clase II, altamente tóxicos, por ser irritantes de los ojos; sin embargo, por los resultados obtenidos de la Organización Mundial de la Salud en conejos, lo define como "fuertemente" irritante o "extremadamente" irritante, se sugiere reclasificarlo en la categoría I "extremadamente tóxico".

En Colombia el herbicida Roundup con sus ingredientes activos glifosato N-(fosfonometil) glicina (44%) + POEA (polioxietileno amina) + Cosmoflux 1% + agua (55%), está registrado dentro de la Categoría III, medianamente tóxico (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, 2003).

#### **2.2.4. Persistencia del glifosato en las plantas**

Estudios realizados para conocer el proceso de metabolización del glifosato en las plantas, con ayuda de glifosato marcado con carbono 14, demostraron que el compuesto no es metabolizado por los vegetales; este producto, al ponerse en contacto con el follaje, inmediatamente se mueve en el sistema vascular, llegando a las raíces en poco tiempo; los primeros síntomas en el follaje se observan a los cuatro o cinco días (Documento Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos, 2000).

Sobre la persistencia del glifosato en la planta, se conoce que la mayor parte del producto penetra en los tejidos y una parte queda disponible a ser arrastrada por

las lluvias por varios días después de la aplicación (World Health Organization International Program on Chemical Safety, 1994).

Cuando la planta muere, el glifosato está presente en los tejidos muertos y en descomposición, disipándose el 50% (TD50) de los desechos de las hojas, en un tiempo de 8 a 9 días, en condiciones templadas de los bosques (Feng y Thompson, 1990). Similar rapidez de disipación del glifosato ha sido observada en frutos (Stiltanen *et al.*, 1981).

Otros estudios señalan que la degradación metabólica del glifosato en la planta es mínima o nula; se ha encontrado que 90 días después de aplicado el herbicida, el 98% de la cantidad aplicada, permanece inalterada en la planta (Documento Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos, 2000).

Es probable que la disipación bajo condiciones tropicales como las de la región amazónica, sea más rápida, a diferencia de regiones templadas debido a las mayores temperaturas y humedad, las cuales promueven la actividad microbiológica y la degradación química de muchos plaguicidas.

Al respecto, al comparar el destino de los plaguicidas en condiciones tropicales y templadas, Racke, *et al.*, (1997) concluyó que existía una mayor tasa de degradación en condiciones tropicales, afirmando que: “dado que las actividades microbianas del suelo están fuertemente moduladas por la temperatura, se espera que la degradación del plaguicida sea mayor en los suelos tropicales que experimentan temperaturas más altas durante todo el año, que en los suelos templados”, explicación que es consistente con las observaciones de las altas tasas de recambio de la materia orgánica del suelo por una mayor actividad microbiana que caracteriza los ambientes tropicales.

### **2.2.5. El metabolito AMPA**

Según la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA), el metabolito AMPA no se forma en los tejidos de los vegetales y no requiere ser sometido a regulación, por consiguiente, ha recomendado se excluya de la regulación de tolerancias. El cuidado y preocupación por los residuos se refiere tan solo al glifosato (Documento Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos, 2000).

### **2.3. Producto y dosis utilizados en el Plan Colombia**

El producto y dosis del o los herbicidas utilizados en el Plan Colombia, se desconocen, sin embargo, según fuentes oficiales se fumiga un promedio de 23,66 litros (6,25 galones)/ha del herbicida Roundup con sus ingredientes activos glifosato N-(fosfonometil) glicina (44%) + POEA (polioxietileno amina) + Cosmoflux 1% + agua (55%), lo que equivale a 10,4 litros de Roundup (con POEA incluido) sin diluir, más 0,24 litros de Cosmo-Flux y 0,08 litros de Cosmo-InD, mezclados en 12,94 litros de agua (Comisión, Científica Ecuatoriana, 2007).

#### **2.3.1. Surfactantes y adherentes asociados al herbicida**

Son sustancias que se añaden al ingrediente activo de un herbicida para mejorar su eficacia y facilidad de uso. Sirven para muchos propósitos y comprenden un rango muy amplio de sustancias, que van desde solventes hasta surfactantes y modificadores del pH. La solubilidad en el agua y la naturaleza iónica del glifosato retardan su penetración a través de la cera de la cutícula de la planta. Por esta razón, el glifosato se formula comúnmente con surfactantes que disminuyen la tensión superficial de la solución e incrementan la penetración en los tejidos de las plantas (Solomon *et al.*, 2005).

### **2.3.1.1. Polioxietileno amina (POEA)**

La mayoría de productos que contienen glifosato, usan un surfactante para ayudar a penetrar en los tejidos de la planta, confiriéndole a la formulación comercial, características toxicológicas diferentes a las del glifosato sólo. En el caso de Roundup, contiene glifosato y el surfactante polioxietileno amina (POEA), sintetizado de ácidos grasos de origen animal y agua (Murillo, 2002).

POEA es un surfactante que se usa para que el glifosato pase a través de la cutícula de las plantas, ya que ésta tiene características no polares (lipofílicas), lo que dificulta la absorción del químico. Tiene una toxicidad aguda mucho mayor que la del glifosato, causa daño gastrointestinal, alteraciones del sistema nervioso central, problemas respiratorios, destrucción de los glóbulos rojos, daños al hígado y riñones, es corrosivo de ojos y fuerte irritante de piel. Además está contaminado por 1-4 dioxano, el cual ha causado cáncer y daño a hígado y riñones en humanos (Comisión Científica Ecuatoriana, 2007).

### **2.3.1.2. Cosmoflux**

Del Cosmoflux se sabe que su adición al Roundup ocasiona que este herbicida sea más tóxico. El compuesto utilizado tendría una vida media entre 60 días hasta tres años (Cox, C. 1995).

Se describe químicamente como una mezcla de aceite mineral y surfactantes especializados no iónicos con agentes de acoplamiento. El ingrediente activo es descrito como una mezcla de ésteres de Hexitan: alcoholes lineales + aryletoxilado. Contiene además isoparafinas líquidas: aceite isoparafínico de alta pureza, de muy baja fitotoxicidad, de muy bajo contenido de aromáticos y baja tensión superficial que mejora la humectabilidad, promoviendo así la eficacia de los ingredientes activos (Comisión Científica Ecuatoriana, 2007).

No forma parte de la formulación comercial, pero se le añade para aumentar el nivel de acción del herbicida. Se ha demostrado que aumenta en 4 veces el efecto del Roundup al incrementar el poder de penetración del glifosato (Comisión Científica Ecuatoriana, 2007).

#### **2.4. Cacao - Importancia**

El cacao es una fruta de origen tropical con la que se produce el chocolate. Su importancia en la economía es enorme, por ser uno de los productos más codiciados por los Europeos. Es originario de la cuenca del Amazonas, en las zonas comprendidas entre Colombia, Ecuador, Perú y Brasil (Paredes, 2009).

Para los agricultores de la Amazonía, el cacao es un cultivo importante para su economía. Es fuente primordial de empleo y de divisas. Presenta buena adaptación y desarrollo. En las zonas afectadas por la deriva de las aspersiones, ocupa una superficie significativa y fue uno de los cultivos más dañados, por cuya razón fue elegido como cultivo representativo para realizar el presente estudio.

El Ecuador ha sido por historia uno de los principales productores de cacao a escala mundial, produciendo aproximadamente el 60% de la producción mundial de esta variedad. Este producto ha tenido además importantes contribuciones para la economía nacional: siendo uno de los principales productos de exportación (tercer producto agrícola exportado), su participación dentro del PIB total promedia el 0,40% y dentro de PIB agropecuario de aproximadamente 6,7%. Según los datos del último Censo Agropecuario realizado en el año 2000, existen 243146 hectáreas de cacao, como cultivo solo y 191272 hectáreas de cultivo asociado (Quingaísa, E. y Riveros, H. 2007; Ramírez, P. 2006).

De acuerdo a datos del III Censo Nacional Agropecuario (2000), en la provincia de Sucumbíos existen 2304 ha, de cacao sin asocio y 1883 ha en asocio, para un total de 4183 ha plantadas; el 90% corresponden a variedades amazónicas (NAC) y el 10% a la variedad CCN-51. Los cantones de mayor producción son: Lago

Agrio, Gonzalo Pizarro, Putumayo, Shushufindi, Sucumbíos, Cascales y Cuyabeno.

Según Acción Ecológica (2002), en las zonas afectadas por la deriva de las aspersiones, el cacao fue uno de los cultivos más dañados, de acuerdo con las denuncias presentadas a la Defensoría del Pueblo de Lago Agrio.

## 2.5. Manejo del cultivo

A pesar de que existe buena tecnología para obtener excelentes rendimientos de cacao, los agricultores de la Amazonía, de manera general, no la utilizan por carecer de recursos económicos suficientes. Se concretan a controlar las malezas mediante aplicaciones de gramoxone (paraquat) cada 4 meses y no realizan labores de fertilización, poda, eliminación de frutos enfermos y controles fitosanitarios. Los rendimientos que obtienen siempre son bajos.

Para obtener buenos rendimientos, se recomienda realizar lo siguiente:

**2.5.1. Fertilización.** Determinar la recomendación de fertilización del cultivo mediante análisis del suelo. Los resultados del análisis muestran la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, mismos que son comparados con los niveles consignados en el Cuadro 3, y se establece la recomendación de fertilización a aplicar.

**Cuadro 3.** Recomendación para la fertilización del cultivo de cacao, de árboles en producción.

Análisis	Kg/ha/año		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Bajo	125	63	188
Medio	94	31	94
Alto	75	19	0

Fuente: INIAP, 2002

Para plantas en producción, en lugar de análisis químico de suelos se recomienda el análisis foliar de las hojas No. 4 a partir del ápice de las ramas terciarias.

La dosis recomendada se debe dividir para aplicar de la siguiente forma: 2/3 partes de fosforo y 1/2 de nitrógeno y el potasio después de las primeras lluvias; el otro 1/3 del fosforo y la otra media de nitrógeno y de potasio 2 meses después de la primera aplicación. Sin embargo, en los huertos ubicados en suelos sueltos podría resultar más conveniente dividir las dosis de nitrógeno y potasio para un mayor número de aplicaciones (INIAP, 2002).

Es necesario fraccionar las dosis determinadas en dos aplicaciones al año a intervalos semestrales. La aplicación de los fertilizantes se realiza al voleo y cubriendo un radio de 0,5 m alrededor del árbol de 6 meses de edad en campo, a 1,0 m de radio desde los seis meses hasta los dos años; a 1,50 m de radio desde el tercer al quinto año. El fertilizante se aplica en círculo alrededor de las plantas en áreas de poca pendiente siempre que se haya eliminado las malezas en torno del árbol y debe quedar tapado con la hojarasca del mismo cacao (Ministerio de Agricultura, 2004; Sullca, B. 2011).

**2.5.2. Podas.** Es una técnica que consiste en eliminar todos los chupones y ramas innecesarias, así como las partes enfermas y muertas del árbol. La poda ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y producción del cacaotero ya que se limita la altura de los árboles y se disminuye la incidencia de plagas y enfermedades. Existen cuatro tipos de podas en cacao: podas de formación, fitosanitarias, rehabilitación y de mantenimiento (Guerrero, 2001; Paredes, N. 2009).

**2.5.3. Control de malezas.** Las malezas compiten con las plantas por los recursos limitados, tales como nutrientes y agua. La competencia resulta regularmente en reducciones del crecimiento de los árboles, el nivel de nitrógeno en las hojas, el potencial de agua, la calidad y rendimiento de las frutas también disminuye (Albuja, M. 2008).

El machete o la moto guadaña permiten cortar las malezas al ras del suelo sin dañar las raíces de los árboles que se encuentran superficialmente. La planta de cacao como cualquier otro cultivo, es muy sensible a la presencia de malas hierbas, principalmente durante la fase de crecimiento. Por lo tanto, es fundamental mantener la plantación siempre libre de malezas. Dependiendo de la zona, se aconseja realizar mínimo 4 deshierbas por año (Sullca, B. 2011; Ministerio de Agricultura, 2004).

**2.5.4. Plagas y enfermedades.** Las principales plagas del cacao en la Amazonía son las hormigas (*Atta spp*) y la mosquilla del cacao (*Monalonium spp*); para su control se recomienda la destrucción de los nidos y la aplicación de insecticidas específicos.

Las principales enfermedades del cacao son: la escoba de bruja (*Crinipellis perniciosa*), moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora spp.*), para su control se recomienda eliminar periódicamente los órganos enfermos y realizar aspersiones periódicas de fungicidas a base de cobre; además de prácticas agronómicas adecuadas y oportunas para obtener altos rendimientos (Ayala, M. 2008; Ministerio de Agricultura, 2004; Paredes, N. 2009).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del área donde se realizó el experimento

El sitio del experimento se localiza en:

Provincia:	Sucumbíos
Cantón:	Cáscales
Parroquia:	Jambelí
Sector:	Malvinas 2
Lugar:	Finca “La Edita”
Coordenadas UTM:	X = 266587 Este Y = 10017939 Norte
Datum:	WGS 84
Zona:	18 S
Altitud	394 msnm.
Temperatura media anual	22-24 ° C*
Precipitación	2000-2500mm.*
Tipo de Clima:	Cálido Húmedo (Cañadas,1983)
Zona de vida:	bosque húmedo tropical (bh-T) (Holdridge,1977)

\*Datos INAMHI ,2008.

La investigación se realizó de diciembre 2010 a octubre 2011, en la finca La Edita, sector Malvinas 2, parroquia Jambelí, cantón Cascales, Provincia de Sucumbíos (Anexo 1) y se complementó con análisis de muestras de tejido vegetal en el laboratorio de toxicología del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, localizado en el cantón Quito, provincia de Pichincha.

### 3.2. Factor en estudio

Herbicida Roundup<sub>SL</sub> (glifosato 48%) + POEA (surfactante: polioxietileno-amina) + adherente Cosmo-flux 411F 1% + agua 51%.

### 3.3. Tratamientos:

Se evaluaron 7 tratamientos: 5 dosis del herbicida: (Roundup (glifosato 48%) + POEA (surfactante: polioxietileno-amina) + adherente Cosmo-flux 411F 1% + agua 51%) con manejo técnico del cultivo; más 2 testigos: testigo 1 sin aplicación del herbicida+ manejo técnico del cultivo y testigo 2 sin aplicación del herbicida+ manejo del agricultor (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Tratamientos evaluados para determinar el efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao. Sucumbíos, 2011.

No.	Código	Descripción		
		Dosis de glifosato (galones/ha)	+ (cc/árbol)	Manejo del cultivo
1	T1	6,25*	38,0	Técnico
2	T2	4,69	29,0	Técnico
3	T3	3,12	19,0	Técnico
4	T4	1,57	10,0	Técnico
5	T5	0,63**	4,0	Técnico
6	T6	0,00	0,0	Técnico
7	T7	0,00	0,0	Del agricultor

\* = dosis utilizada en el Plan Colombia

\*\* = dosis de uso agrícola

### 3.4. Unidad experimental

Como unidad experimental se consideró un árbol de cacao de la variedad CCN-51, de 5 años de edad, en producción y de 5 m de altura en promedio.

### 3.5. Características del experimento

Tratamientos	7
Repeticiones	4
Unidades experimentales	28
Unidad experimental	un árbol de cacao (4,0 m x 4,0 m = 16 m <sup>2</sup> )
Área del experimento	782 m <sup>2</sup>

### 3.6. Diseño Experimental

Los tratamientos fueron evaluados bajo el diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con 4 repeticiones (Anexo2).

### 3.7. Análisis Estadístico

#### Esquema del análisis de varianza

Fuentes de Variación	G.L.
Total	27
Tratamientos	6
Repeticiones	3
Error	18

Para comparar los promedios de los tratamientos, en las variables que presentaron diferencias estadísticas, se utilizó la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### **3.8. Variables y métodos de evaluación**

#### **3.8.1. Defoliación y apariencia de los árboles**

A los 7 días de la aplicación del herbicida y cada 15 días, hasta los 180, se registraron datos de defoliación en porcentaje. Con los datos se elaboró una curva de tendencia y solamente los datos de la última lectura fueron analizados estadísticamente. A los 180 días se registraron datos de apariencia de los árboles (normal, en recuperación y muerto).

#### **3.8.2. Rendimiento**

Antes y después de la aplicación del herbicida, se realizaron cosechas mensuales, registrando el número de mazorcas maduras sanas y enfermas, su peso y el peso del grano seco en kg, hasta los 180 días. Posteriormente, la suma de las cosechas mensuales fue expresada en mazorcas/ha, en número de mazorcas/ha, en peso de mazorcas en toneladas/ha, peso del grano seco en toneladas/ha y en sacos de 45 kg de grano seco/ha.

Adicionalmente, para conocer la rentabilidad de los dos sistemas de manejo del cultivo de cacao, se realizó un análisis económico de los tratamientos T6 y T7 mediante la metodología de análisis de presupuesto parcial indicada por el CIMMYT (1998). Para medir cómo los beneficios netos aumentaron en los tratamientos (costo/beneficio), se calculó la tasa de retorno marginal. Para el análisis económico de los tratamientos se estableció el costo de cada uno, para lo cual, como costos que varían fueron considerados: el número de jornales utilizados en las labores culturales, número y costo de los controles sanitarios realizados, costo de los fertilizantes químicos y foliares y el número de jornales para la aplicación (Anexos 17 y 18).

### **3.8.3. Presencia de glifosato y AMPA en el árbol**

Por cada tratamiento, se tomaron muestras compuestas de las 4 repeticiones, de tejido de hojas, tallo, frutos y raíces, a los 7 y 180 días de la aplicación del herbicida.

Las muestras fueron analizadas para determinar la presencia del glifosato y AMPA, en el tejido vegetal de los sustratos. Para esto, se utilizó un cromatógrafo líquido Varian modelo 9010 (equipado con Derivatizador Post- columna PICKERING PCX 5200, detector de fluorescencia SHIMADZU modelo RF-551 y un integrador Hewlett Packard modelo HP 3392 serie II) y la metodología que propuso la Inspectoría general para la salud y la protección del Ministerio de Salud Pública de Holanda, implementada en el laboratorio de Eco toxicología del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. La presencia de glifosato y AMPA se expresó en mg/kg.

### **3.9. Manejo específico del experimento**

En la finca “La Edita”, en una plantación de cacao variedad CCN-51, sembrada a tres bolillo a una distancia de 4 m x 4 m, 44 árboles fueron seleccionados, de los cuales, 40 recibieron un manejo técnico y los cuatro restantes, manejo del agricultor.

