

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y RECURSOS
NATURALES



**ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA POR EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN
EN ÁREAS DE RECARGA ACUÍFERA EN LOS SECTORES DE
HUAYLLABAMBA, ASILLO, CCANABAMBA Y CCORHUANI EN LA PROVINCIA
DE ABANCAY EN EL 2016.**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

Bach. WILMAR NILO VEGA LOAYZA

ASESORES:

Ing. Geólogo. IGOR ALDRIN ARANDO TORRES

Ing. ANDERSON NUÑEZ FERNANDEZ

Abancay - Perú
2016

ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA POR EFECTO DE LAS PRECIPITACIÓN EN ÁREAS DE RECARGA ACUÍFERA EN LOS SECTORES DE HUAYLLABAMBA, ASILLO, CCANABAMBA Y CCORHUANI EN LA PROVINCIA DE ABANCAY EN EL 2016.

DEDICATORIA

Esta Investigación va dedicada a las mentes privilegiadas, que a través de sus libros fueron una motivación y un pilar para no rendirme en los momentos más difíciles de la vida, los señores José Ingenieros, José Carlos Mariátegui, Karl Marx y José María Arguedas.

Asimismo dedico a mis amigos Joseph, Yorman, Yeyson, Jose luís, Jorsh, Germán, Juan pablo, Ando, Pablo, Odilón, Andrés, René, Yuri, Eduard, Frank, Oscar y Lucho por haberme brindado su amistad durante mi formación Universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre y mis hermanos, por la motivación brindada, para el cumplimiento de mis objetivos y metas en la vida.

A la Señorita Roxana Valverde Izquierdo, por la confianza brindada y el apoyo incondicional durante mi formación Universitaria.

A la Familia Valverde Izquierdo Por el cobijo en su vivienda durante todo el tiempo que duró mi formación universitaria.

A mis Asesores, el Ing. Igor Aldrin Arando Torres y el Ing. Anderson Núñez Fernández, por el apoyo incondicional en el planteamiento y ejecución del proyecto de Tesis.

Al instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA) por haber financiado el proyecto de tesis, y por la confianza brindada por parte de su director, el Ing. Yersey Caballero Palomino.

RESÚMEN

La investigación se realizó en las áreas de recarga acuífera de los sectores poblacionales de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani, pertenecientes a la provincia de Abancay. El objetivo fundamental fue realizar una estimación de la erosión Hídrica, generada por la precipitación en áreas sin cobertura vegetal y áreas con cobertura vegetal, los cuales se asemejan a cada zona de recarga. Las zonas presentan una topografía regularmente accidentada y las precipitaciones promedio varía entre 826-1053.1 mm/año, de acuerdo a 04 estaciones meteorológicas con el cual se trabajó. Asimismo, en cada área de recarga acuífera en donde se intervino con la investigación se determinó, que, de estas zonas de recarga hídrica, las poblaciones en mención captan agua para consumo humano, e inclusive riego. Dichas zonas tienen el nombre de Yacupallca, Hatuntuma, Minachayocc y Faccha. Los resultados encontrados muestran una tasa promedio de erosión de suelos (hídrica), los cuales són: En Huayllabamba en áreas sin cobertura vegetal la erosión es de 84.27 ton/ha-año, que representa un suelo perdido de 6.58 mm/año, mientras que en áreas con cobertura vegetal es de 4.01 ton/ha-año, que representa un suelo perdido de 0.31 mm/año. En Asillo en áreas sin cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 110.32 ton/ha-año, que representa un suelo perdido de 8.17 mm/año; mientras que, en áreas con cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 13.89 ton/ha-año, que representa un suelo perdido de 1.02 mm/año. En Ccanabamba, en áreas sin cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 67.48 ton/ha-año, que representa un suelo perdido de 9.02 mm/año; mientras que en áreas con cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 22.35 ton/ha-año que representa un suelo perdido de 3.00 mm/año. En Ccorhuani en áreas sin cobertura vegetal la erosión hídrica es de 59.97 ton/ha-año, que representa un suelo perdido de 5.26 mm/año; mientras que en áreas con cobertura vegetal la erosión hídrica es de 3.80 ton/ha-año, que representa un suelo perdido de 0.33 mm/año. A través de estos resultados se podrá implementar medidas para su conservación y aprovechamiento.

La metodología utilizada para la obtención de resultados es el método clavos y varillas, instaladas en 3 parcelas experimentales cuya área es de 5.28 m² cada uno,

cuyas características de las parcelas es que dos de ellas no albergan cobertura vegetal, y la tercera parcela presenta cobertura vegetal. En las parcelas se instalaron 48 varillas de erosión y se midió la erosión hídrica por todo un año en cada uno de las áreas de recarga acuífera, iniciando dicha actividad en el mes de marzo del 2016 y culminando en el mes de marzo del 2017.

Las conclusiones obtenidas de la investigación en cada una de las áreas de recarga acuífera, según erodabilidad y tasas erosivas presentan resultados de erosión hídrica en suelos sin cobertura vegetal, muy severa, según erodabilidad. Según tasas erosivas la erosión hídrica es alta en los 4 sectores poblacionales. Asimismo, en suelos con cobertura vegetal según erodabilidad, la erosión hídrica es moderada, mientras que según tasas erosivas la erosión hídrica es ninguna o ligera.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
Título.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	15
1.3. Justificación o importancia del estudio.....	16
II. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo central.....	18
2.2. Objetivos específicos.....	18
III. MARCO REFERENCIAL.....	19
3.1. Antecedentes.....	19
3.2. Marco teórico general.....	22
3.2.1. Suelos.....	22
3.2.2. Degradación de suelos.....	24
3.2.3. Erosión de suelos.....	28
3.2.4. Tipos de erosión de suelos.....	31
3.2.5. Erosión hídrica.....	33
3.2.6. Agentes que intervienen en la erosión hídrica.....	34
3.2.7. Características internas de los suelos.....	43
3.2.8. Definición y formas de erosión hídrica.....	49
3.2.9. Formas de la erosión hídrica.....	50
3.2.10. Principales causas de la erosión hídrica.....	60
3.2.11. Modelos de la evaluación de la erosión hídrica.....	72
3.2.12. Modelos de evaluación indirecta.....	74
3.2.13. Modelos de evaluación directa.....	75
3.2.14. Conceptos de Hidrología superficial.....	80
3.2.15. Recarga hídrica.....	87
3.2.16. Clasificación de las zonas de recarga hídrica.....	88

3.3.	Marco conceptual	89
IV.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	92
4.1.	Hipótesis central	92
4.2.	Hipótesis específicas.....	92
V.	IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE VARIABLES	93
5.1.	Variable independiente.....	93
5.2.	Variable dependiente.....	93
5.3.	Operacionalización de variables	93
VI.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	94
6.1.	Tipos de Investigación.....	94
6.2.	Nivel de la investigación	94
6.3.	Método.....	94
6.3.1.	Método de clavos y varillas	94
6.3.2.	Descripción del método de clavos y varillas	95
6.3.3.	Cuantificación de la pérdida de suelo	96
6.3.4.	Diseño experimental - Correlacional	97
VII.	DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO Y LA MUESTRA.....	98
7.1.	Tamaño del universo y la población	98
7.2.	Universo	98
7.3.	Población	98
7.4.	Ubicación	98
7.5.	Descripción de la zona de estudio	99
7.5.1.	Características topográficas.....	99
7.5.2.	Características climáticas.....	99
7.5.3.	Poblaciones beneficiarias de las zonas de Recarga hídrica.....	106
7.5.4.	Geomorfología y fisiografía	106
VIII.	FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	107
8.1.	Fuentes primarias.....	107
8.2.	Fuentes secundarias	107
8.3.	Técnicas	107
8.4.	Instrumentos de investigación.....	108
IX.	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS	109
9.1.	Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores.....	109
9.1.1.	Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores del Sector de Huayllabamba.....	109

9.1.2.	Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores del Sector de Asillo	112
9.1.3.	Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores del Sector de Ccanabamba	115
9.1.4.	Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores del Sector de Ccorhuani	118
9.2.	Resultados de investigación	120
9.2.1.	Resultados de la investigación en Ton/ha-año	122
9.2.2.	Resultados evaluados en base a erodabilidad y tasas erosivas.....	124
9.3.	Contrastación de resultados con los objetivos	133
9.3.1.	Contrastación de resultados del objetivo general y específicos	133
9.3.2.	Contrastación de resultados de los objetivos específicos.....	134
9.4.	Verificación de las hipótesis	136
9.4.1.	Verificación de la hipótesis central	136
9.4.1.	Verificación de las hipótesis específicas	136
9.5.	Formulación de conclusiones y sugerencias.....	138
9.5.1.	Conclusiones	138
9.5.2.	Sugerencias.....	142
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	143
XI.	ANEXOS.....	145
11.1.	Unidades de cobertura vegetal identificadas en las áreas de recarga acuífera	145
11.1.1.	Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera del sector de Asillo - Hatuntuma	146
11.1.2.	Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba – Minachayocc	147
11.1.3.	Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera en el sector de Ccorhuani – Faccha	148
11.2.	Registro de erosión hídrica mensual, Marzo 2016- Marzo 2017	149
11.2.1.	Registro de precipitaciones (2012-2016)	173
11.3.	Panel fotográfico.....	175
11.4.	Acrónimos y símbolos utilizados	184
11.5.	Índice de Tablas	186
11.6.	Índice de cuadros	187
11.7.	Índice de esquemas	187
11.8.	Índice de figuras	188

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la presente investigación es estimar cuantitativamente, la magnitud la erosión hídrica por efecto de la precipitación generada en las áreas de recarga acuífera de 4 sectores poblacionales de la provincia de Abancay, en un periodo de tiempo de un año, iniciándose, en el mes de marzo del 2016 y culminando en el mismo mes del año 2017. Los sectores en estudio son Huayllabamba (área de recarga acuífera Yacupallca, cuya superficie es de 93.19 Ha) y Asillo (área de recarga acuífera Hatuntuma, con una superficie de 49.81 Ha), ambas pertenecientes al distrito de Abancay. Asimismo, están los sectores de Ccanbamba (área de recarga acuífera Minachayocc, con una superficie de 191 Ha) y Ccorhuani (área de recarga acuífera Faccha con superficie de 177 Ha), estos dos sectores pertenecen al distrito de Tamburco.

A nivel de hipótesis, la investigación pretende estimar la erosión hídrica en suelos desnudos (sin cobertura vegetal) y suelos con cobertura vegetal, además de la erosión neta con respecto a la sedimentación de suelos, por lo tanto, la investigación consta de una descripción de la realidad problemática actual en cada una de las áreas de recarga acuífera, de los antecedentes parecidos, anteriores a esta investigación, de la justificación, un marco referencial y la metodología que utilizada para la obtención de datos y resultados, el cuál es el método de clavos y varillas y la aplicación de esta misma, a través de la implementación de diseños experimentales para la estimación de la erosión hídrica.

La investigación presentada tiene carácter experimental, ya que para obtener resultados se instalan diseñan parcelas de erosión de 5.28 m², de los cuales dos parcelas son sin cobertura vegetal y una parcela con cobertura. Asimismo es correlacional ya que se pone en estudio dos variables, los cuales son la erosión hídrica y la precipitación.

Los datos obtenidos de campo son analizados estadísticamente con el Análisis de Varianza de un factor (ANOVA), al cual se someten a prueba las hipótesis.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En la actualidad los problemas que se presenta en las diferentes áreas de recarga acuífera, correspondiente a los sectores poblacionales del distrito de Abancay y el distrito de Tamburco se enfrentan a un problema debido a que, se practican actividades agrícolas temporales, ganaderas y antrópicas, dentro de estas mismas. IDMA (2016).

