



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Título del proyecto

**EROSIÓN HÍDRICA EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMBATO, EN
UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO, MEDIANTE EL MODELO
USLE/RUSLE.**

Autor:

Jorge Andrés López Parco

Directora.

Dra. Julia Calahorrano

Riobamba – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

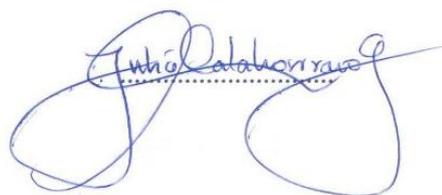
Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación del tema. Erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Ambato, en un escenario de cambio climático, mediante el modelo USLE/RUSLE, presentado por Jorge Andrés López Parco y dirigida por: Dra. Julia Calahorrano.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación, se constató el cumplimiento de las observaciones realizadas y se remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Dra. Julia Calahorrano

Tutor del Proyecto.



Dra. Mery Manzano

Miembro del Tribunal.



Dra. Dolores Gualli

Miembro del Tribunal.



DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORIA

Por la presente, certifico que el actual trabajo de investigación previo a la obtención de grado de Ingeniero Ambiental, elaborado por el señor Jorge Andrés López Parco con el tema **“EROSIÓN HÍDRICA EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMBATO, EN UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO, MEDIANTE EL MODELO USLE/RUSLE”**, fue analizado y supervisado bajo nuestro asesoramiento permanente en la calidad de Tutor y Guía, por lo que se encuentra apto para ser presentado y defendido.

Es todo o que se puede informar en honor a la verdad.



Dra. Dolores Gualli

C.I. 060097482-8



Dra. Mery Manzano

C.I. 060254371-2



Dra. Julia Calahorrano

C.I. 060215158-1

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo Jorge Andrés López Parco, con cédula de identidad No 020159227-6; hago referencia como autor del presente trabajo de investigación, titulado “**EROSIÓN HÍDRICA EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMBATO, EN UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO, MEDIANTE EL MODELO USLE/RUSLE**”, dirigida por el tutor del proyecto, Dra. Julia Calahorrano.

Manifiesto la originalidad en la conceptualización de ideas, interpretación de resultados, con el sustento de autores que han sido debidamente referenciados en el documento,



Jorge Andrés López Parco

C.I. 020159227-6

Agradecimientos.

Para el presente proyecto de investigación quiero agradecer principalmente a Dios, quien más que él sabe los logros y fracasos que en el transcurso de mi vida académica ocurrió.

A mi madre Marlene Parco que con tanto sacrificio y paciencia hoy en día observa el cumplimiento de uno de mis grandes sueños, a mi padre Patricio López, aunque no esté físicamente a mi lado, sé que espiritualmente nunca me abandonó, a mi hermano Brayan López que siempre estuvo ahí con sus consejos y ánimos, gracias mi adorada familia.

Mis sinceros agradecimientos desde el fondo de mi corazón a la Dra. Julia Calahorrano, Dra. Mery Manzano, Dra. Dolores Gualli y Msc. Juan Meno ya que a partir de su profesionalismo, experiencia, dedicación y consejos permitieron la culminación del presente proyecto, inculcando conocimientos técnicos para mi vida profesional.

Al Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua en especial a la dirección de Recursos Hídricos y Gestión Ambiental quien por medio de todo su personal obtuve una experiencia técnica multidisciplinaria enfocada en el área Ambiental.

Finalmente terminar agradeciendo a toda mi familia abuelos, tíos, primos, al Ing. Dagguin Aguilar y a mis amigos Carlos Paredes y Andrés Cedeño

Dedicatoria.

Con todo mi amor este trabajo lo dedico a los mejores padres:

Marlene Parco y Patricio López quienes me inculcaron el respeto, la perseverancia el trabajo diario ya que las cosas se enfrentan con amor y valentía son mi mayor ejemplo y

mi razón de vivir.

Al mejor hermano Brayan López, quien a pesar de las cosas que pueden suceder entre hermanos nunca me dio la espalda y siempre estuvo con su sonrisa que idolatra amistad y hermandad, este trabajo es para ustedes mis grandes amores.

ÍNDICE

RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
3. OBJETIVOS.....	5
3.1. Objetivo General.....	5
3.2. Objetivos Específicos.	5
4. ESTADO DEL ARTE.....	6
4.1. El suelo	6
4.2. ¿Qué es la erosión del suelo?.....	6
4.3. Causas de la degradación de suelo.....	6
4.4. Tipos de erosión.....	7
4.5. Erosión Hídrica.....	8
4.6. Factores físicos determinantes en la erosión hídrica.....	8
4.6.1. Factores climáticos	8
4.6.2. Factores edáficos	9
4.6.3. Factores topográficos.....	9
4.6.4. Cobertura vegetal.....	9
4.7. Tasas de erosión tolerable.....	9
4.8. Modelos para estimar las pérdidas de suelo.....	11
4.9. Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo.....	12
4.10. Factor de erosividad de la lluvia R.....	13
4.11. Índice de Fournier Modificado.....	13
4.12. Factor de erodabilidad del suelo K.....	13
4.13. Factor topográfico LS.....	14
4.14. Factor del manejo de vegetación, cobertura y uso del suelo C.	14
5. METODOLOGÍA.....	14
5.1. Diseño de estudio.....	14
5.2. Descripción del área de estudio.	15
5.3. Datos e Información.....	16
5.4. Cálculo de los factores de la erosividad hídrica en la unidad hidrográfica del río Ambato.....	18
5.4.1. Cálculo del factor de erosividad de la lluvia (R).....	18

5.4.2.	Cálculo del factor de erodabilidad del suelo K.	19
5.4.3.	Cálculo del factor topográfico de longitud y grado de la pendiente LS... ..	20
5.4.4.	Cálculo del factor del manejo de vegetación C.	21
5.4.5.	Cálculo del factor de prácticas mecánicas en el manejo de la vegetación agrícola P.	21
5.4.6.	Factor de la pérdida del suelo A.	21
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	22
6.1.	Factor R.....	22
6.2.	Factor K.	24
6.3.	Factor LS.....	26
6.4.	Factor C.....	28
6.5.	Factor P.	33
6.6.	Factor A.	34
6.7.	Tasa de erosividad USLE/RUSLE.....	41
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	42
7.2.	Conclusiones:	42
7.3.	Recomendaciones:	44
8.	BIBLIOGRAFÍA.	45
9.	ANEXOS.	46
a.	Tisaleo	46
b.	Clases texturales del suelo.....	56
c.	Valores de cobertura vegetal.	67

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Índice Modificado de Fournier	18
Ecuación 2. Cálculo del factor K.....	19
Ecuación 3. Porcentaje de limo, arena fina y arcilla.	19
Ecuación 4. Raster de la longitud de la pendiente L.	20
Ecuación 5. Raster del grado de la pendiente S.....	20
Ecuación 6. Factor topográfico.....	20

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa de la ubicación de la unidad hidrográfica del río Ambato.	15
Ilustración 2. Mapa del factor R.....	22
Ilustración 3. Mapa del factor K.....	24
Ilustración 4. Mapa del factor LS.....	26
Ilustración 5. Mapa del Factor C 1990.....	28
Ilustración 6. Mapa del factor C 2000.....	30
Ilustración 7. Mapa del factor C 2014.....	32
Ilustración 8. Mapa USLE/RUSLE 1.990.....	34
Ilustración 9. Erosión hídrica USLE/RUSLE 1990.....	36
Ilustración 10. Mapa USLE/RUSLE 2000.....	37
Ilustración 11. Erosión hídrica 2000.....	38
Ilustración 12 Mapa USLE/RUSLE 2.014.....	39
Ilustración 13. Erosión hídrica 2.014.....	40
Ilustración 14. Mapa tasa de cambios.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de erosión en función del agente dominante	10
Tabla 2. Categorías de Riesgo de Erosión	12
Tabla 3. Registros pluviométricos.	16
Tabla 4. Datos del factor de erodabilidad, cubierta vegetal y uso del suelo.	17
Tabla 5. Niveles de erosividad de la lluvia IFM.....	18
Tabla 6. Niveles del factor LS.	21
Tabla 7. Base de datos factor R.	23
Tabla 8. Superficie de pérdida de suelo 1990.....	35
Tabla 9. Superficie de pérdida de suelo 2000.....	38
Tabla 10. Superficie de pérdida de suelo 2.014.....	40
Tabla 11. Tasa de cambios.	42

RESUMEN

El presente estudio trata sobre la erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Ambato, en la cual fue necesario realizar un estudio exhaustivo de todos los factores inherentes a la ecuación universal de las pérdidas de suelo USLE/RUSLE. Los factores estudiados son: Erosividad (R), erodabilidad (K), longitud y grado de la pendiente (LS), vegetación cobertura y uso del suelo (C), programas para el manejo de la vegetación (P) y finalmente como resultado final el factor de pérdidas de suelo (A).

Los estudios espacio temporales se realizó con el apoyo de la herramienta informática Sistemas de Información Geográfica ArcGis 10.1 para la aplicación de interpolaciones espaciales y multiplicación de la ecuación propuesta, los datos estudiados y tratados son de precipitación a partir del año 1989 – 2014, edafológicos 2014 – 2015 y vegetación, cobertura y uso de suelo 1990, 2000 y 2014.

Se obtuvo resultados de pérdidas potenciales de erosión hídrica para el año 1990 los siguientes rangos: Ninguna o ligera representa el 52,22% de la superficie del terreno, moderada 38,92% de la superficie del terreno, alta 8,67% de la superficie del terreno y la erosión muy alta 0,19%.

Los resultados para el año 2000 son los siguientes: Ninguna o ligera representado el 49,29% de la superficie del terreno, moderada representado el 41,41% de la superficie del terreno, alta representado el 9,10% de la superficie del terreno y la erosión muy alta representa el 0,20%.

Los resultados para el año 2014 son los siguientes: Ninguna o ligera representado el 65,51% de la superficie del terreno, moderada representado el 24,88% de la superficie del terreno, alta representado el 9,21% de la superficie del terreno y la erosión muy alta con el 0,40% de la superficie del terreno localizada en las quebradas cercanas a los ríos en la unidad hidrográfica del río Ambato.

ABSTRACT

The present research work deals with water erosion in the hydrographic unit of the Ambato river, in which it was necessary to carry out an exhaustive study of all the factors inherent to the universal equation of the USLE / RUSLE soil losses. The factors studied are: Erosivity (R), erodability (K), length and degree of slope (LS), vegetation cover and land use (C), vegetation management programs (P) and finally as final result the soil loss factor (A).

The temporal space studies were carried out with the support of the ArcGIS 10.1 Geographic Information Systems computer tool for the application of spatial interpolations and multiplication of the proposed equation, the data studied and treated are precipitation from the year 1989 - 2014, edaphological 2014 - 2015 and vegetation, cover and land use 1990, 2000 and 2014.

Results of potential losses of water erosion were obtained for 1990, the following ranges: None or slight represents 52.22% of the land surface, moderate 38.92% of the land surface, high 8.67% surface area and erosion very high 0.19%.

The results for the year 2000 are as follows: None or light represented 49.29% of the land surface, moderate represented 41.41% of the land area, high represented 9.10% of the land area and very high erosion represents 0.20%.

The results for the year 2014 are as follows: None or light represented 65.51% of the land area, moderate represented 24.88% of the land area, high represented 9.21% of the land area and very high erosion with 0.40% of the land surface located in streams near the rivers in the hydrographic unit of the Ambato river.



Reviewed by: Fierro, Daysi
Language Center Teacher



1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático global ha impactado sobre el ambiente en diversas formas y a diferentes escalas. La degradación de los suelos debida a la erosión hídrica es un efecto relacionado con los cambios en los patrones pluviales y con los usos del suelo.

En la década de los años 90; en el mundo, un 25% de las tierras en uso para la agricultura estaban seriamente degradadas, poniendo en serio peligro la sobrevivencia de millones de familias, especialmente en países en vías de desarrollo. El efecto principal de la degradación del suelo es la reducción en la productividad, lo cual afecta a todos quienes dependen de ella. La forma más grave de degradación del suelo es la provocada por la erosión (Cruz et al., 2010).

Los indicadores estadísticos del grado de erosión de las cuencas hidrográficas en la sierra ecuatoriana señalan que un 39.13% es crítica, 28.26% seria, 4.35% moderada, 26.09% potencial y 2.17% normal, dando como efectos graves la pérdida de la biodiversidad, degradación de los suelos, alta sedimentación de los principales reservorios, causas de los ríos de la parte baja de las cuencas y graves inundaciones (Cruz et al., 2010).

La provincia de Tungurahua es enriquecida por varias cuencas que forman parte del territorio. Una de las cuencas de mayor importancia en esta provincia es la unidad hidrográfica río Ambato, porque ahí se desarrolla la mayor parte de las actividades productivas de la provincia. Se encuentra ubicada en la cordillera Occidental, limita al norte con la subcuenca del río Cutuchi, al sur con la subcuenca del río Chambo, al este con las subcuencas de los ríos Cutuchi y Patate, y al oeste con las subcuencas de los ríos Babahoyo y Yaguachi. Tiene una superficie aproximada de 130.173 ha que representa el 38% del total del territorio de la provincia, esta subcuenca está cubierta en un 49% por ecosistemas naturales, 44% de área agrícola, 4% de áreas en proceso de erosión, 1% de agua, finalmente el 2% de la superficie está ocupada por asentamientos humanos (H.G.P.T, 2015).

Dada la importancia de esta cuenca, esta investigación busca describir la erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Ambato, en un escenario de cambio climático, mediante el modelo USLE/RUSLE, utilizando Sistemas de Información Geográfica (S.I.G), para obtener diferentes tasas de cambio según su erodabilidad. Este estudio se realiza en el marco del proyecto “Estimación de la erosión hídrica de la cuenca del río Ambato”.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La erosión hídrica es un problema que afecta a la calidad y productividad del suelo, porque reduce las tasas de infiltración y la capacidad de retención del agua, nutrientes y materia orgánica. Por otro lado afecta en los ecosistemas y los servicios que estas prestan, la cantidad y la calidad de agua de fuentes subterráneas la biodiversidad e incluso las actividades recreativas (Dominati, Patterson, & Mackay, 2010).

La erosión hídrica es estimada mundialmente mediante la ecuación USLE/RUSLE (Wischmeier y Smith, 1978), que predice el promedio anual de la pérdida del suelo como la consecuencia de intensidad de la lluvia que provoca el escurrimiento y la escorrentía. Esta ecuación es conocida como la ecuación universal de pérdida del suelo y si bien es de gran importancia, demanda el cálculo de una multiplicidad de variables que son difíciles de obtener, debido a la escases de información y la limitación de registros pluviométricos de alta resolución.

En el caso de la unidad hidrográfica del río Ambato solo existe cinco estaciones meteorológicas las cuales son manuales, dichas estaciones pertenecen al (INAMHI), algunas de ellas fueron instaladas a partir del año de 1964 contando con escasos registros pluviométricos, debido a esta problemática se utilizó datos a partir del periodo de 1989-2014. Se debe tomar en consideración que cada variable de la ecuación USLE/RUSLE necesita de su estudio de manera particular diferenciando su grado de dificultad, los datos de dichas variables corresponden al periodo 1990, 2000 y 2014.

Por lo tanto, el presente estudio pretende describir escenarios de erosión hídrica para la unidad hidrográfica del río Ambato, que contribuya a estimar las áreas susceptibles de erosión hídrica en la cuenca, los potenciales factores que inciden y los usos actuales del suelo, que permita a los actores de la cuenca mejorar su manejo y conservación.

3. OBJETIVOS.

3.1. Objetivo General.

Describir la erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Ambato, en un escenario de cambio climático, mediante el modelo USLE/RUSLE.

3.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Elaborar una base de datos de las variables de erosividad en la cuenca del río Ambato para la estimación de la erosión del suelo.
- ✓ Aplicar la ecuación USLE/RUSLE para determinar la erosividad hídrica espacio-temporal por medio de la implementación de factores de erosividad.
- ✓ Calcular y analizar tasas de cambio de la erosión laminar.
- ✓ Analizar escenarios espacio temporales de la incidencia de la erosión hídrica en la cuenca del río Ambato.
- ✓ Elaboración de mapas temáticos.

4. ESTADO DEL ARTE.

4.1. El suelo

El suelo es considerado como un organismo vivo que cumple varias funciones importantes para las plantas, animales y la especie humana, el cual se encuentra formado por distintos constituyentes. La parte mineral está conformada por partículas como: arena, limo, arcilla. Entre ellas existen espacios llamados poros ocupados ya sea por agua o aire. Mientras que la parte orgánica está constituida por la materia orgánica viva o muerta (Merchan, Valverde, Novoa, & Pumisacho, 2009). Todas las actividades de los seres vivos se realizan sobre dicho espacio físico siendo dependientes para la productividad agropecuaria especialmente, siendo vulnerable para todos los tipos de erosión según su clasificación.

4.2. ¿Qué es la erosión del suelo?

La erosión del suelo se puede definir desde varios enfoques pero de manera sucinta es como un fenómeno geológico complejo producido por el desprendimiento y transporte de partículas y material del suelo que se terminan depositando en otro lugar.

La erosión geológica es un proceso natural y normalmente presenta tasas bajas, el problema surge cuando debido a la intervención del hombre comienza a producirse una erosión acelerada que impide que el suelo se regenere. Esto puede suponer un peligro para el aprovechamiento de un territorio influyendo además de forma determinante en el riesgo de desertificación.

La erosión constituye uno de los problemas medioambientales y socioeconómicos más importantes a nivel global del siglo XXI. Se estima que una sexta parte del suelo mundial se encuentra afectado por erosión hídrica. El problema de la erosión requiere el reconocimiento de los procesos erosivos y el estudio de sus factores causales, para establecer políticas de conservación (Salazar, 2012).

4.3. Causas de la degradación de suelo.

Las causas de la degradación del suelo son múltiples, pero la gran mayoría se originan en el mal manejo que se le ha dado, su explotación inadecuada como a las prácticas agrícolas no sostenibles, el sobre pastoreo y la deforestación. Otros factores sociales y económicos son la tenencia de la tierra y la falta de incentivo para invertir en el manejo sustentable de la tierra.

Un factor de suma importancia es la pobreza, la cual desencadena la degradación de tierras, así como la inseguridad alimentaria, el acceso restringido a los mercados, la sobrepoblación y algunos factores biofísicos como los huracanes, actividad tectónica y esto se evidencia mayormente en contextos donde existen problemas de pobreza. En adición a estos, el contexto socio-político y económico es fundamental para reducir los efectos de la degradación de los suelos (Ovalles & Resl, 2013).

4.4. Tipos de erosión.

La superficie terrestre se ve afectada por la acción de fuerzas naturales que producen o facilitan el desplazamiento de partículas individuales o de masas del suelo, La fuerza de la gravedad es el principal motor de los procesos erosivos pero, por si misma, solo es capaz de producir erosión cuando la pendiente es suficientemente elevada para permitir el deslizamiento del suelo. En este caso ocurren los movimientos en masa, como deslaves, derrumbes, reptaciones, etc. Cuando además de la gravedad, interviene la energía cinética de un fluido como el aire o el agua, los desplazamientos de las partículas son muy importantes y extensos. En el caso de la erosión eólica las partículas pueden ser transportadas por el viento a grandes distancias. La erosión hídrica, no obstante es la que tiene mayores repercusiones ambientales y económicas en el contexto centroamericano y es la que se estudiara en detalle en este capítulo (Alcañiz, 2008).

La degradación de las tierras puede deberse a uno o más factores tales como la degradación de los suelos, el deterioro de la calidad y cantidad de los recursos hídricos y de la degradación de los recursos bióticos. La degradación de tierra ocurre a distintas escalas espaciales y temporales. Los factores causales de cada uno de ellos pueden ser naturales, como fenómenos hidrometeorológicos extremos o antrópicos como las actividades agropecuarias y forestales, mineras, industriales y de servicios que sobreexplotan los recursos terrestres, o bien una combinación de varios.

Entre los procesos físicos de degradación de suelos están el deterioro de la estructura que conlleva al encostramiento, compactación, erosión e inundaciones. Los procesos químicos incluyen acidificación, lixiviación, salinización, causas de la pérdida de fertilidad. Los procesos biológicos incluyen la reducción de la biomasa y del contenido de carbono y pérdida de biodiversidad de fauna edáfica.

Los procesos de degradación de suelos, pueden agruparse en:

- ✓ Disminución y pérdida de fertilidad;
- ✓ Aumento de salinización;
- ✓ Contaminación por sustancias tóxicas de los recursos hídricos, el suelo y/o el aire;
- ✓ Erosión del suelo, tanto hídrica o eólica;
- ✓ Deforestación, fragmentación y degradación de vegetación forestal.
- ✓ Aridificación y desertificación de los suelos;

Deterioro de recursos hídricos, que incluye la disminución de la cantidad y calidad de agua en acuíferos y cuerpos de agua superficiales; (Ovalles & Resl, 2013).

4.5. Erosión Hídrica.

La erosión hídrica es un proceso degradante que disminuye la productividad de los suelos afectados y cuya intensificación puede ser provocada por un manejo inadecuado del suelo en cuanto al tipo de uso. Cuando la cobertura vegetal es removida parcial o totalmente, la erosión hídrica aumenta en relación directa a la intensidad de la precipitación, y en general, al estado de degradación del ecosistema (Ovalles & Resl, 2013).

