



Agroquímicos en ecosistemas hortícolas y pecuarios en la microcuenca de las quebradas Plantón y Pacayas en Cartago, Costa Rica.

**Documento técnico No. 16
Area: Diagnóstico de Agroquímicos**

Elaborado:

María Luisa Fournier L., Fernando Ramírez M., Clemens Ruepert,
Seiling Vargas V., Silvia Echeverría S.
IRET Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas
Universidad Nacional, Heredia.

San José, Costa Rica
Noviembre, 2010

CONTENIDO

Resumen	3
1. Introducción.....	3
2. Metodología.....	3
2.1. Área de estudio	3
2.2. Uso de plaguicidas.....	4
2.3. Mediciones físicas, químicas y análisis de residuos de plaguicidas	4
2.4. Evaluación biológica	4
3. Resultados y discusión	4
3.1. Uso y manejo de plaguicidas	4
3.2. Características físicas y químicas de las aguas	7
3.3. Residuos de plaguicidas en aguas, suelos y hortalizas	7
3.4. Evaluación biológica de las quebradas.....	10
4. Conclusiones y recomendaciones.....	10
5. Referencias bibliográficas	10

Agradecimientos

Al MSc. Carlos Hidalgo Ardón, coordinador del proyecto marco “Mejoramiento de los sistemas de producción agropecuaria con tecnologías compatibles con el ambiente, zona piloto de estudio Plantón-Pacayas en la Subcuenca del río Birrís, Costa Rica” del INTA, ente a través del cual se financió este estudio. Así como a todos los productores de la microcuenca quienes compartieron amablemente su conocimiento, facilitando el acceso a sus propiedades; a Beatriz Molina B. y Enrique Brenes G. de la Agencia de Servicios Agropecuarios de Pacayas por mostrarnos el área y contactarnos con los agricultores y; a Liver Montero de la Municipalidad de Alvarado quien nos acompañó en el muestreo de los tanques de agua domiciliaria. También a los funcionarios del IRET Martha Orozco A. y Silvia Berrocal M. por montar las bases de datos sobre uso de plaguicidas, a Leonel Córdoba G. por la medición de caudales en las quebradas y a Silvia Argüello V. por su colaboración cartográfica.

Resumen

Se estudió una microcuenca entre las quebradas Pacayas y Plantón, parte alta de la cuenca del río Reventazón en la provincia de Cartago, bajo un uso intensivo del suelo, donde se utilizan 84 plaguicidas y un centenar de fertilizantes con diferentes nombres comerciales. Allí una hectárea puede recibir entre una y cuatro toneladas métricas de fertilizante por año y el uso de plaguicidas varía entre 11 y 163 kilogramos de ingrediente activo (i.a) por hectárea por año; un uso relativamente alto si se compara con otros cultivos como arroz (18-24 kg ia./ha/año), banano (40), piña (15-20) y melón (70-140).

En la zona se usan, entre otros, plaguicidas restringidos por su alta toxicidad y persistencia, como paraquat, quintozeno, metamidofos, clorpirifos, endosulfan, carbofuran y aldicarb. Solo el 22% de los horticultores realiza un monitoreo de su cultivo para decidir qué aplicar, el resto aplica como práctica rutinaria. El 80% de los desechos no recibe un manejo apropiado y la mitad de los envases plásticos de plaguicidas son quemados.

Se encontró contaminación por fertilizantes, sedimentos y plaguicidas en ambas quebradas estudiadas, en concentraciones que pueden impactar los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad. Asimismo, se detectó vulnerabilidad a la contaminación en las nacientes para agua potable de la microcuenca, por la presencia de nitratos y plaguicidas; se detectaron trazas de clorpirifos, hexaclorobenceno y clorotalonil. En el 17% de las muestras de hortalizas analizadas hay residuos de plaguicidas que exceden los valores máximos aceptados por la normativa vigente.

Una asistencia técnica hacia los productores enfocada al seguimiento adecuado de plagas, a más criterios para la protección de sus cultivos y la incorporación de mejores prácticas agrícolas puede contribuir a un uso reducido de plaguicidas. Es recomendable fortalecer las actividades de extensión agrícola calificada en las zonas hortícolas del norte de Cartago, para que los agricultores no tengan como única asesoría a las empresas comercializadoras de agroquímicos. Además, se requiere restaurar la vegetación riparia de las quebradas cumpliendo con la legislación vigente; en varios tramos se siembran hortalizas hasta el borde y los contaminantes pasan directamente a los cursos de agua afectando la calidad del ecosistema.

1. Introducción

La mayor parte de la producción de hortalizas en la región nororiental del Valle Central, en las faldas de los volcanes Irazú y Turrialba, es altamente dependiente de agroquímicos como fungicidas, insecticidas, herbicidas y fertilizantes. Las aplicaciones excesivas de plaguicidas y las características de las sustancias en cuanto a su nivel de toxicidad, persistencia y movilidad, tienen potencial para impactar los suelos y las aguas. Los residuos de plaguicidas pueden infiltrarse al suelo contaminando el agua subterránea, así como transportarse por la escorrentía hacia las aguas superficiales.

