

EVALUACION DE LA EROSIÓN UTILIZANDO EL MODELO (R) USLE CUENCA DEL LAGO POOPO Y URU URU

¹Freddy Fernández C.

RESUMEN

EL modelo USLE para la estimación de la erosión fue evaluado en 15 situaciones agro ecológicas en 7 localidades Caracollo, Paria, Chuquiña, Sora Sora, Antequera, Pazña, Poopó, con un rango de precipitación de 174.3 a 444.50 mm medida en cinco años diferentes. El modelo tuvo un buen comportamiento predictivo en localidades con una erosión significativa (> 2,5 tn ha-1 año) y con prácticas de manejo que favorecieron la erosión, como suelo desnudo y labranza tradicional, ya que los valores estimados por el modelo superaron el 30 % del valor de erosión observado, con una probabilidad estadística de 0,05. Con erosión sobre 2,5 tn ha-1 año y práctica de manejo protectora del suelo como labranza tradicional, el modelo proporcionó buenas estimaciones de la erosión, debido principalmente al factor R estimado mediante la aproximación de índice de Fournier, cuyos valores no proporcionaron la exactitud suficiente para estimar la erosividad de la lluvia, seguido del factor C en donde los valores asignados no cuantificaron adecuadamente las prácticas de manejo.

SUMMARY

Model USLE for the estimation of the erosion was evaluated in 15 situations ecological land in 7 localities Caracollo, Pariah, Chuquiña, Sora Sora, Antequera, Pazña, Poopó, with a precipitation rank of 174,3 to 444,50 mm measured in five years different. The model had predictive good behavior in localities with a significant erosion (> 2,5 tn has-1 year) and with handling practices that favored the erosion, as naked ground and traditional farming, since the values considered by the model surpassed 30% of the observed value of erosion, with a statistical probability of 0,05. With erosion on 2.5 tn it has-1 year and protective practice of handling of the ground like traditional farming, the model mainly provided good estimations of the erosion, which had to factor R considered by means of the approach of index of Fournier, whose values did not provide the exactitude sufficient to consider the erosividad of rain, followed of factor C where the assigned values did not quantify the handling practices suitably.

1. INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo es un fenómeno ampliamente difundido principalmente se presenta en zonas de alta presión del altiplano de Bolivia principalmente donde existe una gran actividad de sobre pastoreo y la practica inadecuada de las labores de cultivo además la ausencia de las masas forestales que serian una alternativa para controlar en cierta medida estos problemas, y no hay una institución con ámbito nacional que se dedique a la conservación de suelos, ni tampoco métodos oficiales que permitan el monitoreo de los procesos de degradación de suelos en cuanto a su tasa de evolución ni extensión geográfica de los mismos.

El grado de depredación ocurrido en los ecosistemas del altiplano y alto andino es tan alarmante como inexorable. La pobreza no solo degrada al hombre, sino que degrada de igual manera la naturaleza. En todas las comunidades campesinas por efecto del sobre pastoreo del ganado ovino, los cultivos en pendiente en la agricultura y el aumento de población, se ha operado una pérdida gradual y constante de la flora y la fauna naturales. Se han olvidado tradiciones culturales conservacionistas y se han introducido técnicas desagradables como el derribe de la vegetación existente y la quema de los restos de vegetales secos (pastos y arbustos) para la habilitación de parcelas para la agricultura con la secuela de efectos ya denunciados.

El problema central de esta región y de toda las provincias del Departamento de Oruro, es la degradación de los agroecosistemas productivos por efecto del uso intensivo de la tierra y su inadecuado manejo lo que está provocando una ostensible baja de la productividad de la tierra, habida cuenta de su

¹ Docente Asignatura Conservación FCAPV_UTO

escasez y del aumento poblacional. La alteración de la pradera nativa se ha manifestado a su vez, en la pérdida de vegetación debido a la constante utilización de sus recursos como combustible, el sobrepastoreo de ovinos, lo que está determinando déficit de forraje y decreciente fertilidad del suelo en general. La provincias del Departamento de Oruro en general se ven afectadas en cuanto a desertificación de suelos se refiere; por tal razón es expulsora de su población, destructora de su naturaleza, deterioro de su cultura, llegando a un índice de pobreza del 98%, desnutrición y mortalidad infantil, con una tasa de analfabetismo alto, inseguridad alimentaria. Sólo con requerimientos de proyectos específicos se elaboran cuantificaciones de tipo numérico. En esos trabajos el modelo que se usó con mayor frecuencia fue la "Ecuación Universal de Pérdida de Suelo" (USLE) Wischmeier y Smith (1978) describen cada uno de estos factores y proporcionan métodos para evaluarlos.

