

RIESGO DE DEGRADACION DE SUELOS CON DIFERENTE USO EN LA SUBCUENCA DEL RIO ZAMORA HUAYCO, LOJA – ECUADOR

Pablo Ochoa Cueva¹, Fabiola Martínez² y Christian Maza²

RESUMEN

El estudio se desarrolló en la subcuenca de montaña del río Zamora Huayco, misma que abastece con aproximadamente el 55% de los recursos hídricos para su potabilización y uso en la ciudad de Loja. La metodología propuesta se basó en la recopilación de información y toma de datos biofísicos de la subcuenca *in situ*, a través de un muestreo sistemático sobre una carta topográfica a escala 1:20000. Se sistematizó, analizó y espacializó la información recopilada y generada, identificándose el uso actual del suelo y zonas susceptibles a riesgos de erosión, que pueden constituirse en una herramienta para ordenar el territorio y socialización con la comunidad dentro de la subcuenca hidrográfica, para establecer planes de manejo.

INTRODUCCION

La sustentabilidad del manejo de los recursos naturales, entre ellos: suelo y agua, la demanda constante de alimentos, la incoherente y deficiente capacidad de administrar/gestionar los recursos naturales, entre otras; constituyen ser hoy una preocupación mundial y local; planteada por algunas organizaciones y eventos mundiales como: Objetivos del milenio propuestos por países miembros de la ONU, 2000; que menciona: “*Erradicar la pobreza extrema y el hambre*” y “*Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente*”; como los objetivos más relacionados. Y el último Foro Mundial del Agua, celebrado en México del año 2006, más un sinnúmero de eventos, foros y congresos a nivel nacional y local.

Si bien ambas instancias internacionales antes mencionadas concluyen que las políticas deben establecerse hacia una mejor distribución y gestión de recursos; así como disminuir la crisis de gobernabilidad existente; ninguno puede mencionar como implementar políticas locales, nacionales o regionales para cada zona en concreto; sin embargo exponen ciertas directrices relacionadas con la problemática p.ej. crisis en la gestión; falta de inclusión del funcionamiento ecosistémico; baja aceptación del suelo y agua como problemas centrales frente al cambio climático; y que las políticas deben establecerse a nivel local, de cuenca, nacional, en corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en su conjunto.

Por este hecho; como es lógico, no se puede exponer recetas o ¿cómo aplicarlo?, sin antes no conocer justamente como se dan estos procesos y relacionarlos a escalas de: cuenca, local, regional, nacional o internacional (Pla, 1992; Lal, 1994).

Los análisis de uso del suelo de un área depende de características biofísicas como: clima, hidrología, suelo y condiciones socio-económicas (FAO, 1991). A nivel global algunos países que presentan elevada degradación en sus ecosistemas se encuentran con fuertes condiciones: climatológicas, topográficas y presiones antropogénicas: poblacionales, económicas y socio-culturales (Wilkinson, B.H. & McElroy, B.J., 2007). El agua es uno de los principales factores que producen degradación de suelos, pero a su vez es el recurso más afectado por dicha degradación, porque disminuye su disponibilidad (calidad y cantidad), a nivel de fincas, cuencas hidrográficas o ciudades; consecuentemente desabastecimiento para su uso agrícola, urbano o industrial.

La información de la Figura 1 revela la constante demanda del recurso hídrico por actividades humanas, principalmente a través de prácticas agrícolas que sobrepasan a las reservas disponibles de agua en la zona.

¹ Docente – Investigador, Manejo y Conservación de Suelo y Agua, Servicios Agropecuarios - Universidad Técnica Particular de Loja – Ecuador.

² Becarios, Instituto de Manejo Sustentable del Suelo, SA - Universidad Técnica Particular de Loja – Ecuador
Correo electrónico: paochoa@utpl.edu.ec

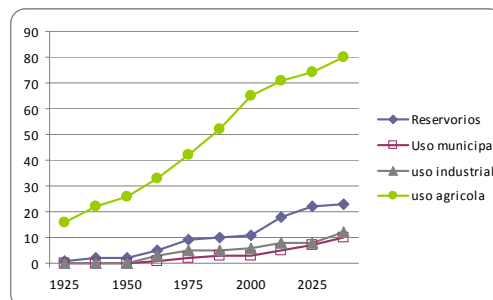


Figura 1. Consumo de agua en América del Sur en relación al uso, en km³.
Fuente: Shiklomanov, 1999.

Los Andes muestran una enorme diversidad de paisajes como de cobertura vegetal y uso de la tierra. Producidos por altas variaciones en distancias cortas de: clima, topografía, suelos, entre otros; la joven y aún en construcción zona montañosa posee toda una gama de gradientes de inclinación y alturas que van desde las tierras bajas hasta los 6000m; con temperaturas que van desde la: sub-tropical (Alturas 300-1800 m) a sub-templado (3000-4000 m) o frío en las zonas altas de montaña (bajo los 6000 m) y la presencia de lluvias desde 500mm hasta más de 3000mm anuales; en estos tipos de climas (De Koning et al., 1997). Múltiples zonas muestran diversidad de suelos derivados de diferentes materiales parentales, que tienen desde fértil material volcánico a infértil material sedimentario (Beinroth et al., 1985; Hofstede et al., 1998).