El costo económico, ambiental y de salud es tema de reflexión para los agricultores, usuarios directos de los plaguicidas y para la sociedad en general como consumidora de los productos agrícolas. Este contexto ha motivado durante tres años el trabajo conjunto del INTA y el IRET con los agricultores de la microcuenca de las quebradas Plantón y Pacayas, en

el diagnóstico del uso de plaguicidas y la detección de residuos de estos en las aguas superficiales, en los suelos y en los productos hortícolas. Esto con la finalidad de identificar problemas, generar recomendaciones y propiciar acciones para un manejo más integral y sostenible de las actividades agrícolas en la zona.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

La microcuenca comprende alrededor de 560 ha localizadas entre las coordenadas Lambert 211.0-215.0 y 552.5-557.3 de la hoja cartográfica Istarú 3445 IV a escala 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional (1981) y se ubica entre 1.720 y 2.900 m.s.n.m (figura 1). Las condiciones climatológicas se rigen bajo una precipitación anual de 1.773 a 2.228 mm y de 14,1 a 16,7 °C de temperatura promedio. La mayor parte del área de estudio está cubierta por pastos, papa, repollo, brócoli, coliflor, zanahoria y algunos parches pequeños de bosque ripario.

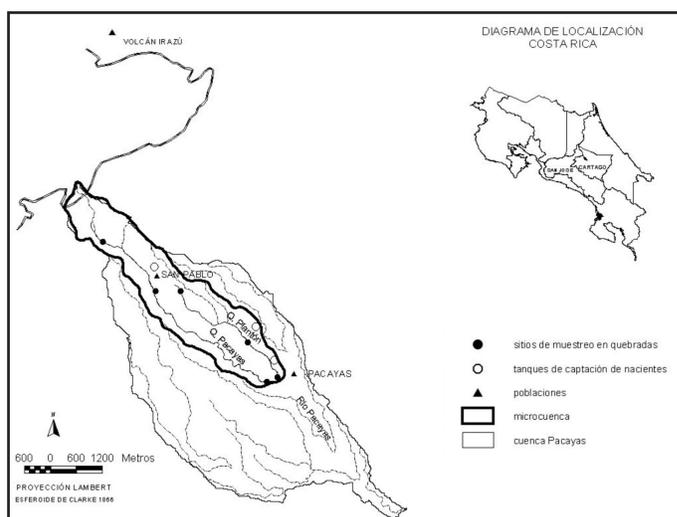


Figura 1. Mapa de la zona de estudio en la microcuenca Plantón-Pacayas, Cartago.

La forma alargada de la cuenca así como la dominancia de pendientes mayores de 30° tiende a retener menos las lluvias y por eso los caudales están relacionados con la precipitación (van Es 2005). Las mediciones promedio a diferentes altitudes y épocas del año para la quebrada Pacayas fueron de 0,5 a 2,2 m de ancho, de 0,06 a 0,75 m de profundidad y de 0,004 a 0,20 m³/s de caudal; mientras en la quebrada Plantón fueron respectivamente de 0,5 a 2,2 m, de 0,04 a 0,20 m y, de 0,001 a 0,15 m³/s.



Zanahoria sembrada en terrenos de alta pendiente

2.2. Uso de plaguicidas

Para el diagnóstico de uso de agroquímicos y manejo de desechos de envases y remanentes de plaguicida se entrevistó casi la totalidad de los agricultores y ganaderos de la microcuenca Plantón-Pacayas. En tres años se realizaron 136 encuestas a 74 productores, en los diferentes cultivos durante las estaciones seca y lluviosa, visitando cada año las zonas de Llano Grande, Pacayas y Encierrillos en la parte baja de la microcuenca; Guadalupe/Charcalillo y San Pablo en la media y La Piara, Cerro Gurdían, La Pastora y San Juan de Chicué en la alta.

2.3. Mediciones físicas, químicas y análisis de residuos de plaguicidas

Durante el periodo 2006 a 2009 y con una frecuencia trimestral, se muestreó en seis sitios el agua superficial a tres niveles dentro de la microcuenca en las quebradas Pacayas y Plantón. El muestreo de agua potable proveniente de fuentes subterráneas se realizó por dos años en el tanque de captación Ivankovich en San Pablo de Oreamuno, el cual recibe aguas de varias fuentes de la parte alta de la microcuenca y por un año en la naciente Tica y en el tanque municipal de Pacayas, donde se mezclan las nacientes María Cristina, Tica, Rubén Montero y Martín Montero. Los parámetros medidos en el campo fueron: temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad y en el laboratorio: sólidos suspendidos y totales, nitrato, nitrito, fosfato soluble y total, potasio y residuos de plaguicidas.

Además, durante los tres años de estudio se recolectaron 29 muestras de suelo y 29 de vegetales para analizar residuos de plaguicidas; la mayoría de ellas se tomaron en las parcelas agrícolas con un uso de plaguicidas sobre el promedio. Para las muestras de suelo se tomaron de 30 a 40 submuestras con un barreno de 2,5 cm de diámetro y a 15 ± 5 cm de profundidad. Las hortalizas se recolectaron en el terreno durante los días de cosecha, se tomaron seis unidades de repollo, brócoli, coliflor o remolacha, un rollo de culantro y alrededor de 1,5 kg de papa o zanahoria por muestra.

2.4 Evaluación biológica

Cada tres meses durante un ciclo anual se evaluó, en los mismos puntos de las quebradas, las comunidades de macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de las aguas conforme al índice de calidad mencionado en el decreto de calidad de aguas superficiales del 2007 (Decreto No. 33903-MINAE-SALUD). Con este se asignan diferentes puntajes a las familias de macroinvertebrados identificadas, según su sensibilidad a la contaminación orgánica. La sumatoria de los puntajes obtenidos para todas las familias de macroinvertebrados recolectadas en un sitio determina el correspondiente nivel de calidad del agua.