En el distrito de Abancay en el Sector de Huayllabamba (área de recarga Acuífera, Yacupallca, con superficie de 93.19 Ha) y el sector de Asillo (área de recarga acuífera Hatuntuma, con superficie de 49.81 Ha) se presenta los problemas siguientes: En la primera, existen actividades económicas como la ganadería incontrolada de ganados vacunos, équidos, que pastan sin control alguno y su desplazamiento es libre por todo el área de recarga acuífera, lo cual contribuye a la disminución de la cobertura vegetal existente en la cual, se recargan los acuíferos, asimismo está la compactación de suelos, el cual contribuye a que se incrementen los procesos erosivos, la pérdida de biodiversidad, y el impacto sobre el ambiente, además afecta la composición de pastos y forrajes existentes. Por otro lado, están las actividades agropecuarias que practican los comuneros, de modo que, para su realización se talan los bosques existentes, se hacen canales o riachuelos para los respectivos riegos, se hace la remoción constante de suelos, también se ocasionan incendios forestales ocasionadas para afectar más territorio agrícola, el cual contribuye a la pérdida de cobertura vegetal y aumentan los procesos de erodabilidad y pérdida por tasas erosivas.

En el segundo sector, en el área de recarga acuífera, la cobertura vegetal es muy escasa, ya que se practican actividades económicas ganaderas de ganado vacuno y equino, que se practica de forma permanente, generando de este modo pastoreo, sobre una escasa cobertura, impidiendo de esta manera el incremento de cobertura. Asimismo, se enfrentan a problemas de compactación de suelo, lo cual incrementa los procesos erosivos, también existe una afectación a la flora nativa y local, por la constante afectación de los pobladores de nuevos terrenos para sus actividades agrícolas, lo cual generan remoción de suelos, tala de la cobertura vegetal existente, se realiza la canalización de los manantes para los riegos respectivos y se apertura caminos y trochas.

En los casos anteriores no existe un control, ni una vigilancia con respecto a cómo conservar su área de recarga acuífera.

En el distrito de Tamburco en los sectores de Ccanabamba (área de recarga acuífera Minashayocc, con superficie de 191 Ha) y Ccorhuani (área de recarga hídrica Faccha con superficie de 177 Ha), se presenta los siguientes: En la primera se practican actividades económicas agropecuarias, que conllevan a la tala o eliminación parcial de la cobertura vegetal existente en el área de recarga acuífera y ello se debe a actividades como la reforestación con plantas exóticas como el pino, también se genera afectación temporal a nuevas parcelas para cultivo de papa, olluco y oca, considerando entonces para estas actividades la remoción de suelos, canalización de manantes para favorecer el riego e inclusive ocasionan incendios forestales que elimina total o parcialmente la flora y fauna nativa local, conduciendo de esta manera a que los procesos erosivos sean altos por la no presencia de cobertura vegetal. Asimismo, por esta área de recarga acuífera atraviesa la carretera panamericana Abancay – Cusco, por el cual se transita con vehículos mayores y menores de manera constante la cual ocasiona disposición residuos sólidos al pasar por esta área.

En el segundo Sector, en el área de recarga acuífera de Ccorhuani se practica las actividades ganaderas de ganados vacunos, equinos y porcinos, siendo esta la principal actividad económica, ocasionando de este modo la compactación de suelos y el sobrepastoreo desmedido, además de la remoción de suelos en focos de agua, contribuyendo de este modo al aumento de los procesos erosivos. Por otro lado, están los incendios forestales que son ocasionados por negligencia humana, lo cual trae como consecuencia la pérdida de flora (*ichus stipa*), principalmente y la vida que alberga esta misma.

Asimismo, en el área de recarga acuífera de Ccorhuani, se practica actividades agrícolas de forma temporal, que para su realización necesariamente se remueven los suelos, y se canalicen las aguas para riego.

Finalmente en cada una de la áreas de recarga acuífera, con los problemas presentados, como el pastoreo, sobrepastoreo, remoción de suelos, suelos compactados, apertura de canales y riachuelos para riego y los incendios forestales, toda vez que se generen precipitaciones, las áreas sometidas a los problemas mencionados se convierten en vulnerables, pues al haberse eliminado su cobertura vegetal están expuestos a procesos erosivos, laminares o pluviales, la cual afecta la capa arable, adelgazándolo uniformemente y generando por consiguiente pérdida de suelos en ton/ha.

Por consiguiente, de acuerdo a lo descrito anteriormente se formulan las siguientes preguntas

1.2. Formulación del problema

1) Problema central

- ❖ ¿Cuál es grado de erosión hídrica, por efecto de la precipitación en áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en la provincia de Abancay en el año 2016?

2) Problemas específicos

- ❖ ¿En qué medida se genera la erosión hídrica según erodabilidad y tasas erosivas, en suelos sin cobertura vegetal por efecto de la precipitación en áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en la provincia de Abancay en el año 2016?
- ❖ ¿En qué medida se genera la erosión hídrica, según erodabilidad y tasas erosivas, en suelos con cobertura vegetal por efecto de la precipitación en áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en la provincia de Abancay en el año 2016?
- ❖ ¿Cuál es la medida de la erosión neta generada, por efecto de la precipitación en áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en la provincia de Abancay, 2016?

1.3. Justificación o importancia del estudio

La importancia o justificación de la investigación permitirá conocer la magnitud de la erosión hídrica generada por las precipitaciones en las zonas de recarga acuífera de los sectores poblacionales del distrito de Abancay y el distrito de Tamburco; los cuales son Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y CCorhuani. De estas áreas de recarga acuífera, se utiliza el agua para actividades humanas, como agricultura, ganadería, y consumo; asimismo los suelos de las áreas de recarga en estudio en la actualidad representan un bien natural para la producción agrícola y por brindar servicios ecosistémicos, como cobertura vegetal, agua que proveen los manantes, el relieve, la geomorfología, las características paisajísticas y otros aspectos.

La presente investigación de erosión de suelos por efecto de precipitaciones en zonas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani, tiene conveniencia relevante, pues la información obtenida servirá como base para la toma de decisiones, y mejor gestión a través de Zonificación Ecológica Económica (ZEE), que se debe plantear en cada una de las áreas de recarga, de sus forma y modos de utilización, de acuerdo a sus características físicas, biológicas y socioeconómicas.

Además, tiene carácter de relevancia social, pues los sectores poblacionales de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani captan agua para consumo humano de las zonas en estudio, por lo que, el trabajo presentado tiene alcance de proyección social y presenta una utilidad, ya que existen poblaciones beneficiarias directamente. Por otra parte también presenta implicaciones prácticas ya que los resultados de la investigación contribuirán a resolver los problemas encontrados en estas unidades territoriales a través de su gestión de todas las actividades económicas de pastoreo y sobrepastoreo, incendios forestales, compactación, actividades agrícolas sin control, y tala de flora nativa con

sus respectivas implicancias en la afectación a la fauna nativa que lo habita; de modo que es trascendental.

En lo que respecta al valor teórico, con la investigación se llena vacíos de información de las zonas de recarga hídrica que son: Yacupallcca perteneciente al sector poblacional de Huayllabamba; Hatuntuma que pertenece al sector poblacional de Asillo; Minachayocc que pertenece al sector poblacional de Ccanabamba; y Faccha que pertenece al sector poblacional de Ccorhuani; todos los mencionados se encuentran en la jurisdicción del distrito de Abancay y el distrito de Tamburco, respectivamente.

En conclusión, con la investigación se permitirá estimar la cantidad de suelo erosionado (erosión hídrica) que se pierde, efecto de las precipitaciones anualmente en cada uno de los sectores poblacionales y sus respectivas áreas de recarga acuífera en Toneladas, hectárea por año (ton/ha/año), en suelos con cobertura vegetal y suelos in cobertura vegetal.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo central

Estimar cuantitativamente la magnitud de la erosión hídrica por efecto de la precipitación en áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en la provincia de Abancay en el 2016.

2.2. Objetivos específicos

- ❖ Estimar la erosión hídrica, según erodabilidad y tasas erosivas en suelos sin cobertura vegetal por efecto de la precipitación en áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en la provincia de Abancay en el 2016.

- ❖ Estimar la erosión hídrica, según erodabilidad y tasas erosivas en suelos con cobertura vegetal por efecto de la precipitación en áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en la provincia de Abancay en el 2016.

- ❖ Determinar la medida de la erosión hídrica neta generada por efecto de la precipitación en áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en la provincia de Abancay en el 2016.

III. MARCO REFERENCIAL

3.1. Antecedentes

Los estudios sobre la erosión hídrica y los modelos para evaluar las pérdidas del suelo, según los distintos tipos de erosión comienzan a principios del siglo XX con las investigaciones hechas por el Servicio Forestal de los EEUU en 1915, tal es así que en 1933 se creó 10 estaciones experimentales de erosión de suelos y 40 proyectos para el control de la erosión a través de todo el país. Las estaciones experimentales medían la escorrentía y la erosión del suelo en parcelas uniformes y en pequeñas cuencas con un amplio rango de suelos y técnicas de cultivo.

Es así que, Vásquez (2011). Realizo su trabajo de investigación, en 22 microcuencas alto andinas en 12 regiones del País dentro de los cuales está la región Apurímac, cuyo título fue “Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la sierra peruana” cuya finalidad fue cuantificar la pérdida de suelo por erosión hídrica y el efecto de control de las zanjas de infiltración en el control de la misma, utilizando para ello la metodología de clavos y varillas de erosión, medidas en parcelas de 1.20*m de ancho y 4.40m de largo (5.28m² total) en el que en cada parcela de medición se plantó 48 varillas de erosión de 37.5 cm y 3/8 de pulgada de diámetro de cada una con un espaciamiento entre ellas de 0.40 m; los cuales fueron enterrados en suelo desnudo hasta los 20 cm de largo de cada varilla. Dicho estudio se llevó a cabo desde el mes de Setiembre de año 2010, es decir desde inicios de la temporada de lluvias terminando el trabajo de investigación cuando cesó las lluvias, en el mes de abril del 2011; y de todo este trabajo los resultados encontrados muestran que la tasa promedio de Erosión en las laderas de la sierra son de 45.04 ton/ha-año, que representa una lámina de pérdida suelo de 3.20 mm/año.

Por otra parte Casermeiro Martínez (2002) hizo su trabajo de Tesis en tres cuencas tributarias del Duero, Arroyo de la Nava, arroyo de Valdemazo y río Pedro- España cuyo título de investigación fue “Degradación de Suelos por erosión hídrica en la cuenca del Duero” cuyos objetivos fueron el estudio de la vegetación, cuantificar la cobertura vegetal para cada uno de los puntos de muestreo y analizar como contribuyente cada biotopo en la cobertura vegetal, utilizando para ello las metodologías siguientes como son; inventario de la vegetación presente en la zona de estudio, medida de la cobertura vegetal mediante la realización de muestreos cuyos transectos fueron de 25 m de largo y 0.5 m de ancho (12.5m^2 total) en los cuales se anotaron el nombre de la especie y la cobertura superficial que presentaba cada individuo, asimismo el objetivo de identificación de biotipos y distribución de las especies de cada comunidad vegetal, y de todo este trabajo los resultados obtenidos en lo que respecta a los objetivos, se define 23 unidades de vegetación en base a su comportamiento visual y en lo que respecta al segundo objetivo se encontraron nanofanerofitos (arbustos con una altura menor a 2 metros), caméfitos (plantas cuyos renuevos anuales se desarrollan dentro de una altura límite de 50 cm) y terófitos (que son plantas anuales).

Asimismo Santa cruz León (2011), hizo una investigación en la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México, cuyo título de investigación fue en ese entonces “Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso del suelo”, cuyo objetivo era estimar la erosión hídrica, además de analizar los efectos de las modificaciones en el uso del suelo de la cuenca del río Cahoacán localizada en la costa Chiapaneca, utilizando para ello la metodología de Ecuación Universal de pérdida del suelo (EUPS), para estimar el factor de erosividad (R). En esta investigación se usaron datos de precipitación media mensual y media anual de 5 estaciones que se encuentran dentro de los límites de la cuenca y de 10 estaciones que se encuentra fuera de ella, pero próximas a sus límites, mientras que los

valores (R) al igual que las demás variables consideradas en la EUPS, se analizaron con el apoyo de ArcView. Se establecieron tres escenarios, uno bajo condiciones actuales de uso del suelo, otro considerando las modificaciones de la vegetación en la cabecera de la cuenca, finalmente un tercero en el que se mantenían las condiciones de uso de suelo en la cabecera a la vez de que se realizaban prácticas de conservación en la misma, para lo cual se dividió en 13 microcuencas. Los resultados de dicha investigación revelaron que, en condiciones actuales de uso de suelo, las pérdidas van desde los 16270 ton/ha/año, presentándose valores mínimos de 13.317 ton/ha/año. Finalmente se concluye que, de seguir con las alteraciones de los bosques, los valores actuales de pérdida de uso de suelo pueden incrementarse hasta en un 900 % y de modificarse la tendencia actual de deforestación y con buenas prácticas agrícolas en las zonas donde se realiza agricultura temporal y de riesgo, la pérdida de suelo se reduciría en un 60% con respecto al actual.