En América Latina una buena proporción de tierras disponibles para agricultura, especialmente en zonas tropicales; son parte de ecosistemas frágiles como: bosques húmedos tropicales, zonas montañosas de alta pendiente y tierras en áreas semiáridas. En estas tierras coinciden dos tipos de producción agropecuaria: de subsistencia (itinerante, con utilización de muy pocos insumos, en áreas pequeñas); versus prácticas comerciales (grandes extensiones, con alto uso de insumos). En ambos casos aunque por diversas razones, las prácticas agrícolas conducen a incrementar procesos de erosión de tierras (Wilkinson, B.H. & McElroy, B.J., 2007). Estos procesos resultan del uso y manejo inadecuado de suelo, presente en parte debido al desconocimiento del proceso ecosistémico planta-suelo-agua; pero principalmente debido a crecientes presiones sociales, económicas y políticas derivadas del crecimiento poblacional.

En Ecuador, país catalogado como uno de los 17 mega-diversos del mundo, es decir ricos en biodiversidad y endemismo con una superficie que representa el 0.17% del total del planeta (terrestre); posee más del 11% de todas las especies de vertebrados terrestres; 16.087 especies de plantas vasculares y alrededor de 600 especies de peces marinos (Ministerio de Relaciones Exteriores del Ecuador, 2005). Ésta riqueza diversa puede convertirse en una fortaleza si los investigadores se conectan directamente con su ambiente específico desarrollando y validando metodologías o modelos que permitan proponer herramientas útiles para su manejo (Radersma, 2007).

Problemática

Contrastando con lo descrito al final de la introducción, algunas políticas ecuatorianas como la denominada “Reforma Agraria” dada desde los años 1970 hasta 1990 adjudicaron aproximadamente 3 millones de hectáreas a colonizadores a nivel nacional, que representa un 35% de las tierras agropecuarias actualmente existentes (Agencia Latinoamérica de Información, 2005).

Según datos de la FAO, 2003 el Ecuador deforesta 137000 ha/año; considerada la tasa más alta en Sudamérica. Esto ha provocado efectos directos e indirectos en la disponibilidad de agua y suelo para diversos usos; obligando a los gobiernos locales a desarrollar macro-proyectos de intentar recuperar el suelo y los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas de sus localidades. Así mismo la falta de correlación entre los modelos desarrollados para países de Europa o Norteamérica versus la realidad local ha motivado ésta propuesta para analizar integralmente estos casos; planteándonos los siguientes objetivos generales.

OBJETIVOS GENERALES

- Analizar los elementos que intervienen en los procesos de degradación de suelos para la subcuenca del río Zamora Huayco.
- Determinar parámetros biofísicos y antropológicos que influyen en la subcuenca del Zamora Huayco.
- Calcular el índice de erodabilidad del suelo o factor (k) RUSLE, para la subcuenca del Zamora Huayco.

PROCEDIMIENTO METODOLOGICO

La metodología propuesta para la determinación de algunos parámetros biofísicos y antropológicos de la subcuenca Zamora Huayco, consistió en:

Recopilar información secundaria que describa las condiciones de parámetros biofísicos y antropológicos que interfieren en los procesos naturales de la subcuenca, llevados al análisis local.

Tomar muestras de suelo y datos en campo a través de un tipo de muestreo sistemático con la ayuda de una carta topográfica del Instituto Geográfico Militar (IGM), a la que se redujo su escala de cuadrícula a 1:20000 y se ordenó por cada cuadrícula (1Km²) el esquema de puntos de muestreo. Se obtuvo un total de 38 sitios de acuerdo a la superficie de la subcuenca de los que se muestrearon y georeferenciaron 35; en los 3 puntos restantes el acceso al lugar y las condiciones meteorológicas de la temporada impidieron su muestreo. Cada muestra de suelo se compuso de cinco submuestras, más una muestra para determinar la densidad y capacidad de campo en el laboratorio.

Se tomó cada muestra de suelo mineral de 0 – 20cm de profundidad, con un cilindro de 5cm de diámetro. Junto a cada punto de muestreo se describieron condiciones biofísicas que rodeaban a la muestra como: uso del suelo, manejo, condición hidrológica, pendiente, largo de pendiente, entre otras; más su reconocimiento fotográfico. Para registrar la información *in situ*, se construyó una tabla de campo de acuerdo a las sugerencias de la cuarta edición del documento: *Guidelines for soil description*, elaborado por la FAO en el 2006. En el laboratorio se determinó: textura, M.O.S., ph, capacidad de campo, densidad aparente y humedad relativa.

Para identificar los sitios susceptibles a riesgos de erosión y condiciones hidrológicas del suelo de la subcuenca, la metodología sugerida fue el índice de erodabilidad del suelo propuesto por (Kirkby & Morgan, 1994), cuya fórmula es:

$$K_1 = [2.1M^{1.14} (10)^{-4} (12 -) + 3.25 (b - 2) + 2.5(c - 3)] / 100 \times 1.2928$$

Donde:

K = índice de erodabilidad, M = (%limo + %arena muy fina)(100 - % arcilla), = % de materia orgánica, b = parámetro estructural en función al primer horizonte de suelo, c = parámetro de permeabilidad referido al perfil del suelo.