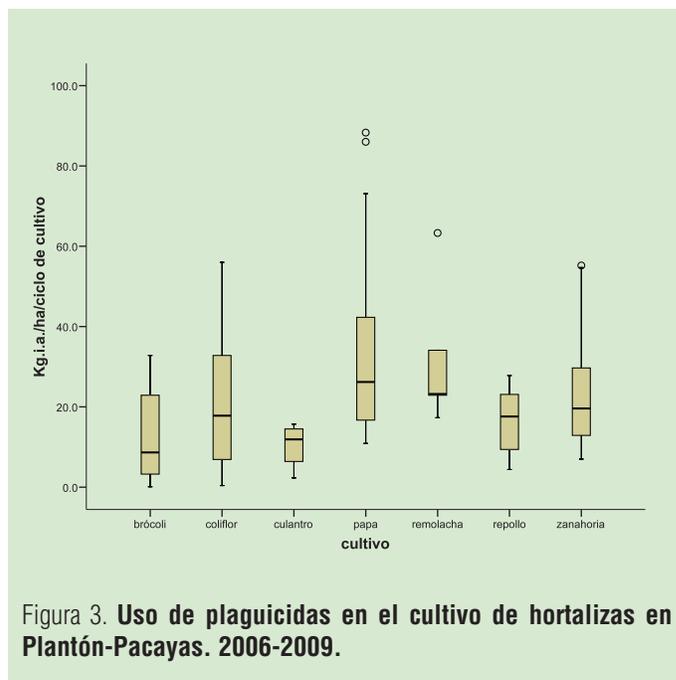
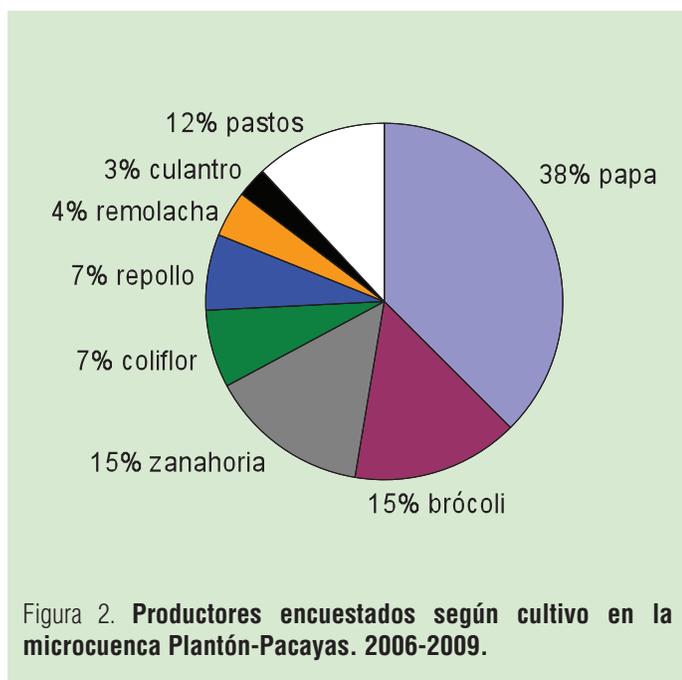


Toma de muestras: agua y macroinvertebrados bentónicos en las quebradas, de suelo y de papa

3. Resultados y discusión

3.1. Uso y manejo de plaguicidas

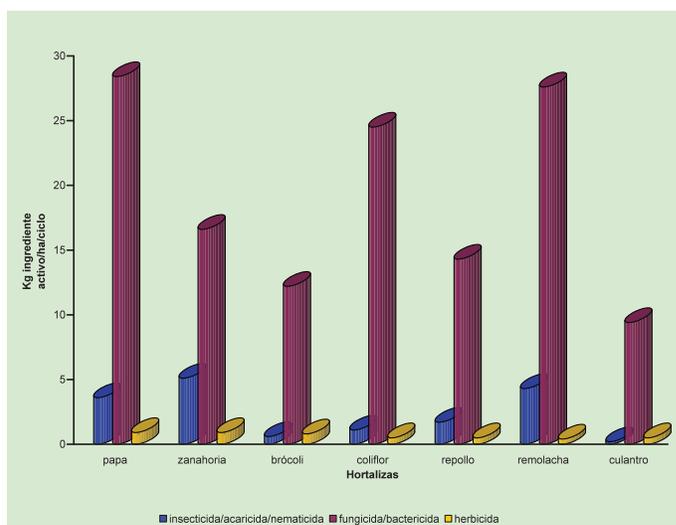
Para el diagnóstico sobre uso de plaguicidas se evaluaron ocho cultivos: papa, zanahoria, brócoli, coliflor, repollo, culantro, remolacha y pastos. La papa es el cultivo más importante en el área de estudio con un 38% de la actividad productiva, seguida por brócoli y zanahoria. Hay 380 ha de pastos, casi tres veces el área de hortalizas evaluada, una actividad productiva a la que se dedican el 12% de los encuestados (figura 2).



En cuanto al uso de plaguicidas (como ingrediente activo) por hectárea por cultivo se encontraron cantidades de uso muy variadas: en papa las variaciones se dan entre 11 y 88 kg i.a./ha/ciclo; en zanahoria de 7 a 55, en brócoli de 0,1 a 33, en coliflor de 0,4 a 56, en repollo de 5 a 28, en remolacha de 17 a 63 y en culantro de 2 a 16 kg i.a. /ha/ciclo (figura 3). Los agricultores que menos plaguicida aplican son en general los que venden sus productos a las cadenas de supermercados. Por lo general ellos están sometidos a análisis regulares de residuos de plaguicidas, por lo tanto, son más estrictos en el uso, utilizando menos plaguicidas químicos, y más bioplaguicidas y biofertilizantes. El uso total de plaguicida en este grupo de productores está entre 0,1 y 4,1 kg i.a./ha /ciclo de cultivo.