Las ventajas del USLE incluyen facilidad de uso, simplicidad, y una base de datos amplia sobre la cual fue desarrollado. Sin embargo, tiene varias limitaciones. Los métodos para estimar los seis factores no se encuentran disponibles en muchos lugares fuera de Norteamérica. Su aplicación en praderas es limitada. Está basado sobre el supuesto de pendiente de terreno, suelos, cultivo y manejo uniformes. Es un procedimiento estadístico (empírico o "agrupado") que no contempla los procesos físicos de separación, transporte y sedimentación en forma mecánica. Finalmente, no fue diseñado para estimar rendimientos de sedimentación en cuencas complejas. En la actualidad a pesar de que se cuenta con una ecuación empírica calibrada como una herramienta en la planificación conservacionista a nivel de finca, en nuestro país se la usa muy pocas veces.

2. MATERIALES Y METODOS

El modelo USLE fue aplicado a datos de erosión medidos experimentalmente por diversos investigadores a partir de parcelas de erosión: Peña (1982). La ubicación geográfica de las localidades localidad: Caracollo, Paria, Chuquiña, Sora Sora, Antequera, Pazña, Poopó. (Véase Anexo1.). Las actividades productivas de la población de los Municipios han sido tradicionalmente de ganadería y agricultura y minera, sujetas ambos al conjunto de riesgos y limitaciones propias del altiplano y reducidas en sus ya incipientes niveles de producción por el deterioro de bases de recursos naturales; suelos, pastos y agua. Su nivel medio de pluviométrica de 250 a 400 mm. Sur a norte y las prácticas de manejo consideradas en cada una de ellas se presentan en el Tabla 1.

2.1. Selección el área de estudio

La ubicación del área de estudio se circunscribe en base a las presencia de las estaciones hidrométricas y meteorológicas de la cuenca de los lagos Poopó y Uru Uru. Se selecciono el área de la cuenca endorreica de las micro cuencas que rodean parte de la cuenca del Altiplano, esta selección basa en un estudio preliminar de realizar estudios sobre la perdida de sedimentos y suelo por evento de precipitación anual

Tabla 1. Identificación de las localidades y prácticas de manejo del suelo

Localidad	Caracollo	Paria	Chuquiña	Sora Sora	Antequera	Pazña	Poopó
Cobertura Vegetal	*	*	*	*	*	*	*
Pradera Natural(2)	*	*	*	*		*	
Labranza Tradicional (1)	*	*		*	*	*	*
Mínima Labranza (1)		*					
Suelo Desnudo	**	**	**	**	**	**	**

Referencias:

(1) Hortícola, cereales

(2) Pradera, Alfalfa, Falaris

2.2. Metodología aplicada

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

- A = Es la pérdida de suelos calculada por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas para K y el período seleccionado para R, generalmente toneladas (t) hectárea (ha)⁻¹ año⁻¹.
- R = El factor lluvia y escurrimiento, es el número de unidades de índice de erosión pluvial (EI), más un factor para escurrimiento por derretimiento de nieve o aplicación de agua. El EI para una tormenta es el producto de la energía total de la tormenta (E) y su máxima intensidad en 30 minutos (I). En ha/hr/año.
- K = El factor susceptibilidad de erosión del suelo, es la tasa de pérdida de suelos por unidad EI para un suelo específico, medido en una porción de terreno estándar (22.13 m de largo, 9% pendiente, en barbecho y labranza continua).
- L = El factor de largo de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos en el largo de la pendiente específica con respecto a un largo de pendiente estándar (22,13 m).
- S = El factor de magnitud de la pendiente (Gradiente), es la proporción de pérdida de suelos de una superficie con una pendiente específica con respecto a aquella en la pendiente estándar de 9%, con todos los otros factores idénticos.
- C = El factor cubierta y manejo, es la proporción de pérdida de suelo en una superficie con cubierta y manejo específico con respecto a una superficie idéntica en barbecho, con labranza continua.
- P = El factor de prácticas de apoyo de conservación, es la proporción de pérdida de suelo con una práctica de apoyo como cultivo en contorno, barreras vivas, o cultivo en terrazas, con respecto a aquella labranza en el sentido de la pendiente.

