

EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA POR LA EROSIÓN HÍDRICA EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ALUMBRE, PROVINCIA BOLÍVAR, ECUADOR

Elena Cruz¹, Edwin Chela¹, Carlos Monar², Franklin Valverde³ y Yamil Cartagena³
Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
Universidad Estatal de Bolívar (UEB)

INTRODUCCIÓN

En la década de los años 90; en el mundo, un 25% de las tierras en uso para la agricultura estaban seriamente degradadas, poniendo en serio peligro la sobrevivencia de millones de familias, especialmente en países en vías de desarrollo. El efecto principal de la degradación del suelo es la reducción en la productividad, lo cual afecta a todos quienes dependen de ella. La forma más grave de degradación del suelo es la provocada por la erosión (Tayupanta y Córdova, 1990; Tayupanta, 1993). Esta situación se acentúa en la sierra ecuatoriana debido a múltiples factores adversos como el minifundio, pendiente, dependencia total o parcial de insumos externos, cambio en los sistemas de producción de cultivos asociados y policultivos por monocultivos, reducción de la diversidad de especies cultivadas, deficientes prácticas de conservación de suelos, falta de políticas e incentivos para la conservación del ambiente (Monar, 2007).

Los indicadores estadísticos del grado de erosión de las cuencas hidrográficas en la sierra ecuatoriana señalan que un 39.13% es crítica, 28.26% seria, 4.35% moderada, 26.09% potencial y 2.17% normal, dando como efectos graves la pérdida de la biodiversidad, degradación de los suelos, alta sedimentación de los principales reservorios, causas de los ríos de la parte baja de las cuencas y graves inundaciones (Espinosa, 1993).

La subcuenca del río Chimbo, está conformada por una gran cantidad de microcuencas hidrográficas, con superficies que van desde 2 000 a 13 000 hectáreas y con pendientes entre 50% y 90% (SIGAGRO, 2009). En la subcuenca del río Chimbo, la degradación de los suelos mayormente es ocasionada por la erosión hídrica favorecida por la acción antropogénica a través del desarrollo de actividades productivas con tecnologías inadecuadas en áreas de alta vulnerabilidad física y ambiental (Cruz *et al.*, 2008; PROCIANDINO, 1990). Los procesos de erosión hídrica del suelo, dependen del diámetro, velocidad y energía cinética de las gotas de lluvia, cantidad, intensidad, duración de las precipitaciones, la cobertura vegetal presente entre otras (Hudson, 1971).

La degradación del suelo en la microcuenca del río Alumbre, tiene un proceso acelerado debido principalmente al avance de la frontera agrícola, deforestación y destrucción de la biodiversidad, las deficientes prácticas de conservación de los suelos, desarrollo de monocultivos, efectos del cambio climático, desconocimiento y falta de incentivos para la conservación del capital Natural (Barrera *et al.*, 2008 y Monar, 2007).

En la microcuenca del río Alumbre, no existen estudios actualizados sobre la cuantificación de la degradación del suelo ocasionada por la erosión hídrica dentro de los principales sistemas de producción en esta zona. Por esta razón, a través de esta investigación se contempla analizar la interacción entre los niveles de precipitación, los sistemas de producción y los niveles de erosión hídrica para diseñar e implementar alternativas tecnológicas dentro de los sistemas productivos

¹ Programa de Recursos Naturales, E. E. Santa Catalina, INIAP, Quito.

² Facultad de Ciencias Agropecuarias, UEB, Guaranda.

³ Departamento de Manejo de Suelos Plantas y Aguas, E. E. Santa Catalina, INIAP, Quito.

locales para disminuir el impacto sobre el recurso suelo de forma directa e indirectamente sobre el recurso agua.

El objetivo general del estudio es determinar el escurrimiento superficial y la pérdida de suelo por erosión hídrica, en tres sistemas de producción de mayor predominio en la quebrada Bejucal de la microcuenca del río Alumbre, que se sustenta en el cumplimiento de tres objetivos específicos: 1) determinar la cantidad de suelo que se pierde por efecto del escurrimiento superficial en los sistemas de producción suelo labrado, pasto, maíz y fréjol; 2) calcular el escurrimiento superficial en los sistemas de producción y 3) realizar el análisis económico de la reducción en la productividad de los rubros en estudio por efecto de la erosión hídrica.