Por otro lado, en dos fincas productoras de semilla de papa ubicadas en Cerro Gurdían y San Juan de Chicué, con un área sembrada de 46 ha, se encontró un uso alrededor de 87 kg i.a. /ha/ciclo. Estas fincas están ubicadas en la parte alta de la cuenca, donde ocurre parte importante de la recarga de las nacientes y cubren una extensión de tierra importante.

En la microcuenca se utilizan 84 ingredientes activos diferentes. Algunos de estos tienen restricciones para la venta y uso como el paraquat y clorpirifos, los cuales fueron mencionados en el 55% y 35% de las encuestas, y otros de uso medio son metamidofos y forato. Según su acción biocida los fungicidas son los de mayor aplicación (85,9%), en relación a 11,5% de insecticidas y 2,6 % de herbicidas (figura 4). Algunos de plaguicidas se venden bajo diferentes nombres comerciales y por eso se encontraron agricultores usando en una misma aplicación y en dosis completa hasta tres productos con mancozeb (Curzate® + Amarillo® + Biozate®) y dos con cimoxanil.



Diagnóstico sobre uso y residuos de agroquímicos en Plantón-Pacayas- IRET/UNA

Por contar con el cultivo de papa como el de mayor importancia y disponibilidad de datos, se realizó un análisis sobre el uso de plaguicidas según tamaño de finca y uso de acuerdo a las condiciones climáticas. Entre los productores de papa se pueden identificar dos tipos: 6 grandes con áreas de siembra de 3 a 25 ha de extensión, dedicadas principalmente a producir semilla y localizadas en la parte más alta de la microcuenca y 46 pequeños con áreas sembradas entre 0,18 y 2,1 ha por ciclo y ubicados en las partes media y baja.

Los productores grandes de papa sembraron en total 50,6 ha con un uso estimado de 54,7 kg i.a./ha/ciclo. Utilizaron 31 ingredientes activos diferentes, entre otros, 15 insecticidas: cartap (3,3% del total de plaguicidas), endosulfan (1,4%) y tiociclam (1,3%); 13 fungicidas: mancozeb (32%), propineb (22%), foseetil aluminio (14%) y clorotalonil (12%) y; 3 herbicidas: paraquat (1,4%), linuron (1,1%). Por el contrario, los productores pequeños representados en 40,4 ha, utilizan relativamente menores cantidades de plaguicida por ciclo: 27,4 kg i.a./ha/ciclo. Estos utilizan un total de 58 plaguicidas distintos, 25 insecticidas: clorpirifos (4,2%), forato (1,5%) y metamidofos (0,9%); 29 fungicidas: mancozeb (29,3%), clorotalonil (22,7%), propineb (18,7%) y PCNB (5%) y 4 herbicidas: paraquat (2,7%), glifosato (0,5%). En cuanto a fertilizantes, se encontró que los productores grandes aplican alrededor de 3.040 kg de producto formulado/ha/ciclo, en tanto los pequeños 1.825 kg/ha/ciclo. Además, se encontraron diferencias en cuanto al uso de plaguicidas y fertilizantes según la época climática. En la estación lluviosa, de mayo a diciembre, se usa 51,8 kg i.a./ha/ciclo; mientras que en la estación seca o de menor precipitación, de enero a abril, usan 20,3 kg i.a./ha/ciclo (cuadros 1 y 2). Es decir, la cantidad de plaguicida aplicada por hectárea cultivada es dos y media veces más en el periodo de mayor precipitación. La mayoría de los productores grandes cultivan en la época lluviosa usando grandes cantidades de plaguicidas en áreas relativamente extensas, esto explica en parte las diferencias entre estaciones.

Cuadro 1. Uso total de plaguicidas en papa por estación climática y acción biocida. 2006-2009.

	Época seca		Época lluviosa	
	uso kg/ha/ciclo	número de ingredientes activos	uso kg/ha/ciclo	número de ingredientes activos
Insecticidas	1,9	19	5,9	23
Fungicidas	17,8	20	44,1	23
Herbicidas	0,6	3	1,8	4
Total plaguicidas	20,3	42	51,8	50
Fertilizantes	1.230	-	1.330	-

Cuadro 2. Principales plaguicidas usados en papa por estación climática y acción biocida. 2006-2009.