A cada elemento analizado y obtenido como resultado se lo ordenó por rangos para su análisis y construcción de mapas como muestran las tablas: 4,5 y 6 en los resultados.

Para la construcción de los mapas se espacializó e interpoló la información con una herramienta del software ArcView 3.2, en donde se correlacionó los datos de los mapas de: índice de erodabilidad (K), cobertura/uso de suelo y manejo, y pendiente, determinándose la susceptibilidad de estos suelos a riesgos de erosión.

Descripción de la Zona de Estudio – Subcuenca del río Zamora Huayco

La subcuenca Zamora Huayco se encuentra en la hoya de Loja o valle de Cuxibamba; que es una pequeña depresión situada a 2100m de altura y a 4° de latitud sur; al sur de la Región Interandina; donde se desarrolla la ciudad de Loja y su entorno suburbano.

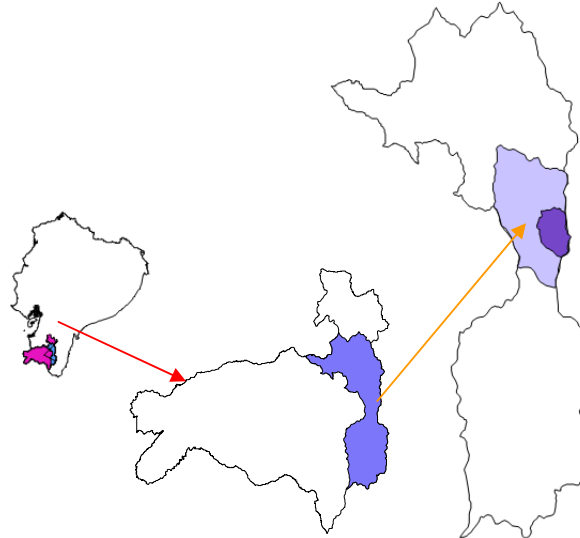


Figura 2. Mapa general: Ecuador / provincia, cantón, ciudad de Loja y subcuenca Zamora Huayco.

El clima en la Hoya de Loja es temperado – ecuatorial subhúmedo, caracterizado por una temperatura media del aire de 16°C y un promedio de lluvia anual de 900mm, la época de mayor estiaje va de octubre a diciembre. El período con menor temperatura media es de junio a septiembre, y julio como mes más frío. La humedad relativa media es de 75%, con fluctuaciones extremas entre 69% y 83%.

Según Baquero, et al 2004, las zonas de vida que encontramos en la subcuenca Zamora Huayco son: Bosque siempre verde montano alto (Bsva), páramo herbáceo (Ph) y Bosque de neblina montano (Bnm). Los remanentes de vegetación original quedan únicamente en pendientes pronunciadas, barrancos y otros sitios de difícil acceso. Así mismo gran parte de esta vegetación remanente se conserva dentro del Parque Nacional Podocarpus (PNP) que incluido a la ciudad de Loja, en agosto del año 2007 fueron declarados por la UNESCO reservas de la Biosfera.

Al nor-occidente del PNP nace la subcuenca Zamora Huayco, en las estribaciones occidentales de la Cordillera Real de Los Andes, formando parte del sistema fluvial del río Zamora; la cuenca alta de éste río se encuentra dentro del cantón Loja ocupando 230Km², entre los nudos de Cajanuma y Guagrahuma – Acacana. Recorre aproximadamente 10Km hasta la unión con el río Malacatos, con cauce natural hasta su canalización al ingreso en la ciudad; luego de ésta unión va más al norte hasta su unión con el río Las Juntas. En este recorrido recibe aportes hídricos de las quebradas: La Banda, Cumbe, Masaca y Solamar, por la margen izquierda; y del río Jipiro y las quebradas: El Valle, Chinguilanchi, Zañy, Shucos, Paccha, Ciudadela, Florencia y Mamanuma, por la margen derecha (I. Municipio del Cantón Loja, 2005).

La subcuenca del Zamora Huayco pertenece a la formación geológica San Cayetano, Quillollaco y Chinguinda (Mioceno). Estructurada como una cuenca sedimentaria, con basamento de roca metamórfica, de orden Entisoles, según la Dirección General de Geología y Minas, 1985.

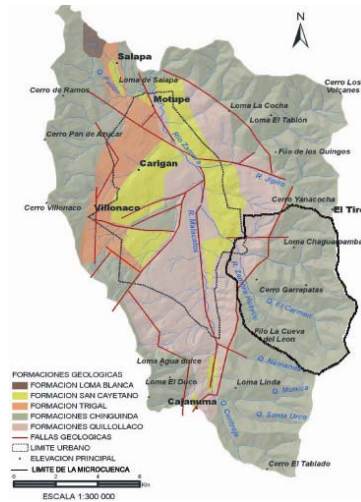


Figura 3. Mapa geológico de la hoya de Loja.