Si bien la U.S.L.E. es planteada, inicialmente, como un eficaz instrumento de auxilio para planificar la conservación de los suelos, también ha sido utilizada como un instrumento de investigación, refinando el análisis de los factores que intervienen en la ecuación. Nuestras intenciones, al adaptarla a la zona estudiada, no son tanto llegar a emplearla como un puro instrumento de investigación, ya que esto, somos conscientes que conllevaría una gran cantidad de inversiones en tiempo y dinero para poder conseguir una validación, absolutamente fiable y eficaz, de los diferentes factores que intervienen en la ecuación, sino el utilizarla en su primera faceta de auxiliar para el conocimiento de las necesidades más urgentes de planificación de la conservación de suelos.

Los factores erosividad (R) se entiende la capacidad potencial de la lluvia para provocar erosión, estando dicha capacidad en función de las características físicas de la lluvia. Para llegar a utilizar la erosividad como un factor fundamental y básico, dentro de las ecuaciones que plantean una evaluación de pérdidas de suelos por erosión hídrica y en los términos en que se expresa en la actualidad, Se utilizaron datos de precipitaciones diaria medias mensuales y anuales como promedio de 17 años de toda la cuenca influyente al lago Poopó y Uru Uru, Obtenida de SENAMHI 1992 al 2008, además estimando con buenos resultados los datos de la Estación pluviométrica de la ciudad universitaria de FCAPV_UTO. Se utilizo el factor R estimado a través de la aproximación de índice de Fournier

Erodabilidad (K) Se obtuvo a partir de la propuesta de Wischmeier y Smith (1978) y los analíticos requeridos para la estimación para este parámetro fueron del reporte de investigación de los estudiantes en formación académica de la asignatura de conservación de suelos en localidades donde no se contaba con granulometría detallada (Limo + arena fina), se obtuvo a partir del triángulo de texturas con un ensayo de prueba de botella por sedimentación esta función también nos facilita la determinación de este factor asimismo la presencia de materia orgánica por suspensión y coloración. Para determinar el movimiento del agua en suelo se utilizo el método inverso del sondeo determinando la conductividad hidráulica Auger Hole (1990)

Los factores longitud y grado de la pendiente (LS), se realizó tras un gran número de análisis experimentales sobre unidades de evaluación denominadas parcelas-tipo, cuyas características

fueron: longitud, 22,13 m; anchura, 4 a 8 m; pendiente uniforme longitudinal menor al 9 por ciento. Uso y nivel de manejo (C) uso barbecho continuo durante los años y labranza a favor de la pendiente. A pesar de la especificidad de las parcelas-tipo, la ecuación fue desarrollada para calcular la pérdida promedio anual de suelo por unidad de superficie y a largo plazo. Prácticas de conservación (P) fueron definidos, en sus variaciones, tomando como base los datos de las parcelas-piloto. Así diseñado, los límites de confianza del modelo se establecieron confrontando sus estimaciones en las medidas realizadas en 7 parcelas-tipo para las que se obtuvieron 15 datos parcela-año.

Hechas estas matizaciones, hemos de decir que nuestra intención, al adaptar la U.S.L.E. a la zona estudiada, va dirigida esencialmente, a disponer de un instrumento que nos permita saber, en una primera aproximación, qué pérdidas de suelo se están produciendo y, alterando el valor de algunas variables, conocer en qué grado se modificarían las mencionadas pérdidas. De este modo, pretendemos llegar a saber, igualmente, cómo influyen las diferentes prácticas agrícolas, tanto existentes en el momento actual, como posibles en un futuro, sobre la degradación de los suelos por erosión hídrica. Aparte de estas consideraciones previas sobre el uso de la U.S.L.E. en general, la explicación y adaptación de cada factor presenta problemas más específicos que pasaremos a exponer a continuación, analizando qué representa y cómo se calculan en la actualidad cada uno de sus parámetros.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Evaluación del modelo USLE