4.6. Factores físicos determinantes en la erosión hídrica.

Según (Tapia, 2012), describen los factores físicos que condicionan el proceso de erosión hídrica, agrupándolos en 4 categorías principales:

4.6.1. Factores climáticos.-

Las precipitaciones, que al ser consideradas en el espacio y tiempo, se establecen como unidad natural el aguacero. La intensidad, duración y frecuencia son las características más importantes en la erosión.

La temperatura, influye en forma directa sobre la vida, las temperaturas altas descomponen rápidamente la materia orgánica, haciendo que el suelo pierda la capacidad de absorción de agua, resultando un mayor escurrimiento.

4.6.2. Factores edáficos.-

El suelo, los factores como la textura, la agregación del suelo, la distribución de las partículas, la permeabilidad del perfil, la humedad inicial del suelo y la pedregosidad superficial son importantes en la erodabilidad del suelo. Los suelos con estructuras bien desarrolladas, estables y son más resistentes a la erosión, absorbiendo las lluvias más rápidamente y reduciendo la magnitud de la acción del escurrimiento.

4.6.3. Factores topográficos.-

El grado de inclinación del suelo, tiene marcada influencia en la magnitud de la erosión debido a que las pérdidas de suelo son mucho mayores en los terrenos de pendientes pronunciadas. La erosión hídrica no se produce en zonas llanas. La longitud de la pendiente, toma importancia, teniendo en cuenta que la velocidad del escurrimiento responde a un movimiento uniformemente acelerado. La orientación de las laderas, bajo algunas condiciones climáticas, y especialmente cuando las pendientes superan el 3%, existe una relación entre la magnitud de la erosión y la orientación del terreno. Las laderas con orientación al sur están expuestas a menor radiación solar, como consecuencia de ello el suelo posee un mayor contenido de humedad provocando más escurrimiento que una ladera con exposición norte.

4.6.4. Cobertura vegetal.-

La parte superior de la cubierta vegetal intercepta la lluvia protegiendo al suelo del impacto directo de las gotas de lluvia, gracias al efecto de amortiguamiento de las gotas disminuyendo su energía cinética inicial. La vegetación contribuye a la disminución de la escorrentía superficial y a decrecer los caudales máximos de avenidas, debido a que aumenta la permeabilidad del suelo incrementando la infiltración, y también disminuye la velocidad de la lámina de escurrido. Este último aspecto considera que la velocidad de agua en una ladera, cubierta de vegetación densa es del orden de la cuarta parte de la velocidad que existiría en esa misma ladera pero con suelo desnudo.

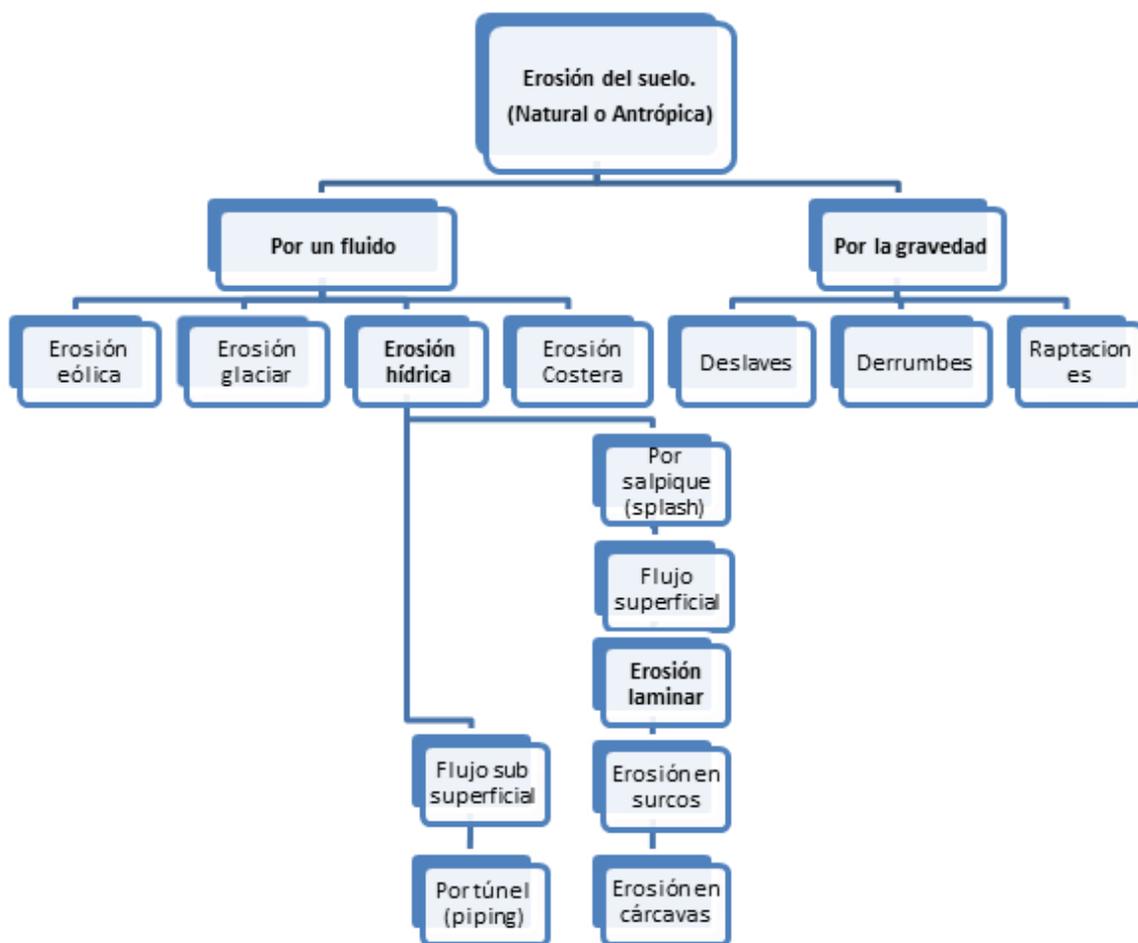
Las raíces de las plantas protegen el suelo y mejoran su estructura, la infiltración y la capacidad de retención de agua, además de retardar el escurrimiento. La cubierta vegetal también influye en los efectos del sol y el viento sobre la superficie del suelo.

4.7. Tasas de erosión tolerable.

Todo uso del suelo conlleva un riesgo de erosión determinado, por lo que es conveniente establecer unos valores máximos de pérdida de suelo que se considere que

permiten un uso sostenible del mismo, sin perjudicar a las funciones ambientales y económicas que debe realizar. La tasa de erosión tolerable debe ser igual o menor a la tasa de formación o recuperación natural del suelo. Para suelos agrícolas de climas templados o cálidos, la FAO propone como tasa aceptable pérdidas inferiores a los 10 Mg ha⁻¹ a⁻¹ pero, en condiciones climáticas desfavorables a la meteorización, o en suelos muy delgados, este valor puede ser excesivo. La pérdida de 1 mm de suelo equivale aproximadamente a la pérdida de entre 10 y 15 toneladas por hectárea del mismo (Alcañiz, 2008).

Tabla 1. Tipos de erosión en función del agente dominante



Fuente: (Alcañiz, 2008)

4.8. Modelos para estimar las pérdidas de suelo.

La importancia económica y las repercusiones ambientales que tiene la erosión han llevado al desarrollo de muchos modelos para estimar las pérdidas de suelo, especialmente en áreas de cultivo o en cuencas hidrográficas. La complejidad de los procesos erosivos, la diversidad de factores que intervienen y la regularidad espacio - temporal, suponen una dificultad para poder hacer predicciones de las pérdidas de suelo con precisión. Sin embargo lo más utilizados son:

El modelo CREAMS (Chemical, Runoff, and Erosión from Agricultural Management Systems). Establecido por Knisel (1980), combina una componente hidrológico con la erosión – sedimentación y la concentración de nutrientes. Predice pérdidas anuales o mensuales, aunque necesita muchos datos meteorológicos y de condiciones de uso del suelo.

El modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project). Es un modelo basado en procesos físicos y trabaja con cálculos diarios. Se basa en que el arranque de partículas y su deposición en los surcos dependen de la capacidad de transporte del flujo de escorrentía.

El modelo KINEROS2 (A Kinematic Runoff and Erosion Model). Está diseñado para modelar la intercepción, la infiltración la escorrentía superficial y la erosión que producirían eventos de lluvia individuales.

El modelo EUROSEM (European Soil Erosion Model). Propuesto por Morgan et al. (1994). Es un modelo físico parecido a KINEROS2 que simula eventos de escorrentía.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). Es, sin duda, el modelo de caja negra que ha tenido más difusión. Fue propuesto por Wischmeier y Smith (1978) y resulta útil para tomar decisiones sobre el uso y conservación del suelo. Considera seis factores y estima las pérdidas medias anuales de suelo a nivel de parcela agrícola o laderas de pendiente moderada. Ha sido actualizado o ampliado en diferentes versiones (RUSLE, Revised Universal Soil Loss Equation) (Alcañiz, 2008)

4.9. Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) fue desarrollada por (Wischmeier y Smith, 1978) para estimar la pérdida de suelo promedio anual. La EUPS es un modelo en el que la pérdida de suelo está expresada como masa por unidad de área por unidad de tiempo y es una función del efecto combinado de seis factores expresados en la ecuación:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Dónde:

A = Promedio anual de pérdida de suelo por hectárea expresado en Mg * ha⁻¹ año⁻¹.

R = Factor de erosividad de la lluvia en MJ * mm⁻¹/ha⁻¹ hr⁻¹,

K = Factor de erodabilidad del suelo (Mg.ha.hr/ha.MJ.mm),

S = Factor del grado de pendiente, es adimensional.

L = Factor del grado de longitud de la pendiente, es adimensional,

C = Factor del manejo de vegetación, es adimensional,

P= Factor de prácticas mecánicas en el manejo de la vegetación agrícola, es adimensional,

La EUPS estima la erosión hídrica actual cuando se incluyen todos los factores que la integran; en cambio si no se incluye el factor P, estima la erosión hídrica potencial, es decir, la cantidad de suelo que se estaría perdiendo sin prácticas de conservación de suelo (Marroquín Melchor & Fuentes Chagoya, 2016).

Tabla 2. Categorías de Riesgo de Erosión

Categoría	Rangos (Ton/Ha/Año)
Ninguna o Ligera	<10
Moderada	10 – 50
Alta	50 – 200
Muy Alta	>200

Fuente: (Ovalles & Resl, 2013)

4.10. Factor de erosividad de la lluvia R.

El factor de erosividad de la lluvia R, es definida como la capacidad potencial de esta para causar erosión sobre la superficie del suelo, donde interviene la intensidad de la lluvia y la energía cinética capaz de disgregar y transportar las partículas hacia otro punto. El factor de erosividad se mide en $\text{MJ} \cdot \text{mm}^{-1} / \text{ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Marroquín Melchor & Fuentes Chagoya, 2016).

4.11. Índice de Fournier Modificado.

Para estimar el factor erosividad (R), se utilizó el Índice Fournier Modificado. Después de una temporada seca, la precipitación ejerce una fuerza importante sobre el suelo, causando procesos erosivos, debido a la baja cobertura de la vegetación y a la sequedad del suelo. Según (Castro, 2015) se debe tomar en cuenta que los índices más destacados para medir la erosividad es propuesto en primera instancia por (Wischmeier y Smith), el Índice de Fournier propuesto por (Fournier), el Índice Modificado de Fournier planteado por (Arnoldus 1980).

La intensidad de las pérdidas erosivas depende de la energía de la precipitación y la duración de la temporada seca. Para cuantificar indirectamente esta relación, Fournier (1960) propuso un índice basado en una distribución anual y mensual de la precipitación, que fue adaptado por Arnoldus (1980), tomando en consideración no solo el evento con más precipitaciones del mes sino de todos los meses en el año (Verbist, Santibañez, Gabriels, & Soto, 2010).

Este índice está asociado con la capacidad de la precipitación de provocar erosión hídrica. Por lo tanto, se llama también Índice de Agresividad Climática.

4.12. Factor de erodabilidad del suelo K.

El factor de erodabilidad (K), es susceptible al índice de agresividad climática o agresividad de la lluvia (R), Este factor según (Reyes Garcés & Álvaro, 2013) puede ser determinado de manera directa a través de una ecuación o bien de manera gráfica. Cualquiera sea el método a emplear se deben determinar previamente las siguientes propiedades:

Textura: asociada a las fracciones de limo, arcilla, arena muy fina y arena que contiene el suelo. El método USLE establece que, para efectos de erosión, el limo y la arena muy fina se comportan de manera similar.

Materia orgánica: Contenido porcentual de materia orgánica del suelo determinada por el método de Walkley-Black. Varía entre 0 y 4%, si el valor es mayor al rango especificado, se asume 4%.

Estructura del suelo: asociada a las características de las partículas que constituyen el suelo.

Permeabilidad: USLE asigna códigos de acuerdo a la permeabilidad del suelo.

4.13. Factor topográfico LS.

La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo bastante como para que ocurra la deposición o hasta el punto en el que el escurrimiento entra en un canal definido. El gradiente de pendiente se expresa en porcentaje (diferencia de cota en 100 m de distancia horizontal). El método agrega ambos valores para la obtención del factor LS, de tipo adimensional. El desarrollo de la EUPS se basó en la longitud de una parcela estándar de 22,13 m, y 9 % de pendiente (Ciseros et al., 2012).

4.14. Factor del manejo de vegetación, cobertura y uso del suelo C.

El factor de manejo de cultivos (C, adimensional) representa la relación de pérdida del suelo a partir de una condición específica de cultivo o cobertura, con la pérdida del suelo a partir de un estado de barbecho continuo para el mismo suelo, pendiente y precipitación pluvial. La condición de barbecho desnudo, laboreado a favor de la pendiente toma el valor $C=1$ (Ciseros et al., 2012).

5. METODOLOGÍA.

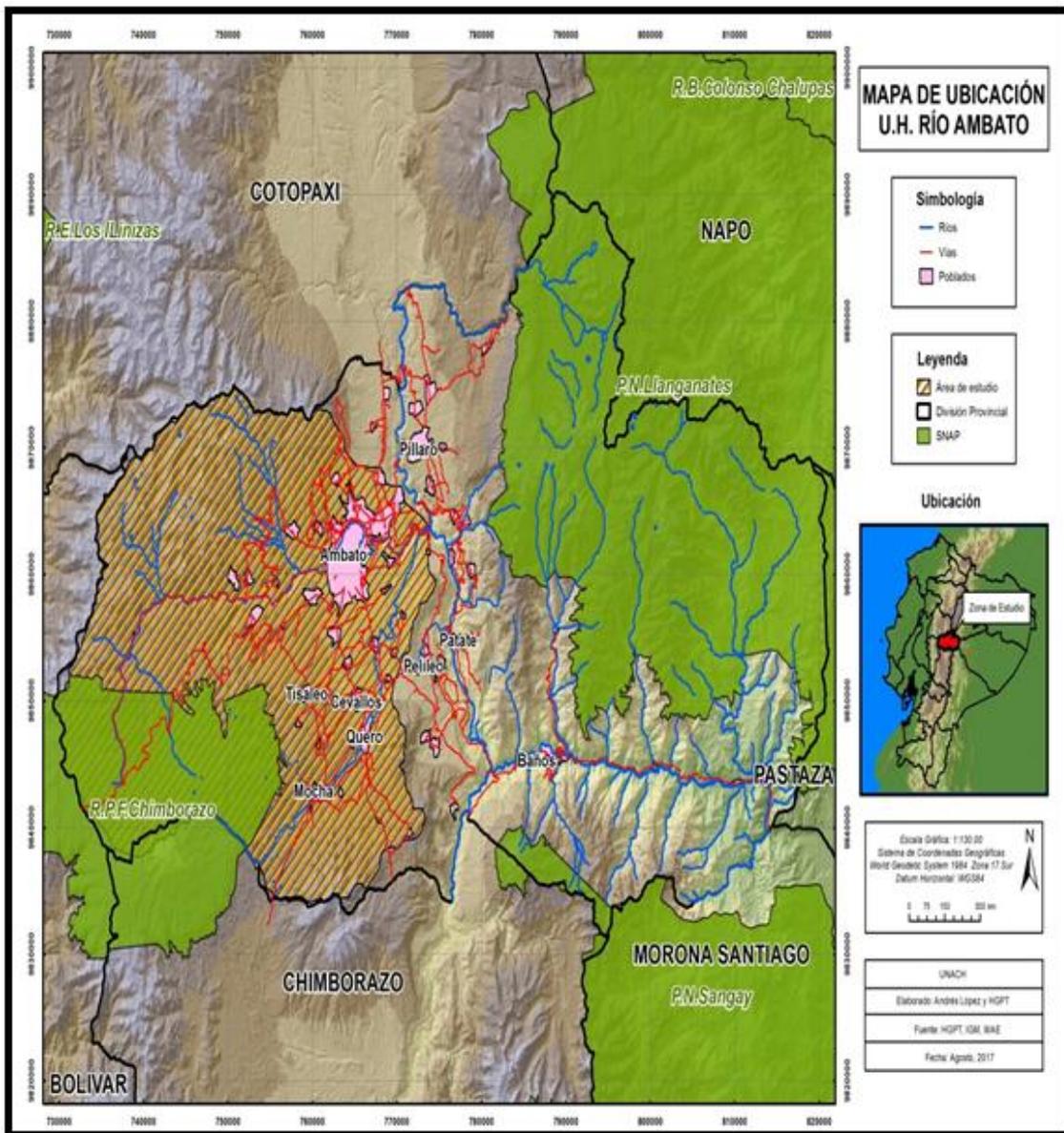
5.1. Diseño de estudio.

El presente proyecto, se realizó a través del método de investigación de tipo analítico - descriptivo, tomando en consideración la problemática que se suscita sobre la pérdida de suelo por erosión hídrica, el analítico disgrega las partes y los elementos para llegar a observar las causas de estas para comprender su esencia. Descriptivo, nos ayuda explícitamente a describir los resultados ante la problemática estudiada, sin enfocarse fuera del área de estudio.

5.2. Descripción del área de estudio.

La unidad hidrográfica del río Ambato tiene una superficie total de 92.614 ha, limita al Norte con la provincia de Cotopaxi y la sub cuenca del río Cutuchi, al Sur con la microcuenca del río Pachanlica, al Oeste con la provincia de Bolívar, al Este con la sub cuenca del río Cutuchi y río Patate. La reserva de producción de fauna Chimborazo consta como un área protegida dentro de la zona de estudio por lo que la información no se levantara, evitando problemas de uso de suelo. La mayor parte del uso del suelo pertenece a ecosistemas naturales 59%, tierra agropecuaria 34%, centros poblados 2%, agua 1% y otros 4%. El promedio de precipitación anual en la zona páramo va desde 900 a 1.200 mm, y en zonas agrícolas es menor a 500 mm (H.G.P.T, 2014)

Ilustración 1. Mapa de la ubicación de la unidad hidrográfica del río Ambato.



Elaborado por: Andrés López & HGPT.

5.3. Datos e Información.

Debido a la preocupación del cambio climático y la importancia del presente estudio los datos de precipitación, edafología y cobertura vegetal a nivel nacional dependen de los ministerios públicos con el levantamiento histórico y actual de dicha información.

Para la obtención de los datos e información se siguió de manera ordenada y cautelosa los siguientes pasos:

Se inició con la determinación de los ministerios encargados del levantamiento de información. La información necesaria para la presente investigación fue proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y el Ministerio del Ambiente (MAE), la información secundaria se obtuvo de diferentes fuentes bibliográficas para elaborar el fundamento y sustentación teórica.

Para la determinación del factor de erosividad (R) se obtuvieron registros pluviométricos a partir de los anuarios meteorológicos pertenecientes al (INAMHI), se registra dicha información a partir del año 1989 – 2014 en las estaciones manuales de Tisaleo, Querocha, Pilahuín, Convenio Calamáca y Pedro Fermín Cevallos, obteniendo datos sin continuidad por lo que se trató dicha información para que la estimación de erosividad sea confiable.

Tabla 3. Registros pluviométricos.

Ministerio	Estaciones	Coordenadas		Periodo	Observación
		X	Y		
INAMHI	Tisaleo	759673,6328	9851212,635	1989 - 2014	Todos los registros pluviométricos que se toman en consideración para el presente estudio son a partir del año de 1989 – 2014, ya que los datos registrados desde el año de 1964 no constan con todos los datos existiendo vacíos en la información.
	Querocha	766444,3716	9848747,676	1989 - 2014	
	Pilahuín	752348,4779	9856012,984	1989 - 2014	
	Convenio Calamáca	742702,2282	9858848,229	1989 - 2014	
	Pedro Fermín Cevallos	765394,4288	9850377,399	1989 - 2014	

Para determinar el factor de erodabilidad (K), se obtuvieron datos de textura (% limo, % arena, % arcilla) con la metodología del Hidrómetro, % de materia orgánica con la metodología Walkey - Black, código de tipo textura y código de clase de permeabilidad por cálculo, los datos son pertenecientes al (MAGAP) a partir de los años 2014 – 2015, dichos datos se trataron.

Para determinar el factor cobertura vegetal (C), se obtuvieron datos en formato shapefile de tipo de cobertura vegetal y uso del suelo, los datos son pertenecientes al (MAE) a partir de los años 1990, 2000 y 2014, se tuvo que tratar toda la información obtenida para su posterior aplicación en la ecuación propuesta por el presente estudio.

Tabla 4. Datos del factor de erodabilidad, cubierta vegetal y uso del suelo.