**3.9.1. Manejo técnico.** El manejo técnico consistió en realizar las siguientes labores culturales: control de malezas, fertilización, podas, eliminación de mazorcas enfermas y controles fitosanitarios. Las labores se iniciaron 5 meses antes de aplicar los tratamientos del herbicida con el propósito de contar con árboles uniformes y vigorosos.

Las malezas fueron controladas cada 60 días con moto guadaña al ras del suelo sin dañar las raíces de los árboles.

Para determinar la recomendación de fertilización, 20 sub muestras de suelo fueron tomadas alrededor de la corona de los árboles, hasta cubrir toda el área del terreno; las sub muestras fueron mezcladas y se tomó una muestra de 1 kg para su análisis en el Departamento de Suelos y Aguas de la E. E. Santa Catalina del INIAP (Anexo 3). La recomendación de fertilización fue: 94, 63, 188 kg/ha/año de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente.

En los 10 meses de duración del experimento, la recomendación de fertilización (Cuadros 5.1 y 5.2) (fuentes, dosis y fraccionamiento) fue aplicada según el cronograma del Cuadro 5.3. Los fertilizantes fueron colocados al voleo, en el tercio central de la corona de los árboles, cubriendo un radio de 1,50 m aproximadamente. Adicionalmente se aplicó el fertilizante foliar Poliverdol, en dosis de 2,5cc/l, en prefloración y de Agro cacao en dosis de 2,5 cc/l, para desarrollo de frutos.

**Cuadro 5.1.** Recomendación de fertilización determinada para el cultivo de cacao

Kg/ha/año		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
94	63	188

Fuente: INIAP, 2002.

**Cuadro 5.2.** Cantidad de elemento puro aplicado en el cultivo de cacao

Fertilizaciones	(kg/ha)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1era.	32	11	34
2da.	7	33	0
	55	0	0
	0	0	14
	0	0	15
3ra.	10	20	8
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>64</b>	<b>70</b>

**Cuadro 5.3.** Cronograma de fertilización para el cultivo de cacao (2010 -2011)

Fuentes de fertilizantes	Dosis (kg/árbol)	Fraccionamiento No	FECHAS DE APLICACIÓN Y DOSIS DE LOS FERTILIZANTES (kg/árbol)																											
			DIC 2010				FEB 2011				MAR 2011				ABR 2011				MAY 2011				JUN 2011				JUL 2011			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
17-6-18-2	0,300	1			0,3																									
11-52-0	0,100	2					0,05					0,05																		
Urea	0,191	4					0,05		0,05			0,05		0,05																
Sulpomag	0,109	2					0,05					0,05																		
Muriato de potasio	0,037	2					0,02					0,02																		
13 - 26 -10 -3	0,120	1																											0,12	

**-Podas.** Se realizaron podas de mantenimiento y sanitarias. La primera se efectuó cada 180 días y consistió en eliminar las partes poco productivas o innecesarias de los árboles para estimular el desarrollo vegetativo de forma equilibrada con los puntos productivos. Las segundas se llevaron a cabo cada 30 días y consistieron en eliminar ramas y follaje afectado por enfermedades e insectos plagas.

Los controles sanitarios fueron: para insectos se realizaron aspersiones alternadas de Zero 5EC (Lambda-cyhalothrin), en dosis de 2 cc/l de agua y Bulldock 25 SC (Betaciflutrin), 3,5 cc/l, en mezcla con Ecuafix (fijador), 1 cc/l. Para el control de monilla (*Moniliophthora roreri*) se realizaron aspersiones de Cobre Fix 24 (sulfato de cobre pentahidratado), 2cc/l. Además, se realizaron monitoreos permanentes de eliminación de frutos enfermos de monilia.

**3.9.2. Manejo del agricultor.** Las malezas fueron controladas mediante aplicaciones de gramoxone (paraquat) cada 4 meses y no se realizaron labores de fertilización, poda, eliminación de frutos y controles fitosanitarios.

**3.9.3. Cálculo de las dosis del herbicida Roundup<sub>SL</sub> glifosato (48%) + POEA (surfactante), el adherente Cosmo-flux 411F 1% y el volumen de agua (51%).**

En el experimento, el herbicida utilizado fue Roundup<sub>SL</sub> (glifosato (48%) + POEA surfactante). Para el cálculo de la dosis de herbicida de cada tratamiento, se consideró la dosis de 6,25 gl de herbicida/ha utilizada en las fumigaciones aéreas del Plan Colombia. De esta dosis, se calculó la cantidad de herbicida/m<sup>2</sup>, que fue 2,37 cc/Roundup<sub>SL</sub>/m<sup>2</sup>. Luego este valor fue multiplicado por 16 m<sup>2</sup> que fue el área estimada ocupada por un árbol de cacao de la variedad CCN-51 de 5 años de edad y 5 m de altura, dando como resultado 38 cc de Roundup<sub>SL</sub>/16 m<sup>2</sup>. A continuación, se determinó el volumen promedio de agua requerido para mojar el follaje de un árbol de cacao, determinándose 1200 cc. Después de esto se calculó la cantidad de Cosmo-flux, para lo cual se utilizó la dosis de 1% del producto recomendada en la etiqueta del envase, determinando, en promedio, 12 cc de Cosmo-flux/1200 cc del volumen total de la mezcla. Finalmente se preparó la

mezcla de Roundup<sub>SL</sub> + Cosmo-flux en las dosis consideradas en los tratamientos (Cuadro 6), las cuales fueron aplicadas con una bomba manual de mochila y boquilla de aspersión cónica.

**Cuadro 6.** Cantidad de cada componente para obtener el volumen de la mezcla asperjada en un árbol de cacao, según los tratamientos considerados.

Tratamientos	Roundup <sub>SL</sub> (glifosato+POEA)	Cosmo-flux	Agua	Volumen mezcla total
	c.c./árbol			
T1 (6,25 gl/ha)	38	12	1150	1200
T2 (4,69 gl/ha)	29	12	1159	1200
T3 (3,12 gl/ha)	19	12	1169	1200
T4 (1,57 gl/ha)	10	12	1178	1200
T5 (0,63 gl/ha)	4	12	1184	1200
T6 (0,00 gl/ha)	0	0	0	0
T7 (0,00 gl/ha)	0	0	0	0

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el cuadro 7, constan datos de producción y sanidad de las mazorcas de 40 árboles de cacao manejados técnicamente y 4 con manejo del agricultor, por 5 meses para disponer de árboles uniformes y vigorosos, antes de aplicar los tratamientos de glifosato. En este Cuadro se observa que los árboles con manejo técnico registran 18776 mazorcas/ha en promedio, más que con manejo del agricultor de 12812 mazorcas/ha. Estos valores guardan relación con el número de mazorcas cosechadas, 6328,7 con el primero y 2190 mazorcas/ha en el segundo manejo y también con el rendimiento en peso, 4,38 y 1,8 t/ha de mazorcas, respectivamente y de 15,88 y 7,6 sacos de grano seco/ha, en su orden, con un ingreso bruto de USD 2383,3 y 1113, respectivamente (Cuadro 7). Estos resultados muestran que el manejo técnico del cultivo permitió, en los 5 meses, incrementar en 100% el rendimiento de grano seco (15,88 sacos con manejo técnico y 7,6 sacos de 45 kg/ha de grano seco con manejo tradicional del agricultor) y el ingreso bruto (2383,33 y 1133 USD/ha con manejo técnico y manejo tradicional del agricultor, respectivamente).

En cuanto a sanidad de las mazorcas, el manejo técnico y el manejo del agricultor registraron 14375,03 y 5000 mazorcas sanas de monilia/ha, respectivamente, estableciéndose que el primero permitió un control adecuado de esta enfermedad en los 5 meses de cultivo (Cuadro 7).

Estos resultados muestran que el manejo técnico del cultivo, permitió, por una parte, incrementar la producción y la sanidad del cacao, y por otra, uniformizar las plantas en cuanto a desarrollo y vigor (Fotografías: 1, 5, 9, 13, 17, 21). Según la

prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) realizada a las variables número de mazorcas totales, sanas y enfermas, ubicó a los valores de los árboles con manejo técnico en el rango “a” y aquellos con manejo agricultor, en el rango “b” (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Número de mazorcas totales producidas, sanas, enfermas, mazorcas cosechadas totales, peso mazorcas cosechadas, peso del grano seco y el peso del grano seco en sacos de 45 kg/ha con manejo técnico y del agricultor, registrado antes de aplicar los tratamientos de glifosato en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 5 meses). Sucumbíos, 2010-2011. ( $n = 4$ ).

Parcelas con manejo:	Número de mazorcas/ha				Peso de la mazorca (t/ha)	Peso del grano seco (t/ha)	Peso del grano seco (sacos 45 kg/ha)	Ingreso bruto (USD/ha)
	Total	Sanas	Enfermas	Cosechadas				
Técnico	24843,8 a	19687,5 a	5156,3 b	7656,3	4,8	0,84	18,7	2800
Técnico	20312,5 ab	16406,3 a	3906,3 bc	8281,3	5,3	0,78	17,3	2600
Técnico	18281,3 ab	13750,0 ab	4531,3 bc	6093,8	4,6	0,66	14,7	2200
Técnico	17968,8 ab	11718,8 ab	6093,8 ab	5937,5	4,5	0,69	15,3	2300
Técnico	16562,5 ab	13906,3 ab	2656,3 c	7031,3	4,8	0,77	17,1	2567
Técnico	14687,5 ab	10781,3 ab	3906,3 bc	2968,8	2,3	0,55	12,2	1833
Agricultor	12812,5 b	5000,0 b	7812,5 a	2190	1,8	0,34	7,6	1133
<b>Promedio manejo técnico</b>	18776,07	14375,03	4375,05	6328,17	4,38	0,72	15,88	2383,33
<b>CV %</b>	24,75	34,69	20,26	90,62	85,96	69,44	69,44	69,44

#### 4.1. Defoliación y apariencia de los árboles

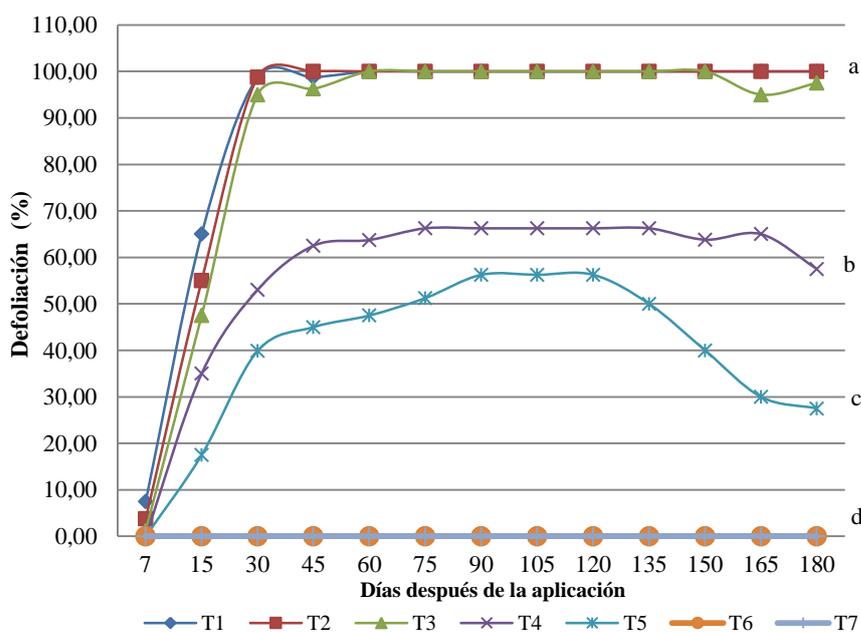
En el Grafico 1, los tratamientos T1 (6,25 gl del herbicida/ha con manejo técnico), T2 (4,69 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T3 (3,12 gl del herbicida/ha con manejo técnico), a los 30 días de su aplicación, causaron 100% de defoliación a los árboles de cacao, daño que se mantuvo hasta los 180 días de evaluación donde se determinó la muerte de los mismos (Gráfico 1 y Fotografías: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12).

Por su parte, el tratamiento T4 (1,57 gl del herbicida/ha con manejo técnico), registra 66,25% de defoliación a los 90 días de la aplicación y 57,5% a los 180

días, observándose una ligera recuperación del follaje (Gráfico 1 y Fotografías: 13,14, 15 y 16).

A su vez, el tratamiento T5 (0,63 gl del herbicida/ha con manejo técnico) registra 56,25% de defoliación a los 90 días de la aplicación y 27,5%, a los 180, observándose una mejor recuperación del follaje del árbol en relación al tratamiento 4 (Gráfico 1 y Fotografías: 17, 18, 19 y 20).

**Gráfico 1.** Curvas de defoliación de los árboles de cacao generadas por los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 6 meses). Sucumbíos, 2010-2011.

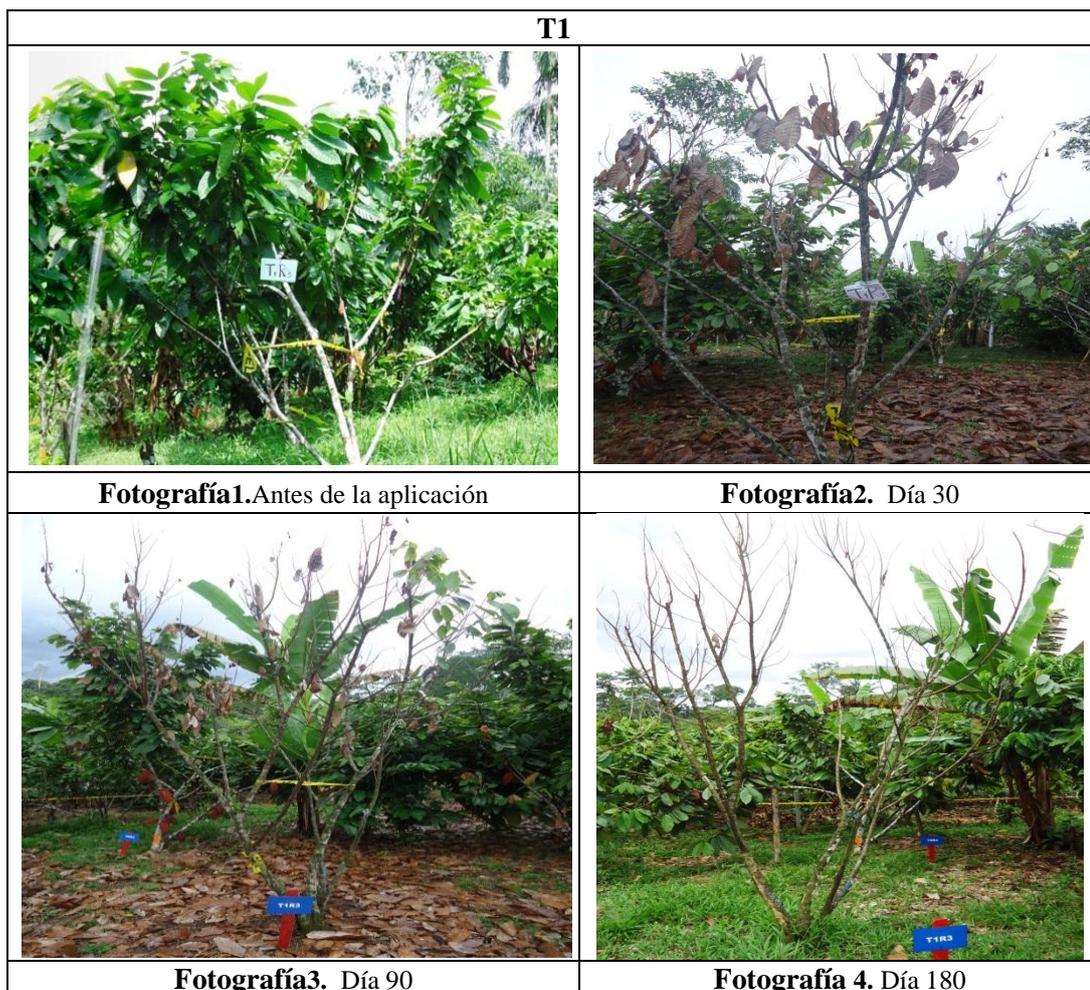


En cambio, los tratamientos T6 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T7 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo del agricultor) no registraron defoliación, es decir, los árboles presentaron un desarrollo normal (Gráfico 1 y Fotografías: 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 28).