En una investigación realizada, en el año 2013, cuyo título es “Impacto de la erosión y escorrentía en laderas de agroecosistemas de montaña mediterránea”, cuyo objetivo es evaluar el impacto de la erosión y escorrentía en diferentes tipos de suelo (UTS), agrícola (cuyos cultivos eran olivar, almendro y cereal), bosques (con pinus halepensis y pinus silvestris), matorral, pastizal y tierras de cultivo abandonados en la sierra de España. Para la evaluación se usó parcelas cerradas de erosión-escorrentía, durante 22 días lluviosos y dio como resultado, que en zonas boscosas de p. halepensis y pinus silvestris, existe minimización significativa de erosión y escorrentía, en contraste a los suelos abandonados. Además se determinó que en suelos con actividad agrícola existe mayor incidencia de erosión; en cambio en matorrales y pastizales se registraron tasa de erosión. Durand. Z. & et al (2014).

3.2. Marco teórico general

3.2.1. Suelos

Desde el punto de vista técnico, el suelo es un cuerpo natural que se encuentra sobre la superficie de la corteza terrestre, conteniendo materia viva y siendo capaz de soportar plantas. Pedraza (2015)

Es definido como la capa superficial de la corteza terrestre de poco espesor y donde se desarrollan las plantas y raíces; no obstante, el concepto de suelo abarca mucho más que eso, ya que Romero Contreras & et al (2001) cita a Patrick, (1996) para plantear que esta visión resulta limitada ya que solo está enfocada a la productividad del suelo, por lo tanto, es necesaria considerar al suelo como un fenómeno natural y parte del ambiente. Además, Porta (2005), citado por Pedraza (2015) establece algunas funciones dentro de los ecosistemas y otras relacionada a las actividades humanas. Entre ellas se encuentran las funciones ecológicas los cuales son:

- ❖ Producción de biomasa (suministro de nutrientes, aire, agua y soporte para las raíces de las plantas), proporcionando alimentos, energía renovable, materias primas y rasgos naturales (las masas forestales proporcionan un hábitat importante para muchas especies)
- ❖ Funciones de filtrado, tampón, almacenamiento y transformación. Estas funciones tienen gran importancia en relación a los contaminantes, por su capacidad de filtrado, absorción de agroquímicos y otros.
- ❖ Es un hábitat ecológico o reserva de genes, ya que en él vive abundancia de microorganismos, asimismo la flora y la fauna son mucho menos aparentes que las que están encima del suelo, pero su papel es fundamental para el ciclo de muchos elementos y para la vida de las plantas.

Por otro lado, están las funciones relacionadas con las actividades humanas, los cuales son de acuerdo a Porta (2005), citado por Pedraza (2015), los siguientes:

- ❖ Medio físico; funciones de los suelos como espacios de infraestructura, técnicas industriales y actividades socioeconómicas, construcciones, vías de comunicación, campos de deportes, áreas recreativas, vertidos de escombros y basuras, etc.
- ❖ Fuentes de materias primas; gravas, arena, yeso, agua y minerales
- ❖ Herencia geogénica y cultural; los suelos forman parte de un paisaje en el que pudo haber asentamientos humanos.

Sus componentes de acuerdo a Ortiz (1990) citado por Pedraza (2015) mencionan que el suelo es considerado como un recurso natural constituido por una mezcla de material mineral, materia orgánica, agua y aire. Asimismo, el porcentaje (%) que ocupa cada componente en condiciones ideales para el desarrollo de la vegetación, en un suelo artificial con textura franca aproximadamente, los cuales son:

- ❖ Materia mineral: 45 %
- ❖ Materia orgánica: 5 %
- ❖ Agua: 25 %
- ❖ Aire: 25 %

3.2.2. Degradación de suelos

Para Arriagada (2007), la degradación de los suelos se entiende como la reducción o la pérdida de productividad biológica o económica, debido a procesos como la erosión y el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas junto con la pérdida duradera de la vegetación natural.

La FAO (2008), afirma que la degradación de suelos está aumentando, en muchas partes del mundo y lo definen como el declive a largo plazo en la función y productividad de un ecosistema, y va aumentando en severidad y extensión en muchas partes del mundo con más del 20 % de las tierras agrícolas afectadas, el 30% de los bosques y el 10% de los pastizales y cerca de un cuarto de la población mundial depende directamente de los suelos en degradación.

También la FAO (2008) consideran que las consecuencias de este fenómeno incluyen la disminución de la productividad agrícola, la migración, la inseguridad alimentaria, los daños a los ecosistemas básicos y a la pérdida de biodiversidad por cambio en los hábitats tanto a nivel de especies como a nivel genético.

En cambio Koohafkan (2008), responsable de la división de tierras y aguas de la FAO, afirma que la degradación de suelos tiene importantes implicaciones para la mitigación y la adaptación al cambio climático, ya que la pérdida de la biomasa y materia orgánica del suelo desprende carbono a la atmosfera y afecta a la calidad del suelo y a su capacidad de mantener el agua y los nutrientes; este mismo afirma que cerca del 22% de las tierras sujetas a degradación se encuentran en zonas muy áridas o zonas sub-húmedas secas, mientras que el 78% está en regiones húmedas y la principal causa para la degradación de suelos es la mala gestión de la tierra. Asimismo de acuerdo a la carta mundial de los suelos, elaborado por la conferencia mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2008), la degradación

de suelos es la pérdida cualitativa y/o cuantitativa total o parcial de su productividad, como consecuencia de procesos, como la erosión, la salinización, la inundación, desertización y la contaminación; es por ello que la degradación repercute directamente en la agricultura, al disminuir los rendimientos de los cultivos y los recursos hídricos, pero también se ven afectados otros sectores de la economía y el medio ambiente en su conjunto, entre ellos la industria, y el comercio debido a factores como las inundaciones, o la acumulación de sedimentos de los ríos, las presas y otros. FAO (1982)

En la actualidad la degradación de los suelos es uno de los principales problemas con que se enfrenta el mundo. Considerando el aumento de la población mundial, el suelo es y seguirá siendo en un futuro próximo la base de la producción, por lo que la demanda de suelo cultivable va a ser mucho mayor. Muchos miles de hectáreas, dejan de cultivarse cada año por exceso de erosión, salinización, contaminación, anegación, infertilidad, y el potencial productivo básico declina progresivamente hacia la esterilidad. J. Mataix Solera (1999) y F. López Bermúdez (1994), plantea que la degradación del suelo constituye el más importante proceso de desertificación; lo cual, degradación significa reducción o pérdida de la capacidad de la tierra para producir lo que de ella se espera. Asimismo, estos autores plantean que esta capacidad productiva está ligada, en las regiones mediterráneas, a la aridez y a las sequías y a otros factores climáticos, geomorfológicos y bióticos, pero sobre todo a la deficiente o mala gestión humana del recurso natural; esto es una constatación fundamental.

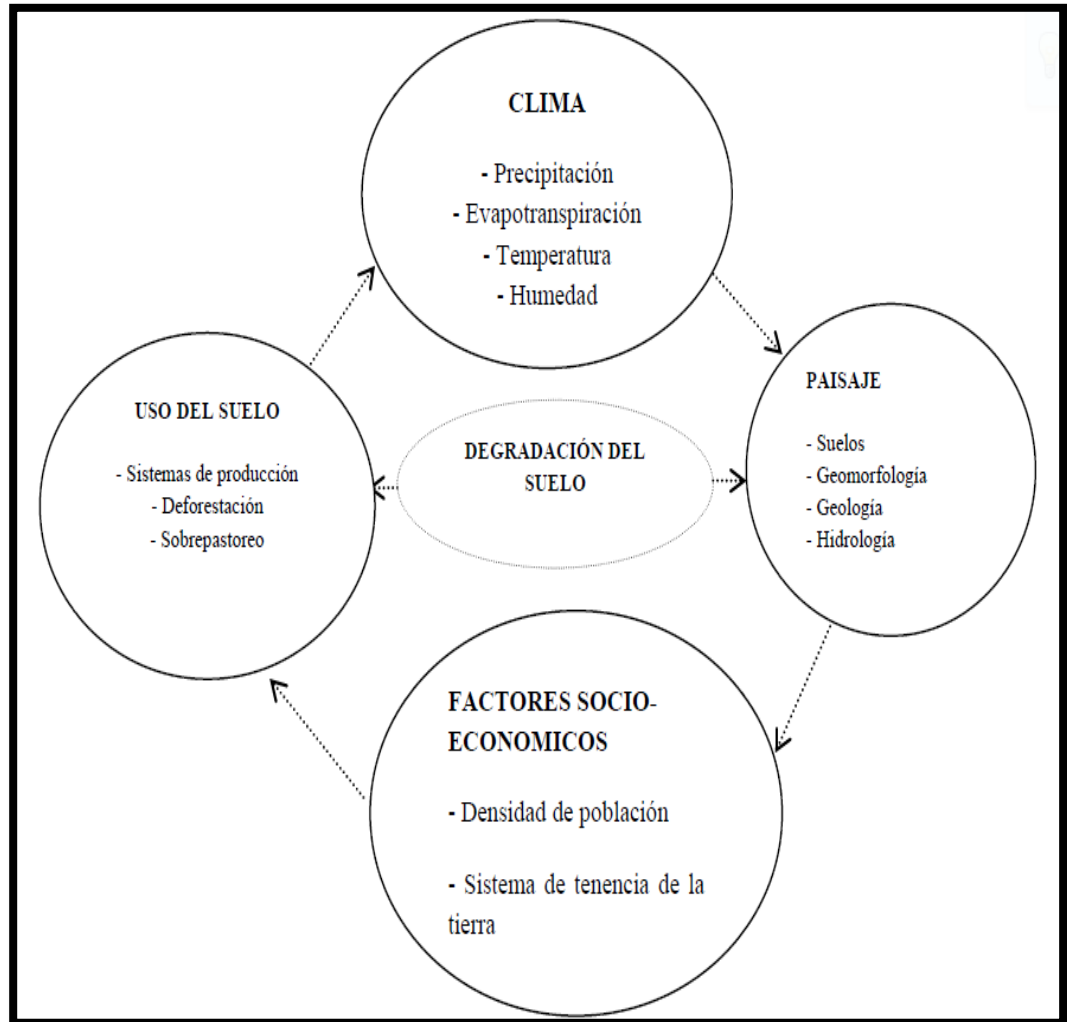
Este proceso de degradación constituye el más preocupante de la geopatología del dominio mediterráneo semiárido y puede acabar en la desertificación de un territorio; casi siempre el ser humano es el iniciador y la víctima de los procesos de degradación de los recursos vitales, suelo, agua y vegetación. Sólo con una gestión sostenible de los recursos

naturales renovables, será posible mantener su capacidad productiva. J. Mataix Solera (1999).

Para Hudson (1982) citado por Pedraza (2015), el término de degradación de suelos tiene que ver con una reducción de su capacidad para producir cosechas. Tal degradación puede presentarse sin que exista remoción o desplazamiento del suelo. Sin embargo, la FAO, (1984) citado por Pedraza (2015), señala que la degradación de suelos es la expresión general de los procesos económicos y sociales, así como los naturales e inducidos que disminuyen el equilibrio del suelo, la vegetación, el aire y el agua. Según este organismo FAO, cuando la degradación de las propiedades de los suelos es continua se llegará a la desertificación. Otro concepto es aquella que está relacionado con la desertificación que de acuerdo a Anaya, (1985), la desertificación es el proceso que incluye todas las formas de deterioro (económico y social) y de (procesos naturales o inducidos, los cuales destruyen en equilibrio del suelo, vegetación, aire y agua) de áreas sujetas a una fuerte aridez edáfica con una alta aridez climática Pedraza (2015).

De lo expuesto, se presenta el siguiente esquema.