La subcuenca en estudio, se compone de cuatro quebradas: Minas, Mendieta, El Carmen y San Simón; a excepción de la Minas, las tres restantes aportan con más del 55 % del caudal de agua cruda para la población lojana que registra aproximadamente 130.000 habitantes (UMAPAL, 2006).

Tabla 1. Características geomorfológicas de la Subcuenca.

LIMITES	
Superior	03°59`24.1``S 79°11`01.8``W
Inferior	04°03`48.1``S 79°09`03.8``W
ÁREA	3728 ha. / 37,3 Km ²
PERÍMETRO	24,87 Km.
LONGITUD	8 Km. aprox.
PENDIENTE	16 %
ALTITUD	Min: 2120 m. Max: 3420 m.

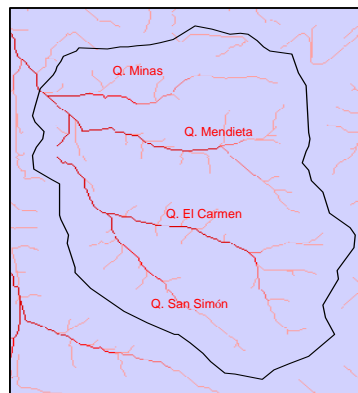


Figura 4. Denominación de quebradas que conforma la Subcuenca.

RESULTADOS Y DISCUSION

De la recopilación de información secundaria se describe a continuación algunos resultados.

Problemas antrópicos que afectan a la subcuenca Zamora Huayco.

La subcuenca Zamora Huayco enfrenta algunos procesos de degradación de su ecosistema natural, principalmente por presiones generadas de la desigual repartición de recursos y servicios entre áreas urbanas y rurales que acrecienta el proceso en sitios donde resulta prioritaria su conservación. Se describe a continuación parte de la problemática que resalta en la subcuenca:

Colonización

Procesos de colonización más la constante migración desde las zonas rurales a las urbanas, ha hecho que continuamente se requieran gran cantidad de recursos como suelo (alimentos y construcción) y agua (múltiples usos como lo describe la figura 1 y tabla 2), lo que ha provocado para la subcuenca la expansión de la frontera agropecuaria a zonas con pendientes fuertes o que se destinaban como reservas para proteger: el suelo, agua o biodiversidad ecológica.

Tabla 2. Volumen de agua de las principales plantas de captación de agua para Loja en época de estiaje.

CUENCAS (Captación)	CAUDAL l/s (Estiaje)
Zamora Huayco	268.8
Jipiro	65.6
Curitroje	46.0

Fuente: UMAPAL, 2006

Deforestación

Los procesos de deforestación a los que está inmersa la cuenca son provocados principalmente por la extracción de madera propia del lugar, en este caso el Romerillo (*Podocarpus oleifolius*) y Cedro (*Cedrela montana*); y para extender la frontera agropecuaria. Estas prácticas han traído consigo problemas como la disminución del potencial hídrico; alteración de la vida acuática y corredores biológicos; y amenazan con seguir disminuyendo la belleza paisajística y variabilidad genética de la cuenca.

La tasa de deforestación asociada de la subcuenca Zamora Huayco de los años 1976 y 2001 fue de 0.94% por cada año, observándose algunas diferencias en la figura a continuación:

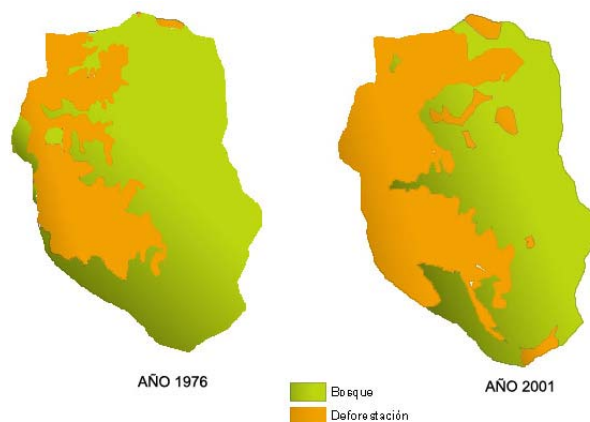


Figura 5. Deforestación en la subcuenca Zamora Huayco (1976 – 2001)
Fuente: Tapia & Valdivieso, 2007

La baja disponibilidad del recurso hídrico presente en época de estiaje (tabla 2), sumada a la creciente demanda, obligó al gobierno local a la construcción de un trasvase de agua de una cuenca “vecina” (Shucos), perteneciente a la provincia oriental de Zamora Chinchipe, misma que provee un caudal aproximado de 200 l/s, sin embargo este proyecto recién solventa parte de la demanda local (UMAPAL, 2005).

Contaminación

La contaminación que describimos la relacionamos directamente por actividades agropecuarias observadas, así como las que se manejan informalmente, como es el caso de la extracción de materiales pétreos junto a los cauces de las vertientes, para su comercialización y uso constructivo en la ciudad.