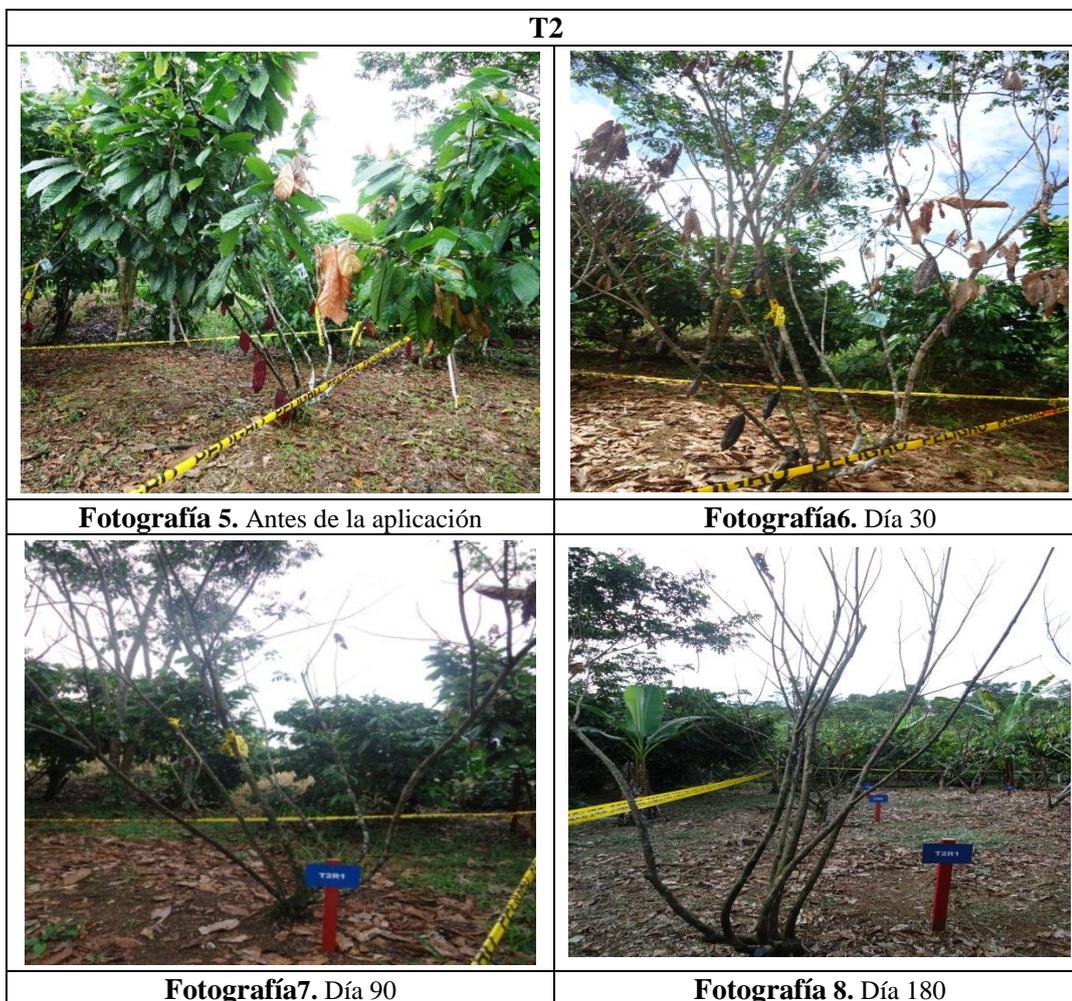
El análisis de varianza realizado para la última lectura de defoliación, detectó diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ), diferencias que fueron

corroboradas por la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) que determinó cuatro rangos: en el “a” se ubicaron los tratamientos T1 (6,25 gl del herbicida/ha con manejo técnico), T2 (4,69 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T3 (3,12 gl del herbicida/ha con manejo técnico), con 100% de defoliación, en el “b”, el T4 (1,57 gl del herbicida/ha con manejo técnico) con 57,5%, en el “c” el T5 (0,63 gl del herbicida/ha con manejo técnico) con 27,5% y en el “d”, los tratamientos T6 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T7 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo del agricultor) con 0% de defoliación.

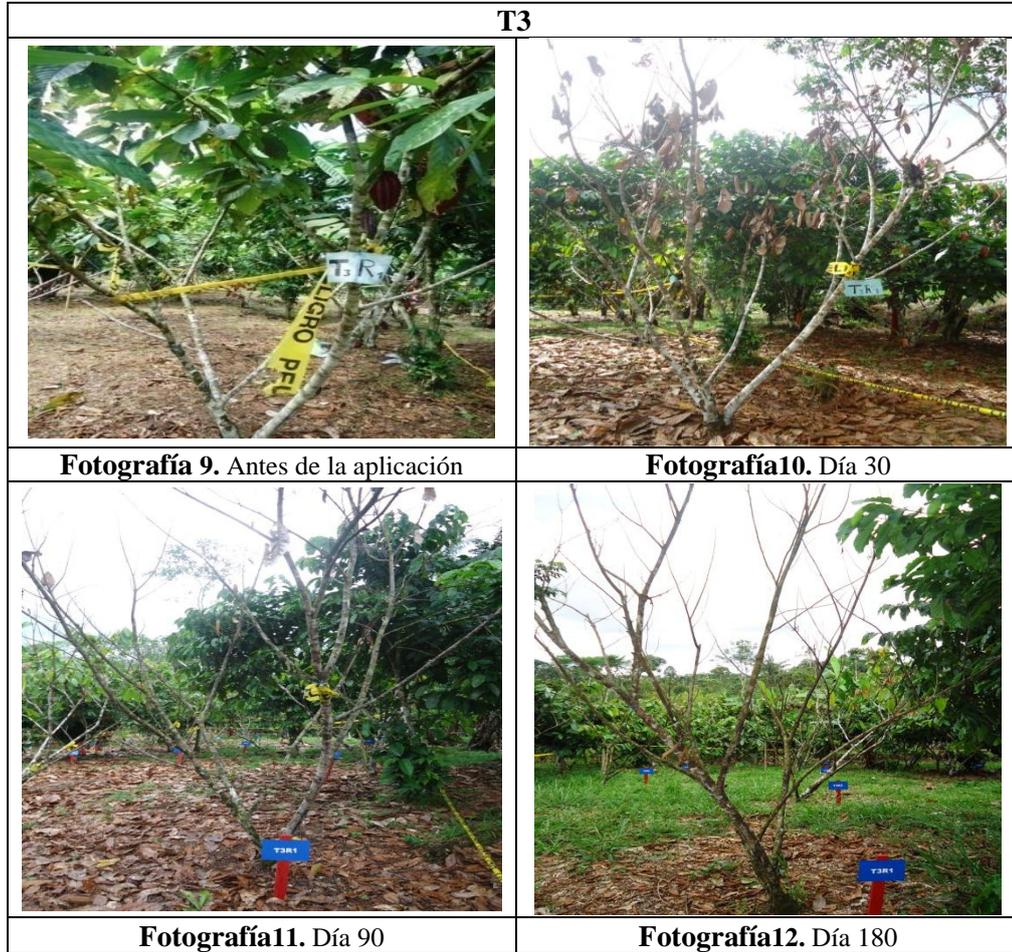
**Fotografías:** 1, 2, 3 y 4. Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T1 (6,25 gl del herbicida/ha con manejo técnico), en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2010-2011.



**Fotografías:** 5, 6, 7 y 8. Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T2 (4,69 gl del herbicida/ha con manejo técnico), en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2010-2011.



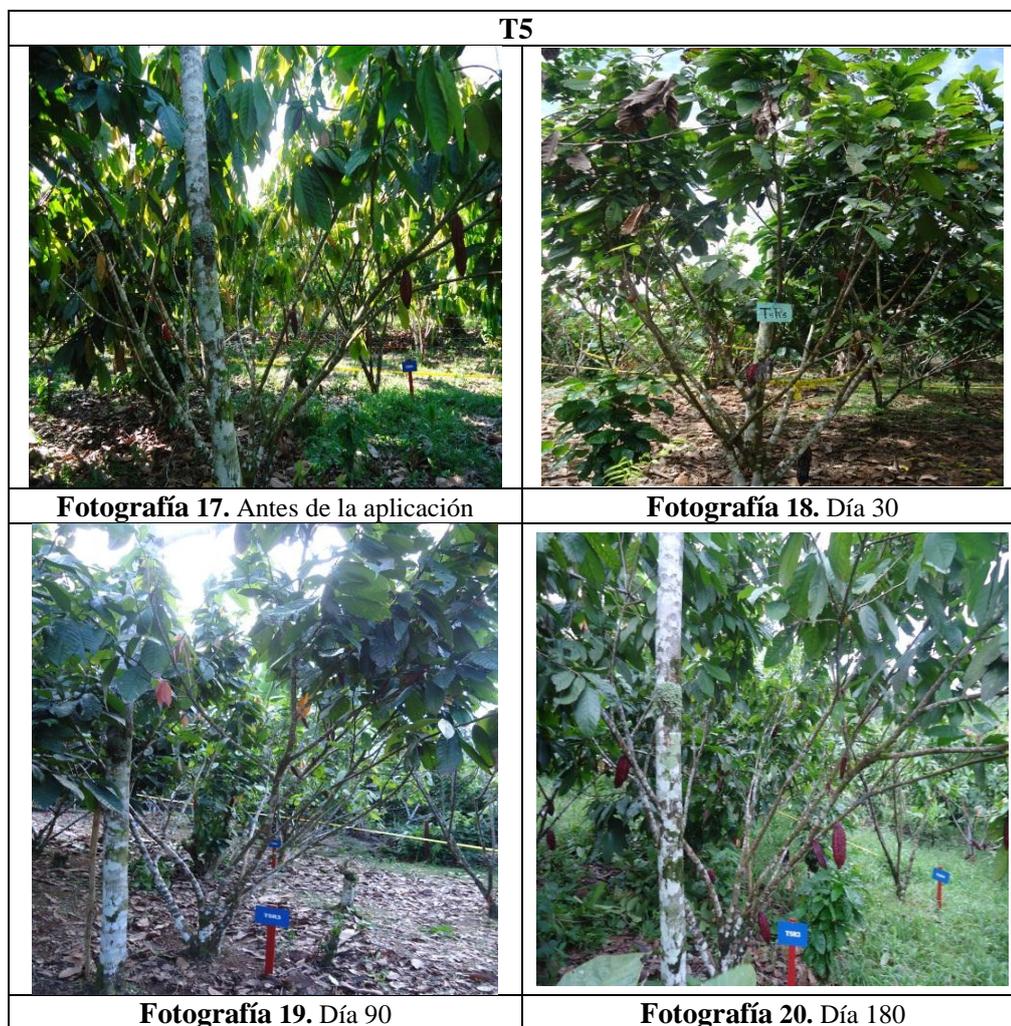
**Fotografías:** 9, 10, 11 y 12. Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T3 (3,12 gl del herbicida/ha con manejo técnico), en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2010-2011.



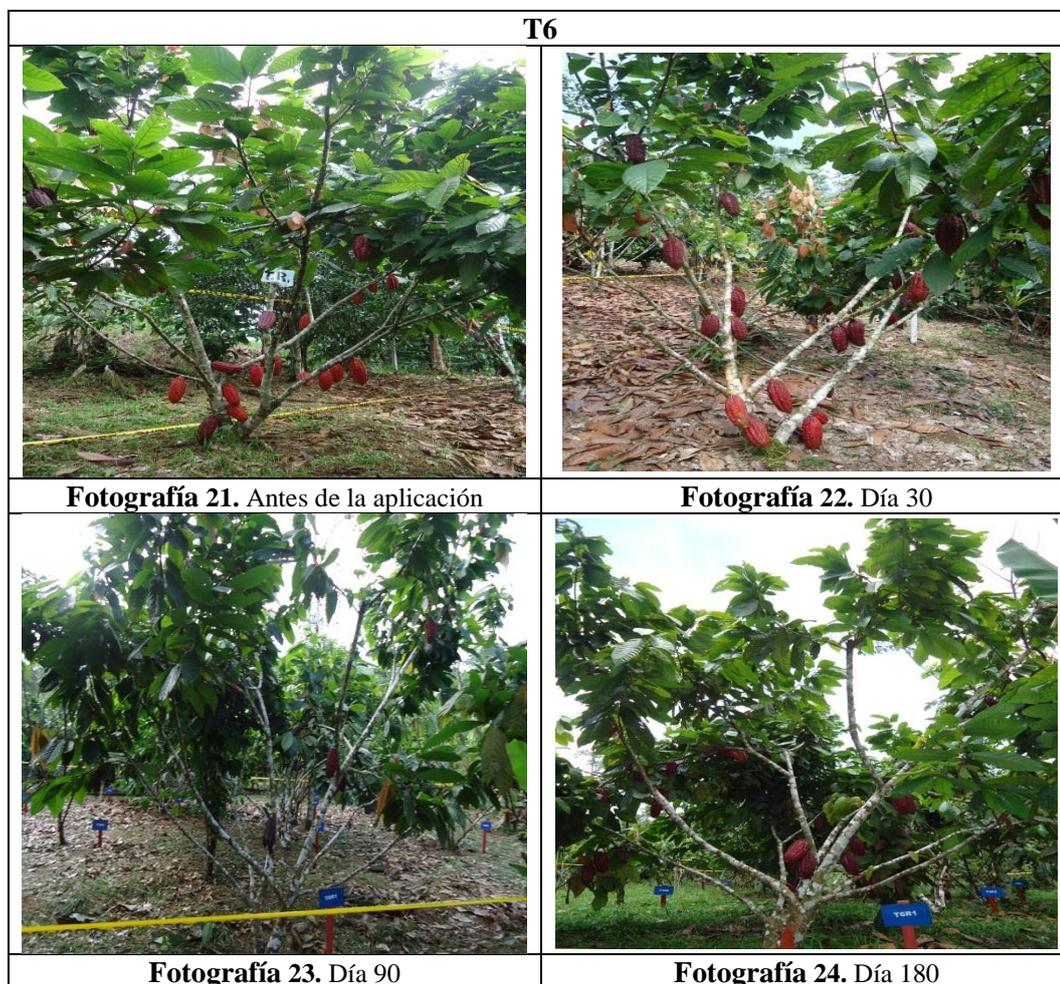
**Fotografías:** 13, 14, 15 y 16. Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T4 (1,57 gl del herbicida/ha con manejo técnico), en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2010-2011.

<b>T4</b>	
	
<b>Fotografía 13.</b> Antes de la aplicación	<b>Fotografía 14.</b> Día 30
	
<b>Fotografía 15.</b> Día 90	<b>Fotografía 16.</b> Día 180

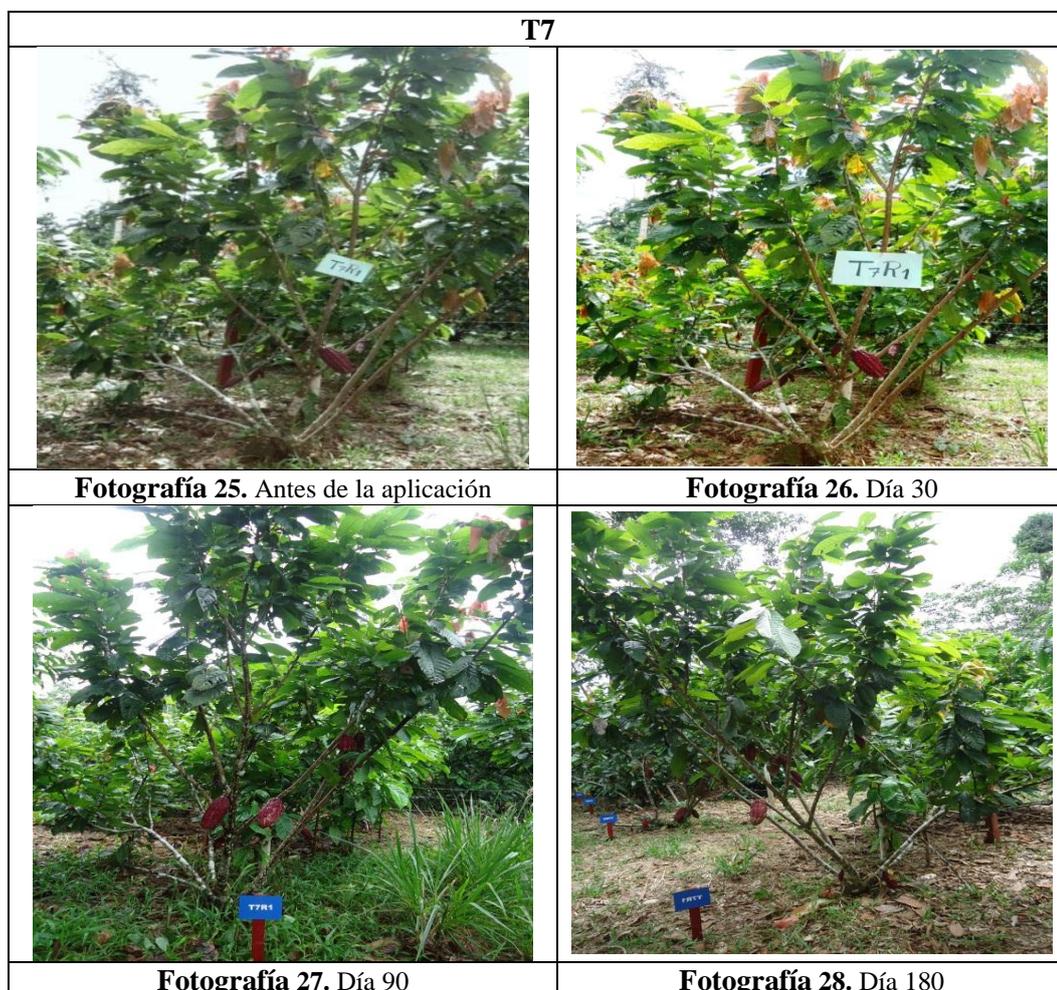
**Fotografías:** 17, 18, 19 y 20. Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T5 (0,63 gl del herbicida/ha con manejo técnico), en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2010-2011.



**Fotografías:** 21, 22, 23 y 24. Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T6 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo técnico), en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2010-2011.



**Fotografías:** 25, 26, 27 y 28. Aspecto de los árboles antes y después de aplicar el tratamiento T7 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo del agricultor), en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2010-2011.

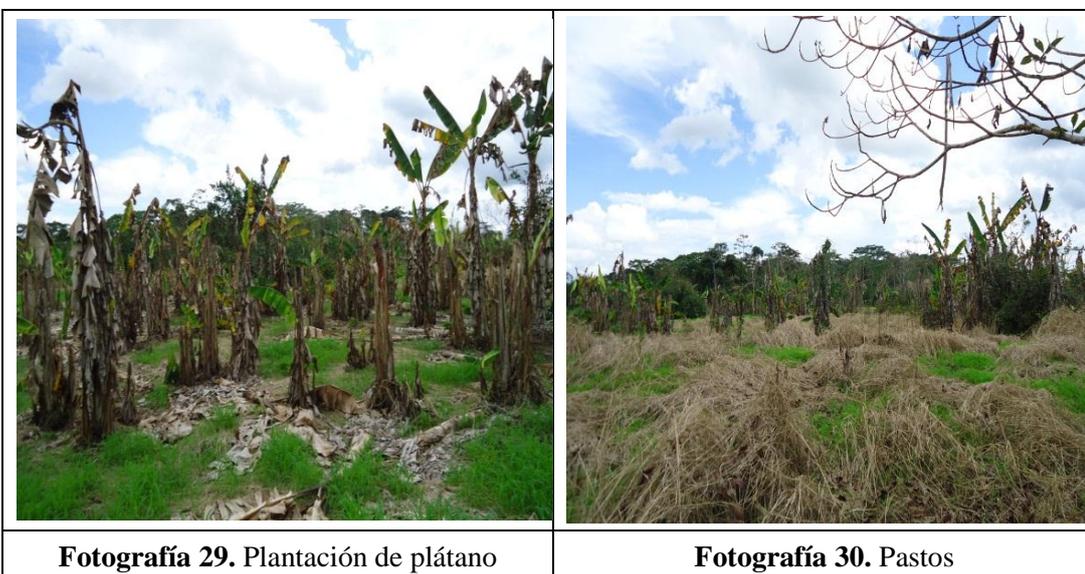


De acuerdo con los resultados obtenidos, se deduce que si una plantación de cacao es expuesta a las dosis de glifosato de los tratamientos T1 (6,25 gl del herbicida/ha con manejo técnico), T2 (4,69 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T3 (3,12 gl del herbicida/ha con manejo técnico), los árboles presentarán follaje clorótico, luego necrosis de los tejidos de las hojas, seguida por defoliación completa y finalmente la muerte a los 30 días; si una plantación es expuesta a las dosis de los tratamientos T4 (1,57 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T5 (0,63 gl del herbicida/ha con manejo técnico), los árboles se

defoliarán hasta un 60%, en promedio, y luego, a los 180 días presentarán una tendencia a recuperar follaje, pero no alcanzarán un desarrollo y producción normales (Gráfico 1 y Cuadro 9), es decir, el cultivo de cacao será afectado significativamente hasta con dosis bajas de glifosato.