Esquema 1. Principales causas ambientales y socioeconómicas de la degradación de suelos



Fuente: Instituto Nacional de Ecología, citado por Pedraza (2015)

3.2.3. Erosión de suelos

Uno de los principales problemas ambientales es la degradación de suelos por erosión y es provocada por la remoción de la cubierta vegetal, tala de árboles, cambios de usos de suelo, actividades agropecuarias, principalmente. Pedraza (2015).

Es el proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por agentes naturales y el hombre. Tayupanta (1993). Por otra parte para MINAGRI (2014); la erosión es el desprendimiento y arrastre (lavado) del suelo de un lugar a otro causado por la lluvia, el viento o por malas prácticas que realiza el hombre en su respectivo campo de cultivo, por esta pérdida, disminuye poco a poco la profundidad del suelo y hace que pierda su fertilidad, siendo esta para siempre.

Para Hudson (2006), La erosión es esencialmente un proceso de suavización y nivelación en el que el suelo y las partículas rocosas, son transportados, rodados y arrastrados por la fuerza de la gravedad, siendo los principales agentes que intervienen en la disolución y ruptura de las partículas el agua y el viento.

Representan uno de los procesos de degradación de los suelos más difundidos y que más daños ocasionan en el mundo contribuyendo a ello la supresión de la cobertura vegetal ya sea de bosques o sabana con el fin de poner bajo cultivo una zona determinada, conllevando de esta manera a cambios que se traducen en pérdida de suelos, elementos nutritivos y en la actualidad los suelos siguen siendo afectados por los procesos erosivos con una tendencia fuerte. Hernández (2006)

Por otra parte, Peláez (2001) cita a Suarez (1980); del cual define a la erosión como un proceso de arrastre del suelo por acción del agua y el viento, o como un proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo causado por el agua o el viento. Esto implica la

existencia de dos elementos que participan en el proceso: Uno pasivo que es el suelo y uno activo que es el agua, el viento o su participación alterna, la vegetación por su parte actúa como un regulador de las relaciones entre ambos elementos. Además, desde la perspectiva geológica y de formación de paisaje, la erosión es entendida como parte del proceso de morfogénesis a través del cual se moldean las formas terrestres. Desde este punto de vista, la configuración que hoy tiene de la superficie de la tierra, se debe a procesos continuos de degradación que en tiempo geológico han moldeado la superficie. Peláez (2001). Estos procesos geomorfológicos están relacionados con factores internos, (litología, estructura tectónica, volcanismo y topografía) y externos (Clima: temperatura, precipitación, organismos y acción antrópica).

A pesar de los planteamientos expuestos podría aceptarse la consideración de dos tipos básicos de erosión de acuerdo a Peláez (2001): La geológica o natural, y la antrópica o acelerada. La primera se produce normalmente sin la acción del hombre, estando por lo tanto fuera de su control, es tan lenta y pasa inadvertida y contribuye de cierto modo a la formación del relieve mismo y a la meteorización de las rocas. En este tipo de erosión, intervienen el agua (ríos, mar, lluvia), el viento la temperatura y la gravedad; es considerada benéfica, pues busca la estabilidad de la superficie y un equilibrio entre el suelo, la vegetación, los animales y el agua; el cual han estado durante millones de años y actualmente existe como en el pasado, variando espacialmente dadas las diferencias en el carácter de las rocas y en las condiciones climáticas y de vegetación; por ejemplo la elevada erosión y deposición que ha ocurrido durante el tiempo geológico, se tiene en la gran extensión y espesor de las rocas sedimentarias encontradas en la corteza terrestre.

También GEO México (2004) cita a la FAO (2000), define la erosión como un proceso de remoción (por desprendimiento o arrastre) del suelo, principalmente la capa arable del mismo, razón por la cual la erosión del suelo con la implícita pérdida de la producción se está convirtiendo en uno de los problemas ambientales que más presión ejerce en áreas vulnerables, de esta manera entre las presiones más importantes derivadas de los fenómenos naturales y antropogénicos que se ejerce sobre los suelos, destacan la erosión hídrica y la erosión eólica; de modo que la erosión del suelo reduce su fertilidad debido a que provoca pérdida de minerales y materia orgánica.

Por otra parte, en la erosión acelerada ha mediado el hombre, destruyendo la vegetación protectora al introducir otros usos al suelo y con ello rompiendo el equilibrio natural. Así se ha favorecido la acción erosiva del agua y del viento, en especial en terrenos inclinados, al usar sistemas de cultivos y herramientas inadecuadas, al talar bosques y/o quemar la vegetación, al construir obras de infraestructura, etc. Conforme ha sido indicado.

Es importante además considerar que la erosión de suelos es considerada como un problema medioambiental, ya que en el año de 1992 en la cumbre de la tierra o cumbre de Río, la erosión fue reconocida como uno de los problemas de mayor incidencia, junto a la contaminación ambiental. El agotamiento de la capa de ozono, los cambios climáticos y la pérdida de diversidad biológica. Sibello Hernández (2013)

Por otro lado, finalmente la pérdida del suelo se expresa, habitualmente, en unidades de peso o volumen por unidad de superficie y tiempo ($\text{ton ha}^{-1}\text{año}^{-1}$). Es una revisión sobre la erosión en condiciones naturales Young, (1969), citado por Pedraza (2015) y hace un reporte de valores de 0.0045 ton/ha . para áreas de relieve moderado y 0.45 ton/ha , para relieves

escarpados. Sin embargo, en tierras agrícolas estas cifras, varían entre 45 y 450 ton/ha.

3.2.4. Tipos de erosión de suelos

Según Heano, (2006), citado por Pedraza (2015), existen dos clases de erosión los cuales son; la erosión geológica o natural y la erosión acelerada.

3.2.4.1. La erosión geológica o natural

Es la que se produce normalmente sin la acción del hombre y por lo tanto está fuera de su control. Es tan lenta y pasa inadvertida y contribuye en cierto modo a la misma formación del relieve y la meteorización de las rocas. Este tipo de erosión se sucede, aún hoy en día e tierras muy jóvenes del planeta y no es perjudicial, es por el contrario benéfica, pues busca la estabilidad de la superficie y un equilibrio entre el suelo, la vegetación, los animales y el agua. Pedraza (2015).

3.2.4.2. La erosión acelerada

La erosión acelerada es la causada con la ayuda del hombre, quien al cultivar en el suelo destruye la vegetación protectora y rompe el equilibrio que la naturaleza ha establecido entre la formación del suelo y la erosión natural, construyendo de este modo, a que la erosión adquiera velocidad y provoque daños. El hombre favorece la acción erosiva del agua y el viento, especialmente en terrenos con pendientes, al utilizar herramienta inadecuadas, al talar los bosques o provocar incendios, al construir obras o vías de comunicación. Además, también está el sobre pastoreo y la compactación de suelos por actividades ganaderas. Castro S.F (1979),

La clasificación por su origen de la erosión de los suelos es por erosión natural, y erosión antrópica. No obstante, frente a esta concepción y clasificación, existe otra definición y clasificación de erosión y sus respectivos factores, siendo importante mencionar que la erosión puede ser provocada por distintos agentes, los cuales generan una energía capaz de erosionar el suelo, en donde estos pueden actuar solos. García & Chevesich, (2008), citados ambos por R. Pizarro & et al (2009).

Cuadro 1. Agentes, tipos de erosión y procesos erosivos

Agente	Tipo de erosión	Tipo y proceso erosivo
Agua	Erosión hídrica	Erosión en cursos de agua
		Erosión de impacto
		Erosión laminar
		Erosión en riles
		Erosión en cárcavas
Viento	Erosión eólica	Erosión costera
		Abrasión
Hielo	Erosión glacial	Deflación
		Movimientos glaciares
Gravedad	Erosión por gravedad	Derrumbes
		Movimientos en masa
		Suelos repantes

Fuente: Field, (1997), citado por R. Pizarro & et al (2009).

3.2.5. Erosión hídrica

Para Cisneros & et al (2012), la erosión hídrica es el proceso por el cual se produce el desprendimiento, transporte y depositación de las partículas de suelo por acción de algunos agentes como:

- ❖ Energía cinética de la gota de la lluvia. - La energía de las lluvias se disipa sobre la superficie del suelo produciendo la ruptura de los terrones y agregados, generando una salpicadura (Erosión por salpicadura), que desprende partículas, que luego son arrastrados pendiente abajo. Cisneros & et al (2012)
- ❖ Escorrentía en movimiento. - Este agente erosivo produce el desprendimiento de nuevo suelo y el transporte de suelo removido en una magnitud proporcional al caudal escurrido y a la velocidad que adquiere el flujo de agua sobre la superficie.
Este agente produce fenómenos erosivos más visibles (cárcavas), y es el responsable del movimiento de las partículas del suelo removido. Cisneros & et al (2012). Asimismo, para este mismo autor, se distinguen dos tipos de flujo: El flujo laminar (erosión laminar o mantiforme), cuyo movimiento es lento y el Flujo turbulento/concentrado o flujo en surcos (Erosión en surcos), con una velocidad que puede llegar a las 4 m/s.
- ❖ La gravedad. - La sola acción de la gravedad es capaz de mover el suelo, especialmente cuando está mojado en ambientes de altas pendientes. Cisneros & et al (2012).

Tabla 1. Energía y eficiencia de cada forma de erosión

Forma de erosión	Masa *	Velocidad típica (m/s)	Energía cinética ***	Energía para erosión ***	Transporte de sedimentos observados (g/cm)****
Salpicadura (gota de lluvia)	R	9	40.5 R	0.081 R	20
Mantiforme (Laminar)	0.5 R	0.01	$2.5 \cdot 10^{-5} R$	$7.5 \cdot 10^{-7} R$	400
Surcos (Turbulento)	0.5 R	4	4R	0.12 R	19000

Fuente: Morgan (1995), citado por Cisneros & et al (2012)

*Se asume que la masa es igual a la lluvia R, y que el escurrimiento es el 50 % de la lluvia (0.5 R)

** Basada en $E_c = \frac{1}{2} * mV^2$

*** Se asume que el 0.2 % de la energía de la gota y el 3% de la energía de cinética del escurrimiento es utilizada para causar erosión

**** Valores medios durante 900 días, para un suelo arenoso, en una pendiente del 19 %.

3.2.6. Agentes que intervienen en la erosión hídrica

Para Peláez (2001), el agente físico causante puede definirse en tres tipos de erosión: hídrica, eólica y glacial; la primera es la que mayor interés reviste en aquellos espacios geográficos de los trópicos sujetos a condiciones climáticas en donde imperan abundantes y frecuentes lluvias de alta intensidad, razón por el cual en la presente investigación se ocupará de manera especial del agente activo en esencia de este tipo de erosión, el agua en forma de lluvia, y de sus interacciones con los restantes activos y pasivos. Así el segundo y el tercero son importantes activos de erosión eólica y glacial respectivamente y cuya importancia es menor en los trópicos.

A continuación, se detalla aplicado al estudio los aspectos importantes relativos que controlan y regulan la erosión hídrica dentro de los cuales se tiene la precipitación, las características topográficas, las características edáficas intrínsecas y la cubierta vegetal.

3.2.6.1. Precipitación

Peláez (2001), define a la lluvia o precipitación como la principal fuente de agua sobre el terreno, de su cantidad, intensidad y frecuencia depende el volumen de flujo que se desliza en capas uniformes. Asimismo, este autor cita a Morgan (1986) para sustenta que la cantidad a una escala global hace que la erosión alcance sus máximos valores con precipitaciones de 300 mm/ año, y cuando la precipitación es inferior a dicho valor, la erosión se incrementa conforme la precipitación lo hace, sin embargo, una vez este valor es superado el efecto de protección ofrecido por la cubierta vegetal que se beneficia de una mayor precipitación incidente, se traduce en menores pérdidas de suelo.

3.2.6.2. Intensidad de la precipitación

Es el factor primordial del fenómeno de erosión, ya que la velocidad de penetración del agua en el suelo es frecuentemente insuficiente; cuando ésta cae con gran intensidad, la llegada al suelo de una elevada cantidad de agua en un periodo corto de tiempo, produce rápidamente escorrentía, de modo que; no es tan importante el total de la lluvia como la intensidad misma. Peláez (2001).

