

# Protección del Ambiente

## Zonificación de unidades de paisaje en la cuenca del río Khora Tiquipaya (Quillacollo, Bolivia) sustentada en el enfoque de ecología del paisaje

Zoning of landscape units in the Khora Tiquipaya watershed (Quillacollo, Bolivia) based on the landscape ecology approach

Lizardo Reyna-Bowen<sup>1</sup>; Mauricio Reyna-Bowen<sup>2</sup>; José Reina-Castro<sup>2</sup>; Ernesto Hurtado<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM-MFL), Calceta, Manabí, Ecuador.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Técnica de Manabí, Casilla 82, Lodana, Manabí, Ecuador.

<sup>3</sup> Carrera de Pecuaria, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM-MFL), Calceta, Manabí, Ecuador.

\* **Autor para correspondencia:** [lreyna@espam.edu.ec](mailto:lreyna@espam.edu.ec)

### Resumen

La mayor parte de las cuencas de la región del Valle Central de Cochabamba (Bolivia) presenta erosión de suelo; escasa cobertura vegetal y períodos de lluvia intensa y de corta duración que ocasionalmente generan crecidas de ríos violentas de escorrentías que, como consecuencia directa, producen desastres que afectan a la infraestructura urbana y rural. El objetivo del presente trabajo fue zonificar los aspectos biofísicos de la cuenca Khora Tiquipaya, empleando imágenes satelitales, modelo digital de elevación (MDE), mapa de pendientes, y de relieve. Se describieron los perfiles de suelos siguiendo el modelo USDA y FAO. Las muestras se analizaron químicamente in situ. Luego del procesamiento de la información se lograron los siguientes resultados: 1) identificación de formaciones geológicas, tipos de depósitos, deslizamientos, relieves, taxonomía del suelo, cobertura y uso; 2) determinación del área de las unidades de paisaje en ha; y 3) formulación de una propuesta de manejo sostenible para la cuenca. La utilización de estas herramientas contribuye significativamente a la interpretación en grandes superficies de estudio, optimizando recursos y tiempo, para la gestión adecuada de la toma de decisiones en un contexto de desarrollo sostenible deseado.

**Palabras clave:** Cuenca, biofísica, suelo, tierra agrícola, manejo sostenible.

### Abstract

Most of the basins in the Central Valley region of Cochabamba (Bolivia) show soil erosion, scarce vegetation cover, and periods of intense and short rainfall that occasionally generate violent river floods from runoff that, as a direct consequence, produce disasters that affect the urban and rural infrastructure. The objective of the present work was to zonify the biophysical aspects of the Khora Tiquipaya basin using satellite imagery, digital elevation model (DEM), slope map, and relief map. Soil profiles were described following the USDA and FAO model. Soil samples were chemically analyzed in situ. After processing the information, the following results were obtained: 1) identification of geological formations, types of deposits, landslides, reliefs, soil taxonomy, coverage, and use; 2) determination of the area of landscape units in ha; and 3) formulation of a proposal for sustainable management for the basin. The use of these tools contributes significantly to the interpretation in large study areas, optimizing resources and time, for the adequate management of the decision making in a context of desired sustainable development.

**Key words:** Basin, biophysics, soil, agricultural land, sustainable management.



**Recibido:** 31 de agosto, 2017  
**Aceptado:** 3 de octubre, 2017

## Introducción

El conflicto entre el hombre y la naturaleza se tornará más intenso, a medida que las políticas agrarias en un territorio como una cuenca hidrológica no estén claras (Qiu, Wardropper, Rissman, & Turner, 2017). En tanto los planificadores de gestión de los recursos en una cuenca hidrográfica, no muestren mayor sensibilidad en su relación con la naturaleza. Esta situación justifica estudiar los aspectos biofísicos de una zona o región, propósito para el cual se requiere comprender los distintos procesos ecológicos que toman parte en su formación (Pablo & Miranda, 2017), así como de su inventario exhaustivo, completo y actualizado para valorar cada uno de los sistemas encontrados (Pérez, Fernández, & Sayer, 2007; Fernández, 2002; Martínez, 2006).

La población que vive dentro de estas tiene acceso a los recursos agua, suelo y vegetación, que son la base para su seguridad, soberanía alimentaria e ingresos para sobrevivir (Claure, 2010). La mayor parte de las cuencas de la región del Valle Central de Cochabamba (Bolivia) presenta erosión de suelo; escasa cobertura vegetal y períodos de lluvia intensa y de corta duración que ocasionalmente generan crecidas violentas de torrenceras que, como consecuencia directa, producen desastres que afectan a la infraestructura urbana y rural (Prefectura de Cochabamba, 2006). Las comunidades más vulnerables son las que sufren los impactos con mayor intensidad, lo que hace necesario contar con información espacial de las cuencas, para conocer su vulnerabilidad.

La Ecología del paisaje es una herramienta eficiente para zonificar los atributos del paisaje, (Wei, Padgham, Barona, & Blaschke, 2017). Uno de los principales objetivos de la ecología del paisaje es el estudio de los efectos recíprocos entre el patrón espacial y los procesos ecológicos que se manifiestan a escala de paisaje (Moizo, 2004). Otros autores coinciden con esta afirmación

(Milne, 1988., Forman & Godron, 1986., S. T. A. Pickett & Cadenasso, 1995., Matteucci, Buzai, & Baxendale, 1998).

La ecología de paisaje es una herramienta importante para el análisis de los datos espaciales de la superficie terrestre, facilitando y ampliando la representación y la interpretación (Moizo, 2004). Su uso combinado con la tecnología SIG, ha permitido incrementar las posibilidades de tratar paisajes y regiones en forma integral, aportando una mejor planificación y manejo en su diagnóstico y transformación (Johnson, 1969, Quattrochi & Pelletier, 1991).