Ante estos resultados y habiendo observado plantaciones de plátano y de pastos, con similares síntomas, que habían sido rociadas directamente, 15 días antes de visitar el sector La Hormiga del Departamento de Putumayo-Colombia (Fotografías: 29 y 30), es fácil deducir que las pérdidas serían de 100% y que similar situación habrían sufrido estos cultivos en comunidades de las parroquias de General Farfán, Nueva Loja, Pacayacu, Dureno y Tarapoa, en Sucumbíos, Ecuador.

**Fotografías:** 29 y 30. Cultivos de plátano y pasto, 15 días después de recibir aspersión directa de glifosato, en el sector La Hormiga del Departamento de Putumayo-Colombia, el 15-07-2011.



## 4.2. Rendimiento

El análisis de varianza realizado para las variables: mazorcas totales producidas, sanas, enfermas, cosechadas, peso mazorcas cosechadas y peso de grano seco, detectó diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ) para número de mazorcas enfermas y diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para el resto de variables (Cuadro 8), diferencias que fueron corroboradas por la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 9).

En el Cuadro 9, se observa que el tratamiento T6 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo técnico), se ubica en el primero rango “a” con valores máximos en todas las variables (52656,3 mazorcas producidas, 39843,3 mazorcas sanas, 18593,8 mazorcas cosechadas con un peso de 15,5 t y 37,8 sacos de 45 kg de grano seco/ha), excepto en la variable mazorcas enfermas con 12812,5/ha que comparte con el rango “b”.

Por su parte, el tratamiento T7 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo del agricultor), se ubica en el rango “b” con valores menores al anterior en todas las variables (21250,0 mazorcas producidas, 4062,5 mazorcas sanas, 17187,5 mazorcas enfermas, 6562,5 mazorcas cosechadas con un peso de 4,8 t y 11,1 sacos de 45 kg de grano seco/ha. Este tratamiento comparte el rango con el tratamiento T5 (0,63 gl del herbicida/ha) (Cuadro 9).

A su vez, los tratamientos T4 (1,57 gl del herbicida/ha con manejo técnico), T3 (3,12 gl del herbicida/ha con manejo técnico), T2 (4,69 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T1 (6,25 gl del herbicida/ha con manejo técnico), se ubican en el rango “c” con valores de rendimiento, de bajos a cero, en todos los componentes del rendimiento (Cuadro 9).

Con los datos de rendimiento obtenidos en los tratamientos T6 y T7, se puede concluir que el manejo técnico del cultivo, permite incrementar en 340% la producción con un beneficio bruto de 5667,0 USD/ha y la sanidad del cacao, en

relación al manejo del agricultor que obtiene un beneficio neto de 1667,0 USD/ha (Cuadro 10) y menor sanidad de las mazorcas.

En cambio, los datos de rendimiento de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, permiten concluir que si una plantación de cacao recibe el impacto directo de una fumigación con la dosis de glifosato utilizada en el plan Colombia, esta será aniquilada; y si es afectada por dosis bajas de glifosato mediante deriva de la fumigación, los árboles no morirán, presentaran tendencia a recuperarse lentamente, pero sus rendimientos serán afectados significativamente con beneficios netos de 300,0 y 600,0 USD/ha, respectivamente, en comparación con los tratamientos T6 y T7 con beneficios bruto de 5667,0 y 1667,0 USD/ha, en su orden. En otras palabras las pérdidas serán de 89,4 a 100% (Cuadro 10).

Con base a los datos obtenidos, en las comunidades de las parroquias de General Farfán, Nueva Loja, Pacayacu, Dureno y Tarapoa, en Sucumbíos, donde se reportaron 79 ha de cacao afectadas (Acción Ecológica, 2002), se estima que las pérdidas económicas por aspersion directa serían, 767473,7 USD/79ha/año + 2687,00 USD/ha/año de costos de producción (Anexo 17) = 770160,7 USD. Por deriva, se estiman pérdidas monetarias de 686122,3 USD/79ha/año + 2687,00 USD/ha/año de costos de producción = 688809,3 USD y de 726845,1 USD/79ha/año + 2687,00 USD/ha/año de costos de producción=729532,1 USD.

Los resultados obtenidos permiten rechazar la hipótesis nula de que el glifosato no causa daño foliar y pérdidas de producción significativas a corto y mediano plazo al cultivo de cacao y aceptar la hipótesis alternativa de que el glifosato si causa daño foliar y pérdidas de producción significativas a corto y mediano plazo al cultivo de cacao.

**Cuadro 8.** Análisis de varianza de las variables mazorcas totales producidas, sanas, enfermas, mazorcas cosechadas, peso mazorcas cosechadas, peso del grano seco y el peso del grano seco en sacos de 45 kg/ha de los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 7 meses). Sucumbíos, 2011.

Variables	Fuentes	g.l.	CM	F Cal.	F Tab.	
					(<0,05)	(<0,01)
<b>Mazorcas totales producidas</b>	Tratamientos	6	1430938430,06	42,03**	2,66	4,01
	Repeticiones	3	55822172,62	1,64 n.s.	3,16	5,09
	Error	18	34044828,87			
	C.V.(%)		40,22			
Media (mazorcas/ha)		14508,93				
<b>Mazorcas sanas</b>	Tratamientos	6	826650855,65	62,67**	2,66	4,01
	Repeticiones	3	28348214,29	2,15 n.s.	3,16	5,09
	Error	18	13189794,15			
	C.V.(%)		46,08			
Media (mazorcas/ha)		7767,86				
<b>Mazorcas enfermas</b>	Tratamientos	6	85086495,54	5,31*	2,66	4,01
	Repeticiones	3	8979724,70	0,56 n.s.	3,16	5,09
	Error	18	16032676,09			
	C.V.(%)		43,02			
Media (mazorcas/ha)		9308,04				
<b>Mazorcas cosechadas</b>	Tratamientos	6	187090773,81	38,39**	2,66	4,01
	Repeticiones	3	1911272,32	0,39 n.s.	3,16	5,09
	Error	18	4873511,90			
	C.V.(%)		54,64			
Media (mazorcas /ha)		4040,18				
<b>Peso de las mazorcas cosechadas</b>	Tratamientos	6	129,57	50,45**	2,66	4,01
	Repeticiones	3	1,98	0,77 n.s.	3,16	5,09
	Error	18	2,57			
	C.V.(%)		49,18			
Media (t/ha)		3,26				
<b>Peso del grano seco</b>	Tratamientos	6	754,529	51,17**	2,66	4,01
	Repeticiones	3	9,409	0,64 n.s.	3,16	5,09
	Error	18				
	C.V.(%)		48,22			
Media (t/ha)		0,36				
<b>Peso del grano seco en sacos de 45 kg/ha</b>	Tratamientos	6	754,529	51,17**	2,66	4,01
	Repeticiones	3	9,409	0,64 n.s.	3,16	5,09
	Error	18				
	C.V.(%)		48,22			
Media (t/ha)		7,96				

n.s.= no significativo

\* = significativo

\*\* = altamente significativo

**Cuadro 9.** Prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) para las variables mazorcas totales producidas, sanas, enfermas, mazorcas cosechadas totales, peso mazorcas cosechadas, peso del grano seco y el peso del grano seco en sacos de 45 kg/ha registradas en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 7 meses). Sucumbíos, 2011.

No	Tratamientos		Mazorcas/ha			Mazorca cosechadas		Peso del grano seco	Peso del grano seco (sacos de 45 kg/ha)
	Descripción		Total	Sanas	Enfermas	Total/ha	Peso (t/ha)	(t/ha)	
	Dosis glifosato (gl/ha)	+ manejo Cultivo							
T6	0,00	Técnico	52656,3 a	39843,8 a	12812,5 ab	18593,8 a	15,5 a	1,7 a	37,8a
T7	0,00	Agricultor	21250,0 b	4062,5 b	17187,5 a	6562,5 b	4,8 b	0,5 b	11,1 b
T5	0,63	Técnico	16406,3 b	6562,5 b	9843,75 ab	2343,8 bc	1,9 bc	0,2 bc	4,0 bc
T4	1,57	Técnico	11250,0 bc	3906,3 b	7343,8 b	781,3 c	0,6 c	0,1 c	2,0 c
T3	3,12	Técnico	0,0 c	0,0 c	4843,8 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
T2	4,69	Técnico	0,0 c	0,0 c	9218,8 ab	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
T1	6,25	Técnico	0,0 c	0,0 c	3906,3 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
<b>C.V. (%)</b>			40,22	46,08	43,02	54,64	49,18	48,22	48,22

**Cuadro 10.** Pérdidas del rendimiento estimados en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 7 meses). Sucumbíos, 2011. (n = 4).

No	Tratamientos		Rendimiento (sacos de 45 kg/ha)	Beneficio bruto (USD/ha)	Pérdidas	
	Dosis glifosato + manejo (gl/ha)	manejo cultivo			(%)	(USD/ha)
T6	0,00	Técnico	37,8	5667,0	0,0	0,0
T7	0,00	Agricultor	11,1	1667,0	0,0	0,0
T5	0,63	Técnico	4,0	600,0	89,4	5066,3
T4	1,57	Técnico	2,0	300,0	94,7	5367,0
T3	3,12	Técnico	0,0	0,0	100,0	5667,0
T2	4,69	Técnico	0,0	0,0	100,0	5667,0
T1	6,25	Técnico	0,0	0,0	100,0	5667,0

#### 4.2.1. Análisis económico de los tratamientos T6 y T7

Según el análisis económico de presupuesto parcial realizado con los tratamientos T6 y T7, los cuales no contemplan aplicación de glifosato, pero difieren en el manejo del cultivo, manejo técnico en el T6 y manejo tradicional del agricultor para el T7 (Cuadro 11), se observa que el tratamiento T7 registró un rendimiento de 19 sacos de 45 kg de grano seco/ha/año, un beneficio bruto de 2855 USD/ha/año y un beneficio neto de 2633 USD/ha/año, y el tratamiento T6 un rendimiento de 64,8 sacos de 45 kg/ha/año, un beneficio bruto de 9720 USD/ha/año y un beneficio neto de 7033 USD/ha/año.

**Cuadro 11.** Análisis económico de presupuesto parcial de los tratamientos T6 y T7 en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2011.

No.	Tratamientos		Rendimiento (sacos de 45 kg/ha/año) <sup>1</sup>	Beneficio bruto	Costo mano de obra (USD/ha/año)	Total costos que varían	Beneficios netos
	Dosis glifosato (gl/ha)	+ manejo cultivo					
T7	0	Agricultor	19	2855	180	222	2633
T6	0	Técnico	64,8	9720	1440	2687	7033

<sup>1</sup> = Datos proyectados de rendimiento/ha/año calculados a partir de los datos del Cuadro 10 y anexos 17 y 18.

Al calcular la tasa de retorno marginal (TRM) (Cuadro 12), se estableció que para pasar del manejo tradicional del cultivo del agricultor (Tratamiento T7), al manejo técnico del cultivo (Tratamiento T6), se requiere invertir 2465 USD/ha/año, inversión que proporciona un beneficio marginal de 4400 USD/ha/año y una tasa de retorno marginal de 178,5%, es decir, permite recuperar los 2465 USD/ha invertidos y obtener 1,78 USD/ha adicionales por cada 1 USD/ha invertido. Este resultado muestra que el manejo técnico del cultivo de cacao es muy rentable, tecnología que debería integrarse en los planes de mitigación de las zonas afectadas y no afectadas por la deriva de las aspersiones de glifosato para mejorar la economía de los agricultores.

**Cuadro 12.** Análisis de la tasa de retorno marginal (TRM) de los Tratamientos T7 y T6 en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2011.

No.	Tratamientos		Total de costos que varían	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios marginales	Tasa de retorno marginal
	Dosis glifosato (gl/ha)	+manejo cultivo					
T7	0,00	Agricultor	222	2465	2633	4400	178,5
T6	0,00	Técnico	2687		7033		

#### 4.3. Persistencia del glifosato y presencia de AMPA en el cultivo de cacao

En el Cuadro 13 se observa que, a los 7 días de la aplicación, se detecta a glifosato en los estratos follaje, tallo, raíz y fruto en los tratamientos T1 (6,25 gl del herbicida/ha con manejo técnico), T2 (4,69 gl del herbicida/ha con manejo técnico), T3 (3,12 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T4 (1,57 gl del herbicida/ha con manejo técnico), excepto en fruto en el tratamiento T3. En el tratamiento T5 (0,63 gl del herbicida/ha con manejo técnico), se detectó a glifosato únicamente en follaje, y no fue detectado en ningún sustrato en los tratamientos T6 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T7 (0,00 gl del herbicida/ha con manejo tradicional del agricultor).

**Cuadro 13.** Persistencia del glifosato en el tejido de 4 estratos de los árboles de cacao a los 7 y 180 días de la aplicación, registrado en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao. Sucumbíos, 2011. (n = 4).

Tratamientos			Glifosato (mg/kg)							
			A los 7 días				A los 180 días			
No	Glifosato (g/ha)	+ Manejo cultivo	Follaje	Tallo	Raíz	Fruto	Follaje	Tallo	Raíz	Fruto
T1	6,25	Técnico	38,0	2,9	6,8	6,9	-	< LD	< LD	-
T2	4,69	Técnico	29,0	4,2	8,0	9,3	-	< LD	< LD	-
T3	3,12	Técnico	19,0	4,1	3,2	<LC	-	< LD	< LD	-
T4	1,57	Técnico	10,0	0,6	1,4	5,5	< LD	< LD	< LD	< LD
T5	0,63	Técnico	4,0	<LC	<LC	<LC	< LD	< LD	< LD	< LD
T6	0,00	Técnico	0,0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
T7	0,00	Agricultor	0,0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

<LC Menor al límite de cuantificación 0,5 mg/kg

< LD Menor al límite de detección 0,1mg/kg

A los 180 días de la aplicación del glifosato, en los Tratamientos T1, T2 y T3, donde los árboles murieron a los 30 días de la aplicación de glifosato, no se detecta a glifosato en ningún sustrato, resultado que se aducen se debe a la defoliación completa y ausencia de frutos que imposibilitó muestrear tejido de follaje y frutos, y a la pudrición del tallo y las raíces (Gráfico 1 y Cuadro 13).

En cambio, en los tratamientos T4 y T5, donde si fue posible muestrear tejido de los 4 sustratos, la no detección de glifosato indica que fue degradado y que su persistencia en el tejido de los árboles no es mayor a 180 días.

Estos resultados concuerdan, por una parte, con lo señalado por la Comisión Científica Ecuatoriana (2007), de que existen investigaciones que demuestran que el glifosato puede ser tomado por las plantas y movido a las partes que se usan como alimento, hecho que fue determinado al detectar glifosato en las mazorcas a los 7 días de la aplicación, y por otra parte, con aquellos reportados por Feng y Thompson (1990) quienes señalan que cuando la planta muere, el glifosato que está presente en los tejidos muertos y en descomposición, el 50% (TD50) de glifosato se disipa en un tiempo de 8 a 9 días, en condiciones templadas de los

bosques. En el presente caso no se detectó a glifosato en ningún sustrato a los 180 días de la aplicación.

La disipación del glifosato de los tejidos de los árboles de cacao, bajo las condiciones tropicales de la región amazónica, se deben a las mayores temperatura y humedad que promueven una mayor actividad microbiológica y la degradación química de muchos plaguicidas, como argumenta Racke, *et. al.*, (1997).

En relación al AMPA, en el Cuadro 14, se observa que este metabolito únicamente fue detectado en el estrato tallo del Tratamiento T1 (6,25 gl del herbicida/ha con manejo técnico del cultivo) a los 7 días de la aplicación, resultado inusual que concuerda con lo indicado por la EPA, quien señala que debido a que el metabolito AMPA no se forma en los tejidos de los vegetales, no requiere ser sometido a regulación (Documento Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos, 2000).

**Cuadro 14.** Detección del metabolito AMPA en tejido vegetal de 4 estratos de árboles de cacao a los 7 y 180 días de la aplicación del herbicida Roundup, en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”. Sucumbíos, 2011. (n = 4).

Tratamientos			AMPA (mg/kg)							
			A los 7 días				A los 180 días			
No	Dosis glifosato + manejo (gl/ha)	manejo cultivo	Follaje	Tallo	Raíz	Fruto	Follaje	Tallo	Raíz	Fruto
T1	6,25	Técnico	<LD	5,5	<LD	<LD	-	<LD	<LD	-
T2	4,69	Técnico	<LD	<LD	<LD	<LD	-	<LD	<LD	-
T3	3,12	Técnico	<LD	<LD	<LD	<LD	-	<LD	<LD	-
T4	1,57	Técnico	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
T5	0,63	Técnico	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
T6	0	Técnico	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
T7	0	Agricultor	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

<LC Menor al límite de cuantificación 0,5 mg/kg

<LD Menor al límite de detección 0,1 mg/kg

Estos resultados permiten aceptar la hipótesis nula de que la persistencia del glifosato en el cultivo de cacao es menor a 6 meses y rechazar la hipótesis alternativa de que la persistencia del glifosato en el cultivo de cacao es mayor a 6 meses y alcanzar el segundo objetivo “Determinar la persistencia del glifosato en el cultivo de cacao”.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. Los tratamientos T1 (6,25 gl del herbicida/ha con manejo técnico), T2 (4,69 gl de la mezcla/ha con manejo técnico) y T3 (3,12 gl del herbicida/ha con manejo técnico), ocasionan defoliación completa y muerte de los árboles a los 30 días de la exposición, es decir 100% de pérdidas.
2. Los tratamientos T4 (1,57 gl del herbicida/ha con manejo técnico) y T5 (0,63 gl del herbicida/ha con manejo técnico), causan en promedio 60 % de defoliación de los árboles y luego una tendencia a recuperar follaje a los 180 días, pero no alcanzan un desarrollo y producción normales, el cultivo es afectado significativamente con pérdidas de 89,4 a 94,7%.
3. Si una plantación de cacao recibe el impacto directo de una fumigación con la dosis de glifosato utilizada en el plan Colombia de 6,25 gl del herbicida/ha o de 4,69 y 3,12 gl del herbicida/ha, esta será aniquilada; y si es afectada por dosis bajas de glifosato (1,57 y 0,63 gl del herbicida/ha), por deriva de la fumigación, los árboles serán afectados, no morirán, presentaran tendencia a recuperarse lentamente, pero sus rendimientos serán afectados significativamente.
4. Las pérdidas que sufrirá una plantación de cacao por impacto directo o por deriva de la fumigación de glifosato en dosis de 6,25, 4,69, 3,12, 1,57 y 0,63 gl del herbicida/ha, fluctuará de 100 a 89,4%.