A este respecto Peláez (2001), toma como referencia a Hudson, (1982), para indicar que los intensos aguaceros típicos en los trópicos tienen un efecto mucho más catastrófico, que las lluvias suaves de los climas templados, localizándose el área de lluvias entre los 40° de latitud Norte y los 40° de latitud Sur, Excepciones a esta regla se tiene en zonas semiáridas donde la mayor erosión por lluvia ocurre a menudo cuando ésta se produce en tormentas violentas, aunque la cantidad sea poca. En climas templados los valores de intensidad superan los 75 mm/h, lo cual se da en caso de tormentas estivales, y en climas tropicales se alcanzan con frecuencia intensidades de 150 mm/h.

La relación entre las características de la precipitación y de los suelos que condicionan la aparición de escurrimiento existente entre la intensidad de la lluvia y la rapidez de infiltración del suelo, tal que:

Cuadro 2.Ecuación matemática de escurrimiento

$$\text{Escorrimento} = \text{Intensidad de lluvia} - \text{velocidad de infiltración}$$

Fuente: Peláez (2001)

Así Horton (1945) citado por Peláez (2001), plantea , si la intensidad de la precipitación es inferior a la capacidad de infiltración, no tendrá lugar la esorrentía y la tasa de infiltración será igual a la intensidad de la lluvia; por otra parte; si la intensidad de la precipitación excede la capacidad de infiltración, la tasa de infiltración igualará la capacidad de infiltración y el excedente de la precipitación formará escurrimiento superficial; sin embargo no siempre la relación entre intensidad y la infiltración como mecanismos generadores de escurrimiento en superficie son claras; razón por ello Morgan, (1986) citado por Peláez (2001), menciona resultados de investigaciones adelantadas en Inglaterra, donde sobre suelos arenosos con capacidades de infiltración de 400 mm/h, las variables responsables eran otras del control de la esorrentía.

Morgan (1986) plantea que es un contenido edáfico limitante, que una vez superado, produce una reducción de la presión de agua de los poros en la superficie del suelo hasta un valor 0 (cero) permitiendo, así la formación de charcos. Este mecanismo da explicación al porqué las arenas, que tienen bajos niveles de almacenamiento capilar, producen rápidamente esorrentía, aun cuando su capacidad de infiltración no haya sido excedida por la intensidad de la precipitación.

Puede afirmarse, entonces en general que mientras la velocidad Infiltración sea > Intensidad de lluvia, no habrá escurrimiento que produzca erosión, observándose que lluvias de intensidad moderada producen, erosión cuando el suelo ya se encuentra saturado. Peláez (2001).

Tabla 2. Relación intensidad de la precipitación y pérdidas de suelo

Intensidad Máxima en 5 minutos (mm/h)	Número de eventos de lluvia	Erosión promedio por (Kg/m
0 - 25.4	40	0.37
25.5 - 50.8	61	0.6
50.9 - 76.2	40	1.18
76.3 - 101.6	19	1.14
101.7 - 127	13	3.42
127.1 - 152.4	4	3.63
152.5 - 177.8	4	3.87
177.9 - 254	1	4.7

Fuente: Peláez (2001), Fournier (1972) & Morgan (1986)

3.2.6.3. Frecuencia de la precipitación

La respuesta del suelo en términos de erosión a la recepción de la lluvia, podría estar determinada por las condiciones meteorológicas previas. Morgan, (1986), citado por Peláez (2001), de tal forma, dos eventos de lluvia que se sucedan sin haberse alcanzado a secar el suelo, pueden llevar a que la segunda lluvia no infiltre, o lo haga mínimamente, y gran parte de ella se escurra.

El fenómeno es análogo al que se produce cuando una lluvia de larga duración satura el suelo: La desaparición de la infiltración genera escorrentía. A este respecto Suarez, (1980) citado por Peláez (2001), expone que la frecuencia de lluvias es crítica de acuerdo a las condiciones de los terrenos; así cuando los intervalos entre lluvias son cortos, el contenido de la humedad del suelo es alto, al comenzar aquellas, y, por lo tanto, aumenta la posibilidad de que se origine la

escorrentía aún con eventos de baja intensidad, lo contrario, ocurrirá en caso de tenerse periodos largos.

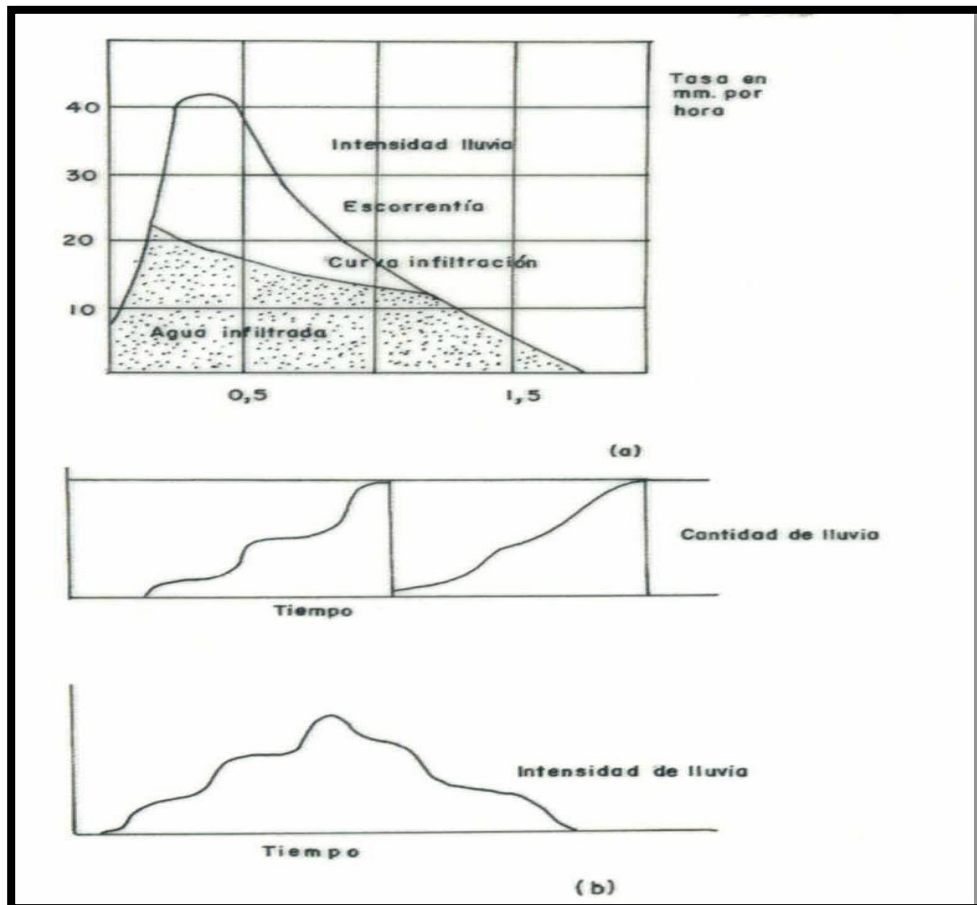
Tabla 3. Escorrentía y erosión a diferentes intervalos entre eventos de lluvia

Intervalo entre lluvias (días)	Cantidad de lluvia (mm)	Intensidad en cinco minutos (mm)	Escorrentía	Erosión (To/ ha)
17	17.8	3	0.09	0.002
2	12.6	2.2	2.36	0.395

Fuente: Suárez (1980), citado por Peláez (2001)

Suarez (1980) citado por Peláez (2001) expone que unos pocos aguaceros son los causantes de la casi totalidad de las pérdidas del suelo que ocurren en una región.

Imagen 1. Pérdidas de suelo, por intensidad de lluvia, cantidad de lluvia



Fuente: Suárez (1990), citado por Peláez (2001)

3.2.6.4. Pendiente de terreno

Morgan (1986), citado por Peláez (2001), plantea que en condiciones normales, sería de esperar que la erosión se incrementara, conforme lo hicieran el grado y la longitud de la pendiente, como resultado de los respectivos incrementos en velocidad y volumen de la escorrentía superficial. Además, mientras el impacto en una superficie plana de las gotas de lluvia, arroja a las partículas del suelo al zar, en todas las direcciones en condiciones de pendiente inclinada en cambio, más suelo es salpicado hacia abajo de ella, que hacia arriba, incrementándose de este modo la proporción conforme lo hace el grado de inclinación.

En teoría la ley de caída de los cuerpos- Velocidad del agua varía con la raíz cuadrada de la distancia vertical que ella recorre, y su capacidad erosiva con el cuadrado de la velocidad, esto es, si la pendiente se duplica en el terreno, entonces se aumenta cuatro veces, la velocidad del agua que fluye sobre él se duplica, y su capacidad erosiva se cuadriplica. Peláez (2001).

3.2.6.5. Grado de pendiente

Peláez (2001), define que el grado de pendiente, regula la velocidad de circulación del agua sobre la superficie de forma casi exclusiva. Este agente está representado por la siguiente ecuación:

Cuadro 3. Ecuación de grado de pendiente

$$X_c = 0,065 S^{1,49}$$

x_c , representa la pérdida total del suelo en unidades de peso.

S , la pendiente del terreno en porcentaje (%)

Fuente: Peláez (2001)

3.2.6.6. Longitud de pendiente

Suárez (1980), citado por Peláez (2001), plantean que la longitud de pendiente influye en la velocidad por las alturas de agua acumuladas en la parte baja de las pendientes, tales alturas son mayores, cuanto más extensas son las vertientes en la parte superior, este expone y agrupa los resultados de diferentes experimentos tendientes a correlacionar las pérdidas del suelo con la longitud de la pendiente a través de la ecuación siguiente:

Cuadro 4. Ecuación de Longitud de pendiente

$$X = 0,0025 L^{1,53}$$

X, representa la pérdida total del suelo en unidades convencionales.

L, Longitud horizontal del terreno medida en pies

Fuente: Peláez (2001)

Tabla 4. Pérdida promedio del suelo bajo diferentes condiciones de longitud e inclinación de pendiente

Longitud parcelas (pies)	Pendiente parcelas (%)	Pérdida promedio de suelo (lb)
8	4	5.83
8	4	5.32
8	8	12.50
8	8	13.12
8	12	25.13
8	12	21.73
16	8	41.35
16	8	37.44

Fuente: Suárez (1990), citado por Peláez (2001)

La ecuación general obtenida a partir de estos datos para la estimación de las pérdidas del suelo viene dada por la siguiente ecuación:

Cuadro 5. Ecuación general para estimar pérdidas de suelo con grado de pendiente y longitud de pendiente

$$X = 0,0026 S^{1,37} L^{1,53}$$

X, representa la pérdida del suelo por concepto de la escorrentía (lb)

S, la pendiente (%)

L, la longitud horizontal (pies)

Fuente: Peláez (2001)

Peláez (2001) plantea que si bien es cierto que la pendiente y la longitud controlan en buena medida la velocidad del flujo de escorrentía y con ello las pérdidas del suelo, es importante asimismo dejar indicado, el papel que desempeña el tamaño del grano.

Así de acuerdo con Morgan, (1986) citado por Peláez (2001), la velocidad crítica, aquella necesaria para que el transporte, se incrementa a diámetros de partículas superiores a 0,5 mm, en tanto que para partículas con diámetro inferior a tal valor, la velocidad crítica se incrementa conforme disminuya el tamaño del grano. Las partículas más finas son más difíciles de erosionar, dada la cohesión de las arcillas minerales que las retienen, una vez un grano individual se encuentra en movimiento, no se deposita hasta que la velocidad caiga por debajo de la velocidad umbral, de esta forma es necesaria menos fuerza, para mantener un grano en movimiento que para que entre en él. Una partícula de suelo de 0.1 mm requiere un flujo de 60 cm/seg

para despegar, pero sólo es depositada una vez la velocidad del flujo hace por debajo de 0.1 cm/seg.

Otro aspecto resaltados por Morgan (1986), citado por Peláez (2001) es que para tamaños de granos mixtos, las partículas más finas se encuentra protegidas por las más gruesas, de forma que aquellas sólo son removidas, una vez las velocidades del flujo han sido las necesarias para la remoción de los granos de mayor tamaño, no obstante contrarrestando este efecto, la acción del golpeteo podría separar partículas de suelo y lanzarlas al flujo, siendo transportadas hasta que la velocidad de éste sea menor que la velocidad de caída requerida.