Estos antecedentes permiten analizar la importancia de la cuantificación de las características biofísicas de la cuenca Khora Tiquipaya, para contar con información base que permita conocer sus limitaciones y potencialidades para un manejo adecuado sostenible. De acuerdo a lo planteado esta investigación tiene como propósito realizar el levamiento de las características biofísicas de la cuenca como un aporte al proceso del manejo integral de cuencas del Valle Central de de Cochabamba, Bolivia.

## Materiales y métodos

### Descripción de la zona de estudio

La cuenca Khora Tiquipaya está ubicada a 7 km al noroeste de la ciudad de Cochabamba, en el municipio Tiquipaya perteneciente a la provincia Quillacollo, Bolivia. Limita al norte con la divisoria de aguas de la cordillera Tunari (vertiente del Chapare), al sur con la población de Tiquipaya, y dentro de su área de influencia el río Rocha, como colector final; al este con la cuenca Taquiña y Chuta Kawa, y al oeste con la cuenca Thola Pujro (Prefectura de Cochabamba, 2006). Está situada dentro de las siguientes coordenadas: 17° 14' 01" y 17° 18' 52" S - 66° 08' 32" y 66° 13' 04" O. Presenta una extensión aproximada de 26,6 km<sup>2</sup> y una altitud que varía entre los 2 853 y 4 582 msnm (Figura 1).

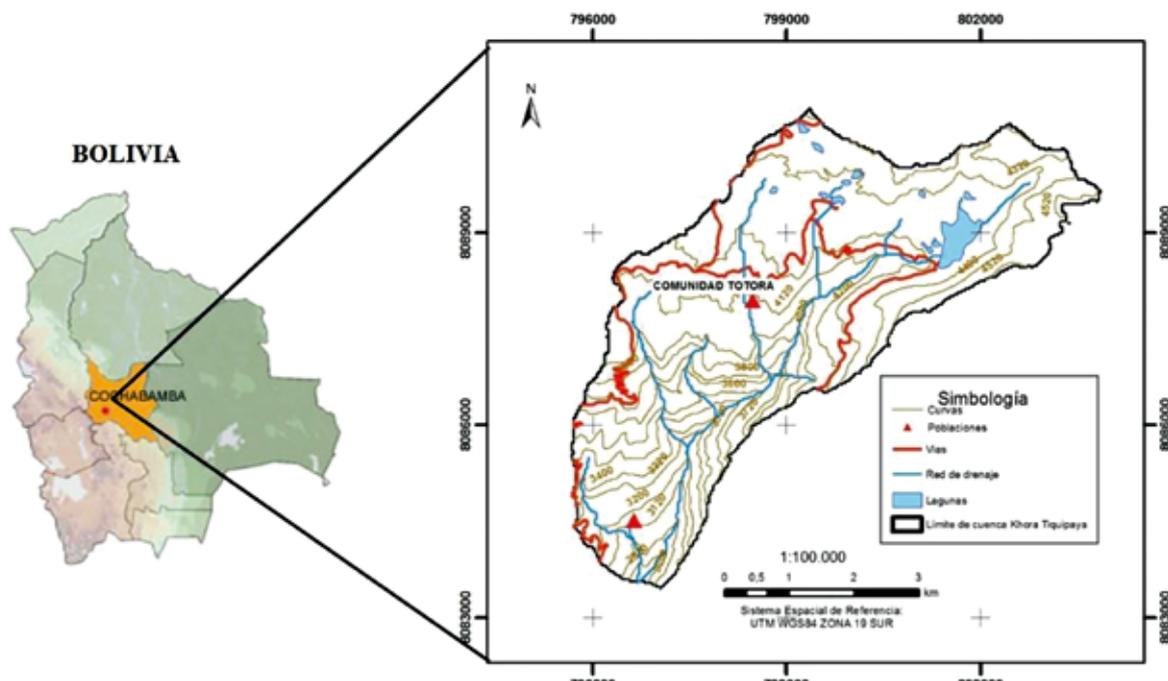


Figura 1. Mapa base del área de estudio de la cuenca Khora Tiquipaya.

El enfoque de levantamiento de información biofísica utilizada en el presente estudio, es ecología del paisaje (landscape ecological survey), el cual se basa en el concepto de ecología del paisaje dado por Troll (1950), quien indica que es el estudio de las relaciones físico-biológicas que gobiernan las diferentes unidades espaciales de una región.

El levantamiento de ecología del paisaje apoya al estudio e identificación de patrones visibles (fenosistema) compuesto por aspectos fisonómicos o estructuras externas, los cuales expresan la integración de los factores de formación del paisaje. Siguiendo al CIAF (Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica) y el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) de Colombia,

La metodología empleada para la elaboración del mapa de unidades de paisaje se realizó en función de las imágenes satelitales, el modelo digital de elevación (MDE), el mapa de pendientes, la

dirección de la pendiente y de relieve (sombras o Hillshade) derivados del MDE, a través de las siguientes etapas:

- Digitalización e interpretación en SIG de las unidades de paisaje.
- Verificación de las unidades de mapeo en campo.
- Levantamiento de información técnica en el campo (edáfica, uso y cobertura de la tierra, capacidad y conflictos de uso de las tierras, erosión actual, susceptibilidad a la erosión hídrica).
- Trabajo de gabinete en la elaboración de mapa definitivo de unidades de paisaje, con base al cual se elabora los demás mapas temáticos, con sus respectivas leyendas.