Ministerio	Datos	Años / Escala	Observación
MAGAP	Taxonomía	2004-25.0000	Los resultados de laboratorio sobre textura, materia orgánica, permeabilidad son obtenidos en una basa de datos en formato excel, formato shapefile y metadatos los cuales nos describe su leyenda y estudio realizado para el levantamiento y caracterización de información.
MAGAP	Cobertura y uso de la tierra	2004-100. 000	La información obtenida sobre la cobertura y uso de la tierra se obtuvo en formato shapefile, obteniendo una tabla de atributos con las características históricas y actuales sobre la información requerida.
MAE	Cobertura y uso de la tierra	1990-100.000	
MAE	Cobertura y uso de la tierra	2000-100.000	
MAE	Cobertura y uso de la tierra	2014-100.000	

5.4. Cálculo de los factores de la erosividad hídrica en la unidad hidrográfica del río Ambato.

Para determinar los factores de la erosividad hídrica con la ecuación USLE/RUSLE se procedió de la siguiente manera:

5.4.1. Cálculo del factor de erosividad de la lluvia (R).

El factor R corresponde a la medida de la erosividad de la lluvia por efecto de la intensidad de la precipitación. En este estudio se tomó dos criterios para la determinación del factor R la ecuación del Índice de Fournier y el Índice Modificado de Fournier.

El Índice de Fournier se descartó ya que esta ecuación solo considera la precipitación del mes más húmedo del año. La ecuación del Índice Modificado de Fournier planteado por (Arnoldus 1980) se tomó como alternativa confiable ya que toma en consideración todos los eventos de precipitación mensual y anual aproximando la agresividad de climática (Anexo a).

Para estimar los valores espaciales se utilizará Sistemas de Información Geográfica (SIG) con la interpolación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW), utilizando las herramientas Arctoolbox > Spatial Analyst Tools > Interpolacion > IDW con un campo de valor de R, tamaño de celda de 30 m y con el ambiente de la unidad hidrográfica del río Ambato obteniendo como resultado valores en formato raster.

Ecuación 1. Índice Modificado de Fournier

$$IMF = \frac{\sum pm^2}{P}$$

Dónde:

pm^2 = Precipitaciones mensuales

P= Precipitaciones medias anuales.

Tabla 5. Niveles de erosividad de la lluvia IFM.

IFM	AGRESIVIDAD CLIMÁTICA
0 – 60	Muy Baja
60 – 90	Baja
90 – 120	Moderada
120 – 160	Alta
> 160	Muy Alta

Fuente: (Verbist et al., 2010)

5.4.2. Cálculo del factor de erodabilidad del suelo K.

El factor k se refiere a la erodabilidad del suelo, es decir a la resistencia del suelo frente a la agresividad de la lluvia. Para determinar este factor es primordial considerar cuatro variables necesarias: Factor textural (%limo, arena, arcilla), porcentaje de materia orgánica, código de tipo de textura, código de clase de permeabilidad, donde se puede aplicar la ecuación matemática propuesta por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) o el monograma adaptado por (Wischmeier y Smith, 1978).

Los resultados de laboratorio de texturas y materia orgánica de suelo fueron obtenidos del proyecto “leyenda para la zonificación agroecológica de cultivos en condiciones naturales para el Ecuador Continental escala 1:25000” avalado por el (MAGAP). Para estimar los valores espaciales se utilizará Sistemas de Información Geográfica (SIG) con la interpolación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW), utilizando las herramientas Arctoolbox > Spatial Analyst Tools > Interpolacion > IDW con un campo de valor de K, tamaño de celda de 30 m y con el ambiente de la unidad hidrográfica del río Ambato obteniendo como resultado valores en formato raster.

Ecuación 2. Cálculo del factor K.

$$K = 2,1M^{1,14}(10^{-4})(12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3)/100$$

Ecuación 3. Porcentaje de limo, arena fina y arcilla.

$$M = (\%limo + \%arena\ muy\ fina)(100\% - arcilla)$$

Dónde:

K: Factor de erodabilidad del suelo.

M: Asociado a las partículas – factor textural (% limo + arena muy fina) (100 % – arcilla).

a: Porcentaje de materia orgánica.

b: Código de tipo de estructura (granular muy fina=1: granular grueso a medio=3; Blocosa, laminar, masiva=4).

c: Código de clase de permeabilidad (rápida = 1; moderadamente rápida = 2; moderada = 3; lenta a moderada = 4; lenta = 5; muy lenta = 6).

5.4.3. Cálculo del factor topográfico de longitud y grado de la pendiente LS.

El factor LS se refiere a la topografía del lugar, se manifiesta en dos sub factores: Longitud de la pendiente y el grado de pendiente (S), sin embargo es recomendable utilizar las dos variables como un único valor topográfico (LS). Se desarrolló la obtención de los sub factores de manera particular partiendo de un modelo digital de terreno (MDT) con valores numéricos de la superficie del terreno representados en el espacio con la herramienta informática ArcGis 10.1 en el sistema de coordenadas WGS_1984_UTM_Zone_17S

Se corrigió las imperfecciones y vacíos generada en la imagen con el comando Fill, dando como resultado una imagen sin imperfecciones.

Ecuación 4. Raster de la longitud de la pendiente L.

$$L = \frac{[A_{i,j} + D]^{m+1} - A_{i,j}^{m+1}}{x^m * D^{m+2} * 22,13^m}$$

Dónde:

β =Pendiente a nivel del pixel (sebe expresarse en radianes, a grados multiplicar por 0,01745).

A= Acumulación de flujo a nivel del pixel.

D= Lado de pixel.

x= Coeficiente de forma (x=1 para sistemas pixelados).

Ecuación 5. Raster del grado de la pendiente S.

$$S(i, j) = \begin{cases} \tan \beta(i, j) < 0,09 & 10,8\beta(i, j) + 0,03 \\ \tan \beta(i, j) \geq 0,09 & 16,8 \sin \beta(i, j) - 0,05 \end{cases}$$

Ecuación 6. Factor topográfico.

$$LS = L * S$$

Dónde:

LS= Factor topográfico.

L= Longitud de la pendiente

S= Grado de la pendiente.

Tabla 6. Niveles del factor LS.

Factor LS	Categorización
<15	Bajo
15 – 30	Moderado
30 – 45	Alto
>45	Muy Alto

Fuente: (Jaramillo Veliz & Sandoval Simba, 2015)

5.4.4. Cálculo del factor del manejo de vegetación C.

Se entiende como factor C a la reducción de la tasa de pérdida de suelo por la agresividad de precipitaciones. Los valores del factor C son constantes que representan la capacidad de resistencia a la erosión hídrica por la cobertura vegetal dependiente de las raíces y el grado de pendiente, dichas constantes en un inicio fueron establecidas por (Wischmeier y Smith, 1978) y otros autores que en el transcurso de estudios modificaron aún más las constantes de acuerdo a la zona de estudio para su conveniencia. Este parámetro es muy difícil de calcular porque se debe diseñar metodologías de acuerdo a la tipología del terreno lo que se recomienda utilizar los valores planteados por diferentes proyectos de investigación.

5.4.5. Cálculo del factor de prácticas mecánicas en el manejo de la vegetación agrícola P.

El factor P se refiere al manejo de la vegetación y suelos, evitando las pérdidas por erosión hídrica, si no existen dichas prácticas de protección no influye en el cálculo de la pérdida de suelo considerando que $P=1$.

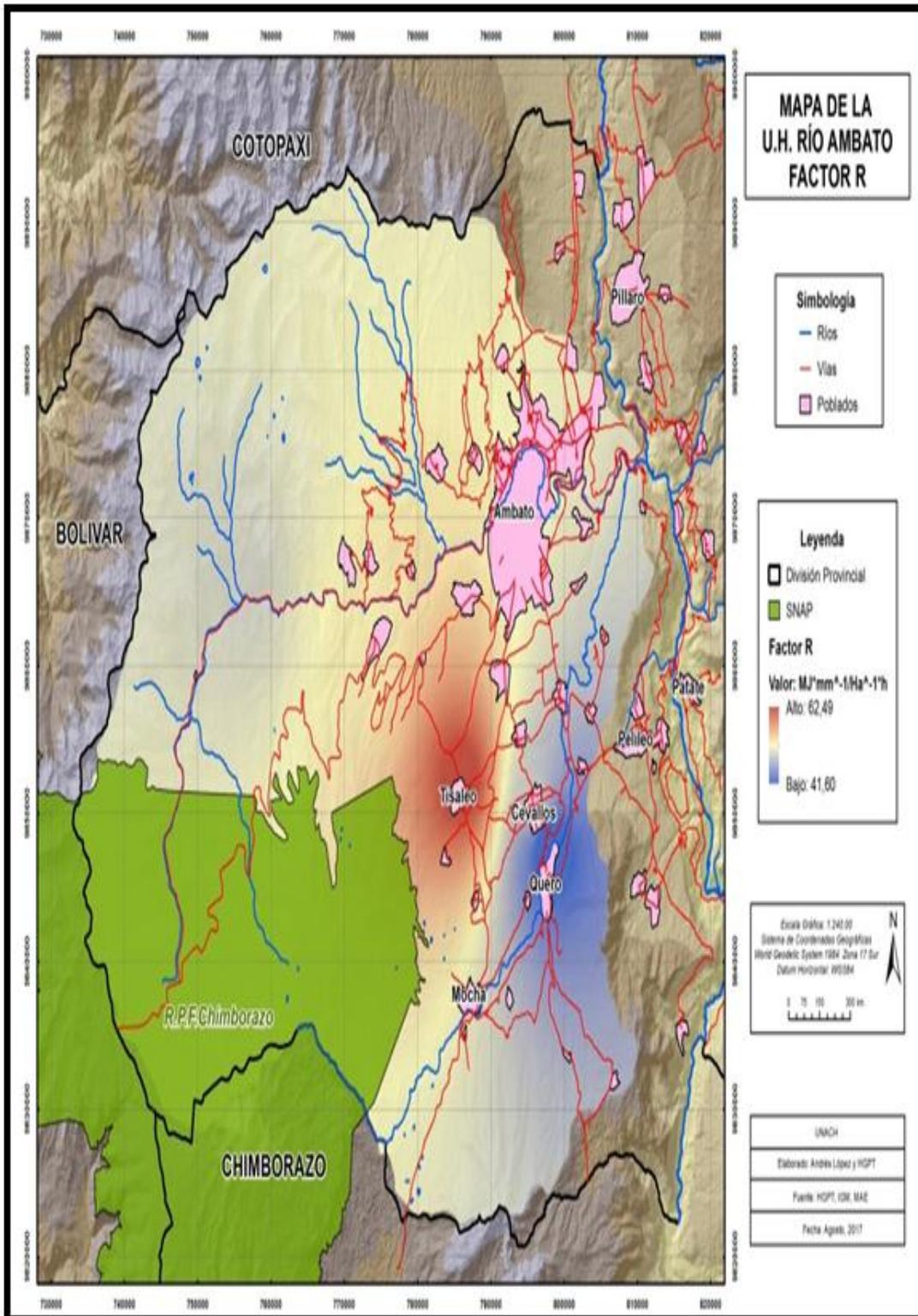
5.4.6. Factor de la pérdida del suelo A.

El factor A determina el promedio anual de la pérdida de suelo por hectárea, incluyendo todos los factores estudiados, mediante el uso de la herramienta informática ArcGis 10.1 en el sistema de coordenadas WGS_1984_UTM_Zone_17S, con las herramientas Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

6.1. Factor R.

Ilustración 2. Mapa del factor R



Elaborado por: Andrés López & HGPT.

Los resultados del factor R muestran un rango de erosividad entre muy baja y baja, en la estación de Pedro Fermín Cevallos se registra el valor bajo con $41,60 \text{ MJ} * \text{mm}^{-1}/\text{ha}^{-1} \text{ hr}^{-1}$, mientras en la estación de Tisaleo se refiere a $62,49 \text{ MJ} * \text{mm}^{-1}/\text{ha}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ como el valor más alto (Tabla 7). Estos valores en el área de estudio son los esperados ya que la precipitación media mensual se encuentra entre 100 y 200 mm en la cuenca del río Ambato (Calahorano et al., 2016).

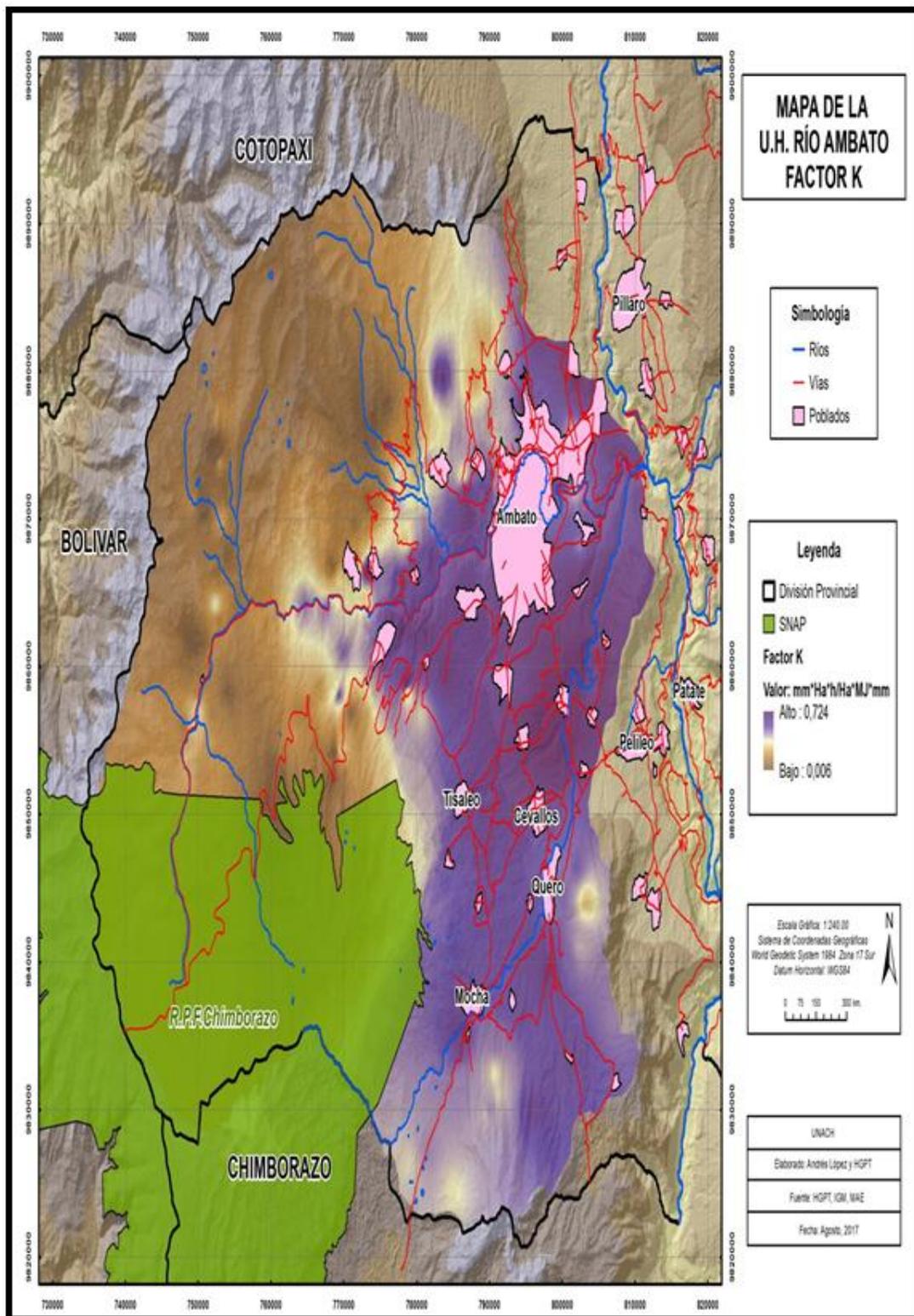
La ilustración 2 indica que en el Noreste y Noroeste se mantienen el valor más bajo de R evitando que exista un alto de grado de erosividad, mientras tanto en la parte Central de la microcuenca se visualiza la existencia de precipitaciones más dinámicas aumentando el riesgo de erosividad proceso que se dará a partir del rompimiento, desprendimiento, arrastre de partículas de suelo y deposición final.

Tabla 7. Base de datos factor R.

CODIGO	ESTACIÓN	X	Y	Altura	Variable	R
M0377	Tisaleo	759673,6328	9851212,635	3250	Precipitación	62,49
M0258	Querocha	766444,3716	9848747,676	2865	Precipitación	45,50
M0376	Pilahuín	752348,4779	9856012,984	3314	Precipitación	54,78
M189	Convenio Calamaca	742702,2282	9858848,229	3402	Precipitación	52,81
M0128	Pedro Fermín Cevallos	765394,4288	9850377,399	2910	Precipitación	41,60

6.2. Factor K.

Ilustración 3. Mapa del factor K.



Elaborado por: Andrés López & HGPT.

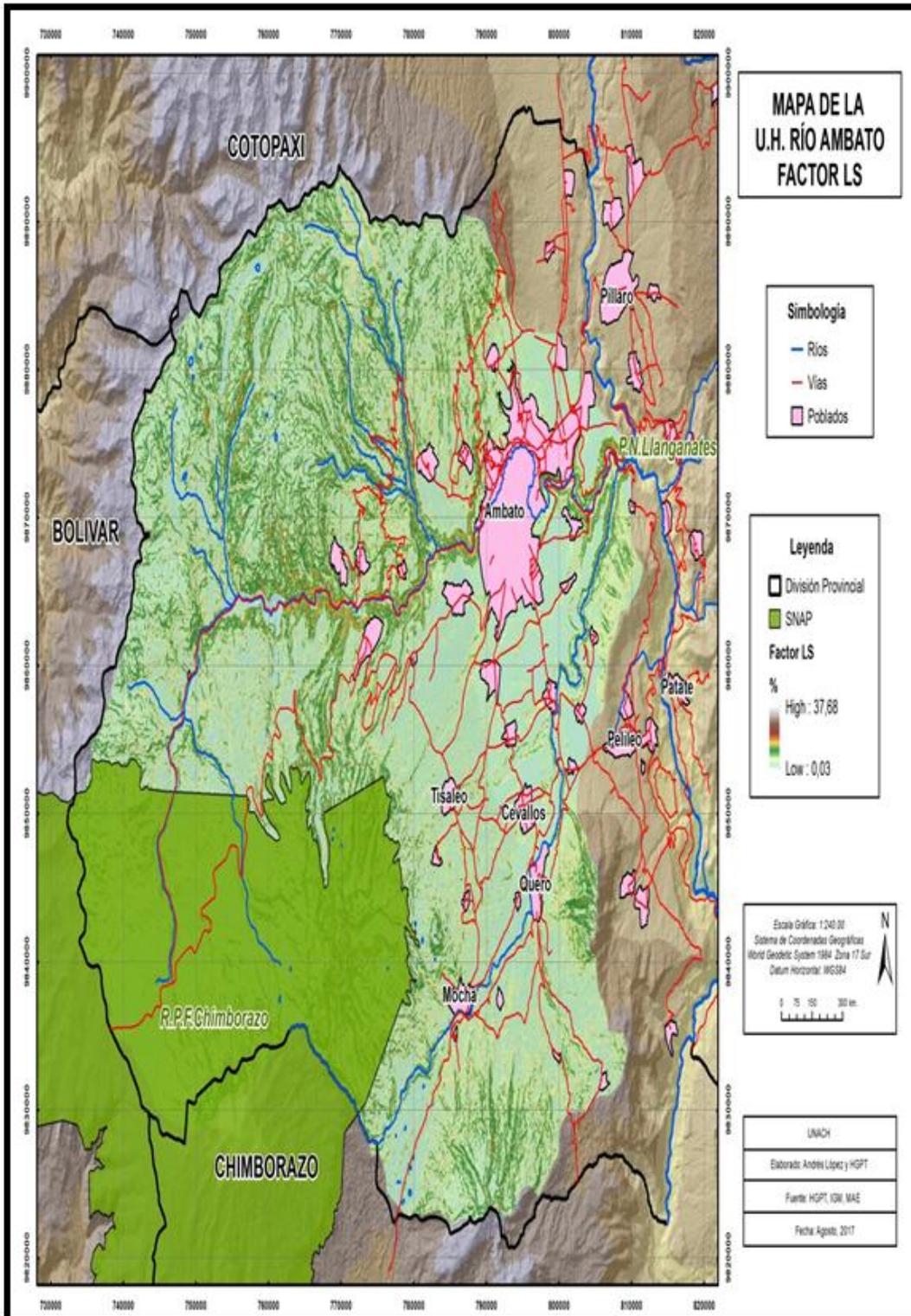
Los resultados del factor K muestran un rango de erodabilidad de 0,006 Mg.ha.hr/ha.MJ, a 0,724 Mg.ha.hr/ha.MJ.mm, estos valores son los esperados debido a que en la zona donde se registra el valor bajo son suelos Franco arenosos disminuyendo la existencia de escorrentía superficial por la alta capacidad de infiltración, mientras en el Noroeste se registra el valor más alto con texturas Francas siendo aptas para el cultivo pero con baja retención de flujo hídrico superficial y con una vulnerabilidad mayor al desprendimiento de las partículas del suelo.