Incendios

Los incendios son provocados en la cubierta vegetal por algunos propietarios de las fincas de la zona, por considerar que es una forma fácil de limpiar el terreno de algunas especies colonizadoras o pioneras como la Llashipa o helecho (*Pteridium arcnoides*), que por su estructura es altamente inflamable. Durante los últimos 10 años en la Hoya de Loja se han reportado no menos de 100 incendios, algunos pequeños, otros de gran magnitud y en la mayoría de los casos el reporte inicial considera negligencia en el uso del fuego para actividades agrícolas como la principal causa.

Los incendios son provocados principalmente en los meses (octubre – diciembre) y años de sequía en Loja; mismos que han reducido la protección del suelo, no solo por la muerte de la flora, sino también por la disminución de la capa de materia orgánica del suelo; produciendo cambios en la estructura del suelo, afectando en forma desfavorable la porosidad, la aireación y capacidad de infiltración del suelo (Neary et al, 2005). En el año 2000 se registraron 42 incendios en el cantón Loja, afectando a 3762ha de superficie, en la figura a continuación observamos la incidencia de incendios y los meses en que han predominado.

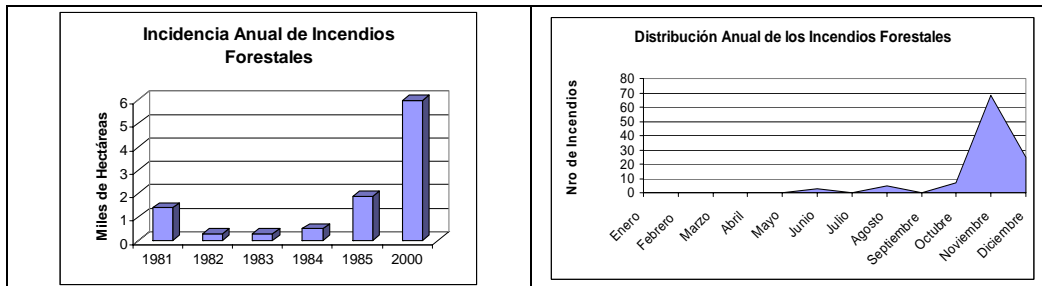


Figura 6. Incidencia (1981 – 2000) y distribución anual de incendios forestales en el cantón Loja.
Fuente: MAE, 2004

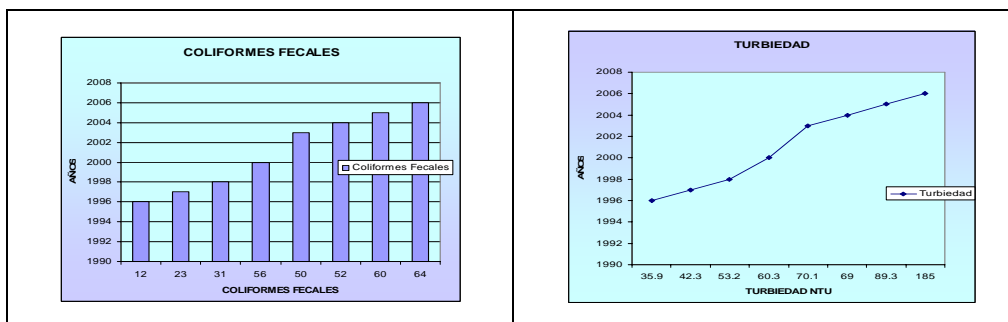


Figura 7. Evolución de la calidad del agua cruda de Loja (1996 – 2006).
Fuente: UMAPAL, 2006.

En la figura 7, se observa como al avanzar los años y los múltiples procesos de cambio de uso y mal manejo del suelo de la subcuenca la calidad de su agua disminuye (2 elementos), lo que hace que el agua de acuerdo a la norma ecuatoriana INEN 1108 no sea potable, debiendo incrementarse los costos de potabilización para la misma.

De lo observado en el proceso de muestreo se refiere a continuación algunos resultados.

El cambio de uso del suelo en la subcuenca ZH, es como lo describe la figura a continuación encontrándose una relación directa de colonización en función a la altura y accesibilidad por vías a la zona; los porcentajes los podemos observar como lo manifiesta la tabla 6 y figura 11 más adelante.