### Fotointerpretación

Esta actividad se la conoce como clasificación supervisada. Esta fase se dividió en tres etapas: a) diferenciación de elementos en función del tono,

color, textura, forma, patrón espacial o contexto de la imagen satelital usada; b) identificación en base a la combinación o establecimiento de interrelaciones entre los elementos; c) visita de campo a las zonas seleccionadas o agrupadas por su homogeneidad según el caso mencionado a y b. La fotointerpretación, en sí misma, delimita las cubiertas reconocidas (Wilson Quizhpe, Darío Veintimilla, Zhofre Aguirre Mendoza, Nelson Jaramillo, Edwin Pacheco, Raúl Vanegas, 2017).

**Delimitación del área de estudio**

La delimitación de la cuenca se realizó utilizando la herramienta del software ArcGis 10 llamada Arc Hydro Tools, con el modelo digital de elevación de la zona en estudio. Además, se definieron los sitios para realizar las calicatas que representan la unidad.

**Trabajo de campo**

El trabajo de campo consistió en la recolección de la información cartográfica de la zona para compararla con el mapa obtenido mediante la fotointerpretación. Los datos de campo fueron

georreferenciados con GPS Garmin 60xc. Para el levantamiento de información biofísica se empleó una ficha de campo, tomando como referencia la utilizada en los estudios de Valverde *et al.* (2010), S.N.I. (2011) y FAO (2009). Se levantaron datos de las variables información edafológica, cobertura y uso de la tierra, erosión actual y susceptibilidad a la erosión. Esta información permitió validar y/o caracterizar cada unidad de paisaje fotointerpretada en la etapa previa a la salida de campo.

La clasificación de capacidad de uso de la tierra fue realizada siguiendo lo propuesto por S.N.I.(2011), siendo caracterizada al momento de la descripción del perfil. Los criterios para identificar los conflictos de uso del suelo fueron obtenidos según el proyecto de gestión de manejo de cuencas hidrográficas (Prefectura de Cochabamba, 2006).

En el análisis de perfiles se tomaron muestras para analizar el ph, color y contenido de materia orgánica *in situ*. (Figura 2). La información analizada en el campo ayudó a la confirmación de las zonas estratificadas a través de la imagen satelital (Figura 3).



**Figura 2.** Descripción del perfil y análisis químico *in situ* de suelo.

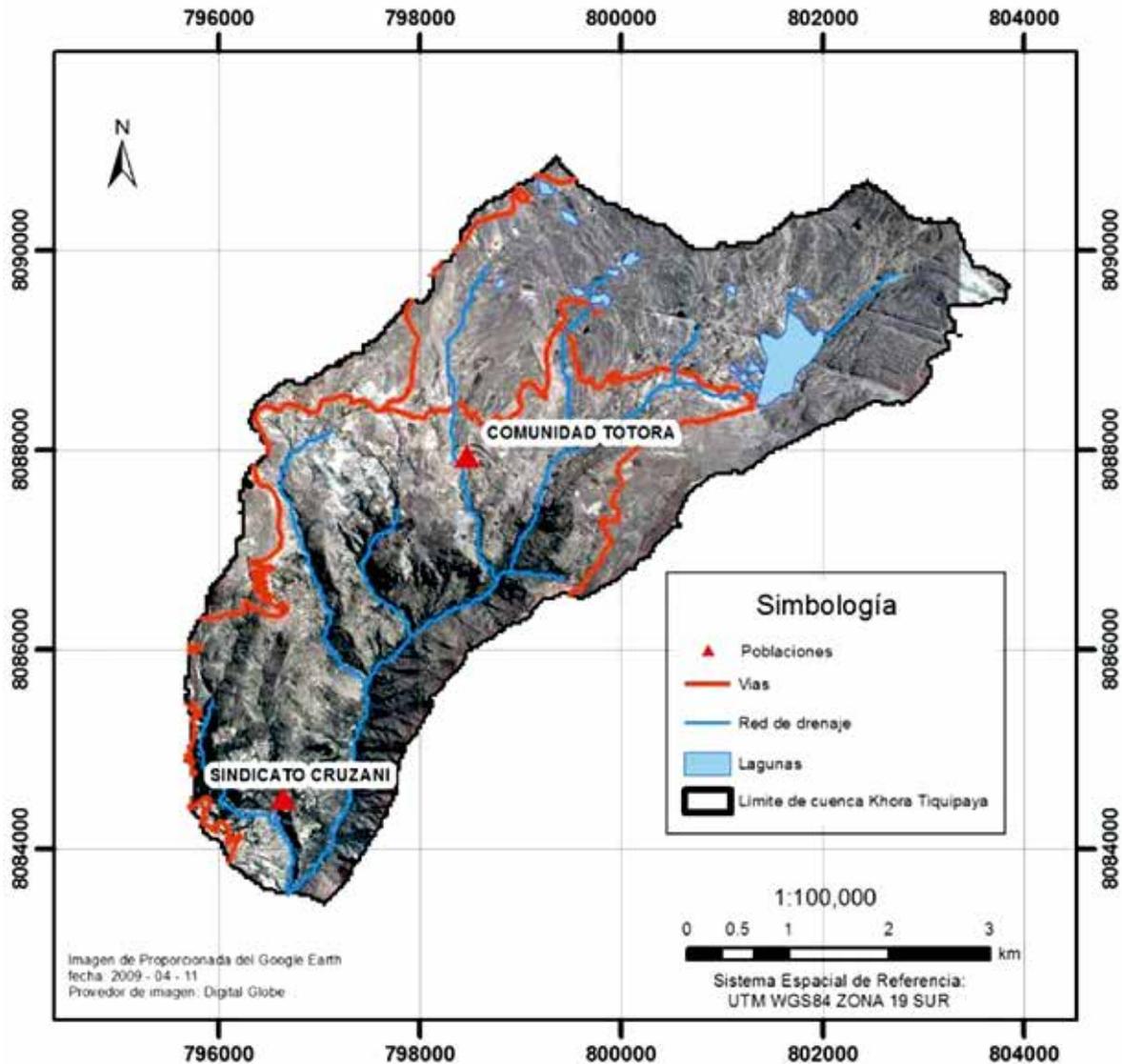


Figura 3. Imagen Satelital Ikonos del área de estudio de la cuenca Khora Tiquipaya.