De acuerdo (Jaramillo Veliz & Sandoval Simba, 2015) el suelo arenoso que tienden a poseer valores cercanos de 0,05 a 0,2 Mg.ha.hr/ha.MJ.mm son valores que se acredita por contener una baja interacción con la escorrentía pero fuertemente propensos a la erosión cuando se encuentran en pendientes y sin vegetación. El suelo que presenta una textura mediana conocidos como francos, suelen presentar valores cercanos de 0,25 a 0,4 de erodabilidad ya que son moderadamente susceptibles al desprendimiento causado por el agua y el viento, los suelos que presentan alto contenido en su composición de arcilla, presentan bajos valores entre los rangos de 0,05 a 0,15 de erodabilidad. Los que tienen contenido de limo en su textura son los más propensos a sufrir desprendimientos de sus partículas, generando altas escorrentías cuyos valores tienen a ser mayores de 0,5 de erodabilidad.

La ilustración 3 nos indica que en el Noreste según el muestreo realizado por el MAGAP existe varias clases texturales de suelo (Anexo b) en su gran mayoría de tipo Franco con un mal drenaje, este tipo de texturas evita la filtración de las precipitaciones causando escorrentías con la formación de surcos y cárcavas en la superficie, en el Noroeste existe la presencia Franco arenoso con un excesivo drenaje evitando el proceso de dicha erosión rompimiento, desprendimiento, arrastre de partículas de suelo y deposición final.

6.3. Factor LS.

Ilustración 4. Mapa del factor LS



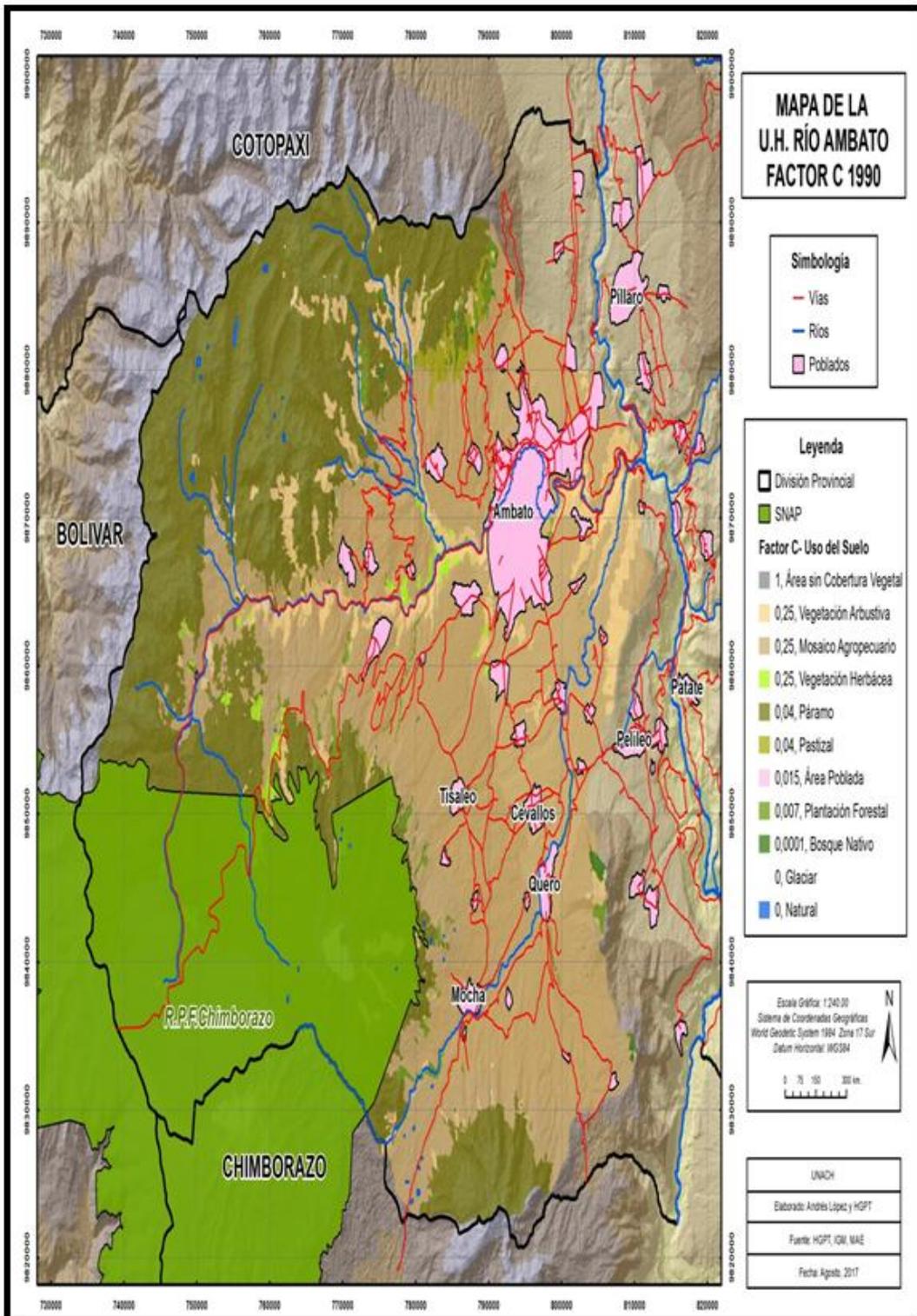
Elaborado por: Andrés López & HGPT

Los resultados del factor LS muestran un rango de la longitud y grado de la pendiente entre bajo y alto, el valor bajo es de 0% y el más alto de 37,68%. Esta topografía concuerda con la realidad, debido a que el Norte de la delimitación del área de estudio cuenta con superficies llanas y en el Noreste cuenta con una superficie escarpada.

La ilustración 4 nos demuestra que en el Noreste se obtiene pendientes con valores altos, estos terrenos son propensos al arrastre de cultivos desde su raíz, partículas texturales, minerales y nutrientes por eventos de precipitación desde un punto alto hasta un punto muy bajo siendo esta su deposición final. Por lo tanto las pendientes son incidentes en la fuerza con la que baja y arrastra el componente físico, químico y natural del suelo por el flujo hídrico superficial cambiando su aspecto paisajístico.

6.4. Factor C.

Ilustración 5. Mapa del Factor C 1990.

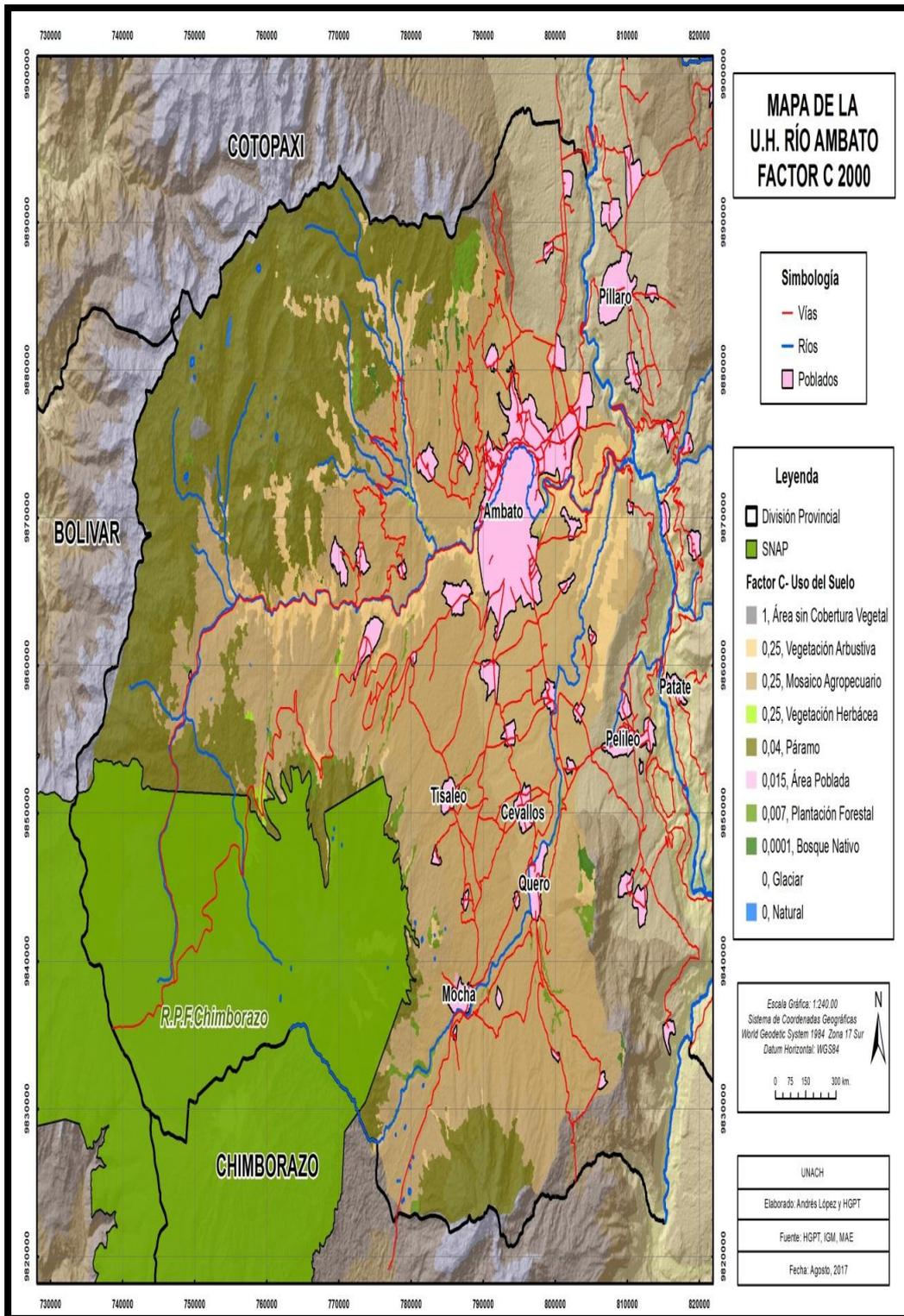


Elaborado por: Andrés López & HGPT

Los resultados del factor C para los años 1990, 2000 y 2014 indican un rango de resistencia a la erosión por precipitación donde 0 es el valor más bajo y 1 el valor más alto, los valores de los tipos de vegetación, uso y coberturas vegetales existentes en el área de estudio se obtuvo con la valoración de cada una de las coberturas sus unidades son adimensionales (Anexo C).

La ilustración 5 nos indica que según la información de uso y cobertura en el Noreste encontramos áreas pobladas, área sin cobertura vegetal, bosque nativo, mosaico agropecuario, plantación forestal, vegetación arbustiva y vegetación herbácea existiendo una mínima vulnerabilidad del suelo por la intensidad de las precipitaciones valorado con 1, se toma en consideración que la existencia de áreas sin cobertura vegetal debe a la rotación de cultivos y descanso del terreno como técnicas evitar el desgaste exista desgaste del suelo donde existirá erosión hídrica. En el Noroeste se encuentra páramo, pastizal y natural (cuerpos de agua) valorados a partir de 0, los cuales no tienen efecto alguno con la interacción climática por precipitaciones por su estabilidad de la cubierta vegetal.

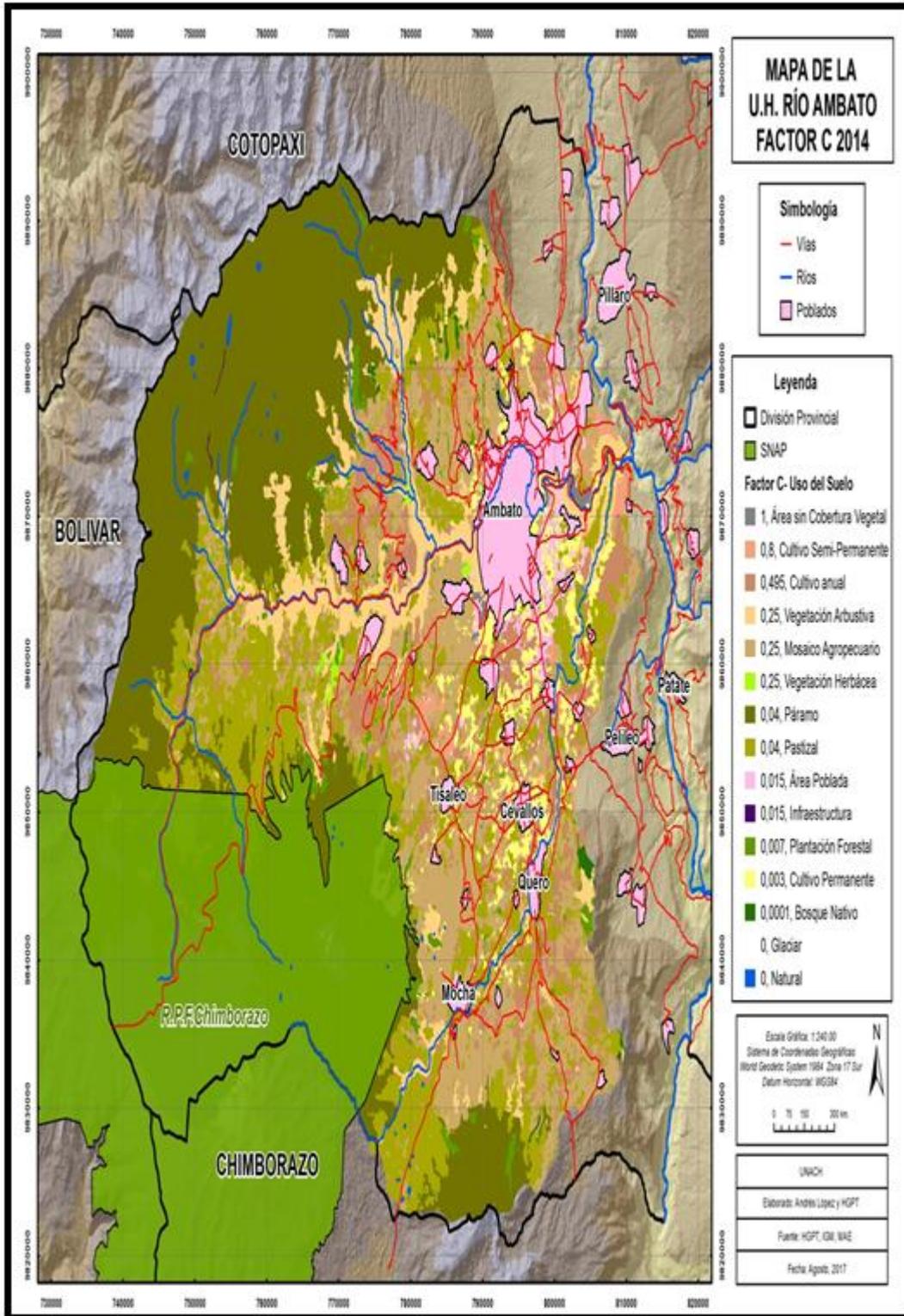
Ilustración 6. Mapa del factor C 2000.



Elaborado por: Andrés López & HGPT

La ilustración 6 indica que en el Noreste el avance de la frontera agrícola tiende a mantenerse con coberturas como; áreas pobladas, áreas sin cobertura vegetal, bosque nativo, mosaico agropecuario, plantación forestal, vegetación arbustiva y vegetación herbácea, valorado con 1 como el mayor valor, por lo tanto su vulnerabilidad a la erosividad disminuye. En el Noroeste se mantiene la cubierta de páramo, pastizal los cuales sirven como almohadillas de protección hacia el efecto de la interacción climática por precipitaciones, debido a la estabilidad de la cubierta vegetal en ese sector la erosividad puede ser nulo o ligero por lo que es valorado a partir de 0.

Ilustración 7. Mapa del factor C 2014.



Elaborado por: Andrés López & HGPT

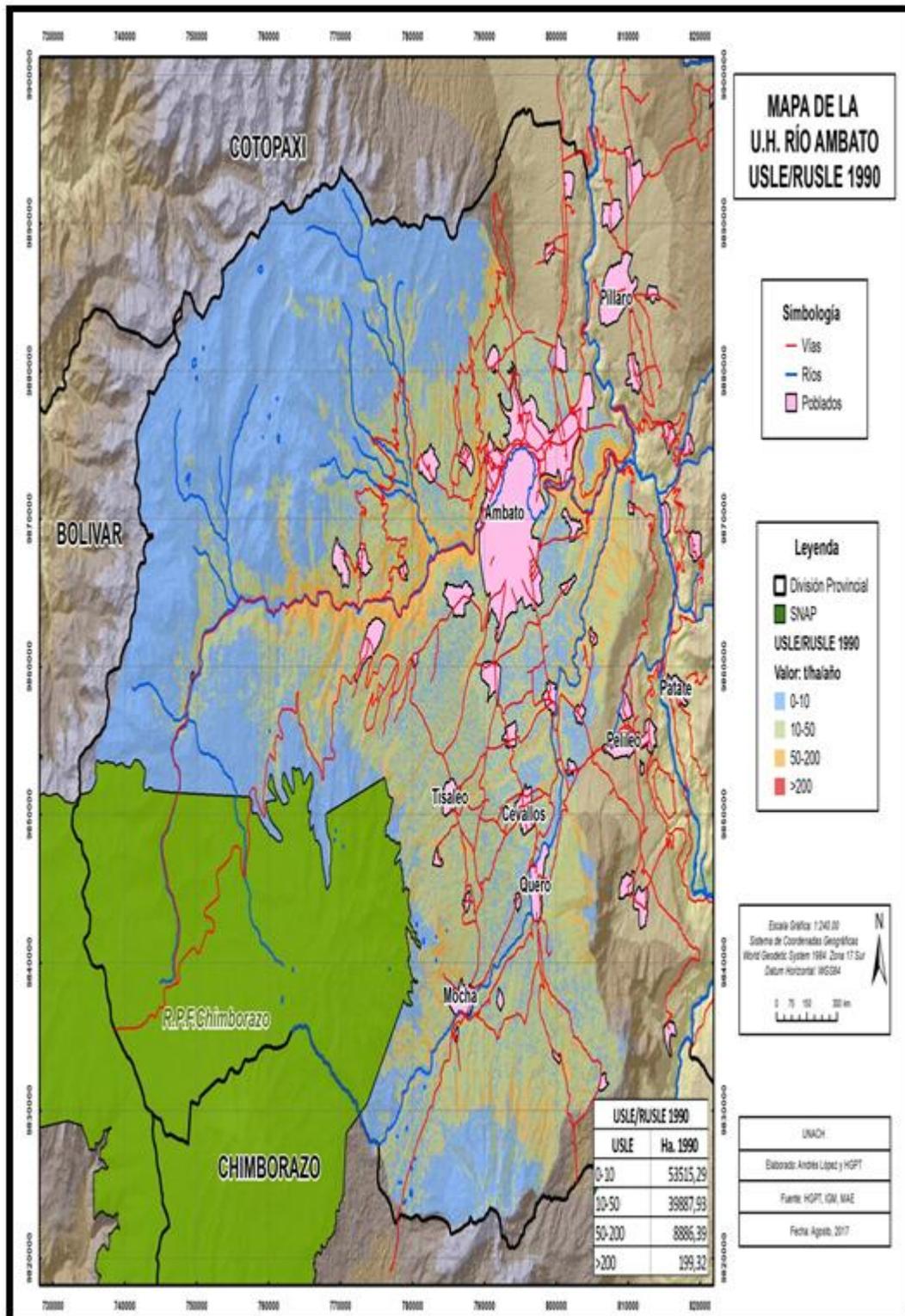
La ilustración 7 nos indica que en el Noreste podemos identificar que el avance de la frontera agrícola comienza a interactuar hacia el Noroeste con cubiertas como; área poblada, área sin cobertura vegetal, bosque nativo, cultivo anual, cultivo permanente, cultivo semi permanente, infraestructura, mosaico agropecuario, pastizal, plantación forestal, vegetación arbustiva, vegetación herbácea con valor de 1, por lo tanto la cubierta vegetal reduce la erosividad aún más en el 2014, en el Noroeste se mantiene la cubierta de páramo y natural (cuerpos de agua) valorado con 0, evitando el proceso de erosividad por precipitación si existiera ausencia de vegetación en las áreas de estudio facilitarían el desprendimiento de las partículas ocasionando pérdidas de suelos.

6.5. Factor P.

El factor P de programas para el manejo de la vegetación agrícola no se toma en consideración por la inexistencia de dichas prácticas en la unidad hidrográfica del río Ambato, no influye en el resultado final porque a este factor se acredita el valor de 1 con unidades adimensionales.

6.6. Factor A.

Ilustración 8. Mapa USLE/RUSLE 1.990.



Elaborado por: Andrés López & HGPT

Los resultados de la erosión hídrica para el año 1990, 200 Y 2014 de la unidad hidrográfica del río Ambato se comprobó con el método USLE/RUSLE donde se representa en las ilustraciones (8, 9 y 10) utilizando análisis espacio temporales y mapas temáticos, siendo necesario la multiplicación de todos los factores para obtener la pérdida de suelo por hectárea.

Los resultados obtenidos parten del estudio minucioso de todos los factores inherentes a la ecuación obteniendo cuatro categorías de amenazas: Ninguna o ligera, moderada, alta y muy alta.

Por consiguiente la presencia de erosión potencial (ilustración 8) para el año 1.990 se encuentra con más presencia en el Noreste obteniendo los siguientes rangos: Ninguna o ligera con 53.515,29 ha representado el 52,22% de la superficie del terreno, moderada 39.887,93 ha representado el 38,92% de la superficie del terreno, alta 8.886,39 ha representado el 8,67% de la superficie del terreno y la erosión muy alta con 199,32 ha representado 0,19% de la superficie del terreno localizada en las quebradas cercanas a los ríos en la unidad hidrográfica del río Ambato.