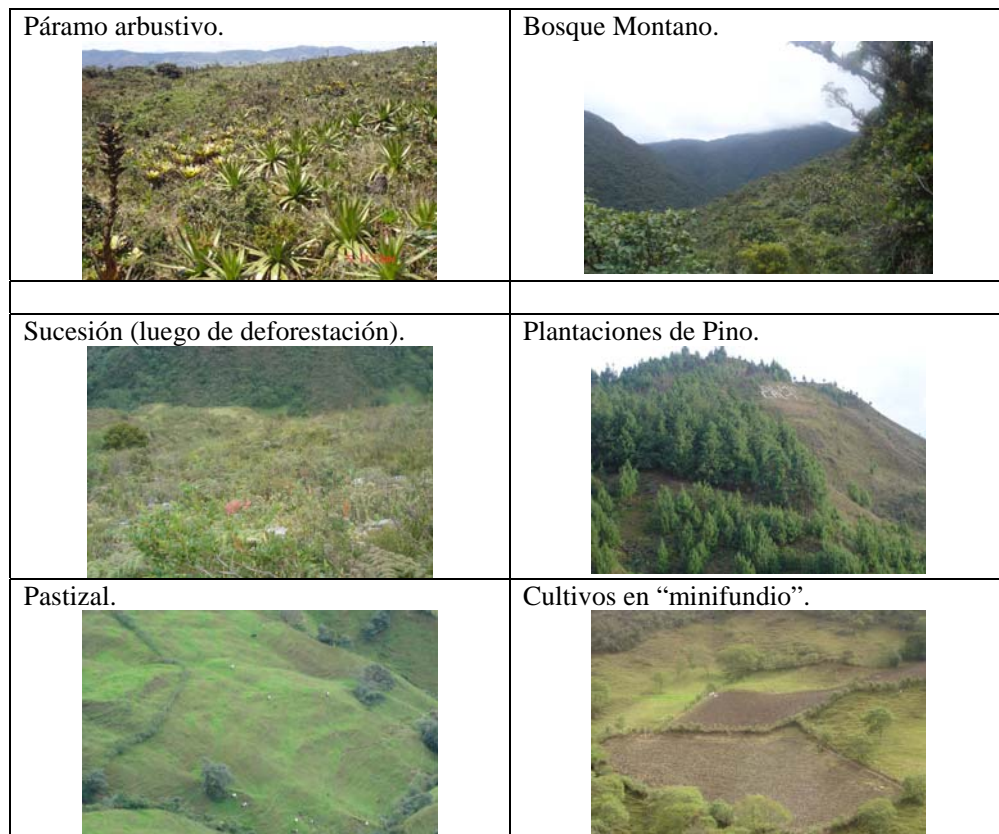


Figura 8. Usos del suelo presentes en la subcuenca Zamora Huayco.

Fila 1: Páramo arbustivo, se denomina así a ésta formación vegetal al encontrarse en las partes más altas de las montañas; pero a diferencia de los Andes centrales en el Ecuador que presentan una cobertura de pajonal. **Bosque montano**, según la clasificación de Sierra, 1999. Éste tipo de cobertura le sucede al de páramo arbustivo, y se lo observa en zonas de pendientes escarpadas y áreas de reservas.

Fila 2: Sucesión, es lo que ha crecido con especies pioneras luego de un proceso de deforestación o quemas de áreas de bosque. Las especies pioneras que se desarrollan son: Llashipa (*Pteridium aracnoides*) en mayor porcentaje, seguida de la Chusquea (*Chusquea sp.*). En algunas zonas para “proteger el suelo”, el ejército ecuatoriano **plantó Pino**.

Fila 3: Pastizales, estos han sido implantados luego de los procesos antes mencionadas, la especie plantada que predomina es el denominado Kikuyo. **Cultivos en minifundio**, término quichua que se refieren a un espacio de terreno pequeño que tiene una familia para cultivar. Las pequeñas áreas de cultivos de supervivencia, en la parte baja de la subcuenca, predominan: papa, maíz y hortalizas.

De los análisis y tratamiento de muestras tomadas se describe a continuación algunos resultados.

Factor de Erodabilidad (K): El 88,6% de la zona muestreada posee una erodabilidad fuerte a muy fuerte. Se encontraron tres zonas definidas, una en la desembocadura de la subcuenca y dos en la parte superior que concentraron una erodabilidad muy fuerte y que corresponde a zonas de: plantación de pino (*Pinus patula*), pastizal y bosque montano. Como se observa en la figura y tabla a continuación esto se puede presentar por la asociación de procesos formadores del suelo y por actividades antrópicas, existe alta relación con el potencial a degradarse bien sea en algunos casos por condiciones naturales o en otros por la realización de prácticas inadecuadas en el manejo del suelo y agua (Deforestación, incendios, pastizales en fuertes pendientes sin manejo de los mismos, entre otras).

Tabla 4. Identificación de áreas respecto a erodabilidad.

Rango	K	Área (%)	Área (ha)
0.01 - 0.03	Moderada	14.3	533.1
0.04 - 0.06	Fuerte	51.4	1916.2
> 0.06	Muy fuerte	34.3	1278.7
Total		100	3728

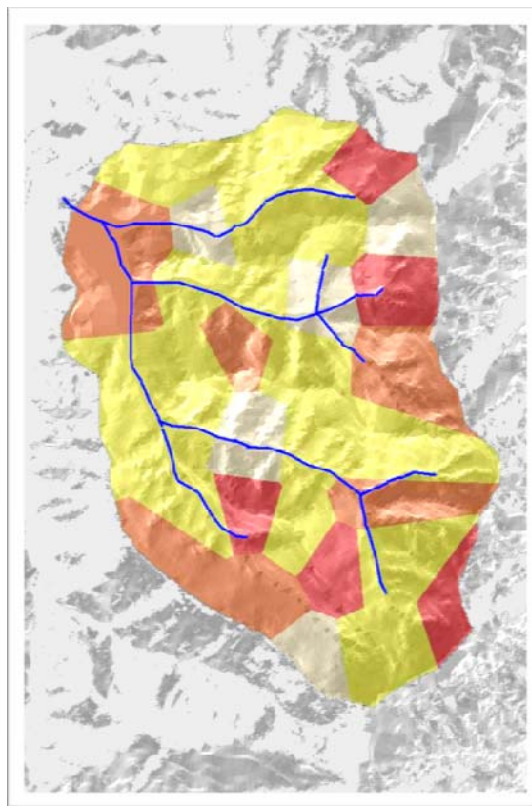


Figura 9: Mapa de erodabilidad del suelo de la subcuenca del Zamora Huayco.