5. El tiempo de persistencia del glifosato en el tejido de árboles de cacao, no es mayor a 180 días.
  
6. El manejo técnico del cultivo de cacao permite obtener rendimientos superiores al manejo tradicional del agricultor (64,8 y 19 sacos de 45 kg de grano seco/ha/año, respectivamente); el análisis económico del presupuesto parcial presenta una tasa de retorno marginal de 178,5% que indica alta rentabilidad de la tecnología, cuya adopción mejoraría significativamente la economía de los agricultores.

## **CAPITULO VI**

### **RECOMENDACIONES**

1. Para evitar el daño que ocasiona el glifosato al cultivo de cacao, por impacto directo o por deriva de las aspersiones, se recomienda mantener la franja de seguridad de 10 km hacia adentro del territorio colombiano, para realizar las fumigaciones aéreas, como fue acordada en el Seminario “Erradicación de Cultivos ilícitos” Bogotá-Colombia (13-15/02/2002), con el fin de precautelar los cultivos lícitos y la flora en general.
2. Por la eficiencia y alta rentabilidad de la tecnología de manejo técnico del cultivo de cacao, se recomienda considerar esta tecnología en los planes de mitigación de las zonas afectadas y no afectadas por la deriva de las aspersiones de glifosato, para mejorar la economía de los agricultores.

## RESUMEN

### EFFECTO Y PERSISTENCIA DE GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE CACAO EN SUCUMBÍOS.

Con el propósito de generar datos experimentales de los daños que el glifosato causa al cultivo de cacao por la deriva de las aspersiones del Plan Colombia para eliminar plantaciones de coca en la zona de frontera de Ecuador-Colombia, se llevó a cabo la presente investigación con los siguientes objetivos: 1) Cuantificar el daño del área foliar y las pérdidas de rendimiento en el cultivo de cacao y 2) Determinar la persistencia del glifosato en el cultivo de cacao. Para este fin, en la hacienda La Edita (Cascales-Sucumbíos) y con el conocimiento que el herbicida Roundup<sub>SL</sub> (glifosato 48%) + POEA (surfactante: polioxietileno-amina) + adherente Cosmo-flux 411F 1% + agua 55%), en dosis de 6,25 gl/ha, fue utilizado en las aspersiones, se diseñaron y evaluaron los siguientes tratamientos: T1 (6,25 gl de Roundup<sub>SL</sub>/ha + manejo técnico del cultivo), T2 (4,69 gl de Roundup<sub>SL</sub>/ha + manejo técnico del cultivo), T3 (3,12 gl de Roundup<sub>SL</sub>/ha + manejo técnico del cultivo), T4 (1,57 gl de Roundup<sub>SL</sub>/ha + manejo técnico del cultivo), T5 (0,63 gl de Roundup<sub>SL</sub>/ha + manejo técnico del cultivo), T6 (0,00 gl de Roundup<sub>SL</sub>/ha + manejo técnico del cultivo) y T7 (0,00 gl de Roundup<sub>SL</sub>/ha + manejo tradicional del agricultor). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar (BCA) y 4 repeticiones. Las variables consideradas fueron: defoliación y apariencia de los árboles, a los 7 días de la aplicación del herbicida, cada 15 y hasta los 180 días; rendimiento de mazorcas maduras sanas y enfermas, su peso y el peso de grano seco en kg, hasta los 180 días, datos expresados en sus unidades/ha; presencia de glifosato y AMPA en muestras de tejido de los sustratos hojas, tallo, frutos y raíces, a los 7 y 180 días de la aplicación del herbicida, expresado en mg/kg. Se realizó un análisis económico de presupuesto parcial a los datos de rendimiento y costos variables de los tratamientos 6 y 7.

En los Tratamientos T1, T2 y T3, los árboles de cacao presentaron 100% de defoliación a los 30 días de la aplicación del herbicida y a los 180 se estableció su muerte. Las pérdidas de rendimiento estimadas fueron de 100%. En el tratamiento T4, los árboles presentaron 66,25% de defoliación a los 90 días de la aplicación y 57,5% a los 180 días, observándose una ligera recuperación, pero las pérdidas fueron de 94,7%. En el Tratamiento T5, los árboles mostraron 56,25% de defoliación a los 90 días de la aplicación y 27,5% a los 180, observándose una mejor recuperación del follaje en relación al tratamiento 4, y las pérdidas fueron de 89,4%. En cambio, los tratamientos T6 y T7, no registraron

defoliación, su desarrollo fue normal y presentaron rendimientos de 52656,3 mazorcas producidas, 39843,3 mazorcas sanas, 18593,8 mazorcas cosechadas con un peso de 15,5 t y 37,8 sacos de 45 kg de grano seco/ha, y 21250,0 mazorcas producidas, 4062,5 mazorcas sanas, 17187,5 mazorcas enfermas, 6562,5 mazorcas cosechadas con un peso de 4,8 t y 11,1 sacos de 45 kg de grano seco/ha/7meses, respectivamente. Al hacer una proyección anual de rendimientos, se determinó que el manejo técnico del cultivo de cacao permite obtener rendimientos superiores al manejo tradicional del agricultor (64,8 y 19,0 sacos de 45 kg de grano seco/ha/año, respectivamente) a una tasa de retorno marginal de 178,5% que indica alta rentabilidad de la tecnología. En cuanto a la presencia y persistencia del glifosato, a los 7 días de la aplicación, fue detectado en follaje, tallo, raíz y fruto en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, excepto en fruto en el T3. En el tratamiento T5 se detectó a glifosato únicamente en follaje y no fue detectado en ningún sustrato en los tratamientos T6 y T7. La no detección de glifosato a los 180 días de la aplicación, indica que fue degradado y que su persistencia en el tejido de los árboles no es mayor a 6 meses. En relación al AMPA, este metabolito únicamente fue detectado en el estrato tallo del Tratamiento T1, a los 7 días de la aplicación.

Se concluye que si una plantación de cacao recibe el impacto directo de una fumigación con la dosis de herbicida utilizada en el plan Colombia, esta será aniquilada; y si recibe una dosis baja de glifosato por deriva de la fumigación, los árboles no morirán, se recuperaran lentamente, pero sus rendimientos serán afectados significativamente con pérdidas de 100 y 89,4%, respectivamente; que el tiempo de persistencia del glifosato en el tejido de árboles de cacao, no es mayor a 180 días y que el manejo técnico del cultivo de cacao presenta una tasa de retorno marginal de 178,5%, superior al sistema de manejo tradicional del agricultor.

Para evitar el daño que ocasiona el glifosato al cultivo de cacao, por impacto directo o por deriva, se recomienda mantener la franja de seguridad de 10 km hacia adentro del territorio Colombiano, para realizar las fumigaciones aéreas, acordada en el Seminario “Erradicación de Cultivos ilícitos” Bogotá-Colombia (13-15/02/2002), con la finalidad de precautelar los cultivos lícitos y la flora en general. Considerar la tecnología de manejo técnico del cultivo de cacao en los planes de mitigación de las zonas afectadas y no afectadas por la deriva de las aspersiones de glifosato, para mejorar la economía de los agricultores.

## SUMARY

### EFFECT AND PERSISTENCE OF GLYPHOSATE IN THE CULTIVATION OF CACAO IN SUCUMBÍOS

In order to generate experimental data that glyphosate damage due to the cultivation of cocoa spraying drift of Plan Colombia to eliminate coca plantations in the border area of Ecuador, Colombia, was conducted this investigation with the following objectives: 1) To quantify the damage in leaf area and yield losses in the cultivation of cocoa and 2) Determine the persistence of glyphosate in the cultivation of cocoa. To this end, in the property La Edita (Cascales-Sucumbíos) and with the knowledge that RoundupSL herbicide (glyphosate 48%) + POEA (surfactant: polyoxyethylene-amine) + Cosmo-Flux 411F adhesion 1% + 55% water) at doses of 6.25 gl / ha, was used in the fumigations, were designed and evaluated the following treatments: T1 (6,25 gl RoundupSL / ha + technical management of the crop), T2 (4,69 gl RoundupSL / ha + technical management of the crop), T3 (3,12 gl RoundupSL / ha + technical management of the crop), T4 (1,57 gl RoundupSL / ha + technical management of the crop), T5 (0,63 gl RoundupSL / ha + management technical culture), T6 (0,00 gl RoundupSL / ha + technical management of the crop) and T7 (0,00 gl RoundupSL / ha + traditional management of the farmer). The experimental design was randomized complete block (BCA) and 4 replicates. The variables considered were: defoliation and tree appearance at 7 days after herbicide application, and every 15 to 180 days yield ripe pods healthy and unhealthy, weight and grain dry weight in kg up 180 days, data expressed in units / ha; presence of glyphosate and AMPA in tissue samples of the substrates leaves, stems, fruits and roots, at 7 and 180 days after herbicide application, expressed in mg / kg. We performed an economic analysis of partial budgeting to performance data and variable costs of treatments 6 and 7.

In Treatments T1, T2 and T3, cocoa trees showed 100% defoliation at 30 days of herbicide application and 180 days after was established your death. Estimated yield losses were 100%. In T4, the trees had 66,25% defoliation at 90 days after application and 57,5% at 180 days, showing a slight recovery, but the losses were 94.7%. In treatment T5, the trees showed 56,25% defoliation at 90 days after application and 27,5% at 180, with better recovery of foliage in relation to treatment 4, and the losses were of 89,4 %. Instead, the

treatments T6 and T7, showed no defoliation, its development was normal and had produced pods yields 52656,3 ; 39843,3 healthy ears, ears harvested 18593,8 weighing 15,5 t and 37,8 sacks 45 kg of dry grain / ha and produced ears 21250.0, 4062.5 ears healthy, diseased pods 17187,5; 6562,5 ears harvested with a weight of 4,8 t and 11,1 sacks of 45 kg of grain dry/ha/7 months respectively. By making an annual projection of income, it was determined that the technical management of the cocoa crop yields obtained are higher than traditional farmer management (64,8 and 19,0 sacks of 45 kg of dry grain / ha / year, respectively) marginal rate of return of 178,5% indicating high profitability of the technology. As for the presence and persistence of glyphosate, at 7 days after application, was detected in leaves, stem, root and fruit in treatments T1, T2, T3 and T4, except fruit in T3. In treatment T5 was detected only in foliage and glyphosate was not detected in any substrate in treatments T6 and T7. The non-detection of glyphosate at 180 days of the application indicates that it was degraded and that its persistence in the tissue of the trees is not more than 6 months. In relation to AMPA, this metabolite was detected only in the stem stratum T1 treatment at 7 days after application.

This conclude that if a cocoa plantation receives the direct impact of fumigation with the herbicide doses used in Plan Colombia, this will be annihilated, and if you receive a low dose of glyphosate spray drift, the trees will not die, it recover slowly, but yields will be significantly affected with losses of 100 and 89,4%, respectively, that the persistence time of glyphosate in the tissue of cacao trees, not more than 180 days and that the technical management of the crop Cocoa has a marginal rate of return of 178,5%, above the traditional management system of the farmer.

To avoid damage caused by the glyphosate to growing cocoa by direct impact or through drift, it is recommended to maintain the security zone of 10 km in from the Colombian territory, for aerial spraying, agreed at the seminar "Crop Eradication unlawful "Bogotá, Colombia (13-15/02/2002), in order to safeguarding the legal crops and plants in general. Consider technology technical management of cocoa in the mitigation plans of areas affected and unaffected by the drift of aerial spraying of glyphosate, to improve the economy of farmers.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ACCIÓN ECOLÓGICA. 2002. Informe de verificación (octubre 2002). Impactos en Ecuador de las fumigaciones realizadas en el Putumayo dentro del Plan Colombia. pp. 2-10.
2. ALBUJA, M. 2008. Evaluación de cinco herbicidas de acción sistémica en el control de malezas de la unidad productiva de duraznero en la granja “La Pradera” Chaltura- Imbabura. Tesis. Ing. Agp. Ecuador. UTN.17 p.
3. AMICUS CURIAE. 2009. Impactos en Ecuador de las fumigaciones a cultivos ilícitos en Colombia. 64 p.
4. AYALA, M. 2008. Manejo integrado de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) Mediante el uso de fungicidas, combinado con labores culturales” Tesis. Ing. Agp. Ecuador. ESPL. pp. 9 -31.
5. BUSTOS, F. 2010. Evaluación de Impactos Ambientales y Consultoría Ambiental. Quito- Ecuador. 274 p.
6. CAÑADAS, L. 1983. Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG. Quito- Ecuador.
7. CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F. México: CIMMYT. pp. 1-78.
8. COMISIÓN CIENTÍFICA ECUATORIANA (CCE). 2007. El Sistema de aspersiones aéreas del Plan Colombia y sus impactos sobre el ecosistema y la salud en la frontera ecuatoriana. Quito- Ecuador. pp. 22-33.

9. COX, C. 1995. Glyphosate 2. Human Exposure and ecological effects. Journal of pesticide reform. Publication of the Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides. pp. 14-20.
10. DIRECCIÓN NACIONAL DE ESTUPERFACIENTES (DNE). 2007. Carta dirigida el 17 de enero del 2007 al colectivo de abogados José Alvear Restrepo con el N° 085 y firmada por el Brigadier General Jorge Alirio Barón Leguizamon como Director Antinarcóticos.
11. DOCUMENTO PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ERRADICACIÓN DE CULTIVOS ILICITOS. 2000. 4p. Consultado el 05 may. 2011. Disponible en: [http://dne.gov.co/recursos\\_user/documentos/Doc\\_tecnicos/glifosato.pdf](http://dne.gov.co/recursos_user/documentos/Doc_tecnicos/glifosato.pdf).
12. EWINS y ADRIAN. 2003. La conexión Fusarium - glifosato en la atención de los científicos. 9p.
13. FENG, J.C. y THOMPSON, D.G. 1990. Fate of glyphosate in in a Canadian forest watershed. Persistence in foliage and soils. Journal of Agricultural and Food Chemistry.
14. GUERRERO. 2001. Fundamentos técnicos para la fertilización de cultivos. Fertilidad de suelos; diagnóstico y control. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. ed. Guadalupe LTDA. 2da ed. Bogotá (Col). pp. 247-281.
15. HELLING, C.S. 2003. Eradication of coca in Colombia -2002. Results of the Colombia coca verification mission No 9, December 2002. Beltsville, MD, USA: US Department of Agriculture. 289 p.
16. HOLDRIDGE, L.1977. Ecología de Zonas de Vida.
17. INAMHI, 2008. Estaciones meteorológicas de Lago Agrio, Santa Cecilia y Puerto Aguarico. Datos de los anuarios meteorológicos del año.