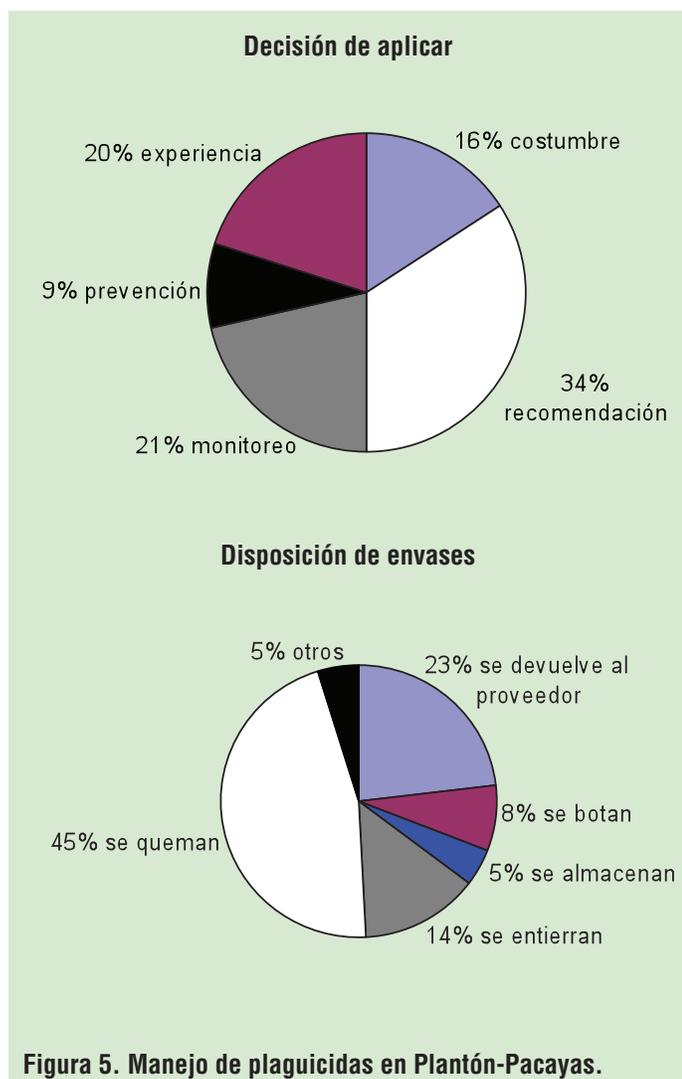
	Época seca			Época lluviosa		
	% de plaguicidas	principales	% del total plaguicidas	% total de plaguicidas	principales	% del total de plaguicidas
Insecticidas	9,4	clorpirifos	4,4	11,4	cartap	2,8
		metamidofos	1,1		clorpirifos	1,6
		ciromazina	0,5		endosulfan	1,3
Fungicidas	87,6	propineb	34	85,2	mancozeb	30
		mancozeb	27		propineb	19
		clorotalonil	17		clorotalonil	14
Herbicidas	3,0	paraquat	2,5	3,4	paraquat	1,6
		glifosato	0,4		linuron	1,0

Sin embargo, en cuanto al uso de fertilizantes en papa no se detectaron diferencias importantes entre las estaciones, durante las lluvias es de 1.330 kg/ha y en el verano de 1.230 kg/ha. Aunque sí se destaca en general el alto uso de fertilizantes en toda la microcuenca Plantón-Pacayas, en donde sin contar pastos, el uso estimado en una hectárea varía entre 1 y 4 toneladas métricas de fertilizante por año, según sea el tipo de hortaliza cultivada (cuadro 3).

Cuadro 3. Fertilizantes aplicados en los cultivos en Plantón-Pacayas. 2006-2009.

	mínimo kg/ha/ciclo	máximo kg/ha/ciclo	uso estimado kg/ha/ciclo
papa	566	4.190	2.393
zanahoria	360	2.417	1.120
brócoli	189	2671	627
coliflor	336	2171	878
repollo	324	1.776	867
remolacha	391	1.900	718
culantro	179	658	360
pastos	16	2.578	640

Los agricultores preparan la mezcla de plaguicidas en su parcela, ya sea en el cultivo o cerca de la bodega, por lo general localizada en un borde. El 33% de los productores dice no tener sobrantes de mezcla de plaguicidas; pero la mitad de ellos con sobrantes acostumbra aplicarlos de nuevo sobre el cultivo y el 12% directamente sobre el terreno. Esto adiciona una fuente de contaminación sobre los suelos y las aguas. El 86% lava el equipo de aplicación en la zona entre el cultivo y la bodega y el 19% lo hace dentro de la bodega. La disposición de los envases usados de plaguicidas requiere atención, ya que solo el 21,5% lo devuelve al proveedor, mientras que el 24% lo entierra y bota y casi el 50% lo quema (figura 5).



Ejemplos de manejo inadecuado de envases, carga y aplicación de plaguicidas

3.2. Características físicas y químicas de las aguas

Los valores de nitratos en las quebradas tienen concentraciones medias y altas y son altos en las nacientes de suministro de agua potable (cuadro 4). En la quebrada Plantón por ejemplo, se llegó a medir en el tramo alto de la quebrada entre 20 y casi 40 mg/litro de nitrato y alrededor de 10 mg/L en los sectores medios y bajos, indicando la escorrentía de fertilizantes que está ocurriendo hacia los cursos de agua. En la Pacayas también se observan concentraciones mayores de nitratos en la sección alta de la microcuenca, entre 10 y 30 mg/L y cerca de 5 mg/L en el sector bajo.

Según la normativa nacional sobre calidad de agua superficial, los niveles de nitrato aptos para mantener la vida acuática no deberían ser mayores a 22 mg/L. En varias ocasiones las concentraciones de nitrato encontradas en las quebradas superan estos valores. Las concentraciones encontradas en las fuentes para agua de consumo no superan el nivel máximo recomendado de 25 mg/L del reglamento para la calidad de agua potable. Sin embargo, por el alto uso de fertilizantes, las concentraciones de nitrato encontradas en las quebradas y la ubicación de las captaciones, la presencia de niveles por encima del máximo recomendado en el agua de consumo humano no se puede descartar.

Así mismo, se evidenció la presencia de sólidos suspendidos totales en ambas quebradas con potencial de impactar el ecosistema acuático, donde se analizaron valores mayores a 25, indicados por la legislación y hasta 924 mg/L.

Cuadro 4. Algunas características físicas y químicas de las aguas en la microcuenca Plantón-Pacayas. 2006-2009.