La hipótesis de esta investigación es que la pérdida de suelo y la escorrentía dentro de los sistemas de producción de suelo labrado, pasto, maíz y fréjol, en la microcuenca del río Alumbre, es diferenciada por las labores culturales que se realiza para cada uno de ellos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la microcuenca del río Alumbre, provincia Bolívar, cantón Chillanes, sector Bola de Oro (Figura 1). Comprende una superficie de 65.5 km². La pendiente es del 66%; precipitación con 1 008, 1 315 y 1074 mm durante los años 2007, 2008 y 2009, respectivamente; temperatura promedio en la zona varía entre 12.9 y 14°C. La textura del suelo fue franco limoso con buen drenaje, nivel freático profundo, pH ligeramente ácido, sin salinidad y contenido medio de materia orgánica (Barrera *et al.*, 2008).

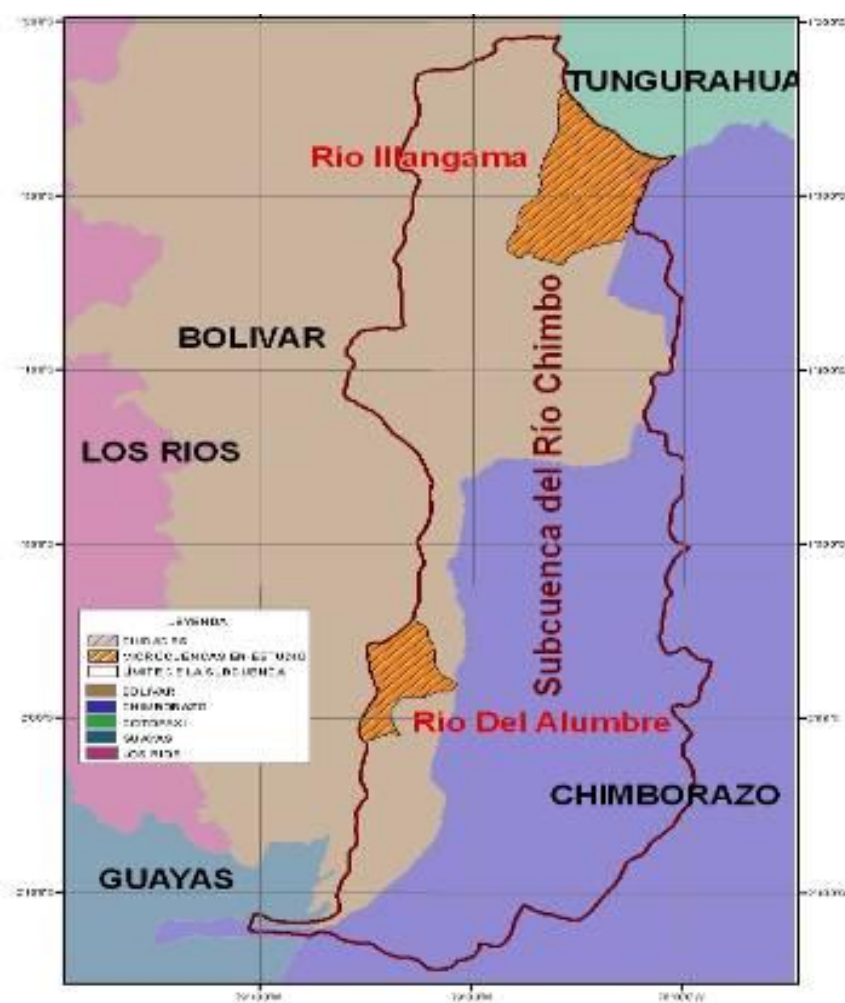


Figura 1. Microcuenca del río Alumbre.