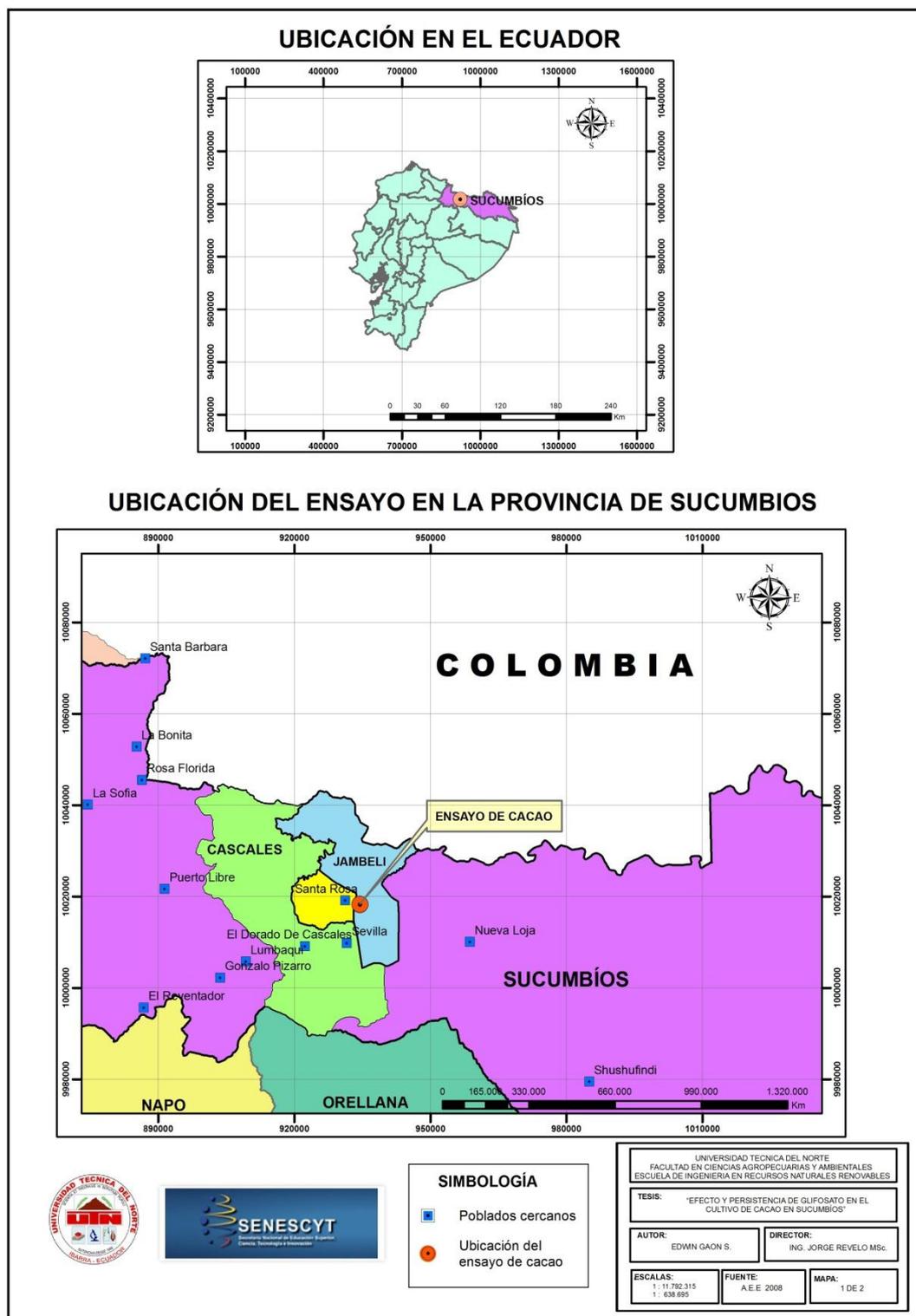
18. INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP). 2002. Recomendaciones de fertilización y nutrición de cultivos. Boletín técnico No.01, Quito –Ecuador.
19. KACZEWER, J. 2002. Toxicología del Glifosato: Riesgos para la salud humana. Consultado 18 feb. 2012. Disponible en: [http://mamacoca.org/FMST\\_sept\\_2003/ES/doc/kaczewer\\_toxicologia\\_del\\_glifosato\\_es.htm](http://mamacoca.org/FMST_sept_2003/ES/doc/kaczewer_toxicologia_del_glifosato_es.htm).
20. MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERIA ACUACULTURA Y PESCA (MAGAP). 2000. III Censo Nacional Agropecuario. Ecuador. Consultado 22 feb. 2012. Disponible en: [http://www.mapag.gob.ec/sinaga-Gap/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=256](http://www.mapag.gob.ec/sinaga-Gap/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=256).
21. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2004. Programa para el desarrollo de la Amazonia. Manual del cultivo de cacao. Perú. Consultado 28 sept. 2010. Disponible en: [http://webmail.radiomaranon.org.pe/radiomaranon.org.pe/re-dmaranon/archivos/cacao\\_manual\\_cultivo.pdf](http://webmail.radiomaranon.org.pe/radiomaranon.org.pe/re-dmaranon/archivos/cacao_manual_cultivo.pdf)
22. MURILLO, I. 2002. Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato. Consultado 15 feb 2011. Disponible en: <http://glifocidio.org/docs/impactos%20generales/ig8.pdf>
23. PAREDES, N. 2009. Manual de cultivo de cacao para la amazonía ecuatoriana. Quito-ecuador. INIAP. Manual N° 76. pp. 5-21.
24. QUINGAÍSA, E. y RIVEROS, H. 2007. Estudio de caso: Denominación de origen "Cacao Arriba". Ecuador. Consultado 15 feb. 2011. Disponible en: [http://www.faa.org/ag/agn/Projects\\_SQP\\_Santiago/Documentos/Estudios%20de%20Cacao\\_ecuador.pdf](http://www.faa.org/ag/agn/Projects_SQP_Santiago/Documentos/Estudios%20de%20Cacao_ecuador.pdf).

25. RACKE, K.D., SKIDMORE, M.W., HAMILTON, D.J., UNSWORTH, J.B., MIYAMOTO, J. y COHEN, S.Z. 1997. Pesticide fate in tropical soils. Pure and Applied Chemistry.
26. RAMÍREZ, P. 2006. Estructura y dinámica de la cadena de cacao en el Ecuador. Quito. 25p.
27. SÁNCHEZ, M. 2011. Determinación de la Acción del Glifosato en la morfología y en la actividad peroxidásica de un grupo de plantas briofitas de la amazonía ecuatoriana. Tesis. Ing. Emp. Ecuador. EPN. 7p.
28. SOLOMON, K., ANADON, A., MARSHALL, J. y SANIN, L. 2005. “Estudio de los efectos del programa de erradicación de los cultivos ilícitos mediante la aspersión aérea con el herbicida glifosato (PECIG) y los cultivos ilícitos en la salud humana y en el medio ambiente”. Informe CICAD – OEA, Washington, D.C., Estados Unidos de América, pp.25-30.
29. STILTANEN, H., ROSENBERG, C., RAATIKAINEN, M. y RAATIKAINEN, T. 1981. Triclopyr, glyphosate and phenoxyherbicide residues in cowberries, bilberries and lichen. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.
30. SULLCA, B.J. 2011. Paquete tecnológico de manejo integrado de cacao. Perú. Consultado 05 ene. 2011. Disponible en: <http://www.ini.gob.pe/ca-Cao/PAQUETE%TECNOL%C3%93GICO%20%CA CAO.pdf>.
31. TRIBUNAL ADMINISTRATIVO DE CUNDINAMARCA. 2003. Expediente N.01-0022, accionante Claudia Sampedro y Héctor A. Suárez, en contra del Ministerio del Medio Ambiente y otros. Sentencia para impedir y remediar las fumigaciones para erradicar cultivos ilícitos en la frontera colombo-ecuatoriana. 115 p.

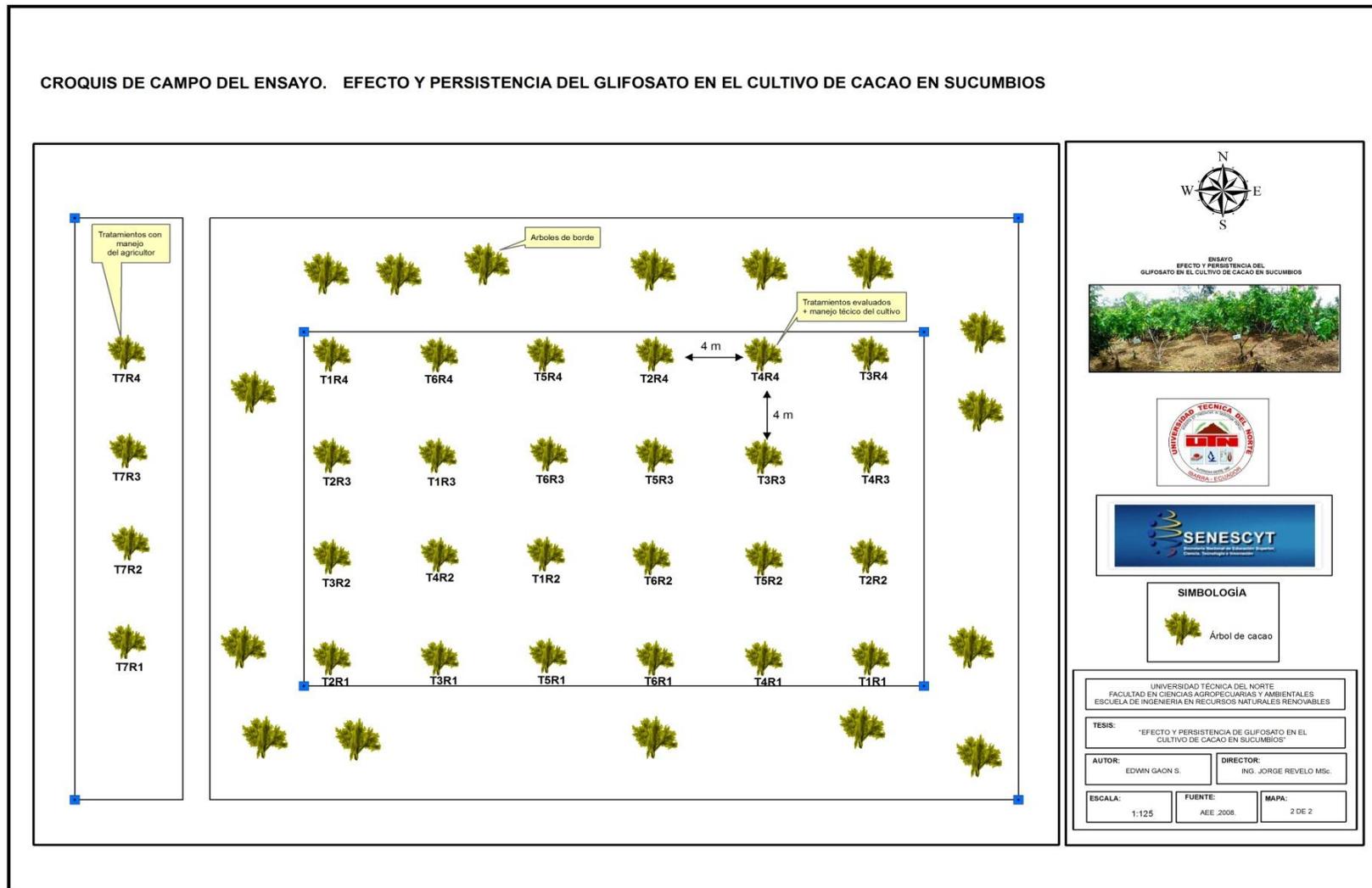
32. WORLD HEALTH ORGANIZATION INTERNATIONAL PROGRAM ON  
CHEMICAL SAFETY. 1994. Glyphosate. Geneva. 161 p.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Mapa de ubicación del experimento



**Anexo 2.** Croquis de campo del ensayo y distribución de los tratamientos, bajo el diseño BCA



### Anexo 3. Análisis de suelo



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"  
 LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
 Quito - Ecuador Telf: 690-691 /92/93 fax:690-693



#### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	: LIZARDO CARVAJAL
Dirección	: SUCUMBIOS
Ciudad	:
Telefono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: FINCA LA EDITA
Provincia	: SUCUMBIOS
Canton	: CASCALES
Parroquia	: JAMBELÍ
Ubicación	:

DATOS DEL LOTE	
Cultivo Actual	: CACAO
Cultivo Anterior	: CACAO
Fertilización Ant.:	
Superficie	:
Identificación	: SCC

PARA USO DEL LABORATORIO	
N° Reporte	: 18.928
N° Muestra Lab.	: 83441
Fecha de Muestreo	: 05/12/2010
Fecha de Ingreso	: 09/12/2010
Fecha de Salida	: 22/12/2010

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	38.00	ppm	
P	5.30	ppm	
S	5.60	ppm	
K	0.12	meq/100 ml	
Ca	2.10	meq/100 ml	
Mg	0.37	meq/100 ml	
Zn	3.40	ppm	
Cu	2.50	ppm	
Fe	447.00	ppm	
Mn	9.30	ppm	
B	0.50	ppm	
pH	4.20		
Acidez Int. (Al+H)	1.10	meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
CE		mmhos/cm	
MO	4.80	%	

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	%			
Mg	K	K	Σ Bases	N Tot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
5,7	3,1	20,6	3,7			19	20	61	Arcilloso

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

**Anexo 4.** Número de mazorcas totales producidas antes de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 5 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (mazorcas/ha)
1	13750	13125	15625	23750	66250	16563
2	23125	15000	15625	19375	73125	18281
3	18125	16875	13125	33125	81250	20313
4	16250	11250	15000	16250	58750	14688
5	21250	19375	15000	16250	71875	17969
6	25625	21250	27500	25000	99375	24844
7	20000	8125	13750	9375	51250	12813

**Anexo 5.** Número de mazorcas enfermas producidas antes de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 5 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (mazorcas/ha)
1	5000	1875	2500	1250	10625	2656
2	4375	2500	6875	4375	18125	4531
3	5000	2500	3750	4375	15625	3906
4	5625	2500	5000	2500	15625	3906
5	5625	5625	6875	6250	24375	6094
6	6875	4375	5000	4375	20625	5156
7	9375	5625	8750	7500	31250	7813

**Anexo 6.** Número de mazorcas sanas producidas antes de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 5 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (mazorcas/ha)
1	8750	11250	13125	22500	55625	13906
2	18750	12500	8750	15000	55000	13750
3	13125	14375	9375	28750	65625	16406
4	10625	8750	10000	13750	43125	10781
5	14375	13750	8750	10000	46875	11719
6	18750	16875	22500	20625	78750	19688
7	10625	2500	5000	1875	20000	5000

**Anexo 7.** Rendimiento de mazorcas cosechadas antes de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 5 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (mazorcas/ha)
1	15625	3750	5625	3125	28125	7031
2	2500	3125	3125	15625	24375	6094
3	6250	2500	21875	2500	33125	8281
4	3125	2500	3750	2500	11875	2969
5	3125	6875	9375	4375	23750	5938
6	11875	7500	6250	5000	30625	7656
7	3125	1250	1260	3125	8760	2190

**Anexo 8.** Rendimiento de mazorcas cosechadas antes de la aplicación del glifosato, expresado en t/ha (datos de 5 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (t/ha)
1	9,93	2,75	3,98	2,44	19,09	4,77
2	2,11	2,51	1,69	12,11	18,42	4,60
3	4,80	1,88	13,32	1,06	21,06	5,26
4	2,63	1,88	2,29	2,33	9,11	2,28
5	3,93	5,67	6,13	2,44	18,16	4,54
6	6,30	5,72	3,21	3,83	19,06	4,77
7	2,44	1,13	1,11	2,50	7,17	1,79

**Anexo 9.** Rendimiento del grano seco antes de la aplicación del glifosato, expresado en t/ha (datos de 5 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (t/ha)
T1	1,35	0,38	0,90	0,42	3,06	0,77
T2	0,30	0,39	0,36	1,59	2,64	0,66
T3	0,74	0,27	1,93	0,17	3,11	0,78
T4	0,69	0,22	0,70	0,60	2,21	0,55
T5	0,61	0,85	0,90	0,41	2,77	0,69
T6	0,95	0,86	0,73	0,80	3,35	0,84
T7	0,36	0,12	0,16	0,72	1,36	0,34

**Anexo 10.** Porcentaje de defoliación desde el día 7 al 180 después de la aplicación del glifosato.

Lecturas	Día	Tratamientos						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1	7	7,50	3,75	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00
2	15	65,00	55,00	47,50	35,00	17,50	0,00	0,00
3	30	98,75	98,75	95,00	53,00	39,88	0,00	0,00
4	45	98,75	100,00	96,25	62,50	45,00	0,00	0,00
5	60	100,00	100,00	100,00	63,75	47,50	0,00	0,00
6	75	100,00	100,00	100,00	66,25	51,25	0,00	0,00
7	90	100,00	100,00	100,00	66,25	56,25	0,00	0,00
8	105	100,00	100,00	100,00	66,25	56,25	0,00	0,00
9	120	100,00	100,00	100,00	66,25	56,25	0,00	0,00
10	135	100,00	100,00	100,00	66,25	50,00	0,00	0,00
11	150	100,00	100,00	100,00	63,8	40,00	0,00	0,00
12	165	100,00	100,00	95,00	65,00	30,00	0,00	0,00
13	180	100,00	100,00	97,00	57,50	27,50	0,00	0,00

**Anexo 11.** Número de mazorcas totales producidas después de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 7 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (mazorcas/ha)
T1	0	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	0	0	0
T4	19375	8125	9375	8125	45000	11250
T5	9375	15000	28750	12500	65625	16406
T6	66250	48125	46875	49375	210625	52656
T7	28750	20625	26250	9375	85000	21250

**Anexo 12.** Número de mazorcas enfermas producidas después de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 7 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (mazorcas/ha)
1	1250	1875	5625	6875	15625	3906
2	12500	8750	6250	9375	36875	9219
3	5625	3125	3125	7500	19375	4844
4	10000	5000	8125	6250	29375	7344
5	4375	7500	18125	9375	39375	9844
6	13750	15000	10625	11875	51250	12813
7	20625	16875	23125	8125	68750	17188

**Anexo 13.** Número de mazorcas sanas producidas después de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 7 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (mazorcas/ha)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	9375	3125	1250	0	13750	3438
5	5000	7500	10625	0	23125	5781
6	52500	33125	36250	0	121875	30469
7	8125	3750	3125	0	15000	3750

**Anexo 14.** Rendimiento de mazorcas cosechadas después de la aplicación del glifosato, expresado en mazorcas/ha (datos de 7 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (mazorcas/ha)
T1	0	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	0	0	0
T4	625	0	1875	625	3125	781
T5	625	1875	3125	3750	9375	2344
T6	23125	15000	15000	21250	74375	18594
T7	8125	6875	9375	1875	26250	6563

**Anexo 15.** Rendimiento de mazorcas cosechadas después de la aplicación del glifosato, expresado en t/ha (datos de 7 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (t/ha)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,44	0,00	1,14	0,72	2,30	0,57
5	0,39	1,30	1,99	3,77	7,45	1,86
6	18,97	11,29	15,25	16,66	62,16	15,54
7	7,07	5,26	5,15	1,86	19,34	4,83

**Anexo 16.** Rendimiento del grano seco después de la aplicación del glifosato, expresado en t/ha (datos de 7 meses).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMA	MEDIA (t/ha)
T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,06	0,00	0,13	0,07	0,26	0,07
T5	0,04	0,16	0,21	0,43	0,84	0,21
T6	2,06	1,26	1,63	1,80	6,74	1,69
T7	0,78	0,62	0,57	0,21	2,19	0,55

**Anexo 17.** Costos de producción con manejo técnico del cultivo de cacao CCN-51 (625 plantas/ha/año).

	CONCEPTO	Cantidad	Unidad	Jornales/año	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD/ha/año)
<b>1.</b>	<b>ANÁLISIS DE SUELO</b>					
	Análisis físico - químico de suelo	1	Análisis		24	24
	<b>Subtotal de análisis de suelo</b>					<b>24</b>
<b>2.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>					
-	Control de malezas	6	Jornal	18	15,00	270
-	Podas de mantenimiento	2	Jornal	6	15,00	90
-	Fertilización	3	Jornal	6	15,00	90
-	Muestreo de suelo	1	Jornal	2	15,00	30
-	Control fitosanitario	8	Jornal	16	15,00	240
-	Cosecha	12	Jornal	48	15,00	720
	<b>Subtotal mano de obra</b>					<b>1440</b>
<b>3.</b>	<b>INSUMOS</b>					
	17-6-18-2	5	saco		45,00	225
	11-52-0	2	saco		43,00	86
	13-26-10-3	2	saco		48,00	96
	Urea	3	saco		33,90	102
	Sulpomag	2	saco		36,95	74
	Muriato de potasio	1	saco		34,60	35
	Poliverdol	8	litro		9,50	76
-	Insecticidas (Zero 5 EC)	8	litro		18,00	144
	(Buldock 25 SC)	8	litro		24,60	197
-	Fungicida (Cobrefix 24)	8	litro		15,00	120
-	Ecuafix (fijador)	8	litro		8,50	68
	<b>Subtotal Insumos</b>					<b>1223</b>
	<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>2687</b>

**Anexo 18.** Costos de producción del manejo tradicional del agricultor para cultivo de cacao CCN-51 (625 plantas/ha/año).