Pendientes: De los puntos muestreados más del 50% del área posee pendientes superiores a 25% descritas como fuertemente quebradas a escarpadas, como lo muestra la tabla 5, figura 10. Este tipo de pendiente está concentrada en la quebradas: Mendieta y parte alta de la San Simón y El Carmen. Y son zonas con baja intervención, de bosque montano y páramo arbustivo, por lo que se pueden considerar zonas de baja susceptibilidad a procesos de degradación de suelos, sin embargo a pesar de no propiciarse caudales de escorrentía según observación directa, al muestreo de campo se observó un considerable número de deslizamientos en estos sitios.

Tabla 5. Identificación de áreas respecto a la pendiente.

Rango	Pendiente	Área (%)	Área (ha)
7 - 12	Ondulado	5.7	212.5
12 - 25	Fuertemente Ondulado	42.9	1589.3
25 - 50	Fuertemente Quebrado	48.6	1811.8
> 50	Escarpado	2.8	114.4
Total		100	3728

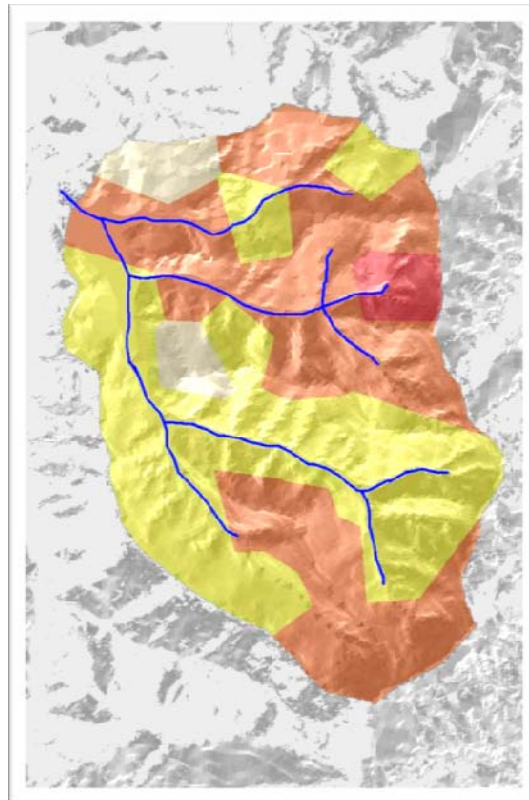


Figura 10. Mapa de pendiente de los puntos muestreados en la Subcuenca.

Condiciones hidrológicas de la vegetación: Al superponer la información de tipo de cobertura vegetal y manejo se obtuvo la siguiente tendencia (Tabla 6). La zona de menor capacidad de almacenamiento o retención de agua, ocupa más del 50% del total de la cobertura vegetal presente en la parte baja de todas las quebradas afluentes y zonas cercanas a vías de acceso, correspondiente a una cubierta vegetal de pastizales, plantaciones de pino o eucalipto y cultivos a pequeña escala. Esto confirma la alta problemática que se ha venido presentando en la zona, en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico. Gran parte de esta baja disponibilidad es causada por la compactación provocada por el pisoteo de ganado, lo que a su vez induce cambios fuertes en la estructura del suelo; dificultando los procesos normales de infiltración de agua en el suelo.

Tabla 6. Relación entre el tipo y manejo de la cobertura vegetal.

Rango	(C.V.)(Manejo)	Área (%)	Área (ha)
Buena	Bosque natural/páramo	48.5	1808.1
Regular	(Pastizal/P. pino) (C.N.)	11.5	428.7
Regular	(Pastizal/P. pino) (Te.)	20.0	745.6
Mala	(Pastizal/P. pino) (sT.)	20.0	745.6
Total		100	3728

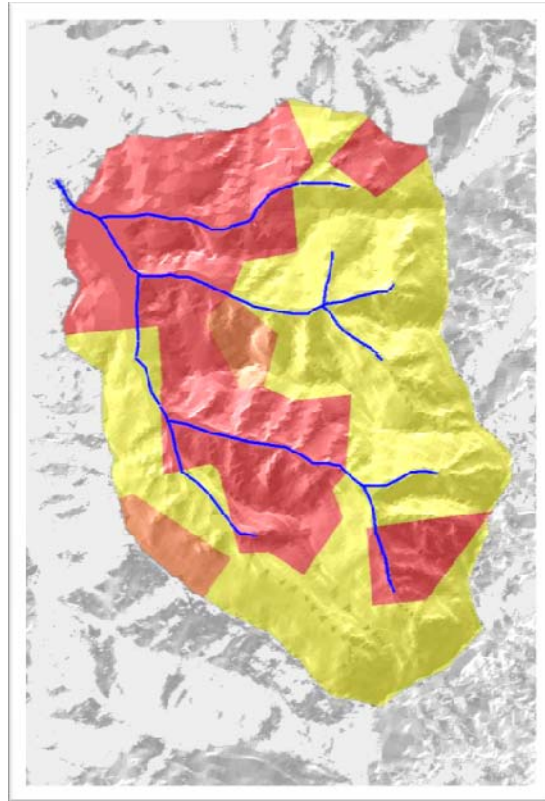


Figura 11. Mapa de condición hidrológica de la vegetación en la subcuenca Zamora Huayco.