Tabla 8. Superficie de pérdida de suelo 1990.

USLE/RUSLE 1.990			
CODIGO	USLE	Superficie (ha)1.990	Superficie %
1	0-10	53.515,29	52,22%
2	10-50	39.887,93	38,92%
3	50-200	8.886,39	8,67%
4	>200	199,32	0,19%
		102488,93	100%

Ilustración 9. Erosión hídrica USLE/RUSLE 1990.

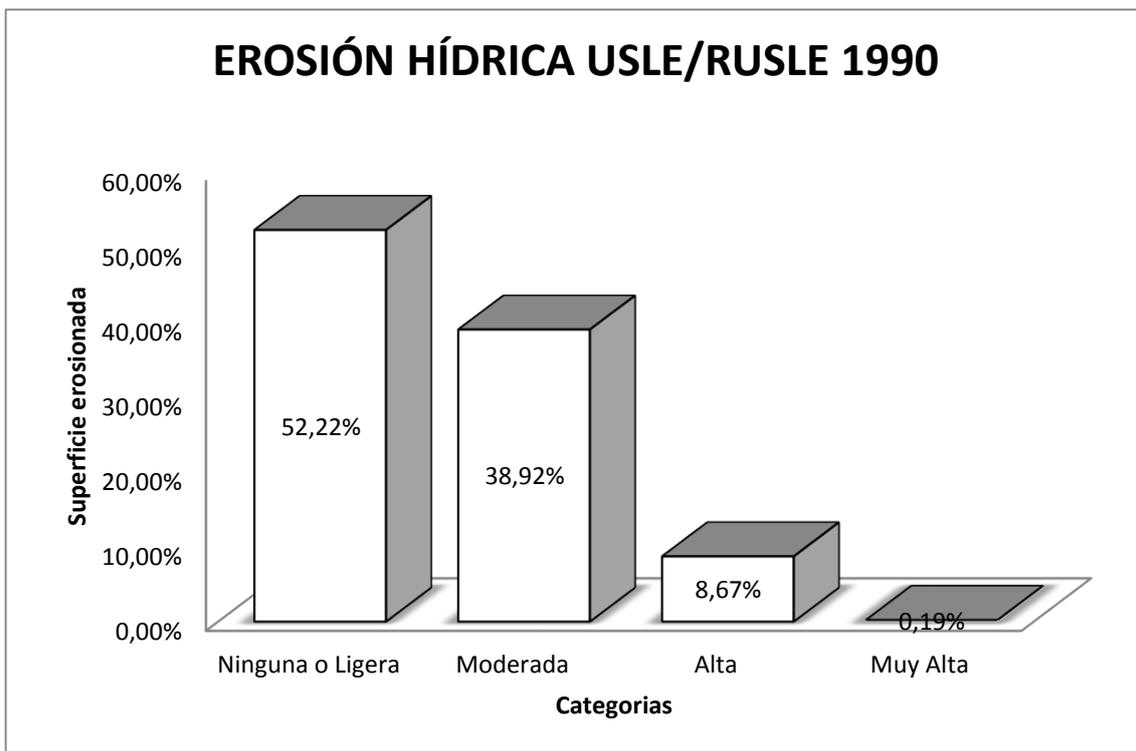
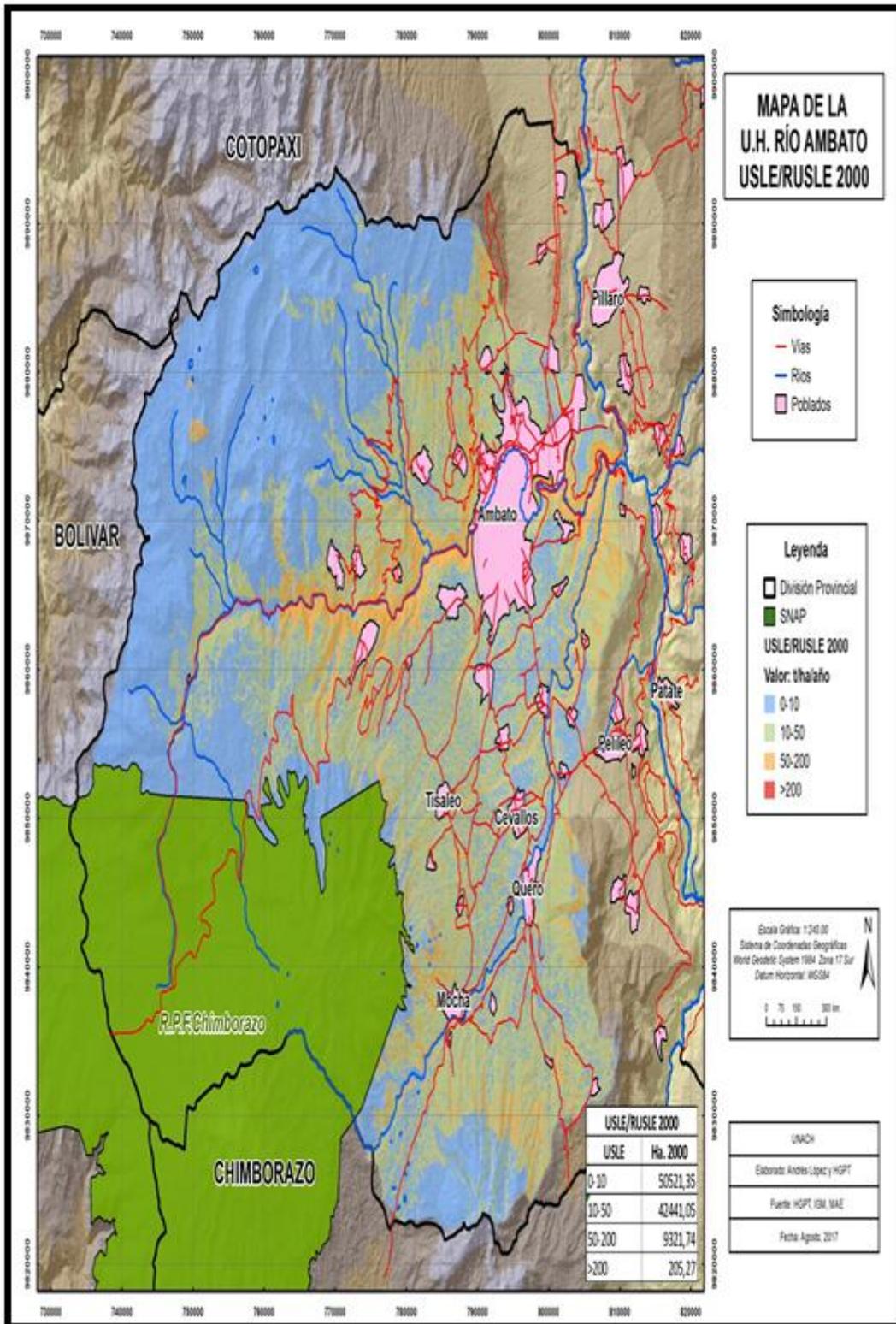


Ilustración 10. Mapa USLE/RUSLE 2000.



Elaborado por: Andrés López & HGPT

La presencia de erosión potencial en la (ilustración 10) para el año 2.000 se encuentra con más presencia en el Noreste obteniendo los siguientes rangos: Ninguna o ligera con 50.521,35 ha representado el 49,29% de la superficie del terreno, moderada 42.441,05 ha representado el 41,41% de la superficie del terreno, alta 9.321,74 ha representado el 9,10% de la superficie del terreno y la erosión muy alta con 205,27 ha representado el 0,20% de la superficie del terreno localizada en las quebradas cercanas a los ríos en la unidad hidrográfica del río Ambato.

Tabla 9. Superficie de pérdida de suelo 2000.

USLE/RUSLE 2.000			
CODIGO	USLE	Superficie (ha) 2.000	Superficie %
1	0-10	50.521,35	49,29%
2	10-50	42.441,05	41,41%
3	50-200	9.321,74	9,10%
4	>200	205,27	0,20%
		102489,40	100%

Ilustración 11. Erosión hídrica 2000.

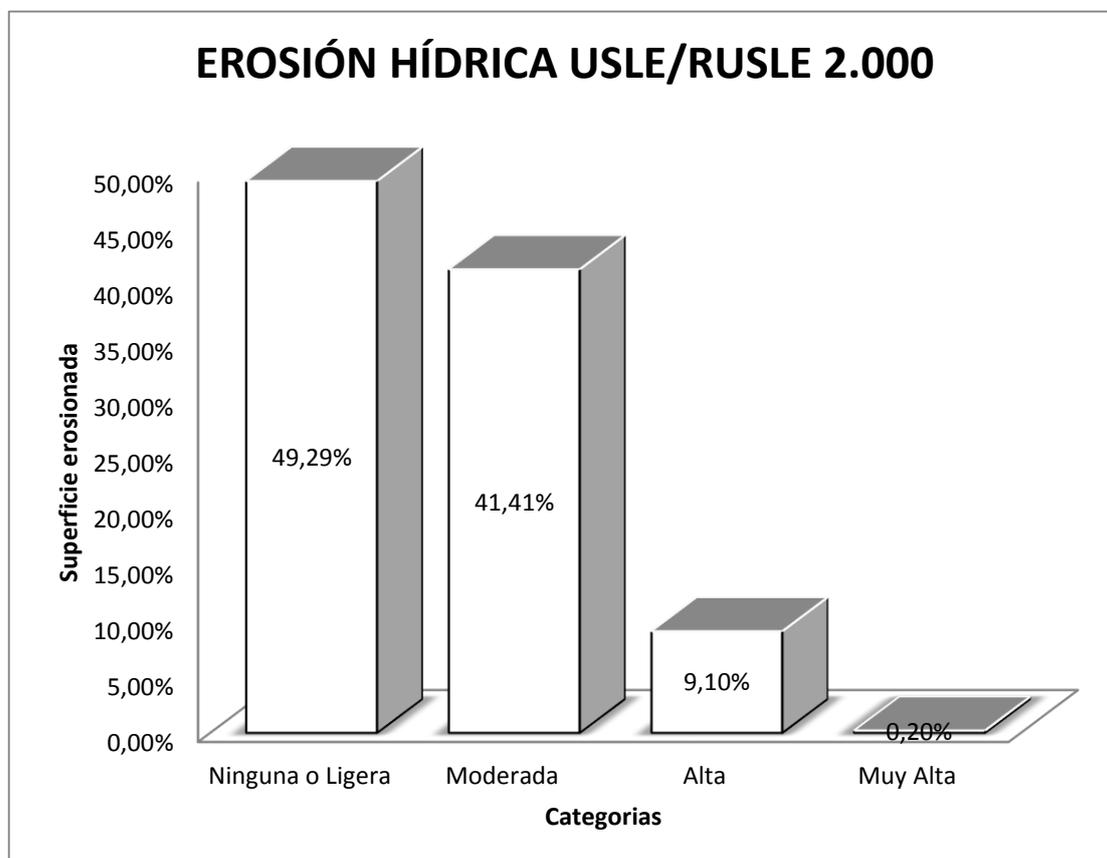
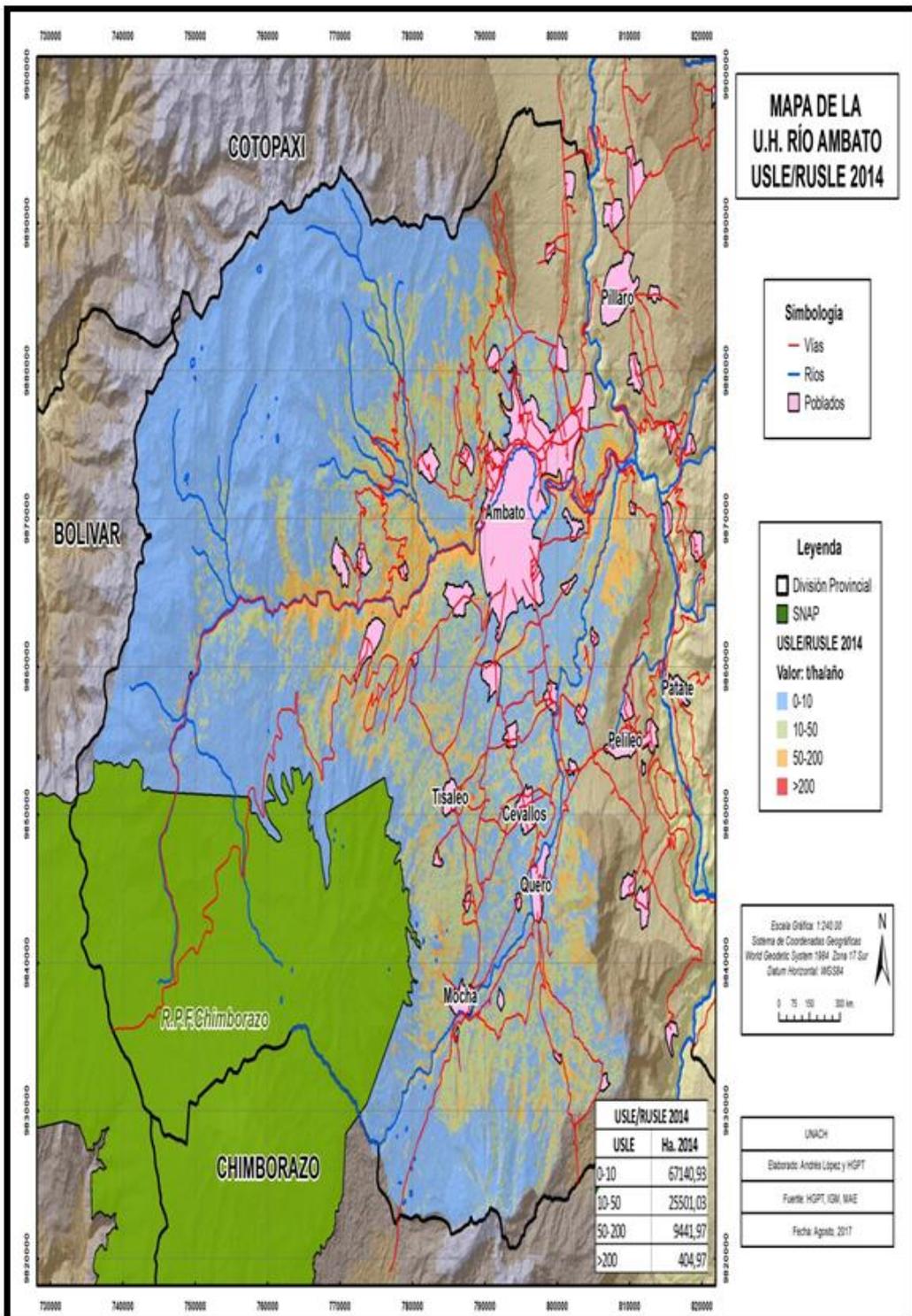


Ilustración 12 Mapa USLE/RUSLE 2.014.



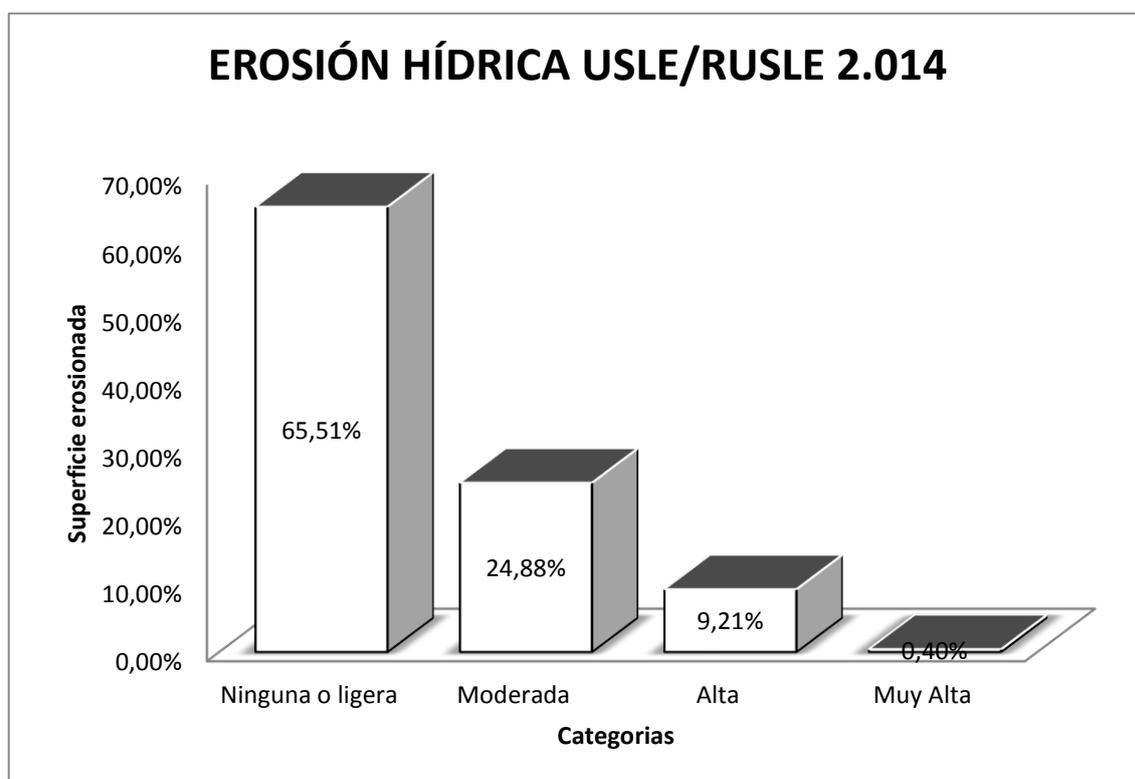
Elaborado por: Andrés López & HGPT

La presencia de erosión potencial en la (ilustración 12) para el año 2.014 se encuentra reducida por el aumento de la cubierta vegetal debido a prácticas agrícolas en el Noreste y Noroeste obteniendo los siguientes rangos: Ninguna o ligera con 67.140,93 ha representado el 65,51% de la superficie del terreno, moderada 25.501,03 ha representado el 24,88% de la superficie del terreno, alta 9.441,97 ha representado el 9,21% de la superficie del terreno y la erosión muy alta con 404,97 ha representado el 0,40% de la superficie del terreno localizada en las quebradas cercanas a los ríos en la unidad hidrográfica del río Ambato.

Tabla 10. Superficie de pérdida de suelo 2.014

USLE/RUSLE 2.014			
CODIGO	USLE	Superficie (ha)2.000	Superficie %
1	0-10	67140,93	65,51%
2	10-50	25501,03	24,88%
3	50-200	9441,97	9,21%
4	>200	404,97	0,40%
		102.488,91	100%

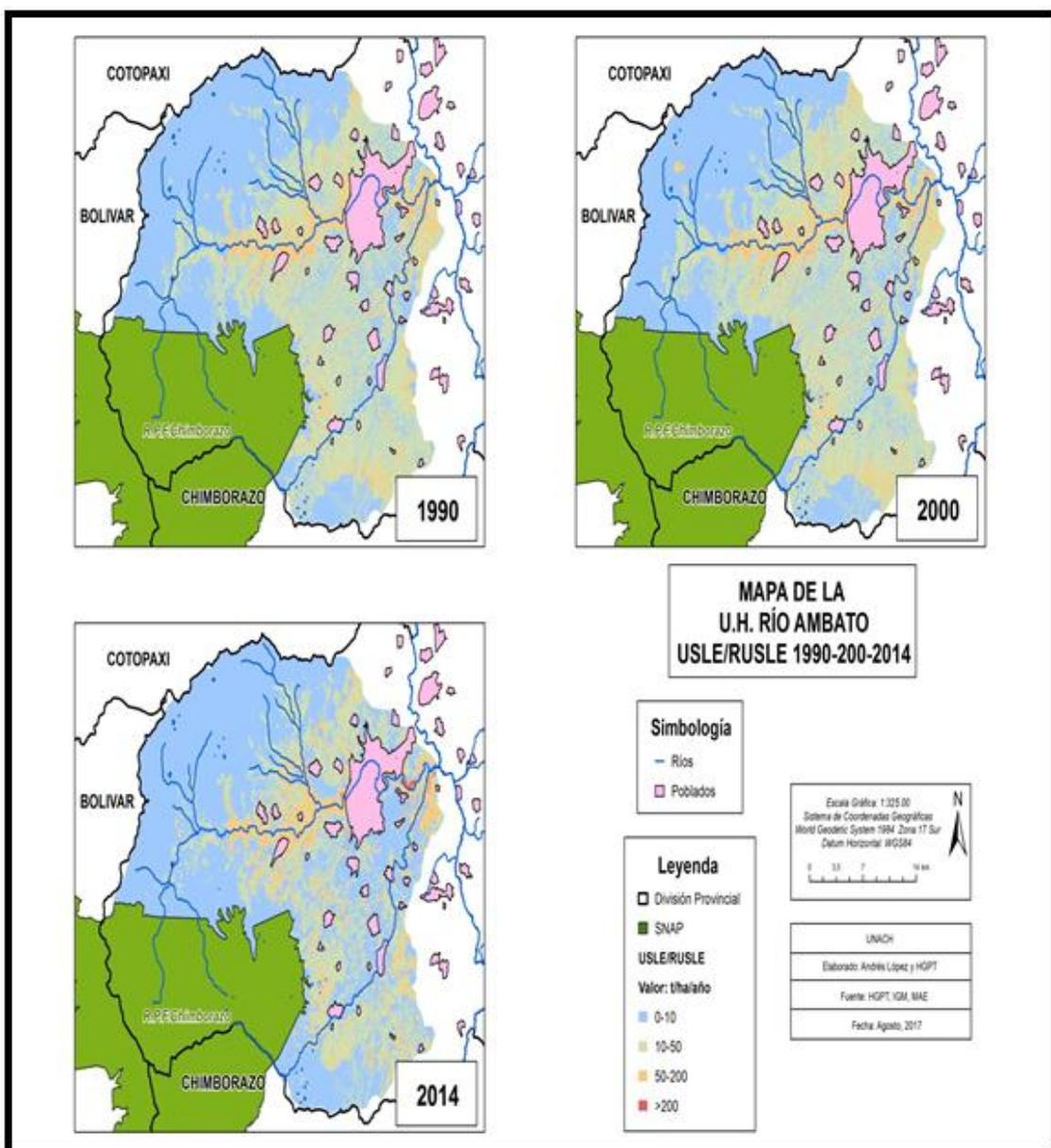
Ilustración 13. Erosión hídrica 2.014.



6.7. Tasa de erosividad USLE/RUSLE.

La tasa de erosividad para los años 1.990, 2.000 y 2.014 varía según transcurre los pasos de los años, se demuestra que la cubierta vegetal es una factor predominante en la disminución de la pérdida de suelo en la unidad hidrográfica del río Ambato por precipitaciones debido a la protección por recubrimiento vegetal. Se compara que a mayor cobertura vegetal menor será la erosión hídrica a menor cobertura vegetal mayor será el impacto hídrico en el suelo.

Ilustración 14. Mapa tasa de cambios.



Elaborado por: Andrés López & HGPT

Tabla 11. Tasa de cambios.

Categorías USLE		1.990	2.000	2.014
Ninguna o ligera	0-10	52,22%	49,29%	65,51%
Moderada	10-50	38,92%	41,41%	24,88%
Alta	50-200	8,67%	9,10%	9,21%
Muy Alta	>200	0,19%	0,20%	0,40%

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.2. Conclusiones:

- ✓ El Índice de Fournier modificado ha sido ampliamente utilizado para estimar el factor R, es decir, evaluar la intensidad con que la lluvia incide sobre la tasa de erosión de los suelos a partir de las precipitaciones, que en el caso de la cuenca del río Ambato se encuentra entre muy baja y baja; lo que se puede explicar si consideramos que las precipitaciones mensuales en esta cuenca están entre los 100 y los 200 mm.
- ✓ La estación Tisaleo revela el mayor valor para el factor R, que podría obedecer a que la precipitación media mensual en esta estación es de 732 mm, valor superior al de otras estaciones presentes en la cuenca que muestran medias de 550 mm en promedio.
- ✓ El factor de erodabilidad K representa la estructura textural determinada de un suelo. Este factor es función del porcentaje de limo y arena fina, del porcentaje de arena gruesa, de la estructura del suelo, de su permeabilidad, y del porcentaje de materia orgánica que posee. En la unidad hidrográfica Ambato, se determinan 152 texturas (MAGAP 2014) tales como Suelo Franco **0,37** Mg.ha.hr/ha.MJ.mm, Franco – Arenoso **0,49** Mg.ha.hr/ha.MJ.mm, Franco – Limoso. **0,55** Mg.ha.hr/ha.MJ.mm, Franco Arcilloso **0,40** Mg.ha.hr/ha.MJ.mm, Franco Arcilloso Arenoso **0,45** Mg.ha.hr/ha.MJ.mm, estos suelos se encuentran en el Noreste donde se registra mayor erosión en todos los años de estudio siendo susceptible a la pérdida de suelo.
- ✓ Los resultados del factor de longitud y grado de la pendiente LS se encuentran en un rango de bajo con 0% y el rango más alto es de 37,68% este último valor se registra espacialmente en el Noreste donde a mayor pendiente aumenta la vulnerabilidad a la pérdida de suelo, la topografía concuerda con la realidad

debido a que la topografía en el área de estudio es muy escarpada específicamente en el Noreste.

- ✓ La estimación de la erosión hídrica (A) es un proceso complejo que depende de la disponibilidad de información histórica de las diferentes variables que componen la ecuación RUSLE. La información se pudo obtener únicamente de los años 1990, 2000 y 2014 que permitió evaluar que un factor muy incidente para la determinación de la erosión hídrica es el factor C, el cual evidencia que sin cubierta vegetal se pierde grandes hectáreas de suelo y el uso de suelo por cultivos evita que el proceso de erosión se pueda realizar, establecer los rangos del factor C son muy difíciles porque los cultivos varían de forma semestral o anual.
- ✓ Los resultados finales son los esperados debido a los bajos registros pluviográficos que se demuestra en el área de estudio, edafología, grado de pendiente y la presencia de cobertura vegetal a lo largo y ancho de la unidad hidrográfica del río Ambato favorecen al fenómeno de pérdida de suelo llegando a ser dependiente del cambio climático, por lo que la pérdida de suelo se encuentra en todos los rangos establecidos por la ecuación USLE/RUSLE.
- ✓ En los resultados obtenidos de la ecuación universal de la pérdida de suelo USLE/RUSLE se determinó que en el año de 1990 la erosividad es mayor en relación a los años 2000 y 2014 debido a las prácticas de cubierta vegetal que según los datos del MAGAP no se realizaba en ese año, los años 2000 y 2014 tienen una erosividad menor por el avance de la frontera agrícola ya que este proceso recubre el suelo con cultivos evitando que se realice el proceso de pérdida de suelo por precipitación.
- ✓ La determinación del factor R y la erosión hídrica RUSLE es una herramienta útil tanto para la planificación del uso de la tierra como para la gestión de la agricultura.

7.3. Recomendaciones:

- ✓ Se recomienda utilizar este estudio para la toma de decisiones en la gestión para recuperación de los suelos erosionados en la unidad hidrográfica del río Ambato.
- ✓ Se recomienda al INAMHI Tener registros pluviográficos de alta resolución.
- ✓ Crear un plan de acción ambiental frente a la erosividad hídrica con las entidades públicas y las comunidades afectadas, para evitar pérdidas de suelo.
- ✓ Capacitar a las comunidades sobre el uso y manejo adecuado de tierras agropecuarias, el uso de cultivos y recuperación de suelos.
- ✓ Aplicar esta metodología para el estudio de la erosión hídrica en otras microcuencas, con la finalidad de obtener resultados históricos y actuales.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- Alcañiz, J. M. (2008). Erosión: Evaluación del riesgo erosivo y prácticas de protección del suelo. In Creaf (Ed.), *Evaluación y prevención de riesgos ambientales en Centroamérica*. (Documenta, p. 400 p, pp 125). España. Retrieved from http://www.creaf.uab.es/propies/pilar/LibroRiesgos/05_Capítulo4.pdf
- Calahorano, J., Mery, M., Dolores, G., Silva, F., Audelo, M., & Tingo, J. (2016). Boxplots y Media Móvil: Métodos sencillos de interpretación de series temporales de precipitación en la cuenca del río Pastaza. *Revista PERFILES*. 16(2), 16, 2016.
- Castro, Q. (2015). Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Quindío, Colombia, 66(1), 25–31.
- Ciseros, J., Cholaky, C., Cantero Gurtiérrez, A., González, J., Reynero, M., Diez, A., & Bergesio, L. (2012). *Erosión Hídrica, principios y técnicas de manejo*. (U. N. de R. Cuarto, Ed.) (UniRo). Retrieved from http://www.todoagro.com.ar/documentos/2013/Erosion_Hidrica.pdf
- Cruz, E., Chela, E., Monar B, C., Valverde, F., Cartagena, A., & Yamil, E. (2010, October). Evaluación de la pérdida productiva y económica por la erosión hídrica en tres sistemas de producción en la microcuenca del río Alumbre, provincia Bolívar, Ecuador. *XII Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, pp. 17–19. Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2517>
- H.G.P.T. (2014). *Plan provincial de riego Tungurahua 2014 - 2029*. Ambato. Retrieved from <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/#/documentos/vista/549888cc83ba884a6000007d>
- H.G.P.T. (2015). *Gestión Actual de los Recursos Hídricos en la Subcuenca del río Ambato desde los Actores*. Tungurahua. Retrieved from <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/ver/56cc9a4283ba88c90ac8c289>
- Jaramillo Veliz, J. J., & Sandoval Simba, G. E. (2015). *Estudio del riesgo por erosión hídrica del suelo utilizando el modelo U.S.L.E, mediante herramientas S.I.G, aplicado en la Subcuenca río*. Universidad Central del Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4235/1/T-UCE-0011-64.pdf>
- Marroquín Melchor, J. I., & Fuentes Chagoya, J. L. (2016, September). Diagnóstico de la erosión hídrica en la cuenca del río Tuxpan, Veracruz, México. *Aqua- LAC*, pp. 25–35. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Jose_Isidro_Marroquin/publication/314395735_Diagnostico_de_la_erosion_hidrica_en_la_cuenca_del_rio_Tuxpan_Veracruz_Mexico/links/58c1723292851c2adf eebf0f/Diagnostico-de-la-erosion-hidrica-en-la-cuenca-del-rio-Tuxpan-Ver
- Merchan, M., Valverde, F., Novoa, V., & Pumisacho, M. (2009, November). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado de suelos en el cultivo de la papa guía para facilitar el integrado de suelos en el cultivo de papa. *Manual No. 79*, 218 p. Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/844>
- Ovalles, P., & Resl, R. (2013). *Análisis comparativo de la pérdida de suelo de la cuenca alta de la presa de Sabana Yegua, usando sistema de información geográfica (SIG) y métodos directos*. Universidad San Francisco de Quito. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2866>
- Reyes Garcés, O. A., & Álvaro, S. S. (2013). *Estimación de la erodabilidad de un suelo mezclado con Biosólidos*. Universidad del Bío - Bío.
- Salazar, Á. D. (2012). *Riesgo de erosión hídrica en la cuenca hidrográfica del río Mundo*. Universidad Complutense Madrid. Retrieved from <http://eprints.ucm.es/17468/>
- Tapia, J. C. (2012). *Modelización hidrológica de un área experimental en la cuenca del río Guayas en la producción de caudales y sedimentos*. Universidad Nacional de la Plata. Retrieved from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/983>
- Verbist, K., Santibañez, F., Gabriels, D., & Soto, G. (2010). *Documento técnico N° 25. Atlas de zonas áridas de américa latina y el Caribe*. Retrieved from http://www.cazalac.org/mapa_zs.php%0A1

9. ANEXOS.

a. Tisaleo

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma^2	Suma Anual
1989	2,27	2,11	4,55	1,69	3,00	4,94	2,10	0,77	1,97	2,15	1,09	0,35		26,99
1990	1,02	1,68	1,51	2,08	2,27	2,34	1,58	1,65	1,08	3,70	1,52	1,46		21,88
1991	0,83	0,87	2,04	2,14	2,43	2,39	1,78	2,00	0,88	1,28	3,65	0,68		20,97
1992	0,43	1,68	2,82	2,31	1,61	1,47	1,81	0,85	1,83	0,83	3,04	0,49		19,18
1993	1,60	2,29	4,39	2,71	2,29	1,33	2,54	1,58	1,57	1,63	1,65	1,37		24,95
1994	2,66	1,80	2,07	4,10	2,49	2,67	2,61	2,17	1,38	1,60	2,46	3,97		29,98
1995	1,04	0,15	1,33	2,43	2,13	2,05	3,67	1,52	1,29	0,82	2,28	1,54		20,24
1996	2,34	3,52	2,30	2,51	2,63	2,18	1,31	1,56	1,74	1,24	1,55	1,28		24,15
1997	1,55	2,07	2,38	1,30	2,09	1,46	2,66	1,51	1,46	1,42	4,97	1,57		24,43
1998	1,10	1,87	1,51	3,44	4,43	2,73	2,27	1,79	0,90	2,09	0,88	0,68		23,68
1999	1,74	3,68	2,34	3,50	2,23	3,27	1,30	2,06	3,68	0,96	1,64	4,41		30,81
2000	1,87	3,37	2,57	3,27	7,38	3,21	1,18	2,06	1,90	0,86	0,58	2,49		30,75
2001	1,58	0,00	2,98	1,20	1,71	2,56	1,84	1,17	1,72	0,72	1,20	1,16		17,85
2002	1,03	1,56	2,65	2,79	2,65	2,05	1,17	1,27	1,76	2,60	2,57	0,82		22,91
2003	1,50	1,26	2,06	2,19	2,18	2,67	1,40	0,76	0,99	2,53	1,27	3,15		21,95
2004	0,28	2,08	2,03	3,78	3,50	1,90	2,19	1,22	1,59	1,42	2,99	2,40		25,37
2005	0,62	4,06	3,38	3,85	1,77	28,06	14,75	10,53	1,79	1,74	1,79	1,74		74,08
2006	1,81	2,01	1,81	3,32	2,49	2,77	0,80	1,09	1,75	4,00	1,87	4,66		28,38
2007	4,00	0,66	3,09	3,91	2,57	5,83	1,19	2,30	2,38	2,30	2,38	2,30		32,91
2008	2,32	2,57	2,32	2,40	2,40	2,40	2,32	2,32	2,40	2,32	2,40	2,32		28,49
2009	1,60	1,78	1,60	1,68	1,60	3,02	2,14	1,05	0,66	2,74	0,96	0,47		19,30
2010	0,69	1,57	1,59	3,93	2,95	3,08	1,88	1,75	1,98	0,68	3,70	1,18		24,97

2011	1,43	3,77	2,02	4,71	2,22	2,50	1,87	1,54	1,49	0,39	1,62	1,71	25,26
2012	2,01	4,13	1,28	5,90	1,90	1,83	1,06	1,71	2,12	2,31	4,03	1,17	29,44
2013	1,03	6,12	1,79	3,00	2,77	2,92	1,80	1,13	2,09	1,78	3,41	0,93	28,76
2014	1,95	1,22	1,99	3,30	3,22	3,07	1,56	2,07	2,83	1,83	1,81	1,40	26,27
Sum men.	40,31	57,88	60,38	77,44	68,90	94,68	60,79	49,43	45,23	45,92	57,30	45,71	703,96
^	1625,1	3349,67	3645,2	5996,3	4747,0	8964,7	3694,8	2443,1	2046,01	2109,07	3282,76	2089,40	43993,5
cuadrado	9		8	9	2	2	7	7					4

Querocha.

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembr e	Octubre	Noviembr e	Diciembr e	Suma^2	Suma Anual
1989	1,08	1,54	3,25	1,25	2,29	5,16	1,97	0,21	1,49	1,77	0,68	0,25		20,93
1990	0,59	1,90	1,54	1,99	2,05	2,37	1,41	1,25	1,11	3,54	1,42	0,97		20,13
1991	1,18	1,20	1,42	1,24	1,98	3,09	2,12	1,33	0,58	1,17	2,54	0,68		18,52
1992	0,34	1,35	1,60	2,26	1,29	1,24	1,88	0,73	1,15	0,55	1,68	0,30		14,35
1993	1,055	1,300	2,513	2,727	2,110	1,083	2,313	0,910	0,883	1,219	2,257	0,761		19,13
1994	1,45	1,21	1,63	2,55	1,44	2,73	1,93	2,37	0,67	1,39	1,65	1,60		20,62
1995	0,58	0,11	1,02	2,33	1,73	1,35	3,27	1,54	0,86	0,69	1,87	1,05		16,40
1996	2,10	2,17	1,45	2,05	2,10	1,92	1,57	1,23	1,55	0,49	1,12	1,27		19,03
1997	1,20	1,02	1,52	0,74	1,63	1,59	2,88	1,45	0,70	1,09	3,73	1,35		18,92
1998	0,73	1,53	0,95	3,32	3,04	2,77	1,85	1,25	0,48	1,98	0,39	0,37		18,68
1999	1,85	2,75	1,89	2,51	1,60	2,69	0,75	1,96	3,55	0,76	0,80	2,78		23,89
2000	2,00	3,14	1,58	2,41	6,95	3,53	1,12	1,81	1,42	0,84	0,35	1,76		26,92
2001	0,76	1,33	2,16	1,57	1,32	2,74	1,45	1,01	0,98	0,89	0,54	2,38		17,14
2002	0,81	1,66	1,27	2,35	2,55	2,17	1,87	1,01	0,78	1,90	1,83	1,35		19,54
2003	1,28	1,14	1,62	1,21	1,15	2,46	0,90	0,23	0,44	1,82	1,28	0,87		14,41
2004	0,05	1,42	1,95	2,62	2,44	1,23	1,80	1,12	1,28	0,82	2,72	1,22		18,68
2005	0,41	1,81	2,68	2,63	1,43	2,55	0,82	0,60	0,42	0,79	1,07	2,55		17,77
2006	1,51	1,45	1,71	1,88	1,20	2,85	0,58	1,31	1,25	1,20	2,54	1,18		18,68
2007	2,01	0,68	2,74	2,91	2,98	5,29	0,79	2,42	1,23	1,29	1,10	1,29		24,73
2008	0,90	3,22	2,10	2,71	2,40	2,34	2,22	1,76	1,61	2,44	2,01	1,32		25,05
2009	1,83	1,54	0,87	2,31	1,09	3,16	1,72	0,88	0,41	1,43	0,49	0,28		16,03
2010	0,38	1,34	1,70	3,13	2,29	2,25	1,97	1,35	1,42	0,85	3,72	2,61		23,01
2011	1,23	2,58	1,28	3,63	2,45	1,87	1,87	2,56	1,39	0,51	1,90	3,20		24,46
2012	1,739	1,69	0,75	3,06	1,22	1,20	1,92	1,55	0,94	2,68	0,73	0,55		18,03
2013	0,90	3,65	1,11	1,25	1,97	1,36	2,53	1,15	1,16	1,74	1,49	0,63		18,94

2014	1,28	0,51	1,94	1,63	2,74	2,55	1,9	1,87	1,32	1,51	0,61	0,79		18,65
Sum	29,21	43,22	44,27	58,27	55,43	63,57	45,41	34,86	29,07	35,38	40,54	33,38		512,61
men.														
^	853,38	1868,13	1960,2	3395,3	3072,	4041,1	2062,4	1215,0	844,87	1251,63	1643,49	1114,42	23322,2	45,50
cuadrad			0	9	05	4	8	2					1	
o														

Pilahuín.

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma^2	Suma Anual
1989	2,42	1,69	4,00	1,31	2,63	4,45	2,26	0,55	1,25	1,92	0,72	0,35		23,54
1990	0,90	2,23	1,27	1,85	2,32	1,62	1,56	1,04	0,65	3,99	0,79	1,17		19,37
1991	0,67	0,68	2,32	1,29	2,35	2,20	2,46	1,08	0,28	1,23	2,61	0,51		17,67
1992	0,45	2,06	3,52	1,86	1,41	1,06	1,96	0,88	1,29	0,89	1,10	0,64		17,11
1993	0,00	2,56	2,32	2,71	2,32	1,19	2,77	1,18	1,93	1,05	1,35	1,84		21,22
1994	2,81	0,83	2,77	2,76	2,40	2,09	2,56	2,77	1,07	1,29	2,75	1,64		25,74
1995	0,81	0,12	1,43	2,45	3,32	1,93	2,95	1,29	0,95	0,82	3,08	2,22		21,38
1996	2,74	2,77	1,71	2,78	3,34	2,54	1,78	1,28	1,76	1,11	1,92	1,14		24,86
1997	2,06	2,49	2,31	1,61	2,31	1,49	2,16	1,44	1,75	1,31	3,98	1,99		24,91
1998	1,25	2,30	1,48	3,09	3,79	2,89	3,10	1,65	0,95	2,73	2,06	1,91		27,20
1999	1,45	4,64	3,23	3,58	2,03	3,02	1,16	2,39	3,57	1,05	0,79	4,35		31,26
2000	1,60	3,77	2,39	3,11	7,11	3,10	0,98	1,92	2,05	0,59	0,90	1,77		29,30
2001	1,35	2,08	1,82	2,22	1,77	2,94	1,60	0,80	1,33	0,17	1,80	1,97		19,85
2002	1,28	1,73	2,78	2,89	2,79	2,23	1,55	1,02	0,83	1,82	3,91	1,37		24,19
2003	1,23	1,45	3,05	1,95	1,69	2,17	0,85	0,46	1,19	2,27	1,61	1,47		19,40
2004	0,60	2,03	1,61	3,49	3,67	1,70	2,01	1,17	1,62	1,48	2,38	1,71		23,47
2005	0,81	3,83	3,52	3,62	1,74	2,57	1,30	0,73	2,07	1,43	1,44	3,83		26,88
2006	1,80	1,87	2,53	2,71	1,50	3,07	0,57	1,46	1,12	1,24	1,94	2,57		22,38
2007	1,82	0,59	3,42	3,07	1,92	5,55	0,69	3,10	0,99	1,77	1,97	1,76		26,66
2008	2,65	3,68	2,72	3,80	3,77	1,95	2,31	2,30	1,76	2,61	3,03	1,91		32,50
2009	3,00	2,14	1,46	2,67	0,96	3,00	2,23	0,63	0,48	1,20	0,62	0,95		19,35
2010	0,73	2,15	1,65	3,57	2,84	3,68	2,05	1,55	1,84	0,89	3,57	2,78		27,30
2011	1,22	2,56	1,39	4,75	3,18	2,23	2,05	1,84	2,24	0,96	2,69	3,74		28,84

2012	3,26	3,27	2,03	4,22	1,98	1,28	1,19	1,85	1,37	2,17	1,51	1,04	25,17	
2013	1,58	2,88	1,82	1,81	2,85	1,69	2,05	1,22	0,97	1,92	0,41	1,27	20,47	
2014	2,17	0,81	2,83	2,11	2,54	3,27	1,11	2,35	1,69	1,53	0,83	4,05	25,28	
Sum mens.	40,66	57,21	61,36	71,28	68,54	64,90	47,28	37,94	37,00	39,43	49,75	49,97	625,3 1	
^ cuadrado	1652,9 8	3272,50	3764,8 1	5080,3 6	4698,3 3	4211,8 3	2235,2 0	1439,5 4	1369,06	1554,43	2475,22	2497,30	34251,5 7	54,78

Convenio Calamáca.