Una de las condiciones básicas para que un modelo de pronóstico de la erosión sea capaz de estimarla adecuadamente, es que las condiciones hidroecológicas sean favorables a un desarrollo significativo de la erosión por escurrimiento hídrico. A este respecto, Morgan (1997) señala que una baja erosión hídrica limita la efectividad de los modelos y establece como umbral una erosión superior a 1,5 t n ha⁻¹ año. En este estudio, 5 de las 15 situaciones agroecológicas consideradas (Tabla 2), presentaron valores de erosión inferiores a 1,5 t n ha⁻¹ año. Estas situaciones agroecológicas están asociadas mayoritariamente con parcelas de erosión ubicadas en localidades de pluviometría inferior a 254 mm al año como en el caso de Paria y con prácticas de manejo que tienden a proteger el suelo de la erosión como pradera natural. Por otra parte, el límite de tolerancia establecido por Guevara (1997) para suelos profundos y bien drenados), de 11 tn ha⁻¹ año, fue superado esta situaciones con prácticas de manejo de Suelo Desnudo, en el año 2008, que tuvo un valor de R bajo.

Para las demás prácticas de manejo en pradera natural, aún en localidades con pluviometría promedia, como Caracollo, Sora Sora, y las localidades entre el 2005 y 2006 Pazña y Poopó la erosión se mantuvieron por debajo de 2 t n ha⁻¹ año. En una primera etapa, la capacidad predictiva del modelo USLE se evaluó considerando simultáneamente las 20 situaciones agro ecológicas. De esta evaluación se infirió que el modelo proporcionó la exactitud requerida, (valor p < 0.05). Este resultado concordó con lo señalado por Morgan (1997), dado el alto número de situaciones agro ecológicas con erosión superior al umbral de 1,5 tn ha⁻¹ año.

Posteriormente se evaluó la capacidad predictiva de USLE, considerando sólo aquellas situaciones agro ecológicas en las cuales la erosión observada fue superior a 2,5 tn ha⁻¹ año, de las 15 situaciones agro ecológicas evaluadas, sólo 5 localidades Caracollo en suelo desnudo con 4.5 tn ha⁻¹, Sora Sora con 3.7 tn ha⁻¹, Pazña cumplieron con la condición señalada (Tabla 2). Producto de esta evaluación se determinó que los pronósticos de erosión obtenidos por USLE también excedieron la exactitud requerida, al ser comparados con los respectivos valores de erosión medidos experimentalmente, (P < 0,05). Esta falta de correspondencia pudo deberse a dos motivos no excluyentes: uno, a que alguno o todos los valores asignados a cada uno de los parámetros del modelo no fueron los adecuados, aún cuando los valores asignados fueron las mejores estimaciones obtenidas de acuerdo a la información disponible; el otro, a que en el análisis conjunto de información proveniente de situaciones agro ecológicas heterogéneas (distintas prácticas de manejo, localidades y años), las diferencias entre los valores observados y pronosticados se acumulan, haciendo difícil que

el procedimiento estadístico de prueba, permita calificar al USLE como buen modelo de pronóstico. (Véase Anexo 2, 3 y 4)

Tabla 2. Erosión observada y estimada, parámetros del modelo USLE y precipitación para diferentes prácticas de manejo en siete localidades

Localidades	Caracollo I	Paria II	Chuquiña III	Sora Sora IV	Antequera V	Pazña VI	Poopó VII			
<i>Practica de manejo</i>	<i>Localidades</i>	<i>Año</i>	<i>Prec.</i>	<i>R</i>	<i>K</i>	<i>LS</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>Estimada Observada Mg/ha/año</i>	
Pradera Natural	I	2008	251.2	393.63	0.065	0.99	1.0	0.5	1.8	0.24
Suelo Desnudo	I	2007	251.2	266.03	0.65	0.589	0.8	0.3	4.5	2.012
Pradera natural	II	2007	251.2	266.03	0.68	0.091	0.8	0.10	0.7	0.015
Suelo Desnudo	II	2008	320	393.63	0.645	0.117	1.0	0.5	17.4	4.25
Suelo Desnudo	III	2008	251.2	566.24	0.065	0.99	1.0	0.5	1.8	0.24
Pradera Natural	IV	2008	205.5	393.63	0.065	0.97	1.0	0.5	1.7	0.80
Suelo Desnudo	IV	2008	205.5	393.63	0.23	0.98	1.0	0.3	3.7	3.30
Labranza Tradicional	V	2008	394	393.63	0.24	0.35	0.8	0.5	2.6	1,57
Suelo Desnudo	V	2008	394	393.63	0.11	0.17	0.5	0.8	1.3	0.20
Labranza Tradicional	VI	2007	254.8	266.03	0.58	0.085	0.05	0.8	0.80	0.20
Pradera Natural	VI	2006	444.5	566.24	0.65	0.119	0.33	0.4	2.0	1.17
Suelo Desnudo	VI	2004	213.1	192.90	0.75	0.19	1.0	0.8	9.3	5.76
Labranza Tradicional	VII	2008	174.3	393.63	0.11	0.17	0.4	0.8	0.21	0.70
Pradera Natural	VII	2005	476.7	436.08	0.21	0.21	0.6	0.5	1.7	0.98
Suelo Desnudo	VII	2008	346.2	393.63	0.39	0.12	1.0	0.2	1.3	0.77

Fuente: Elaboración Propia 2009.