Sitio de muestreo	Temp. °C	pH	oxígeno disuelto mg/L	SST mg/L	sólidos totales mg/L	nitrato mg/L
quebrada Pacayas	12,7-18	5,9-8,5	6,2-8,8	0-864	65-924	3,4-30,5
quebrada Plantón	12,3-18	6,0-8,0	6,5-8,8	0-553	89-730	2,9-39,3
drenaje colindante a naciente Tica	13-17,2	7,2-8,4	6,6-7,5	0-18	117-162	3-29,9
naciente Tica	14,4-17,5	5,6-7,2	6,3-8,4	0-14	155-170	14-18
tanque municipal de Pacayas	17-18	6,6-6,9	7,6-8,6	0	157,5-190	12,8-17,6
naciente Ivankovich	13,4-19,6	6,7-7,6	6-7,5	0-24,1	21-233,5	7,2-17,4

3.3. Residuos de plaguicidas en aguas, suelos y hortalizas

La presencia de residuos de plaguicidas en las quebradas es alta; en Pacayas se detectaron en un 75% de las muestras y en Plantón en un 95%, aun siendo muestreos puntuales cada tres meses. Un total de 11 plaguicidas distintos fueron encontrados en las muestras de agua. El insecticida clorpirifos se encontró en el 55% de las muestras de agua recolectadas y en el 73% de las de suelo. Clorpirifos es una sustancia

relativamente persistente en los suelos y por lo tanto sujeta a arrastre por escorrentía hacia las quebradas; la concentración máxima encontrada en agua es 100 veces mayor que la permitida por la norma holandesa para la protección de los organismos acuáticos (EQS) (cuadro 5) por ser una sustancia altamente tóxica para organismos acuáticos.

Si bien el clorpirifos tiene un riesgo bajo de lixiviarse, es importante notar que se detectaron trazas en el agua de la naciente Tica. En el 90% (7 de 8) de las muestras del drenaje de campos de cultivo colindantes a esta fuente de agua potable, se detectó clorpirifos alertando sobre la vulnerabilidad de la naciente. Al final de la época lluviosa en las nacientes Ivankovich y Tica y en el tanque municipal de Pacayas se identificaron trazas de hexaclorobenceno (HCB), asimismo en la primera y en el último se analizaron concentraciones bajas de clorotalonil.

Los fungicidas más detectados en agua fueron flutolanil, clorotalonil y quintozeno, son de persistencia moderada a alta-extrema en el suelo. El quintozeno (PCNB) tiene subproductos persistentes como la pentacloroanilina y el hexaclorobenceno, este último es un COP prohibido y conocido carcinógeno hepático. El quintozeno es muy tóxico para organismos acuáticos y está incluido en la lista de la Fundación Mundial para la Vida Silvestre (WWF) de plaguicidas reportados como disruptores endocrinos y con efectos reproductivos (ATSDR 1996, EXTNET 1996, FOOTPRINT 2006, IARC 2009, IRET-UNA 1999 y PAN-UK 2009).

La concentración máxima de clorotalonil encontrada en las aguas superficiales es 5,6 veces mayor que la norma holandesa (EQS), generando impactos en la vida acuática como se observará en la sección 3.4 de este informe. El clorotalonil presenta toxicidad de alta a extrema para peces, crustáceos, algas, plantas y anfibios. Tanto clorpirifos como clorotalonil son de los plaguicidas más aplicados en las dos estaciones climáticas. Por su parte, el fenamifos está presente en cerca del 10% de las muestras de agua, pero en concentraciones máximas que superan más de 1000 veces la norma holandesa, tiene una vida media en el suelo de hasta 4 meses.

Cuadro 5. Plaguicidas más detectados en las aguas de Plantón-Pacayas. 2006-2009.

	presencia %	concentración promedio µg/L	concentración máxima µg/L	EQS* µg/L	MAC-EQS** µg/L
clorpirifos	54,7	0,07	0,3	0,003	0,1
pentacloroanilina	48,4	0,03	0,1		
flutolanil	40,0	0,66	18	22	
clorotalonil	35,8	0,70	4,5	0,8	
quintozeno	24,2	0,12	1,0	2,9	
fenamifos	9,5	0,75	2,4	0,0022	0,027
diazinon	5,3	0,04	0,1	0,037	
hexaclorobenceno	4,2	0,01	0,02		0,05
paration metil	3,2	0,08	0,09	0,011	
metalaxil	2,1	0,11	0,17	46	
permetrina	1,1	0,04	0,04	0,003	
tebuconazole	1,1	0,20	0,2	1	

* EQS (Environmental Quality Standard): norma holandesa para la protección de organismos acuáticos.

** Concentración máxima aceptable para aguas superficiales, 2009.

Con respecto a las muestras de suelo es importante notar la alta presencia de p,p-DDT y su metabolito DDE. El uso de DDT fue prohibido hace casi 20 años por su alta persistencia ambiental, este se encuentra todavía en niveles bajos en los suelos. Muchos de los plaguicidas encontrados en el agua fueron también encontrados en las muestras de suelo. La presencia de plaguicidas en algunos drenajes de parcelas de cultivo, corrobora el arrastre de estos que ocurre hacia los cuerpos de agua (cuadro 7).



Ejemplos de arrastre de plaguicidas por erosión del suelo

Diagnóstico sobre uso y residuos de agroquímicos en Plantón-Pacayas- IRET/UNA

Cuadro 6. Plaguicidas más detectados en los suelos de la microcuenca Plantón-Pacayas. 2006-2009.

	presencia %	concentración promedio mg/kg	concentración* máxima mg/kg
pentacloroanilina	89,7	0,35	1,1
hexaclorobenceno	75,9	0,06	0,15
clorpirifos	72,7	0,15	0,7
clorotalonil	72,4	0,24	1,1
DDE-pp	58,6	0,09	0,25
quintozeno	48,3	0,17	0,49
flutolanil	41,4	0,89	4,6
protiofos	35,7	0,30	1
DDT-pp	34,5	0,14	0,26
pentaclorobenceno	24,1	0,02	0,03
tecnaceno	10,3	0,04	0,05

* No hay normativa nacional sobre concentraciones máximas permitidas.