### Elaboración de mapas

Una vez verificado el mapa fotointerpretado de unidades de paisaje, utilizando el software ArcGIS 10, se procedió a redigitalizar una base de datos alfanumérica de 11 atributos: 1) paisaje; 2) forma de relieve; 3) tipo de roca o depósito; 4) pendiente; 5) tipo de suelos clasificados según Staff(2010) y IUSS Working Group WRB, (2010); 6) tipo de

cobertura y uso del suelo; 7) clase agrológica o de capacidad de uso, conflicto de uso; 8) propuesta de manejo de la tierra; 9) superficie en hectáreas; 10) porcentaje de ocupación, y 11) codificación de zonas cartografiadas.

A través de la herramienta Dissolve, (ESRI, 2011), con la información levantada en oficina y en campo con análisis de las variables en estudio,

se generó los mapas temáticos individuales de: geología, geomorfología, suelos, cobertura y uso, erosión actual, susceptibilidad a la erosión, capacidad de uso de las tierras y conflictos de uso.

Para definir la leyenda de las unidades de paisaje, se tomó como base la clasificación editada por la Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), que está sustentada en la geomorfología según un nivel jerárquico (Claure, 2010): a) Paisaje; b) Forma del relieve (sub-paisaje); c) Litología (tipo de roca o depósito superficial), y d) Formas del Terreno (pendiente).

Fueron añadidas las características del paisaje como suelos, cobertura y uso de la tierra, clase agrológica, conflicto de uso y hasta propuesta de manejo del suelo (de acuerdo a la clase agrológica). Además, se remarcaron las diferentes prácticas de conservación de suelos según la clase agrológica. Esto se realizó teniendo como referencia lo indicado por el S.N.I. (2011) y, Valverde *et al.* (2010).

## Resultados

### Unidades de paisajes

Fueron identificadas 14 unidades de paisajes en toda la cuenca hidrográfica, cada una codificada con una letra. Se describe en cada unidad el tipo de uso del suelo, conflictos de uso, clase agroecológica, cobertura del suelo, tipo de suelo, roca o depósito, pendiente (Tabla 1, Figura 4).

La unidad de paisaje con mayor área fue la identificada con la letra A con 407,14 ha, un 15,43 % de la cuenca, con una pendiente media entre 12 a 25%, depósitos glaciales. El tipo de suelo es Udorthents, según la clarificación de la USDA (2010) y rigosoles según FAO (2007). Su suelo es sobreutilizado ya que es clase VII y con un uso de suelo agropecuario con 50 % y sin uso un 50 % con cobertura de herbácea baja, recomendado parapráticas de agricultura de subsistencia con laboreo manual.

**Tabla 1.** Codificación de las unidades de paisaje identificadas en la cuenca Khora Tiquipaya con su respectiva área en hectáreas y el porcentaje de ocupación en relación al tamaño de la cuenca.

| Superficie (ha) | Porcentaje de ocupación (%) | Código |
|-----------------|-----------------------------|--------|
| 407,14          | 15,43                       | A      |
| 372,20          | 14,11                       | B      |
| 271,94          | 10,31                       | C      |
| 180,51          | 6,84                        | D      |
| 161,20          | 6,11                        | E      |
| 212,87          | 8,07                        | F      |
| 87,18           | 3,30                        | G      |
| 281,39          | 10,67                       | H      |
| 37,78           | 1,43                        | I      |
| 74,77           | 2,83                        | J      |
| 104,99          | 3,98                        | K      |
| 224,68          | 8,52                        | L      |
| 213,33          | 8,09                        | M      |
| 8,35            | 0,32                        | N      |