Los principales productos agrícolas de la microcuenca del río Alumbre son los cultivos de maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y pasto naturalizado donde la especie predominante es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Además, en la zona todavía se pueden observar pequeños rodales de bosques intervenidos con la presencia de especies forestales arbóreas y arbustivas nativas.

La evaluación de la pérdida de suelo por escorrentía se basó en la medición de los eventos de precipitación producidos en la zona de estudio entre los años 2007 y 2009. Para la selección del sitio se consideró que la pendiente sea mayor del 50%, los impactos de las actividades de los agricultores fueran menores, zonas de producción agrícola y además la facilidad de acceso.

El área de la unidad experimental correspondió a 15.87 m² (5 m de largo, 3 m de ancho y con un área de recolección de 0.87 m² en la sección inferior) (Figura 2). En el sitio central del ensayo se instaló un pluviómetro de cuña para registrar la cantidad de precipitación diaria. Se aisló cada unidad experimental en todo su perímetro con una lámina metálica de 2 mm de espesor, para evitar el ingreso y salida del agua de escurrimiento y sedimentos.

En esta investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro tratamientos que consistieron en suelo labrado, cultivos de maíz (variedad local Guate), fréjol en monocultivo (variedad INIAP-412 Toa) y pasto que el agricultor mantenía (kikuyo, establecido desde hace ocho años), con tres repeticiones.



Figura 2. Características de la unidad experimental en la microcuenca del río Alumbre.

El período de muestreo correspondió al tiempo de duración de los ciclos agrícolas de los cultivos de maíz y fréjol. Se registró la cantidad de precipitación diaria y escurrimiento de cada evento. Del volumen de agua total colectado en cada tanque recolector se tomó una alícuota homogenizada de un litro. Se procesaron para separar los sólidos mediante el uso de papel filtro colocado en un embudo. Terminada la filtración, los sedimentos acumulados en el papel filtro se secaron a una temperatura de 60 °C y posteriormente se pesaron.

Las variables evaluadas en esta investigación se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Variables evaluadas para determinar la pérdida de suelo por erosión hídrica en tres sistemas de producción en la microcuenca del río Alumbre.

Indicadores	Evaluación	Unidad
Volumen de agua por precipitación (VAP).	Uso de pluviómetro de cuña.	mm/día
Volumen de agua escurrida (VAE).	VAE = VAT - (Pss x Da): VAT=volumen de agua total medido en los tanques litros/unidad experimental (agua + sedimentos); Pss=peso de los sedimentos en suspensión contenidos en los tanques (kg/unidad experimental); Da=densidad aparente (g/cc).	m ³ /ha
Peso total de los sedimentos (PTSA).	PTSA = PTS₁ + PTS₂ +..... + PTS_n PTS₁: Peso ₁ total de sedimentos por evento 1 (kg). PTS₂: Peso ₂ total de sedimentos por evento 2 (kg). PTS_n: Peso _n total de sedimentos por evento n (kg).	kg/ha
Coefficiente de escurrimiento (C).	C = (VAE)/VAP: VAE=volumen de agua escurrido (litros); VAP=volumen de agua de precipitación (mm).	
Agua lluvia infiltrada (VAI).	VAI = VAP - VAE VAP: Volumen de agua precipitada (l/unidad experimental). VAE: Volumen de agua escurrida (l/unidad experimental).	m ³ /ha

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Volumen de agua por precipitación

El volumen de precipitación registrado durante los ciclos productivos de los años 2007, 2008 y 2009 corresponden a 1 008, 1 315 y 1 074 mm respectivamente, durante la estación de invierno. Las máximas precipitaciones en 24 horas fueron de 42 mm en el mes de marzo en el año 2007; 44 y 50 mm en los meses de febrero y abril para el año 2009. Estos eventos de máxima precipitación a su vez provocaron un incremento en el escurrimiento superficial y la mayor erosión del suelo para el período de estudio.

Volumen de agua escurrida

La respuesta de los sistemas de producción en relación al volumen de agua escurrida fue distinta entre los sistemas. El promedio más alto se registró en el sistema del suelo labrado con 173.05 m³/ha en el año 2009. En el sistema pasto, se presentó el menor promedio de escurrimiento con 49.46 m³/ha para el año 2007 (Cuadro 2). Estos resultados muestran que el escurrimiento superficial del agua de lluvia y el arrastre del suelo, por efecto de la erosión hídrica, están relacionados directamente con los sistemas de producción.

Con la parcela de suelo labrado se obtuvo el promedio más alto de volumen de agua escurrida durante los años 2008 y 2009; esto se debe fundamentalmente a la remoción constante del suelo y a la falta de una cobertura vegetal que lo proteja. Si bien no es una práctica habitual en campo de los productores, este tratamiento fue necesario incluirlo para apreciar el efecto erosivo en las etapas de preparación del suelo antes de la implementación de los cultivos, además de evaluar el potencial erosivo por efecto de la precipitación.

Cuadro 2. ADEVA y prueba de Tukey para el volumen de agua escurrida durante tres años en la microcuenca del río Alumbre.

Tratamientos	Volumen de agua escurrida (m ³ /ha)		
	2007	2008	2009
Testigo suelo labrado		231.38	173.05 a
Fréjol voluble	164.18 a	164.03	43.61 b
Pasto natural	49.46 b	139.95	52.24 b
Maíz duro	119.70 a	111.41	46.57 b
Promedio	111.11	161.69	78.87
CV (%)	21.82	27.86	13.54
Valor de p	0.0110*	0.0744	<0.0001*

* Significación estadística. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05 = \alpha$).

Para los sistemas de cultivo de fréjol y maíz, se apreció una tendencia decreciente en los siguientes años de estudio, debido a que realizaron prácticas de labranza mínima del suelo. Por ejemplo, los productores del lugar aplican herbicida en el mismo día de la siembra y solo se remueve el suelo en los sitios donde se depositan las semillas. En esta práctica no se remueve el suelo, quedando menos expuesto a efectos de la escorrentía pese al mayor volumen de agua precipitado. En el sistema pasto se obtuvo la menor cantidad de escurrimiento, la misma que puede deberse a que esta especie está muy bien adaptada a las condiciones edafoclimáticas de la zona, presentó una excelente cobertura y un abundante sistema radicular que posiblemente contribuyó en el proceso de infiltración del agua, su retención y almacenamiento en el perfil del suelo.

Peso total de sedimentos arrastrados

Al igual que en el anterior indicador, los sistemas de producción incidieron directamente sobre los valores promedios del peso total de los sedimentos registrados. Los niveles más altos de pérdida de suelo se obtuvieron en el sistema suelo labrado con una pérdida de 2 690.66 kg/ha en el año 2008 y en el sistema pasto se registró el menor nivel de pérdida de suelo que alcanzó 104.64 kg/ha (Cuadro 3). En el año 2009, el peso total de sedimentos arrastrados fue menor que en el 2008 en todas las parcelas evaluadas; lo que está relacionado con menor precipitación en el ciclo de cultivo y una Intensidad máxima de precipitación en una hora menor a 13.2 mm; debido a lo cual el escurrimiento es mínimo y la infiltración alta, incidiendo en una baja erosión del suelo.

Cuadro 3. ADEVA y prueba de Tukey para el peso total de sedimentos arrastrados durante tres años en la microcuenca del río Alumbre.

Tratamientos	Peso total de sedimentos arrastrados (kg/ha)		
	2007	2008	2009
Testigo suelo labrado		2 690.66 a	860.64 a
Fréjol voluble	176.78 b	281.32 b	68.87 b
Pasto natural	21.70 b	104.64 b	76.99 b
Maíz duro	699.62 a	321.51 b	72.43 b
Promedio	299.37	829.28	269.73
CV (%)	39.37	45.79	36.61
Valor de p	0.0047*	0.0372*	0.0001*

De acuerdo a Morgan (1986), las pérdidas tolerables de suelo están alrededor de 11 000 kg/ha, dado que se ha aceptado la proximidad de dicho valor a la tasa máxima de desarrollo del horizonte A bajo condiciones óptimas. Esta cifra podría distanciarse de la realidad en áreas donde las tasas de erosión son naturalmente altas como es el caso de terrenos montañosos con alta precipitación que corresponden a las condiciones generales de América del sur. Los niveles tolerables de pérdida de suelo bajo criterios económicos y ecológicos oscilan entre 200 y 500 kg/ha al año para zonas montañosas con suelo superficiales (León, 2009).

Con estos criterios; en general, la erosión del suelo reportada en el período de evaluación se encuentra dentro del rango aceptado bajo los criterios económicos y ecológicos; sin embargo los valores de erosión total en la microcuenca del río Alumbre pueden ser superiores debido a que solo se ha evaluado durante la época invernal y el ciclo de los cultivos (4 a 5 meses del año).

A esto se sumaría el efecto de la pendiente pronunciada de las unidades experimentales de escurrimiento (66%). En el suelo labrado se registra el mayor nivel de erosión (860 kg/ha durante el ciclo invernal del año 2009). Un aspecto importante que se debe considerar, es la gran capacidad de almacenamiento de agua e infiltración que tienen los suelos provenientes de ceniza volcánica clasificados como Andisoles, con texturas, franco, franco arenoso hasta franco limoso, a los cuales corresponden los suelos de este sector y de esta manera se reduce el escurrimiento superficial del agua por precipitación. En general, en esta microcuenca, las precipitaciones son de baja intensidad por lo cual se ha favorecido la infiltración.

Coefficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento (Cuadro 4) está directamente relacionado con el volumen de agua escurrida, volumen de agua lluvia infiltrada y los sistemas de producción evaluados. El valor de escurrimiento más alto se obtuvo con el cultivo de fréjol (0.03), seguido por el cultivo de maíz y suelo labrado (0.02) y siendo el menor con pasto (0.01). Los coeficiente de escurrimiento obtenidos en las parcelas de escurrimiento con los sistemas de producción de la microcuenca del río Alumbre (Cuadro 4) son bajos comparados a los reportados por Anaya, *et al*, (1991).

Cuadro 4. ADEVA y prueba de Tukey para el coeficiente de escurrimiento durante tres años en la microcuenca del río Alumbre.

Tratamientos	Coeficiente de escurrimiento (C)		
	2007	2008	2009
Testigo suelo labrado		0.02	0.03 a
Fréjol voluble	0.03 a	0.01	0.01 b
Pasto natural	0.01 c	0.01	0.01 b
Maíz duro	0.02 b	0.01	0.01 b
Promedio	0.02	0.01	0.01
CV (%)	17.65	42.42	20.38
Valor de p	0.0026*	0.3161	0.0009*

Volumen de Agua lluvia infiltrada

Existió un efecto altamente significativo de los sistemas de producción sobre el volumen de agua lluvia infiltrada. El promedio más elevado del volumen de agua infiltrada se registró en el cultivo de maíz (11 346.38 m³/ha) en el año 2008 y el menor promedio se registró en el cultivo de fréjol (4575.82 m³/ha) en el 2007 (Cuadro 5). En los sistemas de labranza de conservación de suelos con cultivos (fréjol y maíz), para los tres años evaluados (2007, 2008 y 2009), se apreció una mayor infiltración comparado con el testigo suelo labrado. Existe una relación directamente proporcional entre las variables volumen de agua escurrida y volumen de agua lluvia infiltrada. Esto significa que

a menor volumen de agua escurrida existe una mayor cantidad de agua infiltrada. En la zona, la intensidad de las lluvias son bajas y distribuidas durante el día, lo cual favorece la infiltración.

Cuadro 5. ADEVA y prueba de Tukey para el volumen de agua escurrida durante tres años en la microcuenca del río Alumbre.

Tratamientos	Volumen de Agua lluvia infiltrada (m ³ /ha)		
	2007	2008	2009
Testigo suelo labrado		11 227.04	6 497.95 b
Fréjol voluble	4 575.82 b	11 293.45	6 627.39 a
Pasto natural	4 690.54 a	11 318.06	6 618.76 a
Maíz duro	4 620.30 b	11 346.38	6 624.43 a
Promedio	4628.89	11 296.23	6 592.13
CV (%)	0.52	0.40	0.16
Valor de p	0.0110*	0.0754	<0.0001*

Valor actual neto de la reducción de la productividad

En el sistema productivo del cultivo de maíz, con el material local (variedad Guate), la lámina de suelo pérdida por efectos de la erosión hídrica alcanza los 0.03 cm por ciclo productivo (nueve meses). En el período de modelamiento económico (10 años) se estima que la reducción económica en los ingresos de los hogares por este rubro productivo corresponde a 9 030.89 dólares por hectárea de cultivo. El valor actual neto de la reducción económica es de 8 209.90 dólares por hectárea (Cuadro 6). En el sistema de producción del fréjol la lámina de suelo erosionada es de 0.001 cm por ciclo productivo de 6 meses. La reducción económica en este rubro por la erosión hídrica alcanza el monto de 7 690.29 dólares por hectárea. El valor actual neto de este valor corresponde a 6 991.18 dólares por hectárea.

En el caso de la pastura naturalizada la lámina de suelo erosionada es de 0.0007 cm en cinco meses de evaluación. La reducción económica por efecto de la reducción progresiva de la fertilidad de los suelos alcanza el monto de 166.01 dólares por hectárea y el valor actual neto es de 150.92 dólares por hectárea (Cuadro 6). De acuerdo a la información del III Censo Agropecuario (2002), en Bolívar se registran aproximadamente con maíz 4 616 ha; fréjol 10 525 ha y pasturas 52 787 ha. La reducción en la producción de estos rubros productivos por efectos de la erosión hídrica implicaría una pérdida aproximada de 131 390 060 dólares en un período de 10 años. El valor actual neto de esta pérdida correspondería a 119 445 682 dólares.

Cuadro 6. Valor Actual Neto del costo económico de las pérdidas en la productividad por efecto de la erosión hídrica en la microcuenca del río Alumbre.

Parámetros	Cultivos		
	Maíz	Fréjol	Pasto
Espesor del suelo (cm)	20.00	20.00	20.00
Rendimiento (kg/ha/año)	864.00	724.00	7000.00
Costos (USD/ha/año)	338.00	364.00	85.00
Precio (USD /kg)	0.40	0.80	0.05
Ingresos (USD /kg)	345.60	579.20	350.00
Beneficios netos (USD/ha)	7.60	215.20	265.00
Pérdida del suelo (cm)	0.004	0.002	0.0007
Valor presente pérdidas erosión hídrica período 10 años	-8 209.90	-6 991.18	-150.92

Metodología de cálculo de los cambios económicos en la productividad. Estimación de los costos *in situ* de la erosión hídrica. Alpizar, F. 2006. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Valoración económica de los impactos ambientales.

CONCLUSIONES

- ✓ El mayor escurrimiento superficial se registró en los sistemas suelo labrado seguido de los cultivos de fréjol y maíz.
- ✓ El sistema de suelo labrado, presentó la mayor pérdida de suelo por efectos de la erosión hídrica.
- ✓ En el sistema de producción de la pastura naturalizada se registró el menor escurrimiento superficial del agua lluvia, además de la menor pérdida de suelo por erosión hídrica.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos del indicador peso total de sedimentos arrastrados, la erosión del suelo está en función de la cobertura vegetal, las prácticas de manejo del suelo relacionadas con la remoción, el nivel de pendiente, el tipo de suelo, entre otros.
- ✓ Existe una relación directamente proporcional entre los valores del volumen de agua escurrida y volumen de agua lluvia infiltrada con el coeficiente de escurrimiento. Valores bajos en los coeficientes de escurrimiento señalan un menor riesgo de erosión hídrica del suelo.
- ✓ Existe una relación directamente proporcional entre las variables, volumen de agua escurrida y volumen de agua lluvia infiltrada. Esto significa que a menor volumen de agua escurrida existe una mayor cantidad de agua infiltrada.
- ✓ El coeficiente de escurrimiento, presentó una relación directamente proporcional con el volumen de agua escurrida y volumen de agua lluvia infiltrada. El modelamiento para la determinación del valor actual neto de las pérdidas económicas proyectadas debidas a la erosión hídrica en los sistemas productivos, maíz, fréjol y pasto con tecnología del productor en la provincia de Bolívar estarían alrededor de los 119 445 682 USD.
- ✓ Los componentes que minimizaron la erosión del suelo, fueron la alta capacidad de infiltración y retención de agua por el suelo en estudio, los eventos de precipitación de baja intensidad, la cobertura vegetal sobre la superficie del suelo y la práctica de siembra en labranza de conservación.
- ✓ Estudiar el ciclo de los nutrientes en los sistemas de producción considerando las pérdidas por erosión y extracción por los cultivos.