Estimando una media entre todas las localidades sin considerar los años se puede establecer que en cada localidad en suelos desnudo se presenta un 5.5643 tn ha⁻¹ año. una varianza de 34. 861 y una intervalo de confianza al 95% de probabilidad estadística inferior a superior de 0.1537 a 11.0749 considerándose un parámetro de mayor erosión respectivamente, Mientras que en condición de labranza tradicional presenta con una media de 1.55 una varianza de 0.257 y un intervalo de confianza superior a 4.2961 considerándose por debajo del umbral y la condición de pradera natural una media de 1.58 una varianza de 0.257 un valor de confianza superior de 2.2095 presentándose por encima del umbral respectivamente. (Véase anexo 5, 6 y 7)

La información para evaluar la capacidad de pronóstico del modelo, provino de tres años diferentes, por lo tanto, es el factor asociado a la erosividad de la lluvia (R) el único que varió, siendo responsable de las diferencias anuales entre los valores estimados de la erosión, los cuales se mantuvieron en el margen de error tolerable. Con la información disponible no fue posible atribuir a alguno de los factores del modelo la constante sobrestimación en los pronósticos de la erosión. Esta constante sobrestimación, sugirió la presencia de un sesgo en la estimación de la erosión, el cual al ser descontado desde la fuente de error, la discrepancia entre la erosión observada y pronosticada no fue significativa ($P > 0,05$). (Véase Anexo 8.)

Todas las estimaciones se enmarcaron dentro del margen de error tolerado y en todas se observó una subestimación del valor real de la erosión, lo que sugirió la presencia de un sesgo constante en todas las estimaciones. Descontado el efecto del sesgo, la validación del modelo USLE demostró que las estimaciones de erosión en suelo desnudo superaron aquellas medidas experimentalmente ($P > 0,05$). Al analizar globalmente los resultados en suelo desnudo, se puede apreciar que en todas las situaciones agro ecológicas, Estos resultados demostraron que el método de USLE se comportó mejor en condiciones de mayor agresividad climática como fueron en todas las localidades y en suelos desprovistos de cobertura vegetal, en los cuales los factores R y C pueden ser más fácilmente definidos.

4. CONCLUSIONES

La evaluación del modelo USLE en su bondad para pronosticar la erosión hídrica, fue efectuada estratificando la información por diferentes factores: nivel de erosión ($< 2,5$ tn ha⁻¹ año), práctica de manejo y localidad, ya que evaluar el modelo considerando simultáneamente datos provenientes de una diversidad de zonas agro ecológicas, incrementó la discrepancia acumulada entre la erosión observada y pronosticada por el modelo, superando esta el requerimiento real de la erosión al nivel de probabilidad ($P = 0,05$). En zonas agroecológicas de mayor precipitación (sobre 400 mm anuales) o con prácticas de manejo que favorecen la erosión ($> 2,5$ t n ha⁻¹ año), tales como labranza tradicional y suelo desnudo, la erosión hídrica fue pronosticada adecuadamente por USLE.

En zonas agroecológicas de baja precipitación (menos de 300 mm anuales), o con manejos protectores de la erosión ($< 2,5$ t n ha⁻¹ año), como labranza tradicional el modelo USLE presentó un buen comportamiento predictivo, como consecuencia de la baja erosión observada en esas situaciones y no así en condición de pradera natural esta por encima del umbral requerido.

El factor R estimado a través de la aproximación de índice de Fournier y el factor C, influyeron negativamente en su capacidad predictiva, como consecuencia de la inexactitud con que el primero representó la erosividad de la lluvia y el segundo, la capacidad protectora de la cubierta vegetal.