\*La sumatoria de los porcentajes es 100%

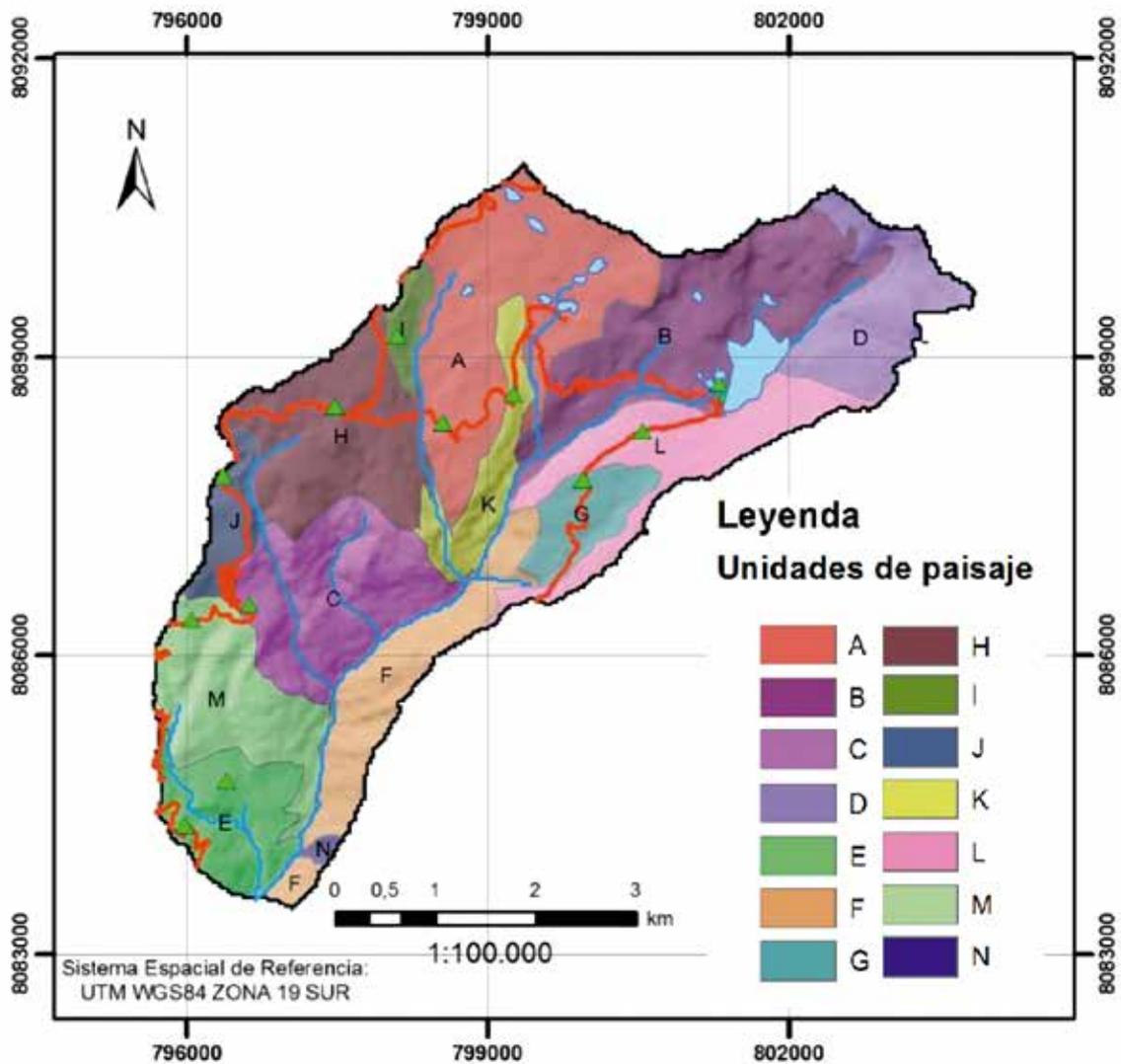


Figura 4. Mapa de las unidades de paisaje identificadas en la cuenca Khora Tiquipaya (Bolivia).

El uso del suelo en representación total de la cuenca tiene un 37,25 % sin uso, siendo un porcentaje importante al ser un territorio agropecuario.

#### Conflictos de uso de suelo

Con un 52 % el territorio se encuentra con sobreutilización, tanto por el potencial agrícola, pecuario o forestal que no es correctamente explotado, por lo contrario, hay unidades que son

muy explotadas y no tienen el potencial.

#### Clase agroecológica

Se identificaron 3 clases agroecológica. Lo cual con un 66,35 % se encuentra la clase VIII.

#### Cobertura del suelo

La cobertura con mayor porcentaje fue herbácea baja con un 46,77 % de ocupación en la cuenca (Tabla 2).

**Tabla 2.** Uso, conflicto, clase agroecológica y cobertura del suelo, con la respectiva codificación de ubicación geográfica con relación al espacio identificado.

| Uso del suelo                                  | UP*               | S* (ha) | O* (%)     |
|--|-------------------|---------|------------|
| Sin uso  | D,I,K,L,F,M,N     | 982,51  | 37,25      |
| Agropecuario 50% y sin uso 50%                 | A                 | 407,14  | 15,43      |
| Agrícola                                       | H,B,G,E           | 901,97  | 34,19      |
| Agropecuario                                   | J                 | 74,77   | 2,83       |
| Agrícola 10% y sin uso 90%                     | C                 | 271,94  | 10,31      |
|  |                   |         | <b>100</b> |
| <b>Conflictos de uso</b>                       |                   |         |            |
| Sin conflicto                                  | D,I,K,L,F,M,N     | 982,51  | 37,25      |
| Sobreutilización                               | A,H,J,B,G,E       | 1383,88 | 52,45      |
| Sobreutilización (10 %) - Sin conflicto (90 %) | C                 | 271,94  | 10,31      |
|  |                   |         | <b>100</b> |
| <b>Clase agrológica</b>                        |                   |         |            |
| Clase VIII                                     | D,K,L,B,F,C,E,M,N | 1750,07 | 66,35      |
| Clase VII                                      | I,H,J,G           | 481,12  | 18,23      |
| Clase VII (IV con laboreo manual)              | A                 | 407,14  | 15,43      |
|  |                   |         | <b>100</b> |
| <b>Cobertura</b>                               |                   |         |            |
| Afloramiento rocoso                            | D                 | 180,51  | 6,84       |
| Herbácea baja                                  | I,K,L,A,J,B,G     | 1233,97 | 46,77      |
| Herbácea baja-Afloramiento rocoso              | H,F               | 494,26  | 18,74      |
| Pino-Polilepis-Herbácea baja                   | C                 | 271,94  | 10,31      |
| Polilepis-Herbácea baja                        | M                 | 213,33  | 8,09       |
| Eucalipto-Cultivos                             | E                 | 161,20  | 6,11       |
| Sin cobertura                                  | N                 | 8,35    | 0,32       |
|  |                   |         | <b>100</b> |

\* UP= Unidad de paisaje, S= superficie en ha y O= ocupación en porcentaje

### Tipos de suelo

Se identificaron los siguientes tipos de suelo: 1) afloramiento roco; 2) regosoles; 3) leptosoles; 4) deslizamiento de tierra. Mientras que a través de la metodología USDA (2010) se identificaron los siguientes: 1) afloramiento rocoso; 2) udorthents, y 3) deslizamiento de suelo. siendo los regosoles el tipo de suelo más encontrado en toda la cuenca con un 50,08 %.