	CONCEPTO	Cantidad	Unidad	Jornales/año	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD/ha/año)
<b>1.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>					
-	Control de malezas	3	Jornal	12	15,00	180
	<b>Subtotal mano de obra</b>					<b>180</b>
<b>2.</b>	<b>INSUMOS</b>					
	Gramoxone (paraquat)	6	litro		7,00	42
	<b>Subtotal Insumos</b>					<b>42</b>
	<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>222</b>

**Anexo19.** Fotografías de las actividades realizadas en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” Sucumbíos, Cascales. 2010-2011.



**A.** Delimitación del ensayo



**B.** Control de malezas



**C.** Podas



**D.** Fertilización



**E.** Controles fitosanitarios



**F.** Coadyuvante y herbicida



**G.** Preparación del herbicida



**H.** Aplicación del glifosato

## **Anexo 20.** Estudio de Impacto Ambiental

### **TEMA:**

Estudio de impacto ambiental que provoca la implementación del Proyecto de Investigación Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao en Sucumbíos.

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Determinar los impactos positivos y negativos que se provoquen como resultado de la implementación y ejecución del proyecto de investigación, Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao en Sucumbíos.

#### **Objetivo Específicos:**

- Identificar y evaluar los impactos ambientales que se provoquen en el cultivo de cacao como consecuencia de la implementación y ejecución de la presente investigación.
- Formular un plan de manejo apropiado para disminuir los impactos ambientales que el glifosato ocasiona en el cultivo de cacao.

## Evaluación de impactos.

### Metodología.

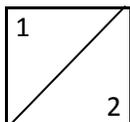
Los impactos producidos en esta investigación se evaluaron a través de dos matrices, de interacción y evaluación de impactos por el método de Leopold.

La Matriz de Leopold, que es una tabla de doble entrada donde relaciona las actividades que se realizan en el proyecto y los componentes ambientales, produciéndose así una interacción que se la calificará aplicando los parámetros de Magnitud e Importancia (Bustos, F. 2010).

### LEYENDA:

1. Magnitud

2. Importancia



### Cuadro 15. Valoración de Impactos

Impacto Positivo		Impacto Negativo	
Calificación	Equivalencia	Calificación	Equivalencia
3	Alto	-3	Alto
2	Medio	-2	Medio
1	Bajo	-1	Bajo

Fuente: Bustos, F. 2010.

### Área de influencia directa (AID)

El área de influencia directa, se consideró el lugar donde se llevó a cabo la investigación, área del ensayo de cacao 782 m<sup>2</sup>.

## **Área de influencia indirecta (AII)**

Las áreas de influencia indirecta fueron consideradas las siguientes: vía de acceso y cultivos aledaños al ensayo.

### **Acciones del proyecto**

A1.- delimitación de las unidades experimentales

A2.- controles de malezas

A3.-podas

A4.- aplicación de fungicidas e insecticidas

A5.- cosecha

A6.-aplicación del herbicida

### **Lista de Impactos**

A1:+I. generación de empleo

A2: +I. generación de empleo

+I. reducción de la competencia por nutrientes con el cultivo

- I. reducción de flora y microfauna

A3: +I. generación de empleo

A4: -I. reducción de microfauna del cultivo de cacao

+I. mejora la productividad del cultivo

+I. ingresos económicos

A5: +I. generación de empleo

A6: -I. daño al cultivo de cacao

-I. pérdidas en la producción del cultivo

-I. pérdidas económicas

## MATRIZ DE INTERACCIÓN DE IMPACTOS

ACCIONES		DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES	CONTROL DE MALEZAS	PODAS	APLICACIÓN DE FUNGICIDAS E INSECTICIDAS	COSECHAS	APLICACIÓN DEL GLIFOSATO (ROUNDUP)
FACTORES AMBIENTALES							
FACTOR	COMPONENTES						
ABIÓTICO	Suelo						x
	Agua						
	Aire						
BIÓTICO	Cultivo de cacao		x	x	x		x
	Microflora						x
	Microfauna		x		x		
SOCIO-ECONÓMICO	Salud				x		x
	Empleo	x	x	x	x		x
	Economía	x	x	x	x	x	x

## MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR EL MÉTODO DE LEOPOLD

ACCIONES		DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES	CONTROL DE MALEZAS	PODAS	APLICACIÓN DE FUNGICIDAS E INSECTICIDAS	COSECHAS	APLICACIÓN DEL GLIFOSATO (ROUNDUP)	AFECTACIÓN NEGATIVA	AFECTACIÓN POSITIVA	AGREGACIÓN DE IMPACTOS	
FACTORES AMBIENTALES											
FACTOR	COMPONENTE										
ABIÓTICO	Suelo	/	/	/	/	/	-1	1	1	0	-1
	Aire	/	/	/	-1	/	-1	2	0	-2	
BIÓTICO	Cultivo de cacao	/	+1	+1	-2	/	-3	2	2	-9	
	Microflora	/	1	1	1	/	3	2	0	-2	
	Microfauna	/	-1	/	-2	/	-1	2	0	-3	
SOCIO- ECONÓMICO	Salud	/	/	/	-2	/	-2	2	0	-4	
	Empleo	+3	+3	+2	+2	+2	+2	0	5	30	
	Economía	3	3	2	2	1	1	0	5	7	
		1	1	2	2	2	3				
AFECTACION NEGATIVA		0	2	0	4	0	3	<b>COMPROBACIÓN</b>  16			
AFECTACION POSITIVA		2	3	3	2	2	0				
AGREGACION DE IMPACTOS		12	9	9	1	6	-21				

Ambientalmente la presente investigación es positiva con un valor de +16

## JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS POR COMPONENTES

<b>Componente ambiental</b>	<b>Impactos positivos</b>
Empleo	30
Economía	7
Suelo	0
Aire	0
Cultivo de cacao	0
Microflora	0
Microfauna	0
Salud	0

<b>Componente ambiental</b>	<b>Impactos negativos</b>
Cultivo de cacao	-9
Salud	-4
Microfauna	-3
Microflora	-2
Aire	-2
Suelo	-1
Empleo	0
Economía	0

### CONCLUSIONES:

La matriz de Leopold presenta 6 acciones, 8 factores ambientales que están agrupados en 3 componentes (físico, biótico y socio-económico) y 25 interacciones.

El resultado de la agregación de impactos en la matriz de Leopold, presentó un valor + 16, siendo la investigación ambientalmente positiva, el componente cultivo de cacao fue el más afectado por la fumigación, con un número de agregaciones negativas de - 9. Por otra parte, el componente empleo fue beneficiado, con un número de agregaciones de +30.

La aplicación del glifosato (Roundup <sub>SL</sub>) provocó la acción de mayor impacto en el ambiente, ya que presenta un número de agregaciones de -21.

## **ALTERNATIVAS DE MANEJO DEL PROYECTO EFECTO Y PERSISTENCIA DEL GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE CACAO EN SUCUMBÍOS**

En cuanto a la aplicación del glifosato, el siguiente Plan de manejo pretende disminuir el efecto del impacto que este herbicida ocasiona en el cultivo de cacao:

Se recomienda en lo posible, evitar el impacto directo o por deriva la fumigación con glifosato en plantaciones de cacao, debido a que en dosis altas ocasiona la muerte de los árboles y en menores dosis ocasiona pérdidas significativas en la producción.

Como alternativa, se recomienda mantener una franja de seguridad hacia adentro del territorio colombiano para precautelar los derechos de los ecuatorianos, además impulsar programas de erradicación manual de cultivos ilícitos en la frontera y elaborar estrategias sostenibles de desarrollo alternativo.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EFFECTO Y PERSISTENCIA DE GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE CACAO EN  
SUCUMBÍOS**

**Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables**

**AUTOR:**

Edwin Bayardo Gaón Sarmiento

**DIRECTOR:**

Ing. Jorge Revelo, M.Sc.

**Ibarra – Ecuador**

**2012**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**TEMA:** Efecto y persistencia del Glifosato en el cultivo de cacao en Sucumbíos

**1. AUTOR**

Edwin Bayardo Gaón Sarmiento

**2. DIRECTOR DE LA TESIS**

Ing. Jorge Revelo, M.Sc.

**3. ASESORES**

Ing. Oscar Rosales

Ing. Carlos Casco

Ing. Franklin Valverde

**4. AÑO: 2012**

**5. LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:**

Finca La Edita, sector Malvinas 2, parroquia Jambelí, cantón Cascales, provincia de Sucumbíos y en el laboratorio de toxicología del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, localizado en el cantón Quito, provincia de Pichincha.

**6. BENEFICIARIOS:**

Gobierno ecuatoriano y comunidad científica en general.

## HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



**Apellidos:** Gaón Sarmiento

**Nombres:** Edwin Bayardo

**C. Ciudadanía:** 100274200-3

**Telf. Convencional:** 062641994

**Telf. Celular:** 082665671

**e-mail:** edwin\_038@hotmail.com

**Dirección:** Imbabura - Ibarra

**Fecha defensa de tesis:** 27 de Abril del 2012

# EFFECTO Y PERSISTENCIA DE GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE CACAO EN SUCUMBÍOS

## AUTOR:

Gaón Sarmiento Edwin Bayardo

## COAUTORES:

Ing. Jorge Revelo, M. Sc.; Ing. Franklin Valverde, M. Sc.

## INTRODUCCIÓN

El gobierno de Colombia, para combatir la producción de cultivos ilícitos implementó el Plan Colombia, que comprende las estrategias: programa de fumigaciones aéreas de herbicidas químicos y de un mico herbicida, erradicación manual, desarrollo de programas de remplazo con cultivos lícitos y destrucción de laboratorios ilícitos en el territorio colombiano. En el año 2000, inició las fumigaciones en el Departamento de Putumayo con la formulación química de glifosato + POEA, 44% + Cosmoflux 1% + agua 55%, sin haber diseñado programas, acciones y medidas concretas de manejo ambiental relacionadas con la prevención, control, compensación y corrección, para los posibles impactos y efectos causados por las aspersiones de glifosato; además, no había realizado investigaciones sobre los efectos en la salud humana, el agua, suelos, flora y fauna del bosque y en cultivos de ecosistemas compartidos con Ecuador (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, 2003; Salomón, Anadon, Marshall, y Sanin, 2005). Según Amicus Curiae (2009) y Acción Ecológica (2002), los cultivos afectados por la deriva de las fumigaciones de glifosato en la frontera ecuatoriana, fueron: cacao, café, potrero, plátanos, arroz, maíz, frutales (coco, papaya, caña de azúcar), yuca y maní, con pérdidas estimadas de hasta 100%, estimación realizada con base a información verbal de los agricultores y no en su momento y en forma experimental. La falta de información confiable del daño que el glifosato causa al cultivo de cacao, por impacto directo o por deriva de las aspersiones, motivo a realizar la presente investigación.

## OBJETIVOS

### GENERAL

- Generar datos experimentales de los daños que el glifosato causa al cultivo de cacao y el tiempo de persistencia.

### ESPECÍFICOS

- Cuantificar el daño del área foliar y las pérdidas de rendimiento
- Determinar la persistencia del glifosato en el cultivo de cacao

## HIPÓTESIS DE TRABAJO

**Ho:** El glifosato no causa daño foliar y pérdidas de producción significativas a corto y mediano plazo al cultivo de cacao.

**Ha:** El glifosato causa daño foliar y pérdidas de producción significativas a corto y mediano plazo al cultivo de cacao.

**Ho:** La persistencia del glifosato en el cultivo de cacao es menor a 6 meses.

**Ha:** La persistencia del glifosato en el cultivo de cacao es mayor a 6 meses.

## METODOLOGÍA

### LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó de diciembre 2010 a octubre 2011, en la finca La Edita, sector Las Malvinas 2, en la provincia de Sucumbíos y los análisis de muestras de tejido vegetal en el

laboratorio de toxicología del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

## FACTOR EN ESTUDIO

Roundup<sub>SL</sub> (glifosato 48%) + POEA (surfactante: polioxietileno-amina) + adherente Cosmo-flux 411F 1% + agua 51%.

## TRATAMIENTOS

Se evaluaron 7 tratamientos: 5 dosis de Roundup<sub>SL</sub> (6,25, 4,69, 3,12, 1,57 y 0,63 g/ha + Cosmo-flux) más 2 testigos: testigo 1 sin aplicación del herbicida y testigo 2 sin aplicación del herbicida en árboles con manejo tradicional del cultivo. Los tratamientos 1 a 6 fueron aplicados en plantas con manejo técnico (Cuadro 2).

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos fueron evaluados en un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con 4 repeticiones y 28 unidades experimentales. La unidad experimental fue un árbol de cacao de la variedad CCN-51, de 5 años de edad, en producción y de 5 m de altura en promedio. La comparación de medias entre los tratamientos se realizó con la prueba de Tukey al 5%.

## VARIABLES

-Defoliación de los árboles en porcentaje, a los 7 días de la aplicación del herbicida y cada 15 días, hasta los 180.

- Apariencia de la planta a los 180 días de la aplicación (normal, marchita y muerta).

-Rendimiento. Antes y mensualmente después de la aplicación del herbicida hasta los 180 días. En cada cosecha se registro el número de mazorcas maduras sanas y enfermas, su peso y el peso del grano seco en kg. La suma de estos valores fueron expresados en número de mazorcas y peso en t/ha.

-Presencia de glifosato y AMPA. Muestras de tejido de hojas, tallo, frutos y raíces, tomadas a los 7 y 180 días de la aplicación del herbicida, fueron analizadas. La presencia de glifosato y AMPA, fue expresada en mg/kg.

## MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

El cultivo de cacao fue manejado técnicamente mediante labores culturales de control de malezas, fertilización, podas y controles fitosanitarios, 5 meses antes de aplicar los tratamientos del herbicida, para contar con árboles uniformes y vigorosos, y hasta 180 días después de la aplicación, en los tratamientos T1 a T6. El cultivo en el tratamiento T7, tuvo manejo tradicional. La dosis de 6,25g/l de Roundup<sub>SL</sub>+ Cosmo-flux/ha utilizada en el Plan Colombia, fue transformada a cc/m<sup>2</sup> y multiplicada por 16 m<sup>2</sup>, área estimada ocupada por un árbol de cacao, dando como resultado 38 cc de Roundup<sub>SL</sub>/16 m<sup>2</sup>. El volumen promedio de agua requerida para mojar el follaje de un árbol fue 1200 cc. La cantidad de Cosmo-flux promedia determinada en base a la recomendación de la etiqueta de 1%, fue 12 cc de Cosmo-flux/1200 cc del volumen total de la mezcla. La mezcla del herbicida + Cosmo-flux en

las dosis consideradas en los tratamientos, fueron aplicadas con bomba manual de mochila y boquilla de aspersión cónica.

## RESULTADOS

**-Defoliación y apariencia de los árboles.** En los tratamientos T1, T2 y T3 (6,25, 4,69 y 3,12gl/ha de Roundup<sub>SL</sub>+ Cosmo-flux), a los 30 días de su aplicación, causaron 100% de defoliación y a los 180, su muerte. El tratamiento T4 (1,57gl/ha), causó 66,25% de defoliación a los 90 días de la aplicación y 57,5% a los 180 días, observándose una ligera recuperación. En el tratamiento T5 (0,63gl/ha), los árboles mostraron 56,25% de defoliación a los 90 días de la aplicación y 27,5% a los 180, observándose una mejor recuperación del follaje en relación al tratamiento anterior. En cambio, en los tratamientos T6 y T7 (0,00gl/ha), los árboles no presentaron defoliación y su desarrollo fue normal (Grafico 1).

**-Rendimiento.** El rendimiento registrado en los 5 meses antes de la aplicación del herbicida, muestra que el manejo técnico del cultivo permite incrementar en 100% el rendimiento de grano seco y el ingreso bruto, en relación al manejo tradicional del agricultor. El ADEVA realizado para los componentes de la variable rendimiento (después de la aplicación), detectó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos (Cuadro 1). En el Cuadro 1, los tratamientos T6 y T7, presentan rendimientos superiores a los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6, con valores de 52656,3 mazorcas producidas, 39843,3 mazorcas sanas, 18593,8 mazorcas cosechadas con un peso de 15,5 t y 37,8 sacos de 45 kg de grano seco/ha, y 21250,0 mazorcas producidas, 4062,5 mazorcas sanas, 17187,5 mazorcas enfermas, 6562,5 mazorcas cosechadas, con un peso de 4,8 t y 11,1 sacos de 45 kg de grano seco/ha, en su orden.

Estos resultados permiten concluir que si una plantación de cacao recibe el impacto directo de una fumigación con la dosis de glifosato utilizada en el plan Colombia, esta será aniquilada; y si es afectada por dosis bajas de glifosato por deriva de la fumigación, los árboles no morirán, presentaran tendencia a recuperarse lentamente, pero sus rendimientos serán afectados significativamente con beneficios netos de 300,0 y 600,0 USD/ha, respectivamente, en comparación con los tratamientos T6 y T7 con beneficios netos de 5667,0 y 1667,0 USD/ha, respectivamente, es decir, las pérdidas serán de 89,4 a 100% (Cuadro 2). Los beneficios netos de 5667,0 USD/ha del tratamiento T6 y de 1667,0 USD/ha del tratamiento T7, establecen que el manejo técnico del cultivo permite obtener altos beneficios netos que con el manejo tradicional del cultivo, reflejados por la tasa de retorno marginal de 178,5%. Su adopción mejoraría la economía de los agricultores.

**-Presencia de glifosato y AMPA.** A los 7 días de la aplicación, glifosato fue detectado en follaje, tallo, raíz y frutos, en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, excepto en frutos en el T3. En el tratamiento T5 se detectó glifosato únicamente en follaje, y no fue detectado en ningún sustrato en los tratamientos T6 y T7 (Cuadro 3). A los 180 días de la aplicación, no se detectó a glifosato, lo que indica que fue degradado y que su persistencia en el tejido de los árboles no es mayor a 180 días. En relación al metabolito AMPA, no se detectó en ningún estrato, excepto en el tallo en el tratamiento T1 a los 7 días de la aplicación (Cuadro 4).

## CONCLUSIONES

-Las dosis de 6,25, 4,69 y 3,12gl de Roundup<sub>SL</sub>+Cosmo-flux/ha, ocasionan defoliación completa y muerte de los árboles a los 30 días de la exposición, es decir 100% de pérdidas.