5. RECOMENDACIONES

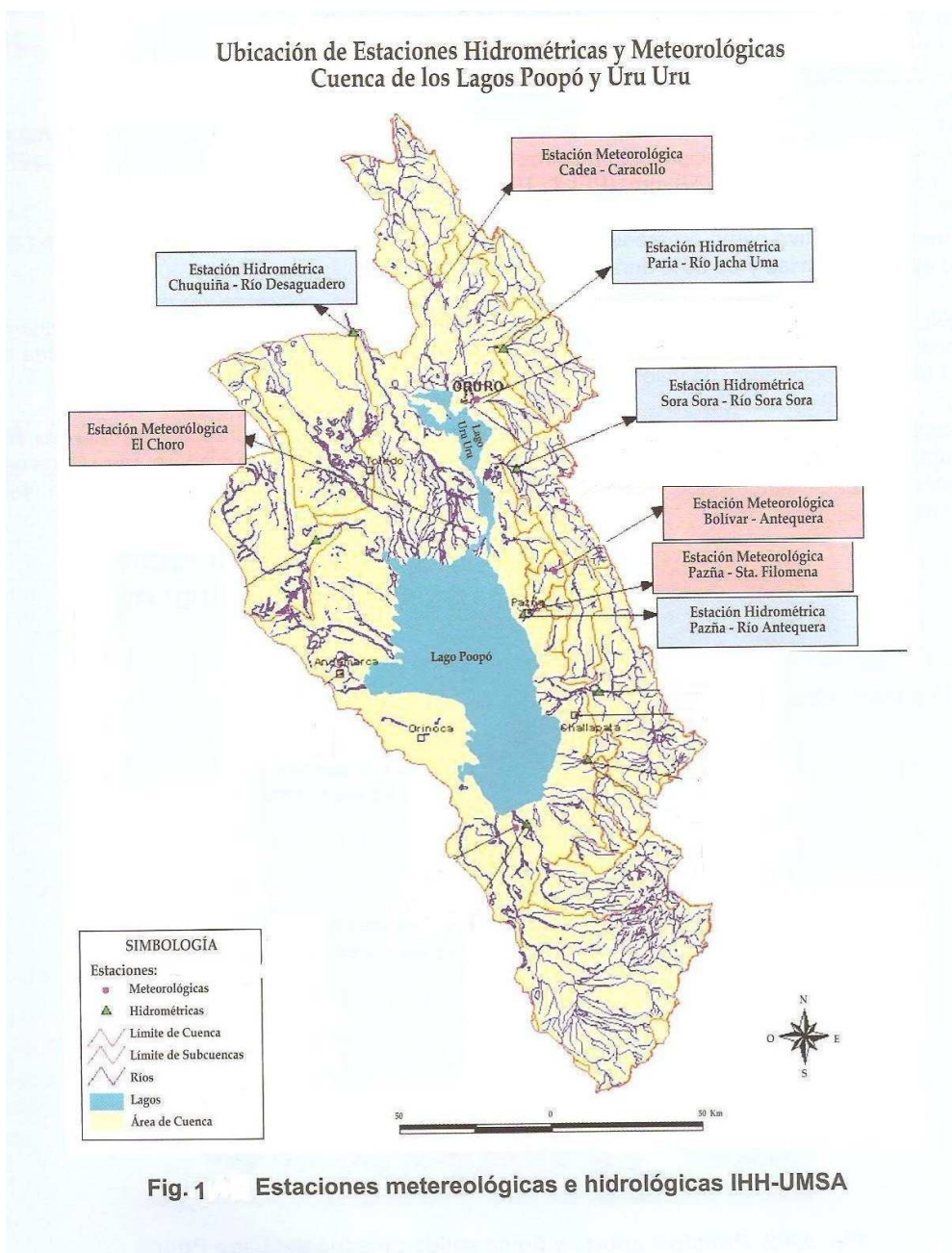
Predecir el movimiento promedio anual de suelos desde una pendiente específica, bajo condiciones de uso y manejo de labranzas mínima a labranzas cero específicos bajo condiciones de riego y a secano. Orientar la selección de prácticas de conservación para localidades específicas de producción y el manejo del agua de riego. Estimar la reducción de pérdida de suelos que se puede lograr con cambios de manejo efectuados junto el agricultor determinando pendiente máximo tolerable para los sistemas de cultivo desarrollado en la zona.

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALMOROX, J., R. De Antonio, A. Saa, M. Cruz y J.M. Gasto. 1994. Métodos de estimación de la erosión hídrica. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid. España. 150 pp.
- CARRASCO, C. 1990. Evaluación de las pérdidas de suelos por erosión hídrica bajo uso agrícola y forestal. Informe Técnico INIA pp. 29-36.
- GASTO, J. 1993. En la Agricultura del Siglo XX. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. pp 47-77.

- GATICA, V. 1998. Validación de un modelo de simulación para procesos erosivos en la IV Región. Tesis Universidad de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 86 pp.
- GUEVARA, E. 1997. Manejo integrado de cuencas. Documento de referencia para los países de América Latina. FAO. RCL/97/04-FOR-54. Santiago. Chile. 14 pp.
- MOREIRA, J. M. 1991. Capacidad de uso y erosión de suelos. Una aproximación a la evaluación de tierras de Andalucía. Junta de Andalucía, Agencia de Medio Ambiente. España. 446 pp.
- MORGAN, R.P.C. 1997. Erosión y conservación de suelo. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. 343 pp.
- PEÑA, L. 1980. Determinación del factor R de la ecuación universal de predicción de la erosión hídrica en la provincia de Ñuble. Agricultura Técnica 40. pp 152-156.
- RIQUELME, J. 1994. Calibration of de Erosion- Productivity Model EPIC for three soil tillage systems in the secano interior of Chile. 8th ISCO Conference. New Delhi, India. 15 pp.
- STOCKING, M. 1989. The economics of soil quality improvement: How to integrate technical information into decision-making. En degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas. CSIC. pp 171-189.
- WISCHMEIER, W. H. y D.D. Smith, 1978. Predicting rainfall erosion losses. USDA. Agricultural Research Service Handbook 537. 58 pp

ANEXO 1. Localidades de estudio (R) USLE



ANEXO 2. Modelos aplicados para la erodabilidad

$$100 * K = 0.0132 * 2,1 * M^{1.14} * 10^{-4} (12 - a) + 3.25 (b - 2) + 2.5 (c - 3)$$

$$K = 2,8 M^{1.14} * 10^{-7} * (12 - a) + 4.3 * 10^{-3} (b - 2) + 3.3 * 10^{-3} (c - 3)$$

Donde:

M = Parámetro del tamaño de las partículas y es igual al porcentaje de limo más porcentaje de la arena dividido por el porcentaje de la arcilla (Razonamiento lógico: menor porcentaje de arcilla en relación a los otros componentes causa mayor erosión en los suelos)

a = Porcentaje de la materia orgánica asumir los valores; 0, 1, 2, 3, y 4

b = La estructura del suelo usado en la clasificación; 1 granular muy fino, 2 granular fino, 3 granular medio o grueso y 4, bloques, laminar y macizo.

c = La clase de permeabilidad del perfil del suelo; 1 rápido (>36cm/hr), 2 moderado a rápido, 3 moderado, 4 lento a moderado, 5 lento, y 6 muy lento (<0.0036cm/hr).

ANEXO 3. Valores de respuesta para método inverso de sondeo

Tabla de Valores de permeabilidad (K) y μ en relación a la textura y estructura

Textura	Estructura	μ %	K m/día
Arcillosa	Masiva columnar	1-2	< 0.05
Franco arcillosa pesada	Fina o muy fina	1-3	0.05-0.1
Arcillosa	Prismática, bloques		
Franco arcillosa	Angulares y laminar		
Arcillo limosa	Muy fina y fina		
Franco arcillo arenosa			
Arcillosa	Prismática, bloques	3-8	0.1-0.5
Arcillo arenosa	Angulares y laminar		
Franco arcillosa	Fina y media		
Franco arcillo arenosa			
Franco limosa			
Limosa			
Franco arcillo arenosa			
Franco arcillosa ligera	Prismática y bloques	6-12	0.5-1.5
Limosa	Sub. angulares media		
Franco limosa			
Franco arenosa muy fina			
Franca			
Franco arenosa fina	Bloque sub. angulares	12-18	1.5-3.0
Franco arenosa	Y granular gruesa		
Arenosa franca	Migajosa fina	15-22	3.0-6.0
Arenosa fina	Migajosa media granos sueltos		
Arenosa media	Granos sueltos		
Arenosa gruesa	Granos sueltos	22-26	>6
Grava		26-35	>6