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma^2	Suma Anual
1989	2,79	2,08	3,85	1,43	3,50	4,20	1,51	0,54	2,20	1,49	0,2	0,19		23,96
1990	1,84	1,43	2,28	2,40	1,88	1,27	0,49	1,62	0,72	4,65	1,32	1,55		21,45
1991	2,25	0,54	1,82	1,37	2,54	2,15	2,59	1,92	0,64	1,29	3,01	1,25		21,35
1992	0,55	1,26	2,30	1,86	1,65	2,25	5,65	1,27	1,09	0,93	1,58	1,53		21,94
1993	1,57	1,74	1,57	1,62	1,57	1,62	1,57	1,57	1,62	1,57	1,62	1,57		19,21
1994	1,95	2,16	1,95	2,01	1,95	2,01	1,95	1,95	2,01	1,95	2,01	1,95		23,85
1995	1,61	1,78	1,61	1,66	1,61	1,66	1,61	1,61	1,66	1,61	1,66	1,61		19,69
1996	1,70	1,89	1,70	1,76	1,70	1,76	1,70	1,70	1,76	1,70	1,76	1,70		20,83
1997	1,86	8,51	7,42	1,99	0,90	0,47	1,39	0,81	1,92	1,86	1,92	1,86		30,92
1998	2,05	2,27	2,05	2,12	2,05	2,12	2,05	2,05	2,12	2,05	2,12	2,05		25,10
1999	2,78	1,83	2,53	4,05	1,58	1,58	1,14	2,21	2,74	1,07	1,57	4,07		27,15
2000	1,41	2,55	2,98	3,09	4,18	3,56	1,85	2,06	2,06	0,26	0,07	1,23		25,30
2001	2,22	1,95	0,64	0,39	0,52	0,79	1,80	1,13	0,97	0,24	0,23	0,04		10,93
2002	0,08	3,17	1,84	2,59	2,08	2,27	2,34	0,97	0,53	1,82	2,92	1,78		22,40
2003	0,85	0,60	3,02	2,38	2,34	1,37	0,80	0,42	1,91	1,70	1,03	1,75		18,15
2004	0,77	1,37	1,76	2,45	3,72	2,63	2,48	1,40	1,19	0,96	1,18	0,69		20,63
2005	0,32	1,96	2,94	1,49	1,70	1,66	1,42	1,19	0,86	1,19	1,54	3,09		19,36
2006	2,51	3,35	2,87	2,49	1,47	2,96	0,92	2,34	1,06	0,98	1,23	3,28		25,46
2007	2,07	0,89	2,46	3,98	2,26	10,67	1,88	2,29	2,26	1,63	2,65	1,94		34,98
2008	2,59	2,68	3,65	2,64	2,63	3,29	3,73	3,72	2,29	2,71	2,20	2,72		34,84
2009	3,22	1,44	1,77	2,39	1,42	3,73	2,90	1,05	0,35	1,80	0,91	0,97		21,96
2010	1,08	3,43	1,68	1,81	3,41	3,08	2,43	1,99	1,20	0,61	3,86	2,81		27,38
2011	2,05	3,85	1,69	3,97	1,83	1,71	5,29	1,41	2,61	1,05	1,88	1,83		29,17
2012	3,49	3,31	1,51	3,69	2,07	2,49	2,46	2,31	1,42	1,77	1,11	1,52		27,17
2013	2,77	2,87	1,94	2,00	1,28	1,12	1,08	1,57	1,16	1,08	0,5	0,87		18,24

2014	2,30	0,28	2,09	1,21	2,90	5,21	1,68	2,13	2,19	1,08	0,52	0,77		22,38
Sum men.	48,68	59,17	61,95	58,83	54,75	67,63	54,72	43,23	40,53	39,06	40,61	44,61		613,78
^	2369,6	3500,9	3837,9	3460,8	2997,7	4574,2	2994,3	1869,0	1642,31	1525,92	1649,32	1990,25	32412,5	52,81
cuadrado	5	5	1	8	6	4	1	7					7	

Pedro Fermín Cevallos.

AÑO	Ener o	Febrer o	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost o	Septiembr e	Octubr e	Noviembr e	Diciembr e	Suma^ 2	Suma Anual
1989	1,09	1,47	3,07	1,21	2,35	4,82	2,12	0,12	1,26	1,79	0,57	0,23		20,08
1990	0,44	1,44	1,09	1,33	1,78	1,92	1,23	0,86	0,89	3,53	0,75	0,81		16,06
1991	0,28	0,71	1,22	0,91	1,80	2,59	1,58	0,75	0,37	0,99	2,18	0,53		13,91
1992	0,16	1,16	1,57	1,81	1,07	1,28	1,03	0,56	1,00	0,42	1,13	0,16		11,36
1993	0,97	1,11	2,13	2,37	1,81	0,64	1,78	0,65	1,11	0,92	2,15	0,66		16,30
1994	1,27	0,98	1,60	2,37	1,36	2,16	1,59	1,84	0,44	1,32	2,02	1,49		18,44
1995	0,47	0,13	0,94	2,07	1,66	1,16	2,88	4,00	0,71	0,65	2,02	1,07		17,75
1996	2,06	2,01	1,25	1,25	2,19	1,65	1,13	0,99	1,50	0,41	1,09	0,87		16,41
1997	1,10	0,84	1,36	0,55	1,59	0,89	2,41	1,05	1,29	1,10	3,49	1,16		16,83
1998	0,75	1,34	0,76	3,06	2,63	2,05	1,78	1,12	0,47	1,59	0,61	0,35		16,51
1999	1,76	2,75	1,92	1,95	1,46	2,60	0,49	1,83	3,24	0,51	0,90	2,90		22,31
2000	1,32	2,83	1,45	2,39	6,44	3,43	0,97	2,13	2,04	1,97	2,04	1,97		28,98
2001	0,90	1,40	1,40	1,90	2,00	1,80	0,80	1,05	1,10	1,10	1,40	1,00		15,85
2002	0,39	1,09	1,51	2,48	2,52	1,81	0,67	0,92	0,57	1,88	1,71	1,24		16,80
2003	1,19	1,18	1,20	1,18	0,92	2,27	0,53	0,22	0,40	1,19	1,21	0,90		12,38
2004	0,00	1,25	1,77	2,56	2,47	0,82	1,50	0,94	1,12	1,00	2,22	1,04		16,70
2005	0,44	1,99	2,79	2,70	1,13	1,97	0,69	0,46	0,22	0,66	1,02	2,54		16,61
2006	1,37	1,78	1,90	1,59	1,03	2,49	0,40	1,18	1,09	1,22	2,78	1,20		18,02
2007	1,85	0,56	2,47	3,17	2,73	4,84	0,64	1,94	0,73	1,15	0,86	1,33		22,27
2008	0,77	3,01	1,61	2,39	2,2032258	2,00	1,55	1,56	1,38	2,18	1,70	1,18		21,54

2009	1,41	1,45	1,05	2,03	0,66	2,64	1,21	0,49	0,18	1,32	0,48	0,15	13,07
2010	0,27	1,03	1,43	2,72	2,05	2,11	1,90	0,96	1,19	0,47	3,63	2,38	20,14
2011	0,97	2,69	0,89	3,33	6,98	1,64	1,78	1,88	1,51	0,57	2,32	2,90	27,47
2012	1,15	0,86	0,60	4,82	1,05	0,96	1,27	1,15	0,74	3,88	0,63	0,58	17,68
2013	1,17	3,84	1,15	1,16	2,03	1,48	1,74	0,64	0,69	1,97	1,13	0,75	17,74
2014	1,25	0,31	1,73	1,41	2,25	1,18	1,11	1,54	1,22	1,85	0,53	0,72	15,10
Sum men.	24,82	39,19	39,84	54,70	56,14	53,21	34,79	30,84	26,48	35,63	40,57	30,11	466,32
^ cuadrado	615,9	1535,5	1587,4	2992,1	3151,63	2831,4	1210,6	951,41	700,94	1269,24	1645,92	906,53	19398,8
	1	8	8	3		5	5						8

b. Clases texturales del suelo.

X	Y	Altitud	Parroquia	No Horizontal	Textura	Mo %	Are na	Li mo	Arci lla	Drenaje	Permeabilidad	Cod. Tex.	Factor _K	M
749756	9859050	3293	SAN FERNANDO (PASA SAN FERNANDO)	1	Franco	4,18	38	38	24	Bueno	4	3	0,37391947	5776
749930	9860854	3407	SAN FERNANDO (PASA SAN FERNANDO)	1	Franco	9,04	40	46	14	Bueno	4	3	0,21521211	7396
748688	9857925	3019	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco arenoso	3,42	66	22	12	Bueno	2	3	0,49879536	7744
747064	9858189	3099	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco arenoso	2,96	64	22	14	Bueno	2	3	0,49848585	7396
749683	9854686	3293	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco limoso	3,32	32,78	57,18	10,04	Bueno	3	3	0,55246218	8092,8016
749426	9854871	3459	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco limoso	6,42	36,78	53,18	10,04	Bueno	3	3	0,3667614	8092,8016
749984	9856414	3397	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	3,10	37,96	46,5	15,54	Bueno	4	3	0,51671476	7133,4916
748109	9854979	3459	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	7,60	39,64	44,9	15,46	Bueno	4	3	0,28375673	7147,0116
743008	9857832	3421	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco arenoso	7,64	52,28	35,94	11,78	Bueno	2	3	0,25980358	7782,7684
741888	9858251	3363	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	9,85	41,54	45,5	12,96	Bueno	4	3	0,17445843	7575,9616
740269	9857441	3496	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco arenoso	8,16	56,28	30,5	13,22	Bueno	2	3	0,22190798	7530,7684
772536	9863392	2311	PICAIGUA	1	Franco arenoso	2,16	61,28	28,26	10,46	Bueno	2	3	0,59319442	8017,4116
757482	9859062	2704	SANTA ROSA	1	Franco arenoso	1,96	65,94	24,84	9,22	Bueno	2	3	0,62400317	8241,0084
751066	9860059	2704	SAN FERNANDO (PASA SAN FERNANDO)	1	Franco arenoso	8,13	63,94	28,84	7,22	Bueno	2	3	0,25872888	8608,1284
751915	9859530	2704	PASA	1	Franco	1,98	51,94	36,84	11,22	Bueno	4	3	0,63743241	7881,8884
754818	9857208	3007	JUAN BENIGNO VELA	1	Franco arenoso	1,48	59,94	30,84	9,22	Bueno	2	3	0,6533579	8241,0084

7546	9863	3446	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco	5,76	46,7	43,	10,0	Bueno	4	3	0,42860	8089,2
16	265						8	16	6				825	036
7544	9861	3368	PASA	1	Franco	2,31	40,7	36	23,2	Bueno	4	3	0,45949	5895,1
15	978						8		2				09	684
7538	9857	3239	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco arenoso	1,16	58,2	30	11,7	Bueno	2	3	0,63203	7793,3
28	593						8		2				479	584
7548	9856	3214	JUAN BENIGNO VELA	1	Franco arenoso	1,79	56,2	30	13,7	Bueno	2	3	0,56605	7444,2
33	292						8		2				807	384
7549	9855	3217	JUAN BENIGNO VELA	1	Franco arenoso	0,61	72,2	16	11,7	Bueno	2	3	0,66359	7793,3
66	201						8		2				56	584
7563	9857	3022	JUAN BENIGNO VELA	1	Franco arenoso	0,91	56,2	32	11,7	Bueno	2	3	0,64638	7793,3
06	156						8		2				061	584
7581	9855	3178	SANTA ROSA	1	Franco	2,01	48,2	40	11,7	Bueno	4	3	0,62825	7793,3
11	615						8		2				9	584
7577	9867	3531	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco	2,04	46,2	42	11,7	Bueno	4	3	0,62653	7793,3
42	068						8		2				75	584
7550	9865	3416	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco	8,68	38,2	48	13,7	Bueno	4	3	0,23581	7444,2
27	569						8		2				418	384
7566	9863	3227	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco	2,59	30,2	48	21,7	Bueno	4	3	0,46551	6127,7
41	753						8		2				854	584
7566	9863	3227	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	2	Franco	1,21	34,2	44	21,7	Bueno	4	3	0,52572	6127,7
41	753						8		2				211	584
7599	9861	3096	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco	1,09	44,2	42	13,7	Bueno	4	3	0,64918	7444,2
30	717						8		2				154	384
7616	9865	3028	SAN BARTOLOME DE PINLLOG	1	Franco limoso	3,21	32,7	50	17,2	Bueno	3	3	0,46809	6852,5
61	311						8		2				023	284
7603	9866	3323	AMBATILLO	1	Franco limoso	5,95	20,7	58	21,2	Bueno	3	3	0,30029	6206,2
91	912						8		2				539	884
7610	9868	3401	CONSTATINO FERNANDEZ (CAB EN CULLIT	1	Franco limoso	5,95	18,7	62	19,2	Bueno	3	3	0,31604	6525,4
10	580						8		2				856	084
7642	9865	2801	CONSTATINO FERNANDEZ (CAB EN CULLIT	1	Franco	1,31	50,7	38	11,2	Bueno	4	3	0,67637	7881,8
68	891						8		2				75	884
7667	9862	2396	AMBATO	1	Franco arenoso	2,46	65,9	24	10,0	Bueno	2	3	0,58118	8089,2
84	617						4		6				954	036
7655	9868	2838	AUGUSTO N. MARTINEZ (MUNDUGLEO)	1	Franco	1,54	37,5	49	13,4	Bueno	4	3	0,62859	7489,1
34	550						4		6				518	716

7691	9868	2588	IZAMBA	2	Franco	0,48	40,5	45	14,4	Bueno	4	3	0,67020	7317,0
53	629						4		6				188	916
7686	9867	2695	IZAMBA	1	Franco	1,31	45,5	44,	10,2	Bueno	4	3	0,69245	8060,4
03	084						4	24	2				054	484
7690	9866	2808	IZAMBA	1	Franco	1,49	43,5	44	12,4	Bueno	4	3	0,64663	7663,2
29	851						4		6				373	516
7706	9864	2677	IZAMBA	1	Franco	1,96	47,5	40,	12,2	Bueno	4	3	0,62371	7705,3
81	832						4	24	2				531	284
7568	9859	3194	PASA	1	Franco arenoso	1,23	66,7	19,	14,0	Bueno	2	3	0,59130	7385,6
53	842						8	16	6				01	836
7556	9859	3210	PASA	1	Franco arenoso	2,25	64,7	21,	14,0	Bueno	2	3	0,53624	7385,6
49	806						8	16	6				66	836
7553	9859	3252	PASA	1	Franco arenoso	1,53	62,3	21,	16,0	Bueno	2	3	0,54556	7045,9
25	924						2	62	6				874	236
7548	9860	3398	PASA	1	Franco	4,78	33,5	49,	17,2	Bueno	4	3	0,41278	6852,5
42	612						4	24	2				856	284
7547	9858	2963	PASA	1	Franco	0,86	47,5	37,	15,2	Bueno	4	3	0,63792	7187,6
33	998						4	24	2				605	484
7618	9865	2945	SAN BARTOLOME DE PINLLOG	1	Franco	3,71	33,5	47,	19,2	Bueno	4	3	0,44353	6525,4
66	235						4	24	2				183	084
7618	9863	2831	AMBATILLO	1	Franco	2,94	37,5	45,	17,2	Bueno	4	3	0,50397	6852,5
31	599						4	24	2				014	284
7617	9863	2846	AMBATILLO	1	Franco	2,10	39,5	45,	15,2	Bueno	4	3	0,57304	7187,6
09	309						4	24	2				021	484
7594	9863	3105	AMBATILLO	1	Franco limoso	4,16	17,5	61,	21,2	Bueno	3	3	0,37952	6206,2
45	247						4	24	2				741	884
7596	9862	3085	AMBATILLO	1	Franco	2,18	39,5	47,	13,2	Bueno	4	3	0,59691	7530,7
89	557						4	24	2				051	684
7694	9855	2603	PICAIGUA	1	Franco arenoso	1,97	63,5	27,	9,22	Bueno	2	3	0,62339	8241,0
05	227						4	24					161	084
7687	9855	2699	PICAIGUA	1	Franco arenoso	0,44	67,5	23,	9,22	Excesiv	2	3	0,71695	8241,0
65	647						4	24		o			983	084
7668	9853	2745	TOTORAS	1	Franco arenoso	1,43	67,5	25,	7,22	Excesiv	2	3	0,68934	8608,1
02	471						4	24		o			478	284
7666	9853	2767	TOTORAS	1	Franco arenoso	0,32	69,5	21,	9,22	Excesiv	2	3	0,72429	8241,0
03	418						4	24		o			851	084

7681	9858	2622	PICAIGUA	1	Franco arenoso	0,99	61,5	27,	11,2	Bueno	2	3	0,64997	7881,8
07	786						4	24	2				813	884
7689	9859	2627	AMBATO	1	Franco arenoso	0,55	64,2	23,	12,4	Bueno	2	3	0,65454	7663,2
36	471						8	26	6				864	516
7689	9858	2637	PICAIGUA	1	Franco arenoso	0,94	68,2	19,	12,4	Bueno	2	3	0,63259	7663,2
74	744						8	26	6				458	516
7697	9859	2665	PICAIGUA	1	Franco arenoso	1,14	68,2	21,	10,4	Bueno	2	3	0,65364	8017,4
90	122						8	26	6				75	116
7592	9839	3622	YANAYACU - MOCHAPATA (CAB EN YA	1	Franco arenoso	3,86	56,7	32,	10,4	Bueno	2	3	0,49243	8017,4
75	389						8	76	6				928	116
7591	9841	3300	YANAYACU - MOCHAPATA (CAB EN YA	1	Franco	2,73	49,5	41	9,46	Bueno	4	3	0,61850	8197,4
21	355						4						185	916
7676	9844	3153	QUERO	1	Franco	1,42	47,6	31,	21,0	Bueno	4	3	0,52575	6234,6
60	322						4	32	4				316	816
7649	9844	3104	RUMIPAMBA	2	Franco arenoso	0,92	55,6	29,	15,0	Bueno	2	3	0,59259	7218,2
70	456						4	32	4				684	016
7716	9842	3482	QUERO	1	Franco arenoso	2,79	55,6	29,	15,0	Bueno	2	3	0,49427	7218,2
24	208						4	32	4				048	016
7684	9848	3105	QUERO	1	Franco arenoso	2,33	66,2	20	13,7	Bueno	2	3	0,53664	7444,2
32	014						8		2				853	384
7684	9840	3346	QUERO	1	Franco arenoso	1,04	57,5	26,	15,7	Bueno	2	3	0,57582	7103,1
45	604						4	74	2				453	184
7650	9838	3589	QUERO	1	Franco	1,29	51,5	32,	15,7	Bueno	4	3	0,60791	7103,1
80	496						4	74	2				795	184
7655	9841	3274	QUERO	1	Franco arenoso	1,01	54,2	28	17,7	Excesiv o	2	3	0,54714	6769,9
23	605						8		2				057	984
7624	9842	3175	RUMIPAMBA	1	Franco arenoso	1,47	55,5	28,	15,7	Bueno	2	3	0,55362	7103,1
45	782						4	74	2				521	184
7385	9854	3588	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	8,32	48,9	34,	16,4	Bueno	4	3	0,24120	6978,9
05	933						6	58	6				293	316
7384	9854	3640	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	3,06	32,9	42,	24,4	Bueno	4	3	0,41458	5706,2
08	055						6	58	6				398	916
7382	9853	3665	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	4,04	32,9	42,	24,4	Bueno	4	3	0,37516	5706,2
19	521						6	58	6				649	916
7373	9853	3762	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	8,70	32,9	46,	20,4	Bueno	4	3	0,20430	6326,6
84	430						6	58	6				294	116