### Tipo de roca o depósito

Se identificaron cinco tipos de roca y depósito:

1) limolita; 2) depósitos glaciales; 3) lulita; 4) arenisca cuarcítica, y 5) depósitos de deslizamientos.

### Porcentaje de pendiente

Se clasificó en cinco clases los porcentajes de pendientes, siendo estos los siguientes: a) media 12 – 25%; b) media a fuerte 25 – 40%; c) fuerte 40 – 70%; d) muy fuerte 70 – 100%; e) mayor al 100% (Tabla 3). Se agrupó por atributos para conocer el porcentaje de ocupación de cada una de las características levantadas en la zona, en relación al tamaño de la cuenca.

**Tabla 3.** Tipos de suelo según FAO (,2007) y USDA (2010).

| <b>Tipo de suelos (FAO, 2007)</b>  | <b>UP</b>               | <b>S (ha)</b> | <b>O (%)</b> |
|------------------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| Afloramiento rocoso                | D                       | 180,51        | 6,84         |
| Regosoles                          | I,A,H,J,G,C,E           | 1321,40       | 50,08        |
| Leptosoles                         | K,L,B,F,M               | 1128,07       | 42,77        |
| Deslizamiento                      | N                       | 8,35          | 0,32         |
|                                    |                         |               | <b>100</b>   |
| <b>Tipo de suelos (USDA, 2010)</b> |                         |               |              |
| Afloramiento rocoso                | D                       | 180,51        | 6,84         |
| Udorthents                         | I,K,L,A,H,J,B,G,F,C,E,M | 2449,47       | 92,85        |
| Deslizamiento                      | N                       | 8,35          | 0,32         |
|                                    |                         |               | <b>100</b>   |
| <b>Tipo de roca o depósito</b>     |                         |               |              |
| Limolita                           | D,B,F,E                 | 926,78        | 35,13        |
| Depósitos glaciales                | I,K,L,A,H,J             | 1130,75       | 42,86        |
| Lutita G                           | 87,18                   | 3,30          |              |
| Arenisca cuarcítica                | C,M                     | 485,27        | 18,40        |
| Depósitos de deslizamientos        | N                       | 8,35          | 0,32         |
|                                    |                         |               | <b>100</b>   |
| <b>Pendiente</b>                   |                         |               |              |
| Fuerte (40 a 70 %)                 | D                       | 180,51        | 6,84         |
| Media a fuerte (25 a 40 %)         | I,E                     | 198,98        | 7,54         |
| Muy fuerte (70 a 100 %)            | K,L,C,M                 | 814,94        | 30,90        |
| Media (12 a 25 %)                  | A,H,J,B,G               | 1222,68       | 46,34        |
| Muy fuerte (100 a 150 %)           | F,N                     | 221,22        | 8,39         |
|                                    |                         |               | <b>100</b>   |

\* UP= Unidad de paisaje, S= superficie en ha y O= ocupación en porcentaje

### Propuesta de manejo

Las propuestas de manejo, son prácticas culturales y agronómicas que implican por lo general la utilización de material biológico vivo o muerto para control de erosión, para mantener la sostenibilidad en el tiempo y la productividad del suelo. Las unidades de paisaje encontradas en la cuenca Khora Tiquipaya, y haciendo un análisis de los atributos de los conflictos del suelo, se observa el porcentaje suelo muy utilizado y subutilizado según el manejo de las clases agroecológicas usada en este proyecto. Se propone tres manejos en forma general de la