-Las dosis 1,57 y 0,63gl de Roundup<sub>SL</sub>+Cosmo-flux/ha, causan en promedio 60% de defoliación de los árboles y luego una tendencia a recuperar follaje a los 180 días, pero no alcanzan un desarrollo y producción normales, el cultivo es afectado con pérdidas de 89,4 a 94,7%.

-Si una plantación de cacao recibe el impacto directo de una fumigación con la dosis de glifosato utilizada en el plan Colombia de 6,25, 4,69 o 3,12gl de Roundup<sub>SL</sub>+Cosmo-flux/ha, esta será aniquilada; y si es afectada por dosis bajas (1,57 y 0,63gl de Roundup<sub>SL</sub>+Cosmo-flux/ha), por deriva de la fumigación, los árboles serán afectados, no morirán, presentaran tendencia a recuperarse lentamente, pero sus rendimientos serán afectados significativamente.

-Las pérdidas que sufrirá una plantación de cacao por impacto directo o por deriva de la fumigación de glifosato en dosis de 6,25, 4,69, 3,12, 1,57 y 0,63gl Roundup<sub>SL</sub>+Cosmo-flux/ha, fluctuará de 100 a 89,4%.

-El tiempo de persistencia del glifosato en el tejido de árboles de cacao, no es mayor a 180 días.

-El manejo técnico del cultivo de cacao permite obtener rendimientos superiores al manejo tradicional del agricultor (64,8 y 19 sacos de 45 kg de grano seco/ha/año, respectivamente); el análisis económico del presupuesto parcial presenta una tasa de retorno marginal de 178,5% que indica alta rentabilidad de la tecnología, cuya adopción mejoraría significativamente la economía de los agricultores.

## RECOMENDACIONES

Para evitar el daño que ocasiona el glifosato al cultivo de cacao, por impacto directo o por deriva de las fumigaciones, se recomienda mantener la franja de seguridad de 10 km hacia adentro del territorio Colombiano, como fue acordada en el Seminario "Erradicación de Cultivos ilícitos" Bogotá-Colombia (13-15/02/2002), para precautelar los cultivos lícitos y la flora en general.

-Por la eficiencia y alta rentabilidad de la tecnología de manejo técnico del cultivo de cacao, se recomienda considerar esta tecnología en los planes de mitigación de las zonas afectadas y no afectadas por la deriva de las aspersiones de glifosato, para mejorar la economía de los agricultores.

## RESUMEN

Para generar datos experimentales de los daños que el glifosato causa a plantaciones de cacao por la deriva de las aspersiones del Plan Colombia para eliminar plantaciones de coca en la zona de frontera de Ecuador-Colombia, se realizó esta investigación con los objetivos: 1) Cuantificar el daño del área foliar y las pérdidas de rendimiento en el cultivo de cacao y 2) Determinar la persistencia del glifosato en el cultivo de cacao. Para este fin, en la hacienda La Edita (Cascales-Sucumbíos) y con el conocimiento que la mezcla de herbicida Roundup<sub>SL</sub>(glifosato 48%)+POEA (surfactante: polioxietilenoamina)+adherente Cosmo-flux 411F 1%+agua 55%), en dosis de 6,25 gl/ha, fue utilizada en las aspersiones, se evaluaron 7 tratamientos: 5 dosis del herbicida (6,25, 4,69, 3,12, 1,57 y 0,63 gl/ha) más 2 testigos: testigo 1 sin aplicación del herbicida y testigo 2 sin aplicación del herbicida en árboles con manejo tradicional del agricultor. Los tratamientos 1 a 6 fueron aplicados en plantas con manejo técnico. Se utilizó un DBCA con 4 repeticiones. Las variables consideradas fueron: defoliación y apariencia de los árboles, a los 7 días de la aplicación del herbicida, cada 15 y hasta los 180 días; rendimiento de mazorcas maduras sanas y enfermas, su peso y el peso de grano en kg, hasta los 180 días, expresados en unidades por hectárea; presencia de glifosato y AMPA en muestras de tejido de los sustratos hojas, tallo, frutos y raíces, a los 7 y 180 días de la aplicación del herbicida, expresado en mg/kg. En los Tratamientos T1, T2 y T3, los árboles de cacao presentaron 100% de defoliación a los 30 días de la aplicación del herbicida y a los 180 se estableció su muerte. Las pérdidas de rendimiento fueron 100%. En el tratamiento T4, los árboles presentaron 66,25% de defoliación a los 90 días de la aplicación y 57,5% a los 180 días, observándose una ligera

recuperación, pero las pérdidas fueron de 94,7%. En el Tratamiento T5, los árboles mostraron 56,25% de defoliación a los 90 días de la aplicación y 27,5% a los 180, observándose una mejor recuperación del follaje en relación al tratamiento 4, y las pérdidas fueron de 89,4%. En cambio, los tratamientos T6 y T7, no registraron defoliación, su desarrollo fue normal y presentaron rendimientos de 52656,3 mazorcas producidas, 39843,3 mazorcas sanas, 18593,8 mazorcas cosechadas con un peso de 15,5 t y 37,8 sacos de 45 kg de grano seco/ha, y 21250,0 mazorcas producidas, 4062,5 mazorcas sanas, 17187,5 mazorcas enfermas, 6562,5 mazorcas cosechadas con un peso de 4,8 t y 11,1 sacos de 45 kg de grano seco/ha, en su orden. Los beneficios netos de 5667,0 USD/ha del tratamiento T6 y de 1667,0 USD/ha del tratamiento T7, indican que el manejo técnico del cultivo permite obtener el triple de beneficios netos que con el manejo tradicional del agricultor. En cuanto a la presencia y persistencia del glifosato, a los 7 días de la aplicación, fue detectado en follaje, tallo, raíz y fruto en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, excepto en fruto en el T3. En el tratamiento T5 se detectó a glifosato únicamente en follaje y no fue detectado en ningún sustrato en los tratamientos T6 y T7. La no detección de glifosato a los 180 días de la aplicación, indica que fue degradado y que su persistencia en el tejido de los árboles no es mayor a 6 meses. En relación al AMPA, este metabolito únicamente fue detectado en el estrato tallo del tratamiento T1, a los 7 días de la aplicación. Se concluye que si una plantación de cacao recibe el impacto directo de una fumigación con la dosis de herbicida utilizada en el plan Colombia, esta será aniquilada; y si recibe una dosis baja de glifosato por deriva de la fumigación, los árboles no morirán, se recuperarán lentamente, pero sus rendimientos serán afectados significativamente con beneficios netos de 300,0 y 600,0 USD/ha, respectivamente, en comparación con los tratamientos T6 y T7 con beneficios netos de 5667,0 y 1667,0 USD/ha, en su orden. En otras palabras las pérdidas serán de 89,4 a 100%. El tiempo de persistencia del glifosato en el tejido de árboles de cacao, no es mayor a 180 días. Para evitar el daño a plantaciones de cacao, por impacto directo o por deriva de las aspersiones, es recomendable mantener la franja de seguridad de 10 km hacia adentro del territorio colombiano. Por la alta rentabilidad de la tecnología de manejo técnico del cultivo de cacao, se recomienda considerar esta tecnología en los planes de mitigación de las zonas afectadas y no afectadas por la deriva de las aspersiones de glifosato, para mejorar la economía de los agricultores.

## SUMMARY

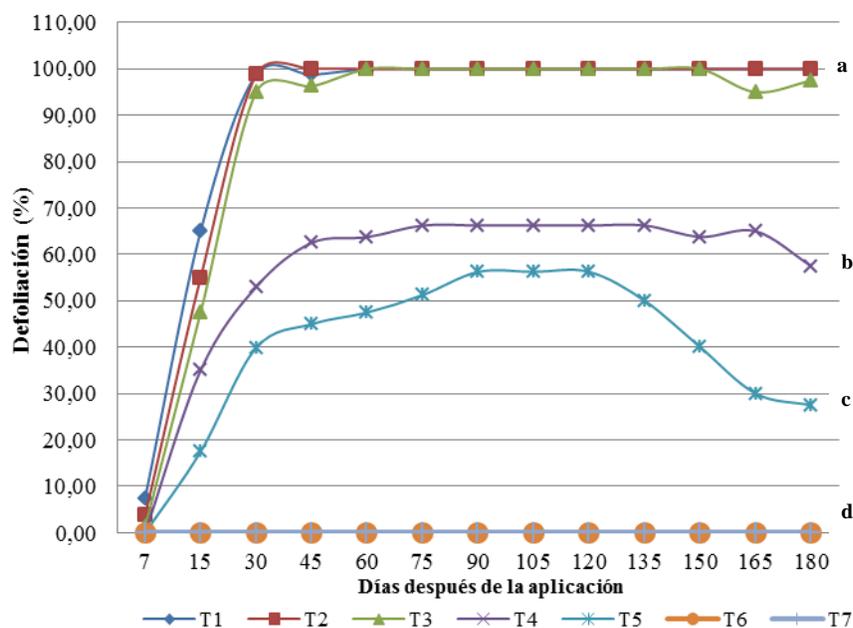
To generate experimental data of the damage that glyphosate causes cocoa plantations drift of Plan Colombia fumigations to eliminate coca plantations in the border area of Ecuador-Colombia, we conducted this research with the objectives: 1) quantify leaf area damage and yield losses in the cultivation of cocoa and 2) determine the persistence of glyphosate in the cultivation of cocoa. To this end, in the property La Edit (Cascales-Sucumbíos) and with the knowledge that mixing RoundupSL herbicide (glyphosate 48%) + POEA (surfactant: polyoxyethylene-amine) + Cosmo-Flux 411F adhesion 1% + water 55%) at doses of 6,25 gl/ha, was used in the fumigations, 7 treatments were evaluated: 5 doses of the herbicide (6,25, 4,69, 3,12, 1,57 and 0,63 gl/ha) plus 2 controls: Control 1 without herbicide application and witness 2 without herbicide application on trees with traditional management of the farmer. Treatments 1 to 6 were applied to plants with technical management. We used a DBCA with 4 replications. The variables considered were: defoliation and tree appearance at 7 days after herbicide application, and every 15 to 180 days yield ripe pods healthy and sick, your weight and grain weight in kg, to 180 days, expressed in units per hectare; presence of glyphosate and AMPA in tissue samples of the estrates leaves,

stems, fruits and roots, at 7 and 180 days after herbicide application, expressed in mg/kg. In Treatments T1, T2 and T3, cocoa trees showed 100% defoliation at 30 days of herbicide application and 180 death was established. Yield losses were 100%. In T4, the trees had 66,25% defoliation at 90 days after application and 57,5% at 180 days, showing a slight recovery, but the losses were 94,7%. In treatment T5, the trees showed 56,25% defoliation at 90 days after application and 27,5% at 180, with better recovery of foliage in relation to treatment 4, and the losses were of 89,4 %. However, the treatments T6 and T7, showed no defoliation, its development was normal and had produced pods yields 52656,3 , 39843,3 healthy ears, ears harvested 18593,8 weighing 15,5 t and 37,8 sacks 45 kg of dry grain/ha and produced ears 21250,0 , 4062,5 ears healthy, diseased pods 17187,5 , 6562,5 ears harvested with a weight of 4.8 t and 11.1 sacks of 45 kg of grain dry/ha, in that order. The net profit of 5667,0 USD/ha with T6 and 1667,0 USD/ha with T7, indicate that the technical management of the crop can get the triple net benefits with the traditional management of the farmer. As for the presence and persistence of glyphosate, at 7 days after application, was detected in leaves, stem, root and fruit in treatments T1, T2, T3 and T4, except fruit in T3. In treatment T5 was detected only in foliage and glyphosate was not detected in any estrate in treatments T6 and T7. The not detection of glyphosate at 180 days of the application indicates that it was degraded and that its persistence in the tissue of the trees is not more than 6 months. In relation to AMPA, this metabolite was detected only in the estrate stem T1, at 7 days after application. We conclude that if a cocoa plantation receives the direct impact of fumigation with the herbicide doses used in Plan Colombia, this will be annihilated, and if you receive a low dose of glyphosate fumigation drift, the trees will not die, it recover slowly, but yields will be significantly affected with net profit of 300,0 and 600,0 USD/ha, respectively, compared with the treatments T6 and T7 with net profit of 5667,0 and 1667,0 USD/ha in order. In other words losses will be from 89,4 to 100%. The time of persistence of glyphosate in the tissue of cocoa trees, is not more than 180 days. To avoid damage to plantations of cocoa by direct impact or through drift of fumigation, is recommended to keep the strip up to 10 km inside the Colombian territory. Due to the high profitability of technical management technology of cocoa, it is recommended that this technology in the mitigation plans of areas affected and unaffected by the drift of glyphosate sprays to improve the economy of farmers.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ACCIÓN ECOLÓGICA. 2002. Informe de Verificación (octubre 2002). Impactos en Ecuador de las fumigaciones realizadas en el Putumayo dentro del Plan Colombia. pp. 2-10.
2. COMISIÓN CIENTÍFICA ECUATORIANA. 2007. El Sistema de Aspersiones Aéreas del Plan Colombia y sus Impactos Sobre el Ecosistema y la Salud en la Frontera Ecuatoriana. Quito- Ecuador. pp. 22 – 33.
3. SOLOMON, K., ANADON, A., MARSHALL, J. y SANIN, L., 2005. “Estudio de los efectos del Programa de Erradicación de los Cultivos Ilícitos mediante la aspersión aérea con el herbicida glifosato (PECIG) y los cultivos ilícitos en la salud humana y en el medio ambiente”, Informe ICAD – OEA, Washington, D.C., Estados Unidos de América, pp. 27 – 30.
4. TRIBUNAL ADMINISTRATIVO DE CUNDINAMARCA, 2003. Expediente N.01-0022, accionante Claudia Sampedro y Héctor A. Suárez, en contra del Ministerio del Medio Ambiente y otros. Sentencia para impedir y remediar las fumigaciones para erradicar cultivos ilícitos en la frontera Colombo-Ecuatoriana. 115 p.

**Gráfico 1.** Curvas de defoliación de los árboles de cacao generadas por los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 5 meses). Sucumbíos, 2010-2011.



**Cuadro 1.** Prueba de Tukey (P<0,05) para las variables mazorcas totales producidas, sanas, enfermas, mazorcas cosechadas, peso mazorcas cosechadas y peso del grano seco registradas en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 7 meses). Sucumbíos, 2011.

No	Tratamientos		Mazorcas/ha			Mazorca cosechadas		Peso del grano seco	Grano seco (sacos de 45 kg/ha)
	Dosis glifosato (gl/ha)	+ manejo cultivo	Total	Sanas	Enfermas	Total/ha	Peso (t/ha)	(t/ha)	
T6	0,00	Técnico	52656,3 a	39843,8 a	12812,5 ab	18593,8 a	15,5 a	1,7 a	37,8a
T7	0,00	Agricultor	21250,0 b	4062,5 b	17187,5 a	6562,5 b	4,8 b	0,5 b	11,1 b
T5	0,63	Técnico	16406,3 b	6562,5 b	9843,75 ab	2343,8 bc	1,9 bc	0,2 bc	4,0 bc
T4	1,57	Técnico	11250,0 bc	3906,3 b	7343,8 b	781,3 c	0,6 c	0,1 c	2,0 c
T3	3,12	Técnico	0,0 c	0,0 c	4843,8 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
T2	4,69	Técnico	0,0 c	0,0 c	9218,8 ab	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
T1	6,25	Técnico	0,0 c	0,0 c	3906,3 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
C.V. (%)			40,22	46,08	43,02	54,64	49,18	48,22	48,22

**Cuadro 2.** Pérdidas del rendimiento estimados en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao” (datos de 7 meses). Sucumbíos, 2011. (n = 4).

No	Tratamientos		Rendimiento (sacos de 45 kg)	Beneficio neto (USD/ha)	Pérdidas	
	Dosis glifosato (gl/ha)	+ manejo cultivo			(%)	(USD)
T6	0,00	Técnico	37,8	5667,0	0,0	0,0
T7	0,00	Agricultor	11,1	1667,0	0,0	0,0
T5	0,63	Técnico	4,0	600,0	89,4	5066,3
T4	1,57	Técnico	2,0	300,0	94,7	5367,0
T3	3,12	Técnico	0,0	0,0	100,0	5667,0
T2	4,69	Técnico	0,0	0,0	100,0	5667,0
T1	6,25	Técnico	0,0	0,0	100,0	5667,0

**Cuadro 3.** Persistencia del glifosato en el tejido de 4 estratos de los árboles de cacao a los 7 y 180 días de la aplicación, registrado en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao. Sucumbíos, 2011. (n = 4).

Tratamientos			Glifosato (mg/kg)							
			A los 7 días				A los 180 días			
No	Dosis glifosato (galones/ha)	+Manejo cultivo	Follaje	Tallo	Raíz	Fruto	Follaje	Tallo	Raíz	Fruto
T1	6,25	Técnico	38,0	2,9	6,8	6,9	-	< LD	< LD	-
T2	4,69	Técnico	29,0	4,2	8,0	9,3	-	< LD	< LD	-
T3	3,12	Técnico	19,0	4,1	3,2	<LC	-	< LD	< LD	-
T4	1,57	Técnico	10,0	0,6	1,4	5,5	< LD	< LD	< LD	< LD
T5	0,63	Técnico	4,0	<LC	<LC	<LC	< LD	< LD	< LD	< LD
T6	0,00	Técnico	0,0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
T7	0,00	Agricultor	0,0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

<LC Menor al límite de cuantificación

< LD Menor al límite de detección

**Cuadro 4.** Detección del AMPA en el tejido vegetal en 4 estratos de los árboles de cacao a los 7 y 180 días de la aplicación, registrado en los tratamientos evaluados en el ensayo “Efecto y persistencia del glifosato en el cultivo de cacao. Sucumbíos, 2011. (n = 4).

Tratamientos			AMPA (mg/kg)							
			A los 7 días				A los 180 días			
No	Dosis glifosato (galones/ha)	+Manejo cultivo	Follaje	Tallo	Raíz	Fruto	Follaje	Tallo	Raíz	Fruto
T1	6,25	Técnico	< LD	5,5	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-
T2	4,69	Técnico	< LD	< LD	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-
T3	3,12	Técnico	< LD	< LD	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-
T4	1,57	Técnico	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
T5	0,63	Técnico	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
T6	0	Técnico	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
T7	0	Agricultor	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

<LC Menor al límite de cuantificación

< LD Menor al límite de detección

.....  
 Ing. Jorge Revelo, M. Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS**