



Estudio de la erosión hídrica laminar de la TIOC del Ayllu Sikuya del municipio de Llallagua

Study of the laminar water erosion of the TIOC of the Sikuya Ayllu of the municipality of Llallagua

Fidel Pillco Zola y Juvenal Flores Mamani

RESUMEN: Las Tierras Indígena-Originaria Campesinas (TIOC) del ayllu Sikuya del municipio de Llallagua, del departamento de Potosí, que alcanza a una superficie de 126,83 km², están emplazadas en medio de una configuración fisiográfica montañosa y, probablemente, como efecto de esta situación sufren una fuerte erosión. De ahí, fue necesario realizar un estudio sobre la determinación de la erosión hídrica laminar, aplicando el modelo de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), cuyos factores son: erosividad (*R*), erodabilidad (*K*), longitud de la pendiente (*LS*), cobertura vegetal (*C*) y prácticas de conservación de suelos (*P*). Como herramienta de obtención del mapa de pérdida de suelo por erosión hídrica laminar se utilizó las técnicas del Sistema de Información Geográfica (SIG). De los resultados obtenidos, se colige que, del total de la superficie de la TIOC: 43,12 km² (34 %) tiene una pérdida de suelo menor a 7,41 tn/ha/año, de grado ligero; sin embargo, en cuestión de degradación ambiental ya preocupa que 83,71 km² (66 %) tenga una pérdida de suelo mayor a 7,41 tn/ha/año, de grado moderado a muy severo.

PALABRAS CLAVES: Erosividad, erodabilidad, longitud de pendiente, cobertura vegetal, prácticas de conservación del suelo, erosión hídrica laminar.

ABSTRACT: The Indian-Native Land Peasant (TIOC) ayllu Sikuya Township Llallagua, Potosí department, which reaches an area of 126.83 km², are set amid a mountainous physiographic setting and probably the effects of this situation suffer heavy erosion. Hence, it was necessary to conduct a study on the determination of laminar water erosion, applying the model of the universal soil loss equation (USLE), whose factors are: erosivity (*R*), erodibility (*K*), slope length (*LS*), vegetation cover (*C*) and soil conservation practices (*P*). As a tool for obtaining the map of soil loss by water erosion laminar techniques Geographic Information System (GIS) was used. From the results, it follows that the total surface of the TIOC: 16.29 km² (34%) have less soil loss to 7.41 tn/ha/year, of slight degree; however, in a matter of concern that environmental degradation and 83.71 km² (66%) have a greater soil loss 7.41 tn/ha/year, moderate to severe.

KEY WORDS: Erosivity, erodability, slope length, vegetation cover, soil conservation practices, laminar water erosion.

AUTORES: **Fidel Pillco Zola:** Docente Carrera de Ing. Agronómica, Universidad Nacional Siglo XX. Investigador proyecto EVPRA SIKUYA UNSXX. fpz_unsxx@hotmail.com

Juvenal Flores Mamani: Investigador del proyecto EVPRA SIKUYA-UNSXX.

Recibido: 31/03/17. **Aprobado:** 28/05/17.

INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos naturales muy esenciales para la producción agrícola, y por lo tanto, para la subsistencia de la humanidad. Sin embargo, hoy por hoy, lo preocupante es que en muchos lugares del mundo el suelo está en franco proceso de degradación como consecuencia de su mal aprovechamiento, las inclemencias del tiempo y, con el cambio climático global en proceso, su carácter de ser un recurso no renovable se pone en más riesgo.

Las zonas montañosas, como por las que se caracterizan una buena parte de la geografía de Bolivia, con pendientes altas y fragilidad geológica, son muy propensas a la erosión hídrica, más aún si esos espacios son incorporados a la producción

agrícola. En ese contexto, las Tierras Indígena-Originaria-Campesinas (TIOC) del ayllu Sikuya del municipio de Llallagua, del departamento de Potosí, con una superficie de 126,83 km², que “yacen” en medio de una configuración fisiográfica montañosa, sufren una fuerte degradación como efecto de la erosión.

Dada aquella situación, fue necesario realizar el presente estudio de determinación de la erosión hídrica laminar de aquella TIOC, aplicando el modelo de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), cuyos factores son: erosividad (*R*), erodabilidad (*K*), longitud de la pendiente (*LS*), cobertura vegetal (*C*) y prácticas de conservación de suelos (*P*). Como herramienta de obtención del mapa de pérdida de suelo por erosión hídrica laminar se utilizó las

técnicas del Sistema de Información Geográfica (SIG). Este trabajo es parte de la ejecución del proyecto de investigación: Estudio de vulnerabilidad y de predicción de riesgos ambientales de los ecosistemas de la TIOC del ayllu Sikuya del municipio de Llalagua susceptibles al cambio climático (EVPRA SIKUYA-UNSXX), que se realizó merced al convenio interinstitucional entre la Universidad Nacional “Siglo XX” (UNSXX), a través de la carrera de Ingeniería Agronómica, y el Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC) del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), con el financiamiento de la cooperación holandesa y la UNSXX.

Objetivos

- Caracterizar los factores: erosividad (*R*), erodabilidad (*K*), longitud de la pendiente (*LS*), cobertura vegetal (*C*) y prácticas de conservación del suelo (*P*).
- Determinar la tasa y el grado de erosión hídrica laminar.

METODOLOGÍA

Tasa de pérdida de suelo por erosión hídrica laminar (*A*). Ésta tasa, en tn/ha/año, se determinó

utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo por erosión (USLE) establecido por Walter Wischmeier y Dwight Smith en 1954, como un esfuerzo conjunto entre el USDA y la Universidad de Purdue (Mancilla E., 2008). El mapa final de pérdida de suelo se obtuvo con el map álgebra (raster calculator) del programa informático ArcGIS 10. La ecuación del USLE es:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Dónde:

- A** = Es la pérdida de suelo total (tn/ha/año).
R = Es el índice de erosividad de la precipitación pluvial (MJ/ha*mm/hr).
K = Es el factor de la erodabilidad del suelo (tn.ha.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha⁻¹).
LS = Es el factor topográfico, longitud y gradiente de la pendiente (adimensional).
C = Es el factor de la cobertura vegetal y/o manejo del cultivo (adimensional).
P = Es el factor de prácticas de conservación de suelos (adimensional).

Los factores de pérdida de suelo por erosión hídrica laminar, expresados en mapas, fueron obtenidos de acuerdo con el detalle del Cuadro 1. En el mismo Cuadro está la información base y los métodos empleados en la determinación de los indicados factores.

Tabla 1. Determinación de los factores de *A*

Nº	FACTOR (MAPA)	INFORMACIÓN BASE	MÉTODO
1.	Erosión (<i>R</i>)	Datos mensuales de precipitación de Llalagua, Uncía y Sacaca.	Aplicación de la ecuación de Arnoldus (interpolación con ArcGIS 10)
2.	Erodabilidad (<i>K</i>)	Suelo: textura y materia orgánica	Nomograma de erodabilidad (fuente: Porta C. et al, 1994). Rasterización con ArcGIS 10
3.	Longitud y gradiente de la pendiente (<i>LS</i>)	- Mapa de curvas de nivel. - Modelo de elevación digital (DEM). - TIN de microcuencas (creado).	Rasterización con ArcGIS 10
4.	Cobertura vegetal (<i>C</i>)	Imagen satelital con resolución espacial de 0,5 m (Pleiades).	Aplicando el ArcGIS 10: - Clasificación de áreas con diferentes coberturas y usos. - Valoración de cada área con el código USLE (basada en la tabla de Wischmeier y Smith <i>et al</i> 1978).
5.	Prácticas de conservación de suelos (<i>P</i>)	Imagen satelital con resolución espacial de 0,5 m (Pleiades)	Aplicando el ArcGIS 10: Valoración de cada área con el código USLE

Grado de erosión. El grado de erosión hídrica laminar se determinó conforme a los criterios establecidos en el Cuadro 2.

Tabla 2. Clasificación del grado de erosión

DESCRIPCIÓN	VALORES (tn/ha/año)
Erosión ligera	< 7,41
Erosión moderada	7,41 - 19,77
Erosión severa	19,77 - 32,13
Erosión muy severa	> 32,13

Fuente: (Michigan-USA, citado por Cruz Gonzales, 2006).

RESULTADOS

Factores de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE)

Factor de erosividad de la lluvia (R). La erosividad (R), calculada y ajustada, fluctúa entre 436,12 y 616,91 MJ/ha*mm/hr/año, en todo el área de estudio; de donde se colige que el grado de erosividad varía de muy baja a baja. Estos resultados, obtenidos por interpolación, concuerdan, en cierta medida, con el obtenido por Cruz Gonzales (2006) de 798,89 MJ/ha*mm/hr/año para la microcuenca Quinua Mayu, próxima al área de estudio.

Factor de erodabilidad del suelo (K). La erodabilidad de suelo (K) fluctúa entre 0,09 y 0,44 en tn.ha.año.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha⁻¹ (SI) y, su valoración cualitativa, varía de muy bajo a alto.

Longitud y gradiente de la pendiente (LS). La longitud y gradiente de la pendiente (LS) oscila entre 0,3 y 113,146 (adim). Según Wischmeier y Smith (1965), la valoración cualitativa varía de muy bajo a muy alto. Estos resultados demuestran que se trata de una zona completamente accidentada y con mucha pendiente, que coinciden con las unidades de la provincia fisiográfica de la Cordillera Oriental, según el mapa fisiográfico de Bolivia.

Factor de cobertura vegetal (C). El área de estudio, en buena proporción, no tiene cobertura vegetal, existen pocos cultivos anuales de donde su valoración cuantitativa, según Wischmeier y Smith *et al* 1978, es

de uno (1), lo que significa que se trata de espacios propensos a la erosión. Sin embargo, los pajonales, que cubren una porción mínima del área de estudio, tienen un valor de 0,001, aspecto que denota la muy poca o ninguna propensión a la erosión.

Factor de prácticas de conservación de suelos (P). Los resultados inherentes al factor de prácticas de conservación de suelos varían de 0,14 a 1 para las terrazas de formación lenta a nivel y lo mismo que para los bofedales.

Tasa y grado de pérdida de suelo por erosión hídrica laminar (A)

En promedio, la tasa y el grado de pérdida de suelo por erosión hídrica laminar del área de estudio: TIOC del ayllu Sikuya, está en el Cuadro 3 y las figuras 1 y 2. Según los mismos se tienen los siguientes resultados: una tasa de pérdida de suelo menor a 7,41 ton/ha/año, de grado ligero, que representa a un área de 43,12 km² (34 %); una tasa de pérdida de suelo de 7,41 a 19,77 ton/ha/año, de grado moderado, que alcanza a un superficie de 16,49 km² (13 %); una tasa de pérdida de suelo de 19,77 a 32,13 ton/ha/año, de grado severo, que representa a un área de 7,61 km² (6 %); y, una tasa de pérdida de suelo mayor a 32,13 ton/ha/año, de grado muy severo, que alcanza a un superficie de 59,61 km² (47 %). De estos, en total, en términos de degradación ambiental “llama la atención” el grado de erosión que varía de moderado a muy severo y que alcanza a un área de 83,71 km² (66 %) del territorio total.

Tabla 3. Tasa y grado de pérdida de suelo del ayllu sikuya

CLASE	PÉRDIDA DE SUELO (Tn/ha/año)	CALIFICACIÓN (Grado)	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
1	< a 7,41	Ligera	4382,87	35
2	7,41 a 19,77	Moderada	1653,71	13
3	19,77 a 32,13	Severa	716,10	6
4	> a 32,13	Muy severa	5930,44	47
			12683,12	100



Figura 1. Tasa y grado de pérdida de suelo

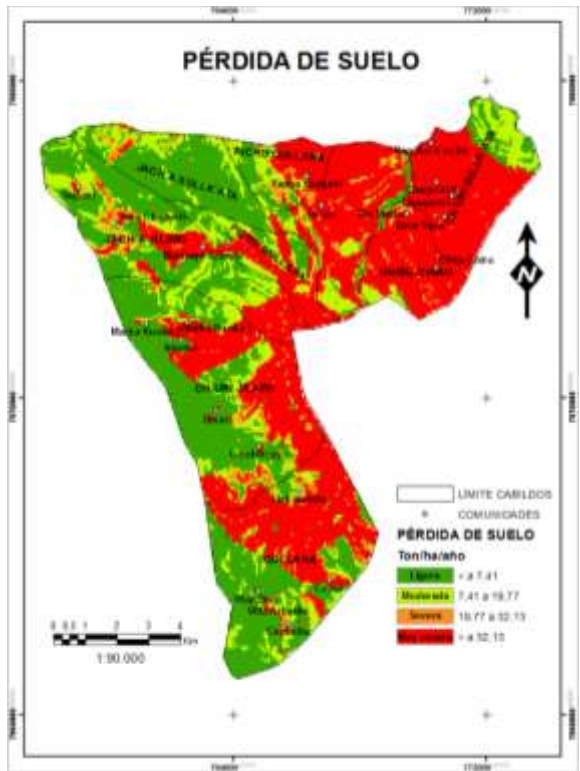


Figura 2. Mapa de tasa y grado de pérdida de suelo (a) Elabora por J. Flores.

CONCLUSIONES

La TIOC del ayllu Sikuya tiene una pérdida de suelo por erosión hídrica laminar: 43,12 km² (34 %), con una pérdida menor a 7,41 tn/ha/año, de grado ligero; 16,49 km² (13 %), con una pérdida de 7,41 a 19,77 tn/ha/año, de grado moderado; 7,61 km² (6 %), con una pérdida de 19,77 a 32,13 tn/ha/año, de grado severo; y, 59,61 km² (47 %), con una pérdida mayor a 32,13 tn/ha/año, de grado muy severo. De estas pérdidas, en términos de degradación ambiental, “ya llama la atención” toda aquella tasa de erosión mayor a 7,41 ton/ha/año, desde el grado moderado hasta el muy severo y que, en total, alcanza al 66 % de la TIOC del Ayllu.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Cruz Gonzales, R. (2006). *Estimación de la erosión hídrica mediante la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) y SIG de la microcuenca de Quinuamayo*. Llallagua-Potosí-Bolivia: Maestría profesional en "Levantamiento de recursos hídricos (manejo y conservación de cuencas)" en CLAS de la Universidad Mayor de San Simón.

García G., A. (2005). *Erosión hídrica, mapas de amenazas recomendaciones técnicas para su elaboración*. Managua-Nicaragua: Instituto de Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER) - Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

GEOBOL, S. (1992 y 1993). *Cartas geológicas de Bolivia*. La Paz-Bolivia: GEOBOL (Sergeotecmin) del Estado Plurinacional de Bolivia.

Laura R., L. (2010). *Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Juramento-Salta*. Salta-Argentina: Ingeniería de RR NN y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta.

Mancilla E., G. A. (2008). *Uso y Conservación de suelos*. Chile: Universidad de Chile.

Ministerio Desarrollo Sostenible y Planificación, V. (2002). *Memoria del Mapa Fisiográfico de Bolivia*. La Paz-Bolivia: Viceministerio de Planificación y Ordenamiento Territorial-Dirección General de Ordenamiento Territorial, del Estado Plurinacional de Bolivia.

Morgan R., P. (1996). *Erosión y conservación de suelos*. España: Mundi-Prensa.

PASOLAC-CIAT. (2005). *Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica, basado en experiencias nacionales*. Managua-Nicaragua: CIAT-Documneto N° 502.

Pillco Z., S. R. (2011). *Relevamiento de indicadores físicos e hidrológicos para fines de valoración de vulnerabilidad de la erosión caso de estudio: cuenca del río tranque/microcuenca de la TCO Sikuya*. La Paz-Bolivia: Universidad Nacional "Siglo XX".

Porta C. et al, J. (1994). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid España: Mundi-Prensa.

USDA. (1998). *"Field Book for Describing and Sampling Soils" (Traducido en Argentina)*. Lincoln-Nebraska-Estados Unidos: Centro nacional de relevamineto de suelos, Servicio de conservación de RR NN del Departamento de Agricultura de EE. UU.

Villca M., R. (2010). *Evaluación de la erosión hídrica por parcelas de esorrentía y USLE, bajo diferentes coberturas vegetales en la comunidad de Guaraya municipio de Tiahuanaco*. Tiahunaco-La Paz-Bolivia: Universidad Católica Boliviana "San Pablo" (Tesis de grado).