3.2.6.7. Material parental

Una clasificación primaria de las rocas es aquella establecida basándose en su origen, así, se diferencian 3 tipos de ellas, ígneas, metamórficas y sedimentarias. Peláez (2001).

De acuerdo a su dureza relativa, estas pueden agruparse en blandas (sedimentarias) y duras (metamórficas) que son más resistentes, y más compactados por presentar un mayor empaquetamiento entre sus minerales constituyentes. Peláez (2001)

Por otro lado, las rocas sedimentarias presentan una mayor porosidad, la cual permite el ingreso del agua al interior de la roca, favoreciendo el proceso de meteorización que resulta en un ablandamiento efectivo del material y de allí una mayor susceptibilidad a la erosión. Peláez (2001).

3.2.7. Características internas de los suelos

Henao (1988), citado por Peláez (2001) define que aquí se destaca el efecto que tienen sobre el proceso de infiltración, la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo, al imprimirle diferentes características de permeabilidad y erodabilidad.

Asimismo, la textura y la estructura del suelo han sido usualmente consideradas las características físicas más relevantes, dado que son a su vez los que condicionan otras características del suelo inherentes a la erosión. La estructura, condiciona en gran medida la velocidad y el tipo de movimiento vertical del agua en el perfil edáfico, así, estructuras laminares, propician movimientos de agua muy lentos, en tanto que estructuras de tipo columnas favorecen el rápido tránsito de ella, aun cuando se tengan texturas arcillosas. Henao (1988), citado por Peláez (2001).

La importancia de esta característica radica además en que condiciona el desarrollo de las raíces, así, suelos con estructura granular favorecen su crecimiento y desarrollo, contrario a lo que ocurre bajo condiciones de estructura laminar. Peláez (2001).

No obstante, Withers & Vipond (1974), ambos citados por Peláez (2001) afirman que la textura por su parte condiciona la infiltración en los terrenos, así las capacidades de infiltración pueden variar desde más de 200 mm /ha, para arenas hasta menos de 5 mm/ha para arcillas, tal como lo afirma. En términos generales entonces se acepta que la velocidad de infiltración en suelos arenosos es bastante superior a la que se tiene en suelos arcillosos, retardándose por lo tanto el punto de saturación y con ello la aparición de escurrimiento superficial; sin embargo, al irse inclinando el terreno, suelos sueltos y ligeros son más propensos a la separación o desplazamiento del lugar que ocupan por efecto del golpeteo y posteriormente de la gravedad. Peláez (2001).

3.2.7.1. Vegetación de los suelos

Para Peláez (2001), la cubierta vegetal se desempeña como agente regulador en los fenómenos erosivos, controlando los excesos de agua en el perfil del suelo, disminuyendo las velocidades del flujo de escurrimiento e integrando el suelo como masa unitaria, entre otros beneficios; no obstante, su papel es variable de acuerdo a las características de porte, enraizamiento, hábito y velocidad de crecimiento, etc. Incluso en ocasiones puede favorecer las condiciones de inestabilidad de las laderas.

Asimismo, la vegetación impide el impacto directo de las gotas de lluvia, sobre la superficie del terreno, disipando la energía, que lleven las mismas, parte del agua que cae es interceptada por la vegetación incrementando, así la tasa de infiltración, otra parte se evapora y el resto escurre y fluye por la pendiente. Peláez (2001)

Sin embargo, la densidad y tipo de vegetación influye en la escorrentía y cantidad de suelo erosionado, siendo estas mayores en suelos desnudos y menores en suelos con presencia de cultivo, bosques y/o pastizales Tayupanta (1993)

Es así que Carabello & Conard (2005), Plantean que la cubierta vegetal ejerce una evidente y fuerte influencia sobre la erosión del suelo y, de esta manera, los primeros intentos para evaluar y entender la pérdida de suelo ya asumen el importante papel de la vegetación en la disminución de la erosión. Asimismo, este mismo autor cita a Elwell and Stocking (1976), y afirma que este papel protector de la cubierta vegetal suele ser altamente determinante, de modo que el aumento de cubierta vegetal condiciona una disminución exponencial de la tasa de erosión.

Sin embargo, otros autores como Morgan (2005) consideran que la relación erosión-vegetación tiene un comportamiento complejo, fuera de la linealidad o la exponencialidad, pues la vegetación actúa como cubierta protectora, estableciéndose como un buffer entre el suelo y la atmósfera.

Entonces Brandt (1989) como regla general, la efectividad de la vegetación para reducir la erosión de impacto depende directamente de la altura y continuidad de la copa de los árboles, así como la densidad de la cobertura superficial (pastos, hierbas y arbustos). Estudios demuestran que las hojas lobuladas, típicas de especies arbóreas latifoliadas, forman gotas cuyo diámetro dobla el de las gotas de lluvia. Además, se dice que, a siete metros de altura de copa, las gotas que impactan el suelo lo hacen a una velocidad equivalente al 90% de su velocidad máxima, lo cual indica que a mayor altura de copa, mayor erosión se produce.

En otras palabras, García & Chevesich (2008), citados por Brea (2010) plantean que, si bien las copas de los árboles interceptan la lluvia, éstas no reducen la energía cinética de las gotas de agua, como resultado, las tasas de erosión de impacto bajo las copas de los árboles pueden ser hasta tres veces mayores que las producidas en suelos desnudos que reciben precipitación directa.

Sin embargo, los componentes aéreos (ramas y hojas) de algunas especies arbóreas son más efectivos en cuanto a la absorción de la energía cinética contenida en las gotas de agua, así como la disminución del escurrimiento superficial y la velocidad del viento. Especies frondosas, de ramas horizontales y copas relativamente bajas, son consideradas las más efectivas contra la erosión de impacto. En cuanto al tipo de hoja, las acículas de especies pináceas (en inglés needles) tienen la capacidad de desintegrar las gotas de lluvia, minimizando el potencial erosivo de éstas, mientras que otro tipo

de hojas (palmadas, lobuladas, etc.) actúan como microcuencas, formando gotas de mayor tamaño, dando lugar a los efectos erosivos ya descritos. Peláez (2001).

Del mismo modo, las gotas se concentran en áreas focalizadas, excediéndose las tasas de infiltración y dando lugar al indeseado escurrimiento superficial. Además, las cortezas lisas generan mayores volúmenes de escurrimiento fustal, mientras que una corteza rugosa va a retener una mayor cantidad de agua de lluvia, por lo que menor será el escurrimiento superficial. Peláez (2001).

La presencia de una cobertura vegetal no solo protege el suelo contra la erosión de impacto, sino que también brinda rugosidad al terreno por el que el flujo superficial viaja, reduciendo su velocidad y, por ende, su poder erosivo. Dicha rugosidad se expresa comúnmente en términos del coeficiente de Manning, el cual representa la suma de la rugosidad de la superficie del suelo, la micro-topografía y la cobertura vegetal. La altura de la vegetación y la profundidad del flujo superficial juegan un rol preponderante en la erodabilidad del caudal. Como regla general, mientras más densa y homogénea sea la cubierta vegetal, mayor es su efectividad en la disminución de la erosión laminar. Peláez (2001).

En términos generales entonces de acuerdo a Suárez (1980) citado por Peláez (2001) las formas o mecanismos a través del cual las plantas defienden el suelo son los siguientes: Dispersión directa; que consiste en la intercepción y evaporación del follaje y evaporación de gotas de agua de lluvia; transpiración; que consiste en la humedad que pasa de estratos profundos al aire, luego la protección directa; contra el impacto de la gotas de lluvia; efecto sujetador; del sistema radicular sobre las partículas del suelo; penetración de raíces a través del perfil; al morir las plantas dejan espacios que favorecen procesos de infiltración y de aireación; mejoramiento de la estructura del suelo;

principalmente por aporte de materia orgánica, y con ello la infiltración y finalmente el aumento del coeficiente de rugosidad y dispersión lateral de la escorrentía, reduciéndose con ello el volumen y la velocidad de flujo.

Además, Peláez (2001), plantea acerca del efecto que tienen las coberturas vegetales contra el impacto directo de las gotas de lluvia. En general se ha encontrado coberturas vegetales de varios estratos que favorecen en mayor medida el proceso de infiltración del agua en los terrenos, a diferencia de los monoestratificados-pastos o suelos desnudos, en las cuales la infiltración del agua es sustancialmente menor.

Tabla 5. Infiltración del agua (cm³) en terrenos con diferentes coberturas vegetales

Tiempo (min)	Tipo de Cobertura		
	Bosque	Pastos	Suelo desnudo
5	60.0	21.0	5.3
10	119.0	45.8	11.0
30	360.0	127.0	35.5
60	715.0	250.0	63.0

Fuente: Suárez (1980), citado por Peláez (2001)

Es importante considerar que en algunos casos la vegetación puede no cumplir adecuadamente con la función protectora, llegando incluso a la activación de procesos erosivos. Desde el punto de vista de la mecánica de suelos, si se considera la capacidad de carga de la fundación poco profunda, el soporte del suelo puede fallar cuando cierta carga crítica es excedida, ya que la capacidad de carga de la pendiente, depende tanto de la cohesión, como del ángulo de fricción De Ploey, (1981) citado por Franco, (1985), y ambos citados por Peláez (2001).

Es así que Maene & Sulaiman (1980), ambos citados por Peláez (2001), plantean que, si bien en un inicio puede resultar claro el efecto benéfico de las coberturas boscosas, desde la óptica de la mecánica de suelos, no lo es tanto, aquel relacionado con la disminución de la energía cinética de las gotas de lluvia a través de la intercepción de ésta por la canopia. Este por sí mismo no reduce la fuerza de la lluvia, dado que gotas que caen por ejemplo de una altura de 7 m, podrían alcanzar más del 90 % de su velocidad terminal. Además, las gotas de lluvia que caen desde el dosel del bosque, tienen tamaños que oscilan entre los 4 y 5 mm de diámetro en promedio.

3.2.7.2. Hojarasca

Para Brea (2010), al igual que la cobertura vegetal, la hojarasca también protege el suelo contra la erosión de impacto impidiendo que la gota de lluvia golpee directamente la superficie del suelo. Por otro lado, la hojarasca disminuye la velocidad del flujo superficial, debido al aumento en la rugosidad por la que éste viaja. Además, de incorporar materia orgánica al suelo, la hojarasca reduce significativamente la evaporación de la humedad en el lo que se traduce en mejores posibilidades de establecimiento de especies vegetales, las cuales disminuyen aún más la erosión y la sedimentación.

3.2.7.3. Velocidad de flujo

Para Brea (2010), la velocidad del caudal influye fuertemente en la erosión hídrica. Se sabe que la velocidad mínima para desprender y transportar una partícula de suelo está en función del diámetro de ésta. Sin embargo, una vez que la partícula ha sido desprendida, se necesitará menos energía para que ésta siga en movimiento.

3.2.8. Definición y formas de erosión hídrica

Para Vega Torres (2008), la erosión hídrica constituye uno de los principales procesos de pérdida del suelo y representa una de las formas más completas de degradación, englobando, tanto la degradación física del suelo, como la química y biológica

En cambio, para Tayupanta (1993), es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y al fluir sobre la superficie de los terrenos.

Por otra parte, para Almorox Alonzo (2010), la erosión hídrica es aquella en la cual los procesos de remoción del suelo y transporte son efectuados por el agua. Todo el proceso consta de fundamentalmente por algunas características que son: El tamaño e impacto de las gotas de lluvia cuyos tamaños oscilan entre 5 a 6 mm de diámetro, de pesos y formas muy variables, que al cruzar el espacio adquieren una velocidad terminal que varía de acuerdo con su diámetro desde cerca de dos hasta 9 m/seg.

La fase más importante dentro del proceso erosivo comienza con el impacto de la gota de agua. Tayupanta (1993). Otro es el salpicado y dispersión del suelo, en la cual, las gotas de lluvia que impactan sobre el suelo, lo disgrega y salpica las partículas en todas las direcciones de forma uniforme, aplicado para terrenos planos; no obstante en terrenos con pendientes existe un mayor transporte hacia abajo, las partículas de suelo que salpican con mayor facilidad corresponden a las arenas finas, llegando a su nivel máximo, después que la superficie se ha saturado, de allí en adelante disminuye la salpicadura Tayupanta (1993).