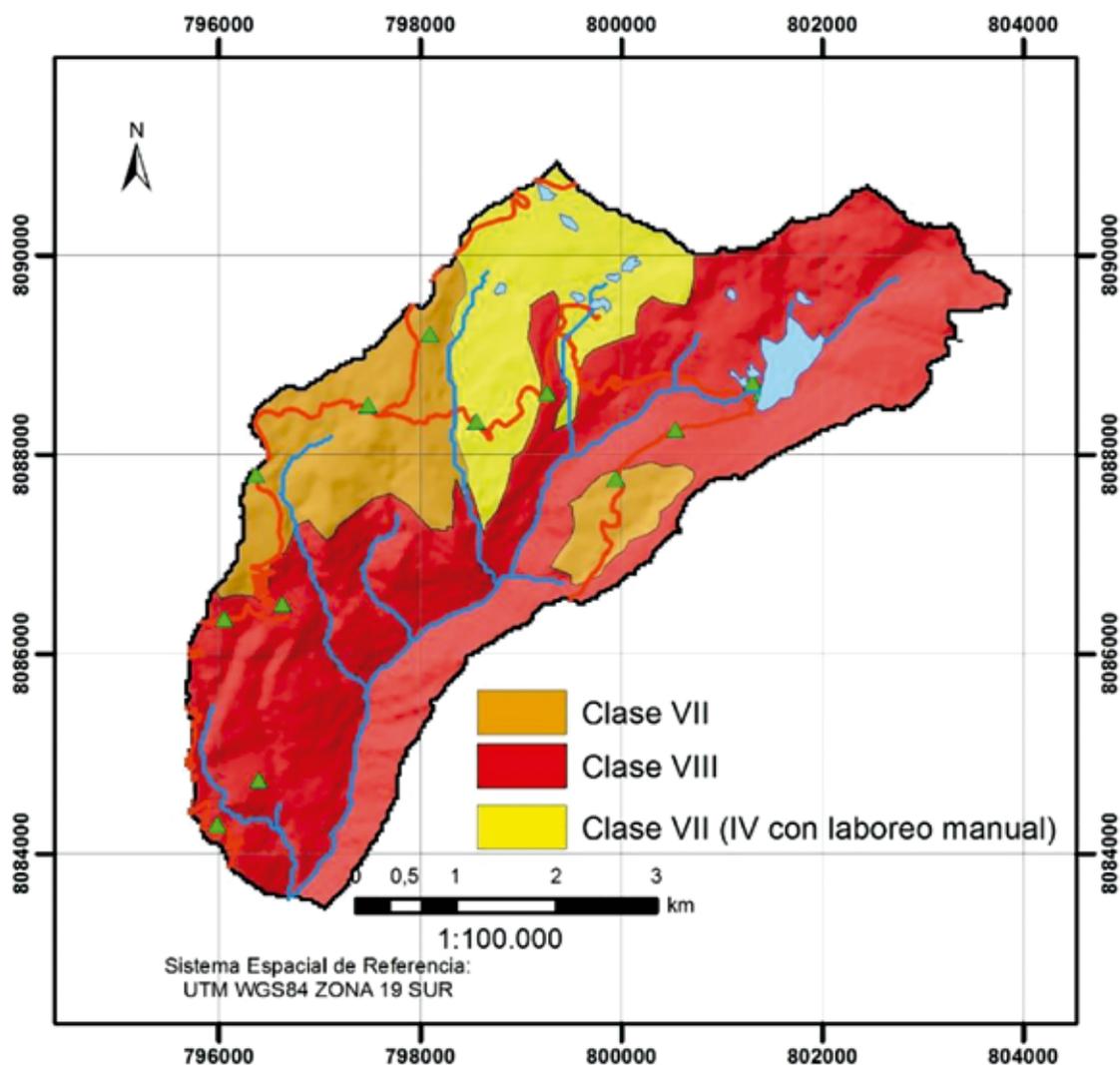
cuenca para su conservación y correcto uso de los recursos naturales. En la tabla 4 se expresan las propuestas identificada para las unidades de paisaje de la cuenca en estudio, las cuales son: a) zonas de protección y conservación; b) conservación de la vegetación natural con fines de protección del suelo, y c) zonas para agricultura de subsistencia con laboreo manual. En cada descripción se agrupa cada código de unidad de paisaje que requiera la propuesta e indicando el porcentaje de ocupación en relación al tamaño de la cuenca. En la figura 5 se observa el mapa para la ubicación de geográficas del manejo propuesto.

**Tabla 4.** Descripción de las propuestas de manejos identificadas para las unidades de paisaje, la sumatoria total entre las unidades de paisaje en ha en relación al tamaño de la cuenca.

| Propuesta de manejo  | CÓDIGO DE ZONAS   | SUPERFICIE (ha) | PORCENTAJE DE OCUPACIÓN |
|--|-------------------|-----------------|-------------------------|
| Zonas para protección-conservación   | D,K,L,B,F,C.E.M,N | 1750,07         | 60,24                   |
| Zonas que debe conservar la vegetación natural con fines de protección del suelo | I,H,J,G           | 481,12          | 18,23                   |
| Zonas para agricultura de subsistencia con laboreo manual                        | A                 | 407,14          | 15,43                   |

\*La sumatoria de los porcentajes es 100%

La unidad A es la única con uso agrícola con un 15, 43 % del área total de la cuenca



**Figura 5.** Mapa de las propuestas de manejos identificadas para las unidades de paisaje de la cuenca Khora Tiquipaya (Bolivia) identificadas con la metodología de ecología del paisaje y herramientas de sistema de información geográfica.

## Discusión

Las 14 unidades de paisajes encontradas en la cuenca Kora Tiquipaya representan un paisaje andino, ayudando a diferenciar escenarios geomorfológicos que dan a una variabilidad de hábitat sea por diferencias altitudinal o climáticas. (Wilson Quizhpe, Darío Veintimilla, Zhofre Aguirre Mendoza, Nelson Jaramillo, Edwin Pacheco, Raúl Vanegas, 2017)

Los suelos encontrados en la cuenca con de baja concentración de materia orgánica, por el alto porcentaje de pedregosidad y afloramiento rocoso que tienen los suelos, dando a un estado de sobreutilización del suelo de las comunidades existente en el lugar. Sin embargo, trabajos similares demuestran que con un manejo de conservación de suelo se puede revertir o contrarlar la degradación por el uso inadecuado del suelo. Uno de los proyectos de referencia, con base en este enfoque, es el Programa Manejo Integrado de Cuencas (PROMIC, 2004) que inició en el año 1999 y ha demostrado un progreso significativo en la disminución de cárcavas, escorrentías y el crecimiento de la flora y fauna del lugar, y por otro lado aumentando su producción agropecuaria por la gestión del correcto uso de los recursos hasta el 2004, en donde se dio por finalizado el proyecto, y sigue siendo en la actualidad un punto de referencia para los futuros proyectos sobre manejos de cuencas.

Es importante resaltar que el estudio realizado en la cuenca Kora Tiquipaya, precisa, que el mayor porcentaje de ocupación es sin uso con un 37, 25 %. Sin embargo, la degradación de la capa fértil del suelo es un potencial muy fuerte por las altas pendientes que tiene la cuenca. Si comparamos con los datos del trabajo de (Ordoñez, Perilla, & Pérez, 2016), en donde explica que altas pendientes presentan una degradación importante tanto en los elementos químicos como físicos. En relación a los suelos pocos profundos encontrados en la cuenca en estudio, se debería enfocar en un manejo con buenas prácticas de conservación para evitar la pérdida del suelo.