Estos resultados reafirman la necesidad de incrementar en los proyectos la sensibilización y diálogo entre el conocimiento de la comunidad y diversos actores involucrados en procesos de: investigación, como las Universidades y gestión, como los Gobiernos Locales. Estos últimos han desarrollado iniciativas políticas de expansión del área urbana con fines de “desarrollo” de la ciudad, sin embargo no han considerado los efectos que esto provoca al ecosistema circundante; con el desplazamiento del área agropecuaria, pero más aún la deficiente capacidad de gestión de los recursos que cada vez se necesitan en mayor y mejor calidad para satisfacer a una población que se incrementa vertiginosamente en las ciudades; debiéndose establecer la conservación de la vegetación natural en zonas prioritarias.

BIBLIOGRAFIA

- Altamirano, F. 2005. Director de (UMAPAL). Comunicación Personal.
- Beinroth, F.H., L. Luzio, F. Maldonado, y H. Eswaran. 1985. Taxonomy and management of Andisols, Proc. of the Sixth International Soil Classification Workshop, Chile and Ecuador. Part III: Tour guide for Ecuador. Soil Science Society of Chile, Santiago de Chile (Chile). 188 p.
- De Koning, G.H.J., P.J. van de Kop, and L.O. Fresco. 1997. Estimates of sub-national nutrient balances as sustainability indicators for agro-ecosystems in Ecuador. *Agric. Ecosyst. Environ.* 65, 12-139.
- FAO, 1991. World Soil Resources: An explanatory note on the FAO World Soil Resources Map at 1:25 000000 scale. World Soil Resources Report 66, FAO, Rome.
- FAO, 2003. Situación de los Bosques en el Mundo.
- FAO, 2006. Guidelines for soil description. Fourth Edition. FAO. Rome (Italy) 98 p.
- Hofstede, R; Lips, J; Jongsmá, W; Sevink, J., 1998. Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador (Revisión de literatura). Abya-Yala, Quito (Ecuador). 242 p.

- I. Municipio del cantón Loja, 2005. Plan participativo de fortalecimiento de la democracia y el desarrollo del cantón Loja. Documento para análisis y discusión. Loja (Ecuador). 56 p.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN., 1984. Agua Potable – Requisitos. Norma - INEN 1108. Registro Oficial N° 744. Quito (Ecuador)
- Kirkby, M.J. y R.P.C. Morgan. 1994. Erosión de Suelos. Edit. Limusa. Distrito Federal, México. 375 p.
- Lal, R. 1994. Soil erosion by wind and water: problems and prospects. En (R. Lal,ed) Soil Erosion Research Methods. 2^{da} Ed. 1-10. SWCS-ISSS. Ankeny (USA).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2004. Prevención y control de incendios forestales, MAE – Regional de Loja y Zamora Chinchipe. (Ecuador) 64 p.
- Morgan, R.P.C. 1996. Erosión y conservación del suelo. Mundi Prensa, 2^{da} Ed. Madrid (España). 343 p.
- Neary, D.G., K.C. Ryan, DeBano, F. Leonard, eds. 2005. (Revised 2008). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.4. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 250 p.
- Pla, I. 1992. La erodabilidad de los Andisoles en Latino América. Suelos Ecuatoriales. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá (Colombia). 22(1). 33-43 p.
- Pla, I. 2006. Problemas de degradación de suelos en América Latina: Evaluación de causas y efectos. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Guayaquil (Ecuador).
- Plaster, E.J. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Edit. Paraninfo. Madrid (España). 419 p.
- Radersma, S. 2007. Guidelines to field research. For development of research in UTPL. Loja (Ecuador). 14 p.
- Shiklomanov, Igor. A. 1999. World water resources: modern assessment and outlook for the 21-st century. Summary of the monograph prepared in the framework of IHP UNESCO. St. Petersburg: State Hydrological Institute.
- Tapia, M.F. and M. Valdivieso, 2007. Análisis y modelamiento espacio-temporal de la dinámica de la vegetación de la cuenca alta del Río Zamora. Tesis de Ingeniería en Gestión Ambiental. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja – Ecuador. 79 p.
- Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja (UMAPAL). 2006. Resumen de Emisión de Agua Potable para la ciudad de Loja.
- Wilkinson, B.H. and B.J. McElroy. 2007. The impact of human on continental erosion and sedimentation. *GSA Bulletin*; V.119. 140-156 p.

http://es.wikipedia.org/wiki/Objetivos_de_Developmento_del_Milenio

http://www.mmree.gov.ec/mre/documentos/pol_internacional/multilateral/medio%20ambiente/diversidad_biolologica