Asimismo, está el escurrimiento, planteada por Tayupanta (1993) que se da cuando la precipitación es mayor que la infiltración, ya que en el suelo se produce un excedente de agua que escurre siguiendo la superficie y la pendiente del terreno, llevando consigo las partículas removidas del suelo; esta agua se concentra en las rugosidades o grietas del terreno formando pequeños canalillos, surcos o cárcavas. Finalmente se da el proceso de sedimentación que consiste en el transporte de las partículas a otros lugares por la escorrentía formando a su paso socavaciones o rugosidades; de modo que, al disminuir la pendiente y la velocidad del agua, se inicia el proceso de sedimentación, depositándose en primer lugar los sedimentos gruesos y luego los más finos. Tayupanta (1993).

3.2.9. Formas de la erosión hídrica

3.2.9.1. Erosión por salpicamiento

Para Vega Torres (2008), el primer paso en el proceso de erosión hídrica comienza cuando las gotas de lluvia impactan la superficie con una energía suficiente para desplazar las partículas de material sin consolidar, dando lugar al proceso denominado erosión por salpicadura

Asimismo Mintegui y López citado por Vega Torres (2008) definen este tipo de erosión como el proceso de disgregación de partículas del suelo por la acción del agua, el cual culmina con el depósito de los materiales transportados por la corriente en áreas de sedimentación, cuando la capacidad de arrastre de las aguas se reduce hasta el punto de no permitir la continuación en el flujo de las partículas terrosas previamente incorporadas al mismo.

Tayupanta (1993), también define la erosión por salpicamiento, consiste en la dispersión de los agregados del suelo, debido al impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del terreno, la cantidad del suelo erosionado depende de la clase de suelo y la pendiente.

Asimismo, INETER (2005), define este tipo de erosión de suelo como un proceso mecánico que requiere energía, la mayor parte de esta energía es suministrada por las gotas de lluvia. Cuando las gotas golpean el suelo desnudo a alta velocidad, fragmenta los gránulos de suelo y agregados, desprendiendo las partículas de la masa del suelo. La acción de salpicadura mueve las partículas desprendidas solamente a distancias cortas, pero el flujo superficial ligero transporta parte de estas partículas directamente pendiente abajo y otra parte es conducida a pequeñas depresiones donde el flujo es más concentrado y provee una mejor transportación de las partículas del suelo y es por ello que La lluvia tiene varias características que inciden en la erosión del suelo, tales como: velocidad terminal o velocidad con que choca la gota contra el suelo, diámetro de la gota de lluvia, intensidad, duración y lámina de agua caída, entre otros. La energía cinética está determinada por la masa y la velocidad, y por ende incrementos en estas dos variables generan aumentos en la energía cinética.

Correa (1980), citado por Peláez (2001) plantea que el fenómeno de la erosión por salpicadura puede describirse de acuerdo a la siguiente manera: Al caer la lluvia sobre un terreno sin vegetación, mueve el suelo no protegido, y durante los eventos fuertes, capas de agua enturbada por material terroso suspendido, corren a través de esas superficies desnudas. El suelo al no presentar una adecuada cobertura protectora, es dividido y soltado por el impacto de las gotas de lluvia, para luego ser arrastrado hacia partes más bajas, dejando pequeños pilares, comúnmente llamados castillos de brujas o estoraques, por lo general varios centímetros de altura, retenidos o cubiertos en su parte superior por pequeños guijarros, hojas o raíces.

Imagen 2. Impacto de la gota de lluvia sobre el terreno



Fuente: Vega Torres (2008)

Tabla 6. Valores de diámetro y velocidad de las gotas para diferentes intensidades de lluvia

Forma de lluvia	Intensidad (mm/h)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/seg)
Niebla	0.13	0.055	0.1
Llovizna	0.25	0.5	4.0
Lluvia ligera	0.75	1.0	5.5
Lluvia	18.0	2.0	6.5
Chubasco	100	4.0	9.0

Fuente: Peláez (2001)

Moreno Porrás, citados por Peláez (2001) plantean que debe anotarse que no sólo es importante el efecto del golpeteo directo, sino además la existencia de una película de agua que al ser golpeada produzca la desintegración de las gotas que cae, con el consiguiente arrastre de las partículas disgregadas, las cuales se proyectan a distancias hasta de 1,5 m en la horizontal y 1 m en la vertical, este fenómeno produce la destrucción del agregado y la formación de una costra que reduce la infiltración y aumenta la escorrentía.

Ambos fenómenos descritos indican la importancia de las gotas de lluvia como agentes de dispersión y consolidación, el efecto de consolidación corresponde entonces a la formación de la costra superficial mencionada, la cual alcanza usualmente unos pocos milímetros de espesor y que es el resultado de la obstrucción de los poros por compactación del suelo Young, (1972), citado por Peláez (2001).

Razón por como sugerencia indica que esto se encuentra asociado a la dispersión de finas partículas de los agregados del suelo, los cuales son traslocados para rellenar los poros. No cabe duda que el principal efecto que tiene la formación de esta costra superficial es la reducción de la capacidad de infiltración mencionada y por tanto la generación de escorrentía superficial a ella asociada. Peláez (2001).

Las velocidades terminales para diferentes diámetros y alturas de caída de las gotas de lluvia se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 7. Velocidades terminales ($m\text{ seg}^{-1}$) de caída de las gotas de lluvia

Diámetro de gotas (mm)	Altura de caída de las gotas (m)		
	2	4	8
1.5	4.5	5.25	
3	5.37	6.68	7.75
5	5.79	7.5	8.86

Fuente: Laws (1958) citado por Gutiérrez en (1983), ambos citados por Peláez (2001)

3.2.9.2. Erosión laminar

Para Tayupanta (1993), es la remoción más o menos uniforme del suelo, en capas delgadas, provocada por la saturación del suelo y el deslizamiento superficial por la pendiente, este tipo de erosión se da con mayor frecuencia en suelos arenosos y en menor escala en los arcillosos. Se presentan como manchas aisladas con coloraciones diferentes al tipo de suelo original y con una capa arable reducida.

En cambio, Castro (1979), define a este tipo de erosión como la remoción de las capas delgadas y más o menos uniformes de suelo sobre toda una área y es considerado la forma menos notable del flagelo y por lo mismo las más peligrosa ya que a través de su acción comienza a tornarse de color más claro el suelo superficial por efecto de la remoción del humus y a reducirse la productividad de los terrenos en forma progresiva. Asimismo los terrenos con escasa cobertura vegetal protectora están siempre expuestos a sufrir este empobrecimiento en menor o mayor grado según sea sus condiciones de pendiente, las características intrínsecas del suelo en cuanto a su resistencia a la acción de las aguas y la distribución y volumen de las lluvias; aquellos terrenos con subsuelo impermeable y con suelo superficial u horizonte A de poca cohesión, reducido espesor y pobre en materia orgánica presentan las condiciones más críticas para esta clase de erosión; de modo, que la erosión laminar se debe al desprendimiento más o menos uniforme de partículas en toda un área, ocasionado por el impacto de la gotas de lluvia sobre un suelo mal protegido y al arrastre posterior de dichas partículas por la escorrentía y la porción del suelo que sufre primero esa acción es la más liviana, de menor peso específico y que ofrece menor resistencia al golpe de las gotas de lluvia.

Este mismo autor, Castro (1979), afirma que la erosión laminar es especialmente perjudicial por su acción selectiva sobre las partículas del suelo, ya que arrastra primero la porción más liviana de esas partículas, especialmente si los aguaceros que caen en la zona son de reducida o mediana intensidad.

Por otra parte, Peláez (2001), define a la erosión laminar, como la remoción de delgadas capas del suelo extendidas en forma más o menos uniforme en toda la superficie del terreno, es poco apreciable ya que la cantidad total del suelo removido en un aguacero es generalmente pequeña, y ya cuando se detecta, sólo queda una delgada capa de él.

Por lo tanto la erosión laminar es el efecto combinado de la acción del golpeteo que desprende partículas, genera “pavimentos de erosión” Suárez, (1980), citado por Peláez (2001), las cuales se producen por la remoción y arrastre de las partículas más livianas- arcilla y materia orgánica, quedando sobre la superficie suelos gravillosos o pedregosos. De aquí se desprende su efecto también sobre la fertilidad de los suelos y su productividad, este tipo de erosión arrastra únicamente la capa superior del suelo, y se propicia en suelos localizados en condiciones de fuerte pendiente, sin Favis vegetación adecuada y con bajo contenido de materia orgánica.

Favis & Mortlock (2007), ambos citados por Vega Torres (2008), plantean que la duración, intensidad y frecuencia de las precipitaciones logran la remoción de capas delgadas y uniformes del suelo sobre todo el área, produciendo así la erosión laminar.

También al respecto (Mintegui y López, 1990), citado por Vega Torres (2008) señalan que este proceso de erosión laminar es el más perjudicial debido a que en la mayoría de las ocasiones no se le reconoce y por ende, pocas veces se le trata.

Este tipo de erosión para García, (1990) tomado por Vega Torres (2008) se puede identificar mediante los siguientes síntomas: Presencia de montículos en el suelo, plantas con su sistema radicular al descubierto e invasión de especies vegetales específicas de suelos degradados.

3.2.9.3. Erosión en canales y canalillos

Para Tayupanta (1993), este tipo de erosión ocurre en la mayoría de los suelos y con frecuencia es subestimada por los agricultores debido a que puede ser borrada fácilmente al realizar las labores agrícolas y se presenta cuando la escorrentía se concentra en pequeñas irregularidades naturales o inducidas en la superficie del terreno hasta que adquiere volumen y velocidad suficientes para deslizarse por la pendiente, formando en su recorrido cortes en formas de canalillos y canales que pueden observarse a simple vista.

3.2.9.4. Erosión en cárcavas y zanjas

Para Peláez (2001), este tipo de erosión surge, generalmente luego de la erosión laminar y la erosión en surcos, al aumentar el volumen de escorrentía o su velocidad, suele ser producto del descuido en la aplicación de medidas protectoras cuando se tienen formas incipientes de erosión, pudiéndose alcanzar estados de gran avance y desarrollo de difícil control posterior.

Asimismo este autor Peláez (2001) plantea que en ocasiones se hace referencia a cárcavas en su fase inicial como surcos profundizados. Además este mismo autor indica que una vez definido la formación de la cárcava, esta evoluciona según la consistencia relativa que presenten los diferentes horizontes del suelo, según la consistencia del material que es relativamente uniforme, las paredes de la cárcava son más o menos verticales, en tanto que cuando se presenta un aumento en la resistencia de las capas inferiores se desarrollan en

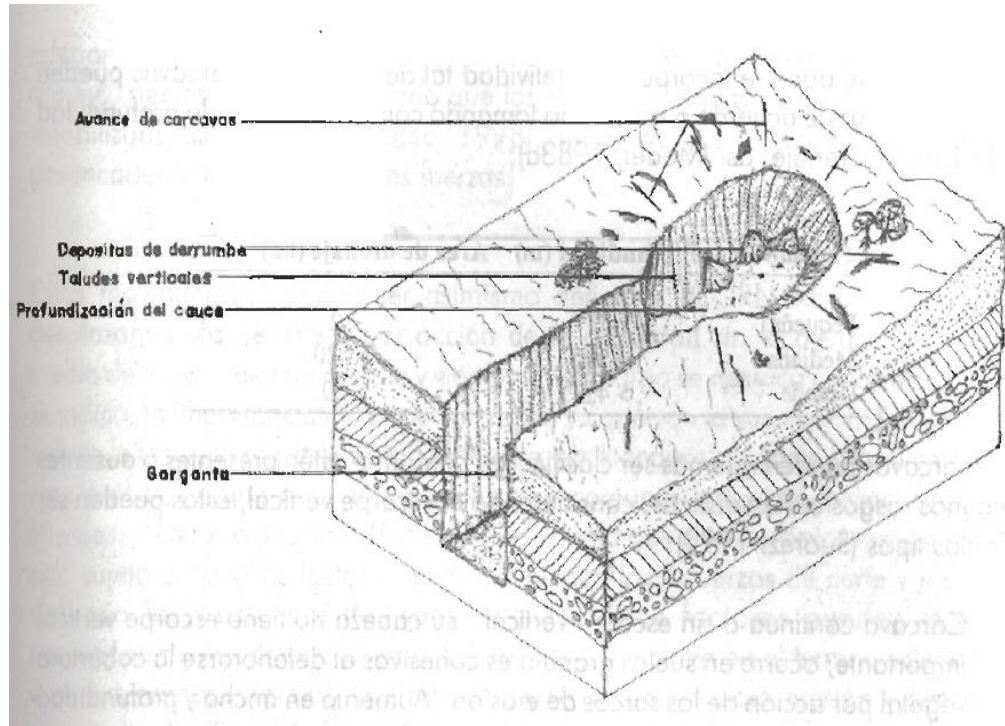
forma de “V”, de acuerdo a la FAO (1976), citado por Peláez (2001), en el que describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de diferentes procesos, los cuales actúan o bien aislados o bien en combinación, que son: frotamiento en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente del agua y las materias abrasivas (partículas del suelo o restos que arrastra el agua), erosión por el agua que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva a ésta, y finalmente el desmoronamiento en lados de la cárcava por la acción lubricante de las aguas de infiltración.