RECOMENDACIONES

- ✓ Continuar con esta investigación en las microcuencas del río Alumbre, para evaluar la pérdida de suelo y consecuentemente la reducción de la productividad, a través de diversos ciclos agrícolas y con diferentes sistemas de producción, lo cual permitirá tener una información consistente.
- ✓ Realizar un estudio para determinar la reducción económica en los rendimientos por hectárea debido a la pérdida de la profundidad de la capa arable y la reducción de la fertilidad de los suelos utilizados para la producción de los principales rubros productivos en la subcuenca del río Chimbo.
- ✓ Tomar en consideración otras propiedades físicas, químicas y biológicas como parámetros de evaluación que influyen sobre la degradación del suelo.
- ✓ Generar espacios para la socialización de la información investigativa generada para motivar y capacitar a los agricultores/as en alternativas tecnológicas que fomenten la conservación de los suelos en la subcuenca del río Chimbo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alpizar, F. 2006. Valoración económica de los impactos ambientales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Anaya G., Martínez M., Trueba A. Figueroa B., y Fernández O. 1991. Manual de conservación de suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México D. F., México.

- Barrera, V.; Alwang, J. y Cruz, E. 2008. Manejo integrado de los recursos naturales para agricultura de pequeña escala en la subcuenca del río Chimbo-Ecuador: aprendizajes y enseñanzas. INIAP–SANREMCRSP-SENACYT. Boletín Divulgativo No. 339. Quito, Ecuador. 87 pp.
- Cruz, E.; Barrera, V.; Monar, C.; Escudero, L.; Montúfar, C. y González, D. 2008. Planificación participativa para el reordenamiento territorial productivo en la subcuenca del río Chimbo-Ecuador basado en los enfoques de gestión integrada de cuencas hidrográfica y medios de vida. Artículo presentado en el XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, Ecuador. 15 pp.
- Espinosa, P. 1993. Caracterización por erosión de las cuencas hidrográficas de la sierra ecuatoriana. Quito, Ecuador, primera edición. pp. 85-98.
- Hudson, 1971. Conservación de suelos. Barcelona, España.
- León, J. 2009. Métodos experimentales para el seguimiento y estudio de la erosión hídrica. Disponible en www.unalmed.edu.co.
- Monar, C. 2007. Informe anual. UVTT/C. INIAP. Estación Experimental Santa Catalina. Guaranda, Ecuador. 22 pp.
- Morgan, R. 1986. Soil erosion and conservation. New York, United States of America.
- PROCIANDINO. 1990. Manejo y conservación de suelos. Diagnóstico y proyecciones para el PROCIANDINO. Subprograma Quito, Ecuador. 25 pp.
- SIGAGRO, 2009. Información temática de la microcuenca del río Alumbre. Sistema de Información Geográfica Agropecuaria. Quito, Ecuador.
- Tayupanta, J. 1993. La erosión hídrica: procesos, factores y formas. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Boletín Divulgativo No. 229. Quito, Ecuador. 12 pp.
- Tayupanta, J. y Córdova, J. 1990. Algunas alternativas agronómicas y mecánicas para evitar la pérdida de suelo. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Publicación miscelánea No. 54. Quito, Ecuador. 40 pp.