Cuadro 7. Plaguicidas detectados en suelos y drenajes de parcelas en Plantón-Pacayas.

No. de parcela muestreada	suelo de parcela mg/kg	drenaje de la misma parcela mg/kg
1	protiofos 0,3; clorotalonil 0,2; flutolanil 1,1; pentacloroanilina 0,2	DDE-pp sí, DDT-pp 0,12; hexaclorobenceno 0,04; quintozeno 0,06; clorpirifos 0,01; protiofos 0,3; clorotalonil 1,1; flutolanil 4,6; pentacloroanilina 0,7
2	DE-pp 0,05; DDT-pp 0,2; hexaclorobenceno 0,1; quintozeno 0,3; permetrina 0,4; clorotalonil 0,1; pentacloroanilina 0,6	DDT-pp 0,2; hexaclorobenceno 0,08; quintozeno 0,5; tecnaceno 0,03; protiofos 0,2; permetrina 0,2; pentacloroanilina 0,5; pentaclorobenceno 0,01
3	hexaclorobenceno 0,08; quintozeno 0,43; tecnaceno 0,04; clorpirifos 0,1; clorotalonil 0,09; pentacloroanilina 0,44; pentaclorobenceno 0,02	hexaclorobenceno 0,02; permetrina 7,8; clorotalonil 0,08

En el 50% de las muestras de hortalizas analizadas se encontraron residuos de plaguicidas, aunque solo en 5 hortalizas de las 29 analizadas (17%) se encontraron valores por encima de los aceptados por la normativa (cuadro 8). En la mitad de las hortalizas con residuos, el 20% de las muestras son de papa, el 70% de zanahoria y el 80% de brócoli. El hecho de que la papa sea un tubérculo localizado más profundo en el terreno en relación a la zanahoria, parece indicar cierta protección de las aplicaciones de plaguicida. Asimismo, la planta de papa es más alta y por su forma podría tener un efecto de sombrilla a las aplicaciones de plaguicidas, mientras que la zanahoria es pequeña y forma un embudo recolector hacia el vegetal.

Cuadro 8. Residuos de plaguicidas en muestras de hortalizas en Plantón-Pacayas.

Hortalizas	Residuos de plaguicidas (mg/kg)
culantro	trazas de clorotalonil, flutolanil 0,2, trazas de pentacloroanilina, tolclofos-metil 0,15
coliflor	clorotalonil 0,03, metamidofos sí, carbendazina sí, trazas de carbofuran, triadimenol sí
remolacha	clorotalonil 0,06; hexaclorobenceno trazas, pentacloroanilina 0,02; pentaclorobenceno traza, permetrina 0,15; pencicuron trazas, carbendazina trazas
repollo	clorotalonil 0,12; boscalid sí, carbendazina trazas, clorfenapir sí, iprodione sí, lambda-cyhalothrin sí, piraclostrobina trazas, indoxacarb sí, tebuconazol trazas
papa	clorpirifos trazas, etofenprox trazas, espiroclorfen trazas hexaclorobenceno 0,01; pentacloroanilina 0,01
brócoli	carbendazina trazas, clorfenapir sí
	trazas de fenproimate, piridaben y espiroclorfen
	clorotalonil 0,3; pentacloroanilina 0,08; hexaclorobenceno 0,02 ; clorpirifos trazas, demeton-o-sufoxide trazas
	clorotalonil 0,03
zanahoria	clorotalonil trazas, hexaclorobenceno 0,04; pentacloroanilina 0,03; pentaclorobenceno 0,03; quintozeno 0,05 ; tecnaceno sí, flutolanil 0,15, boscalid trazas, iprodione sí, linuron trazas
	clorpirifos trazas, pentacloroanilina trazas, hexaclorobenceno trazas, boscalid trazas, etofenprox trazas, espiroclorfen trazas
	clorotalonil 0,2 y trazas de hexaclorobenceno y pentacloroanilina
	hexaclorobenceno 0,01, pentacloroanilina 0,03 , clorpirifos y quintozeno trazas, linuron sí flutolanil 0,27 ; hexaclorobenceno trazas, pentacloroanilina 0,07; pentaclorobenceno 0,04; quintozeno 0,04 ; tecnaceno 0,01

Nota: en negrita concentraciones que exceden la normativa nacional e internacional³.

Trazas: por debajo del límite de cuantificación.

Sí: presencia detectada por laboratorio holandés.

³ RTCR 424-2008. Reglamento Técnico de Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas en Vegetales. Decreto N° 35301-MAG-MEIC-S. La Gaceta N° 129, 06/07/2009.
Base de Datos de Plaguicidas de la Unión Europea. Actualizada 08/06/2010
http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=commodity.selection
Codex Alimentarius de FAO, OMS. Actualizada 30/03/2009
http://www.codexalimentarius.net/mrls/pestdes/jsp/pest_q-s.jsp

En el caso de una muestra de remolacha se detectaron valores que superan seis veces la concentración máxima permitida de clorotalonil y tres veces los valores de permetrina aceptados. Los metabolitos de quintozeno superan dos veces la norma en la brócoli de un agricultor y de dos a tres veces en tres muestras de zanahoria. También en zanahoria se detectaron valores que superan de tres a cinco veces la concentración máxima permitida de flutolanil.

3.4 Evaluación biológica de las quebradas

Las comunidades biológicas de las quebradas se evaluaron en el tercer año de estudio en 5 tramos de los cursos de agua. En total se recolectaron 14.322 organismos, pertenecientes al menos a 62 géneros de 43 familias distintas. Se aplicó el Índice BMWP-CR y se observó en todos los puntos que el agua es de calidad “mala, contaminada o muy contaminada”, correspondiente a los colores amarillo y naranja del cuadro 9. Hay incluso una condición de agua de “calidad muy mala, extremadamente contaminada” determinada en agosto en el punto Pacayas Medio. Todo lo anterior indica que el estado de estas aguas es crítico y no son apropiadas para uso del ecosistema ni para las comunidades biológicas.