Fuente: Martínez Beltrán J. 1990. IRYDA España

ANEXO 4. Cobertura vegetal y manejo del suelo

Cobertura vegetal	C
Bosque no intervenido	0.001
Bosque intervenido	0.34
Tierras erosionadas con escasa vegetación	0.8
Suelo desnudo	1
Cultivos extensivos en hileras	0.2 - 0.8
Pastos	0.3

Pendiente %	Contorno	Fajas	Terrazas
1 a 2	0.4	0.15	0.05 - 0.03
2 a 7	0.5	0.25	0.10 - 0.05
7 a 12	0.6	0.30	0.12 - 0.05
12 a 18	0.8	0.40	0.16 - 0.05
18 a 24	0.9	0.45	0.15 - 0.06

ANEXO 5. Tablas estadísticas de cálculo SSPS

		Pradera Natural	Labranza Tradicional	Suelo Desnudo
N	Válidos	5	3	7
	Perdidos	19	21	17
Media		1.5800	1.2033	5.6143
Mediana		1.7000	.8000	3.7000
Moda		1.70	.21(a)	1.30
Desv. típ.		.50695	1.24500	5.90436
Varianza		.257	1.550	34.861
Curtosis		3.991		2.433
Error típ. de curtosis		2.000		1.587
Mínimo		.70	.21	1.30
Máximo		2.00	2.60	17.40
Suma		7.90	3.61	39.30
Percentiles	25	1.2000	.2100	1.3000
	50	1.7000	.8000	3.7000
	75	1.9000	2.6000	9.3000

a Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Pradera natural

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	.70	1	4.2	20.0	20.0
	1.70	2	8.3	40.0	60.0
	1.80	1	4.2	20.0	80.0
	2.00	1	4.2	20.0	100.0
	Total	5	20.8	100.0	
Perdidos	Sistema	19	79.2		
Total		24	100.0		

Labranza tradicional

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	.21	1	4.2	33.3	33.3
	.80	1	4.2	33.3	66.7
	2.60	1	4.2	33.3	100.0
	Total	3	12.5	100.0	
Perdidos	Sistema	21	87.5		
Total		24	100.0		

Suelo desnudo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1.30	2	8.3	28.6	28.6
	1.80	1	4.2	14.3	42.9
	3.70	1	4.2	14.3	57.1
	4.50	1	4.2	14.3	71.4
	9.30	1	4.2	14.3	85.7
	17.40	1	4.2	14.3	100.0
	Total	7	29.2	100.0	
Perdidos	Sistema	17	70.8		
Total		24	100.0		

ANEXO 6. Estadísticos descriptivos y correlaciones

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desv. típ.	Varianza	Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico
Pradera natural	5	.70	2.00	7.90	1.5800	.50695	.257	3.991	2.000
Labranza tradicional	3	.21	2.60	3.61	1.2033	1.24500	1.550	.	.
Suelo desnudo	7	1.30	17.40	39.30	5.6143	5.90436	34.861	2.433	1.587

Correlaciones

		Pradera Natural	Labranza Tradicional	Suelo Desnudo
Pradera natural	Correlación de Pearson	1	.359	-.919(*)
	Sig. (bilateral)		.767	.027
	N	5	3	5
Labranza tradicional	Correlación de Pearson	.359	1	-.121
	Sig. (bilateral)	.767		.922
	N	3	3	3
Suelo desnudo	Correlación de Pearson	-.919(*)	-.121	1
	Sig. (bilateral)	.027	.922	
	N	5	3	7

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

ANEXO 7. Estadísticos para una muestra e intervalos de confianza

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Pradera natural	5	1.5800	.50695	.22672
Labranza tradicional	3	1.2033	1.24500	.71880
Suelo desnudo	7	5.6143	5.90436	2.23164

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Pradera natural	6.969	4	.002	1.58000	.9505	2.2095
Labranza tradicional	1.674	2	.236	1.20333	-1.8894	4.2961
Suelo desnudo	2.516	6	.046	5.61429	.1537	11.0749

ANEXO 8. Estadísticos para una muestra, erosividad (R)

Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Pradera natural	5	411.1220	107.64307	48.13945
Labranza tradicional	3	351.0967	73.66989	42.53333
Suelo desnudo	7	389.6129	107.99212	40.81718

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Pradera natural	8.540	4	.001	411.12200	277.4655	544.7785
Labranza tradicional	8.255	2	.014	351.09667	168.0905	534.1028
Suelo desnudo	9.545	6	.000	389.61286	289.7368	489.4889