## Conclusión

El estudio en la cuenca Khora Tiquipaya logró la identificación de formaciones geológicas, tipos de depósitos, deslizamientos, relieves, taxonomía del suelo, cobertura y uso. Además, la espacialización en porcentaje de ocupación.

Las consideraciones anteriores se hacen básicas y esenciales, en el inicio de planificar o desarrollar un programa de territorialidad.

Se precisó que es una cuenca muy activa en laboreos agropecuarios, y con porcentaje alto de sobre utilización de las tierras, sin manejo adecuado de prácticas de conservación del suelo, por lo que la degradación de la capa fértil de la tierra se incrementara en el transcurso del tiempo si no se toma la decisión de hacer un plan de manejo integral de cuenca para la conservación de los recursos naturales.

La utilización de estas herramientas y metodología, contribuyen significativamente a la interpretación de grandes superficies permitiendo optimizar recurso y tiempo, para el logro de un manejo sostenible.

## Referencias bibliográficas

- CLIRSEN. (2011). " *Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio a Nivel Nacional Escala 1: 25 000*. CLIRSEN.
- ESRI. (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. *Redlands CA*.
- FAO. (2009). *State of the world's forests 2009*. SciencesNew York. <https://doi.org/10.1209/epl/i2005-10515-2>
- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. *Landscape Ecology*, 17(3), 848. <https://doi.org/10.2307/2402669>
- IUSS Working Group WRB. (2007). *World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Report 103*. Rome: Food and Agriculture Organization of

- the United Nations (2006), pp. 132, US\$22.00 (paperback). ISBN 92-5-10511-4. *Experimental Agriculture* (Vol. 43). <https://doi.org/10.1017/S0014479706394902>
- Johnson, M. K. (1969). The delayed neurotoxic effect of some organophosphorus compounds. Identification of the phosphorylation site as an esterase. *The Biochemical Journal*, 114(4), 711–7. <https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.1974.tb04404.x>
- Matteucci, S. D., Buzai, G. D., & Baxendale, C. A. (1998). *Sistemas ambientales complejos : herramientas de análisis espacial*. EUDEBA. Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Buenos Aires.
- Milne, B. T. (1988). Measuring the fractal geometry of landscapes. *Applied Mathematics and Computation*, 27(1), 67–79. [https://doi.org/10.1016/0096-3003\(88\)90099-9](https://doi.org/10.1016/0096-3003(88)90099-9)
- Moizo Marrubio, P. (2004). La percepción remota y la tecnología SIG: Una aplicación en ecología de paisaje. *Geofocus. Revista Internacional de Ciencia Y Tecnología de La Información Geográfica*, 4, 1–24.
- Ordoñez, L. C. B., Perilla, L. T. B., & Pérez, W. R. (2016). Evaluación del nivel de degradación de suelo y pastura en tres geoformas de Florencia-Caquetá. *Momentos de Ciencia*, 11(2). Retrieved from <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/momentos-de-ciencia/article/view/484/476>
- Pablo, J., & Miranda, R. (2017). Planificación y gestión de los recursos hídricos : una revisión de la importancia de la variabilidad climática Planning and management of water resources : a review of the, 9(1), 100–105.
- Pérez, M., Fernández, C., & Sayer, J. (2007). Los servicios ambientales de los bosques. *Ecosistemas*, 16(3), 81–90. Retrieved from <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=509&l>
- Prefectura de Cochabamba. (2006). *Proyecto: Valorización de Servicios Ambientales como un mecanismo de promoción del desarrollo rural sostenible en las zonas altas de cuencas de la región andina - Caso Cochabamba, Bolivia, cuencas Pajcha, Pintu Mayu y Khora Tiquipaya* (Promic). Cochabamba.
- Qiu, J., Wardropper, C. B., Rissman, A. R., & Turner, M. G. (2017). Spatial fit between water quality policies and hydrologic ecosystem services in an urbanizing agricultural landscape. *Landscape Ecology*, 32(1), 59–75. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0428-0>
- QUATTROCHI, D. A., & PELLETIER, R. E. (1991). Remote sensing for analysis of landscapes: an introduction. *Ecological Studies*, 82, 51–76. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModel=e=afficheN&cpsidt=5508021>
- S. T. A. Pickett, & Cadenasso, M. L. (1995). Landscape Ecology: Spatial Heterogeneity in Ecological Systems. *Science*, 269(July), 6–9.
- Staff, S. S. (2010). *Keys to Soil Taxonomy*, 2010. Change.
- Troll, C. (1950). Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. In K. H. Bauer, L. Curtius, H. v. Einem, F. Ernst, H. Friedrich, W. Fucks, ... J. Zutt (Eds.), *Studium Generale: Eitschrift für die Einheit der Wissenschaften im Zusammenhang ihrer Begriffsbildungen und Forschungsmethoden* (pp. 163–181). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-38240-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-662-38240-0_20)
- Valverde, F., Torres, C., Rivadeneira, J., Parra, R., Cartagena, Y., & Alvarado, S. (2010). *XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. XII Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, 17–19. Retrieved from <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/15>
- Wei, C., Padgham, M., Barona, P. C., & Blaschke, T. (2017). Scale-free relationships between social and landscape factors in urban systems. *Sustainability (Switzerland)*, 9(1), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su9010084>
- Wilson Quizhpe, Darío Veintimilla, Zhofre Aguirre Mendoza, Nelson Jaramillo, Edwin Pacheco, Raúl Vanegas, O. J. (2017). Unidades de paisaje y comunidades vegetales en el área de Inkapirca, Saraguro – Loja, Ecuador, (1).