Cuadro 9. Resultados del índice BMWP para las quebradas Plantón y Pacayas. 2009.

sitio*	BMWP-CR**			
	feb	may	ago	nov
PaA	33	61	16	31
PaB	43	35	33	63
PaM	42	36	14	25
PIA	31	44	28	30
PIM	45	41	25	35

* PaA: Pacayas Alta; PaB: Pacayas Baja; PaM: Pacayas Media; PIA: Plantón Alta; PIM: Plantón Media.

** Verde: Aguas de calidad regular, eutrófica, contaminación moderada. Amarillo: Aguas de calidad mala, contaminadas. Naranja: Aguas de calidad mala, muy contaminadas. Rojo: aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas.

4. Conclusiones y recomendaciones

El uso de plaguicidas en la producción de hortalizas puede variar entre 11 y 163 kg de ingrediente activo por hectárea por año, un uso relativamente alto si se compara con otros cultivos como arroz con un uso de hasta 24 kg ia./ha/año, banano (40), piña (15-20) y melón (70-140) (Ramírez F. 2009. com.pers.). Hay que tomar en cuenta que la zona en general se caracteriza por una producción de hortalizas intensiva con dos o tres cosechas por año. En los cultivos estudiados es notoria la diferencia entre los agricultores en cuanto al uso de plaguicidas aplicado a la misma hortaliza. Esta disparidad puede indicar una carencia en asesoría técnica en la zona de estudio; los servicios del Estado en este sentido son limitados, hay poco personal a cargo de un área cantonal extensa y la mayoría sin la formación profesional apropiada. Mayor acompañamiento a los agricultores en el seguimiento de plagas y en la incorporación de

mejores prácticas agrícolas, puede contribuir a un uso más razonable de los plaguicidas. Además debe darse un seguimiento al manejo adecuado de desechos tanto envases de plaguicidas como sobrantes de mezclas, los cuales son por lo general reaplicados al cultivo o al suelo directamente.

Se encontró contaminación por fertilizantes, sedimentos y plaguicidas en las quebradas estudiadas, en concentraciones que impactan negativamente los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad. Asimismo, se detectó vulnerabilidad a la contaminación en las nacientes para agua potable de la microcuenca, por la presencia de nitratos y plaguicidas; se detectaron trazas de clorpirifos, hexaclorobenceno y clorotalonil. Los procesos de contaminación de las aguas son: (i) de manera directa por la entrada de desechos y aguas servidas o (ii) por la escorrentía, mediante la erosión de los suelos, el lavado de fertilizantes y el arrastre de plaguicidas.

Un uso más racional de plaguicidas y de fertilizantes y mejores prácticas de conservación de suelo, en combinación con la restauración de zonas de protección alrededor de las quebradas contribuirá a la reducción de la escorrentía hacia las aguas superficiales. En algunos tramos se siembran hortalizas hasta el borde de las quebradas, lo que formalmente no cumple con la legislación vigente de la protección de los recursos hídricos. Por falta de vegetación riparia los contaminantes pasan directamente a las quebradas, afectando la calidad del ecosistema acuático (Hamilton y King 1983, Naiman et al. 2005). De acuerdo a Acosta et al (2009) las quebradas tienen condiciones naturales de medias o casi óptimas para el establecimiento de una comunidad biológica diversa, esto es importante para la recuperación y restauración de la ecología de las quebradas, en caso de que se logre disminuir el impacto agrícola sobre las aguas. Así mismo, sería recomendable que los municipios de Alvarado y Oreamuno en conjunto con el Ministerio de Salud y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados diseñen un plan de vigilancia de las fuentes de agua potable e implementen mejoras para su tratamiento.

5. Referencias bibliográficas

Acosta R., Ríos B., Rieradevall M. y Prat N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica* 28(1): 35-64.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 1996. Toxicological Profile Information Sheet. Public Health Service. U.S. Department of Health and Human Services (HHS).

Extension Toxicological Network (EXTOXNET). 1996. Pesticide Information Profiles (PIPs).

Cornell University, Michigan State University, Oregon State University, University of California at Davis.

FOOTPRINT. 2006. The FOOTPRINT Pesticide Properties DataBase. Database collated by the University of Hertfordshire as part of the EU-funded FOOTPRINT project (FP6-SSP-022704).

Hamilton L.S. y King P.N. 1983. Tropical Forested Watersheds, Hydrologic and soils response to major uses or conversions. Westview Press, Boulder, Colorado. 168 p.

International Agency for Research on Cancer (IARC). 2009. Agent reviewed by the IARC monographs. Volumes 1-100.

IRET-UNA. 1999. Manual de Plaguicidas: Guía para América Central. Edición. Castillo, L.E., Chavaerri, F., Ruepert, C., Astorga, Y., Monge, P., Wesseling, C. (editores). EUNA, Heredia.

Naiman R.J., Décamps H. y MC Clain M.E. 2005. Riparia, Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities. Elsevier Academic Press. London. 430 p.

Pesticide Action Network-UK. 2009. The list of lists. A catalogue of lists of pesticides identifying those associated with particularly harmful health or environmental impacts. London.

van Es, J. 2005. Caracterización física preliminar de la microcuenca Pacayas y Plantón en Cartago. Informe de Pasantía. IRET, UNA y Universidad de Utrecht, Holanda. 35 p.



Restaurar el bosque ripario

Recuperar las quebradas