7399	9859	3752	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	9,12	46,9	34,	18,4	Bueno	4	3	0,19289	6648,7
54	612						6	58	6				134	716
7399	9858	3624	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	1,42	35,6	36,	27,7	Bueno	4	2	0,40732	5224,3
14	175				arcilloso		4	64	2				77	984
7398	9857	3570	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	3,75	31,5	37,	31,2	Bueno	4	2	0,29047	4730,6
76	324				arcilloso		4	24	2				05	884
7394	9856	3508	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	7,19	33,5	41,	25,2	No	4	3	0,24405	5592,0
45	071						4	24	2	aplicabl			807	484
					e									
7394	9856	3508	PILAGUIN (PILAHUIN)	3	Franco	4,29	30,2	30,	39,2	Bueno	4	2	0,21140	3694,2
45	071				arcilloso		8	5	2				7	084
7408	9854	3798	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	10,3	37,5	41,	21,2	Bueno	4	3	0,12759	6206,2
45	812					6	4	24	2				247	884
7399	9853	3735	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	8,42	35,5	43,	21,2	Bueno	4	3	0,21346	6206,2
25	979						4	24	2				405	884
7380	9862	3890	PILAGUIN (PILAHUIN)	2	Franco	7,47	37,5	39,	23,2	Bueno	4	3	0,24409	5895,1
17	140						4	24	2				637	684
7389	9861	3871	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	11,1	35,5	43,	21,2	Bueno	4	3	0,09306	6206,2
32	934					4	4	24	2				678	884
7395	9860	3716	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	8,51	29,5	49,	21,2	Bueno	4	3	0,20948	6206,2
18	051						4	24	2				032	884
7409	9860	3611	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	10,0	31,5	45,	23,2	Bueno	4	3	0,13765	5895,1
02	217					2	4	24	2				139	684
7491	9859	3572	SAN FERNANDO (PASA SAN FERNANDO)	2	Franco	9,77	50,9	29,	19,7	No	4	3	0,15804	6444,8
30	772						6	32	2	aplicabl			548	784
					e									
7499	9852	3649	PILAGUIN (PILAHUIN)	2	Franco	2,27	44,9	27,	27,7	Bueno	4	2	0,37641	5224,3
11	535				arcilloso		6	32	2				055	984
7384	9856	3760	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	11,4	31,5	47,	21,2	Mal	4	3	0,07801	6206,2
54	732					8	4	24	2	drenado			712	884
7380	9856	3744	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	11,1	37,5	43,	19,2	Bueno	4	3	0,09671	6525,4
79	790					1	4	24	2				21	084
7379	9855	3686	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	8,69	34,2	44,	21,0	Bueno	4	3	0,20227	6234,6
81	634						8	68	4				722	816
7405	9865	3895	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	7,34	36,2	42,	21,0	Bueno	4	3	0,26234	6234,6
11	579						8	68	4				496	816

7400	9863	3901	PILAGUIN (PILAHUIN)	2	Franco	13,0	38,2	42,	19,0	Mal	4	3	0,00600	6554,5
25	982					4	8	68	4	drenado			978	216
7402	9863	3708	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	6,79	44,2	34	21,7	Mal	4	3	0,28229	6127,7
63	742						8		2	drenado			029	584
7403	9862	3914	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	9,39	30,2	46,	23,0	Bueno	4	3	0,16453	5922,8
92	767						8	68	4				279	416
7403	9861	3706	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	6,29	30,2	48,	21,0	Bueno	4	3	0,30906	6234,6
49	445						8	68	4				432	816
7457	9852	3830	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	8,06	35,5	44,	19,7	Bueno	4	3	0,23706	6444,8
05	849						4	74	2				242	784
7460	9853	3801	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	6,80	41,5	38,	19,7	Bueno	4	3	0,29528	6444,8
37	090						4	74	2				542	784
7465	9853	3779	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	8,02	34,7	43,	21,7	Bueno	4	3	0,22863	6127,7
63	961						8	5	2				059	584
7677	9863	2562	AMBATO	1	Franco arenoso	1,79	52,2	31,	16,4	Bueno	2	3	0,52661	6978,9
69	213						8	26	6				193	316
7666	9862	2458	AMBATO	1	Franco arenoso	0,60	56,2	27,	16,4	Excesiv	2	3	0,58682	6978,9
74	385						8	26	6	o			429	316
7627	9865	2882	CONSTATINO FERNANDEZ (CAB EN CULLIT	1	Franco	2,04	38,2	37,	24,4	Bueno	4	3	0,45561	5706,2
70	388						8	26	6				033	916
7622	9864	2848	SAN BARTOLOME DE PINLLOG	1	Franco	3,32	40,2	37,	22,4	Bueno	4	3	0,42555	6012,4
31	538						8	26	6				94	516
7627	9863	2673	SAN BARTOLOME DE PINLLOG	1	Franco	3,42	48,2	33,	18,4	Bueno	4	3	0,46580	6648,7
36	055						8	26	6				129	716
7686	9860	2596	AMBATO	1	Franco arenoso	1,49	60,2	20,	19,0	Bueno	2	3	0,50508	6554,5
49	511						8	68	4				384	216
7682	9862	2388	AMBATO	1	Franco	2,81	50,9	28	21,0	Bueno	4	3	0,46390	6234,6
02	600						6		4				562	816
7520	9865	3442	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco	9,87	34,9	44	21,0	Bueno	4	3	0,14977	6234,6
56	122						6		4				356	816
7521	9865	3439	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco arenoso	11,0	54,2	28,	17,0	Bueno	2	3	0,05930	6882,3
36	042						1	8	68	4			321	616
7558	9863	3292	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco arcilloso	4,38	38,9	34	27,0	Bueno	4	2	0,30564	5323,1
85	588						6		4				42	616
7534	9865	3684	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco	10,6	44,2	38	17,7	Bueno	4	3	0,12195	6769,9
66	985						3	8	2				929	984

7549	9864	3364	QUISAPINCHA (QUIZAPINCHA)	1	Franco arcilloso	3,23	28,2	32	39,7	Bueno	4	2	0,23336	3633,6
59	604						8		2				956	784
7560	9853	3299	JUAN BENIGNO VELA	1	Franco	3,67	38,2	40,	21,0	Bueno	4	3	0,42564	6234,6
90	917						8	68	4				025	816
7551	9854	3201	JUAN BENIGNO VELA	1	Franco	5,75	42,2	38,	19,0	Bueno	4	3	0,34941	6554,5
02	716						8	68	4				237	216
7680	9864	2590	IZAMBA	1	Franco arcillo arenoso	1,79	56,7	22	21,2	Excesiv o	3	2	0,45193	6206,2
96	844						8		2				238	884
7654	9866	2667	AUGUSTO N. MARTINEZ (MUNDUGLEO)	1	Franco	1,53	46,9	33,	19,7	Bueno	4	3	0,53880	6444,8
85	002						6	32	2				546	784
7620	9858	2947	SANTA ROSA	1	Franco	0,83	48,9	33,	17,7	Bueno	4	3	0,60093	6769,9
34	611						6	32	2				814	984
7509	9861	3399	SAN FERNANDO (PASA SAN FERNANDO)	1	Franco	9,70	36,9	47,	15,7	Bueno	4	3	0,17374	7103,1
74	326						6	32	2				055	184
7526	9862	3449	PASA	1	Franco	8,99	37,5	42	20,4	Bueno	4	3	0,19118	6326,6
31	538						4		6				238	116
7520	9862	3520	PASA	1	Franco	10,1	37,5	42	20,4	Bueno	4	3	0,13870	6326,6
31	221						5	4	6				014	116
7575	9859	2781	SANTA ROSA	1	Franco arenoso	1,57	54,9	29,	15,7	Bueno	2	3	0,54846	7103,1
91	127						6	32	2				258	184
7506	9853	3671	PILAGUIN (PILAHUIN)	2	Franco	9,86	32,2	48	19,7	Bueno	4	3	0,15388	6444,8
01	977						8		2				669	784
7636	9855	2878	HUACHI GRANDE	1	Franco arenoso	0,60	66,2	18	15,7	Bueno	2	3	0,59854	7103,1
58	473						8		2				011	184
7548	9860	3404	PASA	1	Franco	3,57	34,2	40	25,7	Bueno	4	3	0,38131	5517,5
82	714						8		2				331	184
7548	9860	3404	PASA	2	Franco arcilloso	3,19	30,2	38,	31,0	Bueno	4	2	0,31037	4755,4
82	714						8	68	4				035	816
7531	9858	3180	PASA	1	Franco	1,44	42,9	34	23,0	Bueno	4	3	0,49816	5922,8
75	742						6		4				714	416
7517	9858	3028	SAN FERNANDO (PASA SAN FERNANDO)	1	Franco arcilloso	2,70	38,2	34,	27,0	Bueno	4	2	0,36806	5323,1
02	405						8	68	4				969	616
7591	9858	3066	SANTA ROSA	1	Franco	0,41	48,2	32,	19,0	Bueno	4	3	0,60095	6554,5
91	978						8	68	4				83	216
7621	9863	2695	SAN BARTOLOME DE PINLLOG	1	Franco	3,28	39,5	38,	21,7	Bueno	4	3	0,43541	6127,7
64	527						4	74	2				676	584

7620	9862	2746	SAN BARTOLOME DE	1	Franco	2,30	44,2	34	21,7	Bueno	4	3	0,47817	6127,7
21	863		PINLLOG				8		2				002	584
7613	9862	2883	AMBATILLO	1	Franco	1,37	50,7	33,	15,7	Bueno	4	3	0,60378	7103,1
81	587						8	5	2				784	184
7547	9864	3400	QUISAPINCHA	1	Franco	2,14	28,2	32,	39,0	Bueno	4	2	0,26571	3716,1
93	855		(QUIZAPINCHA)		arcilloso		8	68	4				968	216
7554	9866	3359	QUISAPINCHA	1	Franco	3,24	28,9	32	39,0	Bueno	4	2	0,23858	3716,1
01	588		(QUIZAPINCHA)		arcilloso		6		4				564	216
7485	9852	3660	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	8,05	34,2	40,	25,0	Bueno	4	3	0,21110	5619,0
42	149						8	68	4				896	016
7491	9851	3659	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	10,6	32,2	48,	19,0	Bueno	4	3	0,12047	6554,5
92	452					1	8	68	4				731	216
7492	9852	3705	PILAGUIN (PILAHUIN)	2	Franco	10,3	34,2	46,	19,0	Bueno	4	3	0,13131	6554,5
16	393					8	8	68	4				169	216
7367	9852	3762	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	7,30	33,5	45,	21,2	Bueno	4	3	0,26303	6206,2
57	192						4	24	2				939	884
7376	9851	3731	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	6,52	35,5	45,	19,2	Bueno	4	3	0,31183	6525,4
20	731						4	24	2				407	084
7375	9852	3782	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	5,50	34,7	42,	22,4	Bueno	4	3	0,33249	6012,4
98	200						8	76	6				264	516
7390	9851	3901	PILAGUIN (PILAHUIN)	1	Franco	7,16	33,5	43,	23,2	Bueno	4	3	0,25703	5895,1
82	413						4	24	2				674	684
7448	9849	3932	PILAGUIN (PILAHUIN)	2	Franco	11,9	33,5	44	22,4	Bueno	4	3	0,05628	6012,4
34	792					7	4		6				074	516
7447	9851	3914	PILAGUIN (PILAHUIN)	2	Franco	9,65	38,9	44	17,0	Bueno	2	3	0,12703	6882,3
64	724						6		4				288	616
7447	9851	3914	PILAGUIN (PILAHUIN)	3	Franco arenoso	5,40	52,2	32,	15,0	Bueno	2	3	0,35703	7218,2
64	724						8	68	4				422	016
7550	9836	3642	YANAYACU - MOCHAPATA	1	Franco	4,96	43,6	40,	15,7	Mal	4	3	0,41844	7103,1
97	414		(CAB EN YA				4	64	2	drenado			933	184
7615	9838	3775	RUMIPAMBA	2	Franco	3,31	50,9	32	17,0	Bueno	4	3	0,48777	6882,3
04	552						6		4				265	616
7612	9838	3796	RUMIPAMBA	2	Franco	4,14	46,2	36,	17,0	Excesiv	4	3	0,44643	6882,3
11	356						8	68	4	o			763	616
7623	9839	3696	RUMIPAMBA	1	Franco	3,70	46,9	32	21,0	Bueno	4	3	0,42430	6234,6
35	182						6		4				541	816

7619	9839	3521	RUMIPAMBA	1	Franco	4,71	46,2	35,	18,4	Bueno	4	3	0,40403	6648,7
65	919						8	26	6				746	716
7619	9841	3379	RUMIPAMBA	1	Franco arenoso	2,15	54,2	29,	16,4	Excesiv	2	3	0,50839	6978,9
76	098						8	26	6	o			643	316
7640	9842	3297	RUMIPAMBA	1	Franco arenoso	0,88	63,5	20	16,4	Excesiv	2	3	0,57265	6978,9
58	455						4		6	o			668	316
7640	9842	3297	RUMIPAMBA	2	Franco arenoso	0,88	58,2	25,	16,4	Bueno	2	3	0,57265	6978,9
58	455						8	26	6				668	316
7587	9835	3990	YANAYACU - MOCHAPATA (CAB EN YA	1	Franco	5,05	44,2	38,	17,0	Bueno	4	3	0,40111	6882,3
99	339						8	68	4				852	616
7567	9836	3606	YANAYACU - MOCHAPATA (CAB EN YA	1	Franco	6,18	43,5	38,	17,7	Bueno	4	3	0,33945	6769,9
64	971						4	74	2				479	984
7567	9836	3606	YANAYACU - MOCHAPATA (CAB EN YA	2	Franco	3,22	44,2	38	17,7	Bueno	4	3	0,48412	6769,9
64	971						8		2				595	984
7663	9844	3104	QUERO	1	Franco	0,72	51,5	32,	15,7	Bueno	4	3	0,63734	7103,1
56	015						4	74	2				495	184
7687	9844	3260	QUERO	1	Franco arenoso	2,49	54,2	26,	19,0	Excesiv	2	3	0,45797	6554,5
40	858						8	68	4	o			786	216
7692	9846	3428	QUERO	1	Franco arenoso	5,26	55,5	26,	17,7	Bueno	2	3	0,33942	6769,9
19	661						4	74	2				015	984
7671	9846	2994	QUERO	1	Franco arenoso	2,11	64,9	20	15,0	Bueno	2	3	0,53002	7218,2
81	790						6		4				552	016

Calculo del factor K.

Suelo Franco.

$$M = (38 \% + 38 \%)(100\% - 24\%)$$

$$M = 5776$$

$$K = 2,1(5776)^{1,14}(10^{-4})(12 - 4,18) + 3,25(3 - 2) + 2,5(4 - 3)/100$$

$$K = 0,37391947$$

✓ **Suelo Franco – Arenoso.**

$$M = (22 \% + 66 \%)(100\% - 12\%)$$

$$M = 7744$$

$$K = 2,1(7744)^{1,14}(10^{-4})(12 - 3,42) + 3,25(3 - 2) + 2,5(2 - 3)/100$$

$$K = 0,49879536$$

✓ **Suelo Franco – Limoso.**

$$M = (57 \% + 32 \%)(100\% - 10\%)$$

$$M = 8093$$

$$K = 2,1(8093)^{1,14}(10^{-4})(12 - 3,32) + 3,25(3 - 2) + 2,5(3 - 3)/100$$

$$K = 0,55246218$$

✓ **Franco Arcilloso.**

$$M = (36\% + 35\%)(100\% - 27\%)$$

$$M = 5224$$

$$K = 2,1(5224)^{1,14}(10^{-4})(12 - 1,42) + 3,25(2 - 2) + 2,5(4 - 3)/100$$

$$K = 0,4073277$$

✓ **Franco Arcilloso Arenoso.**

$$M = (22\% + 56\%)(100\% - 21\%)$$

$$M = 6206$$

$$K = 2,1(6206)^{1,14}(10^{-4})(12 - 1,79) + 3,25(2 - 2) + 2,5(3 - 3)/100$$

$$K = 0,45193238$$

c. Valores de cobertura vegetal.

Cobertura		Factor C				
		Mora,1987	FAO,1989	ICE, 1999	Saborío, 2002; Gómez, 2002; CATIE,2003;	Marchamalo 2004 2007
Bosque	Bosque primario	0,0001				
	Bosque natural		0,003	0,001-0,003		
	Selva virgen		0,001			
	Bosque denso				0,003-0,010	
	Bosque claro con subestrato herbáceo denso				0,003-0,010	
	Bosque claro son subestrato herbáceo degradado				0,010-0,100	
	Bosque					0,003
	Bosque secundario		0,007			
	Charral,pasto	0,018				
	Charral					0,012
Matorral/Pastos	Matorral denso				0,003-0,030	
	Matorral claro con subestrato herbáceo denso				0,003-0,030	
	Matorral claro con subestrato herbáceo degradado (abierto)				0,030-0,100	
	Páramo				0,003-0,040	
	Pasto		0,009	0,01-0,015		0,013
	Pasto (natural o mejorado)		0,008			
	Vegetación natural baja (altura media 50cm)		0,012			
	Pastizal natural completo				0,030-0,010	
	Pastizal natural pastoreado				0,040-0,200	
	Pastizal cultivado (manejado)				0,003-0,040	

Cobertura		Mora,1987	FAO,1989	ICE, 1999	Factor C	
					Saborío, 2002; Gómez, 2002; CATIE,2003; 2004	Marchamalo 2004 2007
Cultivos permanentes	Café, café con macadomia, café con pejibaye	0,300				
	Cultivos perennes		0,079	0,086		
	Café		0,090			0,080
	Banano		0,062			
	Cacao		0,050			
	Cultivos permanentes asociados (densos)					0,010-0,300
	Cultivos permanentes no densos					0,100-0,450
	Huertos de subsistencia					0,300-0,900
Cultivos anuales	Caña, caña brava	0,050				
	Cultivos anuales		0,495	0,340		
	Papa-zanahoria o papa-cebolla		0,615			
	Maíz		0,519			
	Tomate/chile dulce		0,502			
	Caña de azúcar		0,263			0,050
	Cultivos anuales de ciclo corto (1-6 meses)					0,300-0,800
	Cultivos anuales de ciclo largo (6 meses)					0,400-0,900
	Cultivos (cobertura baja)					0,650
	Cultivos (cobertura media)					0,500
	Cultivos (cobertura alta)					0,400
Otros	Mixto agricultura pasto					
	Terrenos desprovistos de vegetación					0,900-1,000
	Áreas urbanas					0,003-0,010
	Lagunas y embalses					0,000
	Cenizas					0,900
	Masa de agua					0,000

Fuente: (Lianes, Marchamalo, & Rondán, 2008).

Cobertura		Factor C
Bosque	Bosque Natural	0,003
	Bosque degradado	0,037
Pastos	Pasto de corta o pasto de siega	0,012
	Potrero carga normal	0,002
	Potrero degradado	0,002
	Potrero muy degradado	0,016
Cultivos Cultivos anuales	Árboles frutales	0,003
	Papa – Brócoli	0,260
	Papa-zanahoria-papa	0,300
	Papa-papa-brócoli	0,390
	Papa-zanahoria-brócoli	0,360

Fuente: (Lianes et al., 2008)

Cobertura

Índice

Bosque siempre verde estacional de las cordilleras

Bosque pie montano pluvial de la cordillera occidental

Bosque pluvial no inundado de terrazas y de la llanura

Caña guadua

Herbazal ribereño de tierras bajas de la costa

Vegetación arbórea húmeda

Bosque pluvial no inundado

Matorral húmedo litoral

Zapallo

Maíz

Sorgo

Maní

Soya

Tabaco

Ajonjolí

Melón

Sandía
Cacao
Naranja
Palma Africana
Neme
Mandarina
Limón
Caña de azúcar
Banano
Plátano
Piña
Plantación de flores tropicales
Semipermanentes
Mista
Misceláneo indiferenciado
Pasto cultivado
Pasto natural
Caoba
Bosque deciduo de tierras bajas de la costa
Bosque semi deciduo de las cordilleras costeras
Melina
Pachaco
Samán
Teca

2

Roble
Balsa
Caucho
Cedro
Guayacán
Sabana ecuatorial
Matorral húmedo
Pimiento
Tomate riñón
Cebolla Colorada
Fréjol
Haba
Yuca
Mango
Achiote
Marañón
Ciruelo
Higuerrilla
Badea
Maracuya
Papaya
Barbecho
Matorral seco de tierras bajas de la costa
Vegetación Arbórea seca

Matorral seco
Cabuya
Cebolla perla
Cocotero
Matorral espinoso litoral
Paja toquilla
Piñón
Tuna
Proceso de erosión
Erosionada
Suelos descubiertos

4

Fuente: (MAGAP, 2012)

Elaborado por: Autor

Tipos de cobertura vegetal 1990, 2000 y 2014.

CUT 1990		CUT 2000		CUT 2014	
AREA POBLADA	0,015	AREA POBLADA	0,15	AREA POBLADA	0,015
AREA SIN COBERTURA VEGETAL	1	AREA SIN COBERTURA VEGETAL	1	AREA SIN COBERTURA VEGETAL	1
BOSQUE NATIVO	0,0001	BOSQUE NATIVO	0,0001	BOSQUE NATIVO	0,0001
GLACIAR	0	GLACIAR	0	CULTIVO ANUAL	0,495
MOSAICO AGROPECUARIO	0,25	MOSAICO AGROPECUARIO	0,25	CULTIVO PERMANENTE	0,003
NATURAL	0	NATURAL	0	CULTIVO SEMI PERMANENTE	0,8
PARAMO	0,04	PARAMO	0,04	GLACIAR	0
PASTIZAL	0,04	PLANTACION FORESTAL	0,007	INFRAESTRUCTURA	0,015
PLANTACION FORESTAL	0,007	VEGETACION ARBUSTIVA	0,25	MOSAICO AGROPECUARIO	0,25
VEGETACION ARBUSTIVA	0,25	VEGETACION HERBACEA	0,25	NATURAL	0
VEGETACION HERBACEA	0,25			PARAMO	0,04
				PASTIZAL	0,04
				PLANTACIÓN FORESTAL	0,007
				VEGETACIÓN ARBUSTIVA	0,25
				VEGETACIÓN HERBÁCEA	0,25

Fuente: (MAGAP, 2012)

Elaborado por: Autor