Tayupanta (1993), define también a la erosión en cárcavas, como canales profundos de paredes empinadas, se observan con mayor frecuencia en suelos profundos y frágiles, producidas por un desprendimiento del suelo a causa del flujo del agua e inestabilidad de la pendiente. Cuando hay una gran concentración de la escorrentía en determinadas zonas del terreno, las cárcavas van ampliándose en ancho y profundidad año tras año dividiéndose los campos y obstaculizando las labores agrícolas

Para Castro (1979), por otra parte este tipo de erosión se presenta generalmente cuando hay una gran concentración de escorrentía en determinadas zonas del terreno y permite que año tras año vayan ampliándose los surcos formados por la acción de esas corrientes de gran volumen y velocidad. En casos excepcionales, en terrenos muy erosionables, puede formarse una cárcava o zanjón profundo en el transcurso de un solo aguacero, lo más común sin embargo es que los surcos de poca profundidad, que puede cavar un aguacero se agranden paulatinamente por el descuido en aplicar medidas protectoras. Cuando los diferentes horizontes del suelo son de material de consistencia uniforme, el zanjón o cárcava se desarrolla con paredes más o menos verticales, y si el material es muy friable está sujeto a frecuentes derrumbes, además si el material del subsuelo

o de horizontes poco profundos, es más resistente que el horizonte superficial, formándose cárcavas con paredes en forma de V.

Imagen 3. Proceso de Formación de cárcavas



Fuente: Suárez (1992), citado por Peláez (2001)

Por otra parte, de acuerdo a Moder (1983), citado por Peláez (2001), las cárcavas, pueden ser clasificadas de acuerdo a su tamaño, tomando como parámetros la profundidad y el área de drenaje.

Tabla 8. Clasificación de cárcavas

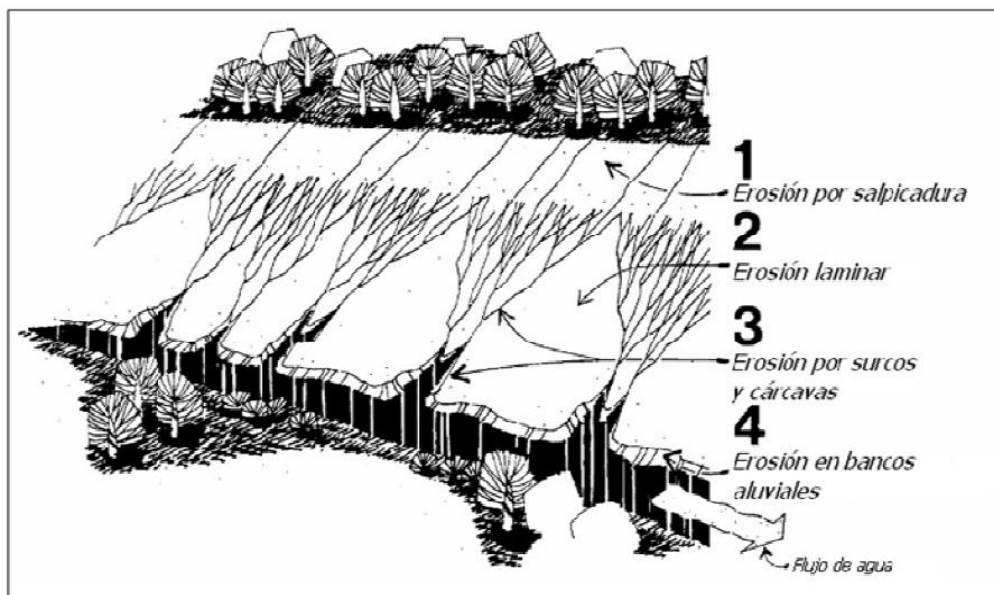
Tamaño	Profundidad	Área de drenaje (ha)
Pequeña	< 1	< 2
Mediana	1-4.5	2 - 20
Grande	> 4.5	> 20

Fuente: Moder (1983), citado por Peláez (2001)

3.2.9.5. Movimientos de masas de suelo

Para Tayupanta (1993), constituye una forma de erosión poco frecuente que sigue las líneas de fallas geológicas naturales y se inicia normalmente durante las tormentas muy fuertes, las que provocan grandes cantidades de agua infiltrada, que, sumadas a las presiones del espacio acuoso, producen deslizamientos y movimientos de masas de suelo, de diversa magnitud, como derrumbes, aluviones o aludes.

Imagen 4. Panorama de las formas de erosión hídrica más representativas

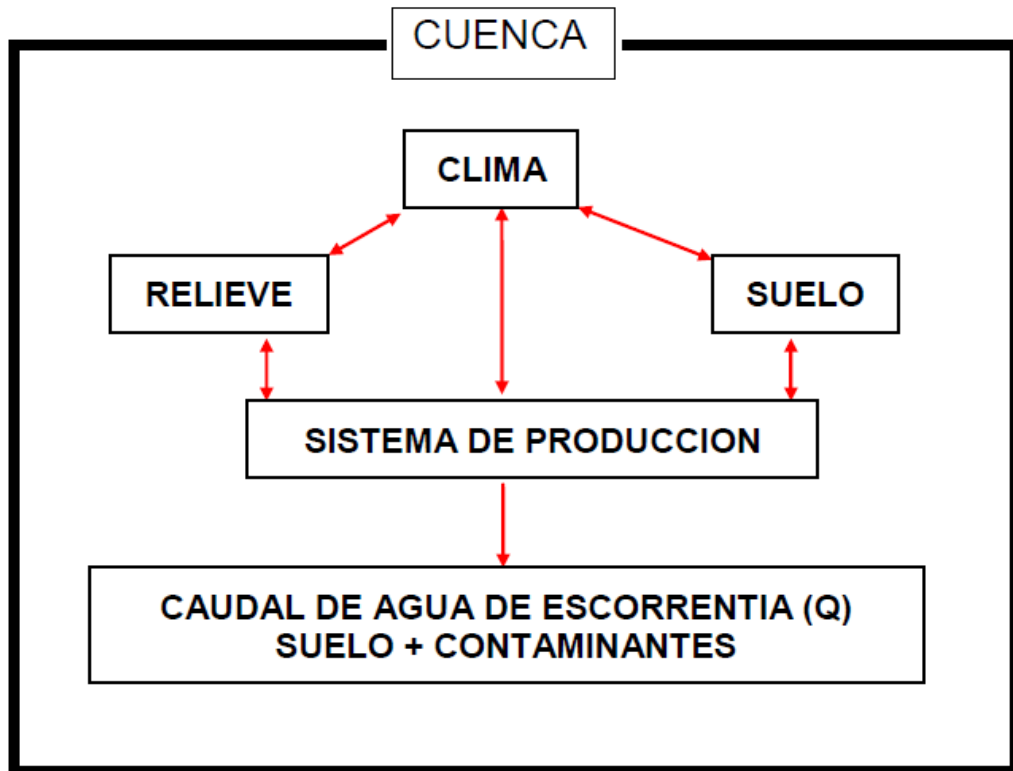


Fuente: Vega Torres (2008)

3.2.10. Principales causas de la erosión hídrica

De acuerdo a Cisneros & et al (2012), la erosión hídrica es un proceso complejo, multicasual, dinámico, de tipo episódico y sujeto a un conjunto de causas que ocurren en el ámbito de una cuenca hidrográfica.

Esquema 2. Factores que intervienen en el proceso de erosión hídrica



Fuente: Cisneros & et al (2012)

3.2.10.1. Clima

De acuerdo a Cisneros & et al (2012), el principal factor climático que influye en la erosión hídrica es la precipitación y su energía cinética, el cual, en relación a su origen, las tormentas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- ❖ **Ciclónicas;** Provocadas por los frentes de masas de aire con diferente temperatura y humedad y se caracteriza por abarcar grandes extensiones de territorios
- ❖ **Convectivas;** se producen por el ascenso repentino de masas de aire caliente, son las tormentas de verano, son de extensión más localizada y frecuentemente de alta intensidad.
- ❖ **Orográficas;** Se presentan cuando masas de aire húmedo son obligados a ascender, al encontrar una barrera montañosa. Su distribución es errática y de alta intensidad

Peláez (2001) cita a Morgan (1986) y plantea que las precipitaciones son consideradas como la principal fuente de agua sobre el terreno, de su cantidad, intensidad, y frecuencia depende el volumen de flujo que se desliza en capas uniformes. Asimismo, estos autores explican con respecto a la precipitación y afirman que a una escala global la erosión alcanza sus máximos valores con precipitaciones de 300 mm/año y cuando la precipitación es inferior a dicho valor, la erosión se incrementa conforme la precipitación lo hace; sin embargo, una vez superado este valor el efecto de protección ofrecido por la cubierta vegetal que se beneficia de una mayor precipitación incidente, se traduce en menores pérdidas de suelo. De las características de la lluvia al parecer la que menor peso tiene en la explicación de las pérdidas del suelo es la cantidad; por ello el desarrollo de trabajos de investigación atiende en forma especial a las otras dos que son frecuencia e intensidad. Peláez (2001).

Por otra parte, para Tayupanta (1993), existe una estrecha relación entre la lluvia y la cantidad de suelo erosionado, la intensidad, cantidad, duración, distribución y frecuencia de la lluvia inciden en la pérdida del suelo.

3.2.10.2. Relieve

Para Cisneros & et al (2012), es el grado de inclinación de la pendiente, la que se puede expresar en porcentajes (%), o grados sexagesimales. Asimismo la longitud es otro factor que define la erosión de una ladera y la velocidad terminal de la escorrentía; además la exposición solar de la pendiente tiene importancia en zonas de montaña ya que sobre la insolación, temperatura y humedad del suelo, de modo que, sobre la posibilidad de instalación de la vegetación y la susceptibilidad de la erosión, y por último la complejidad de la pendiente hace referencia a la mayor o menor uniformidad de gradientes, direcciones y longitudes.

También para Tayupanta (1993), el relieve del suelo conjuntamente con el ángulo, la longitud y la forma de la pendiente inciden en el proceso erosivo y es directamente proporcional; ya que a medida que el ángulo de la pendiente aumenta, una mayor cantidad de suelo es transportado ladera abajo, existiendo un aumento considerable de la erosión en pendientes del 5- al 10%, en comparación con la erosión en pendientes más suaves. Asimismo, la longitud de la pendiente incrementa la erosión debido a que la escorrentía aumenta con la distancia a partir de la cima de la pendiente y esta puede ser uniforme, cóncava, convexa o compleja, por lo que incidirá en el grado de erosión de los terrenos, produciéndose pérdidas de suelo conforme el grado de inclinación y longitud de la pendiente se incremente.

3.2.10.3. El suelo causante de erodabilidad

Para Cisneros & et al (2012), La erosionabilidad o erodabilidad del suelo es una medida de la susceptibilidad al desprendimiento y transporte por los agentes de erosión. Es un agente integrado de procesos que regulan la absorción de la lluvia y la resistencia de las partículas del suelo al desprendimiento y posterior transporte, estos mismos procesos están influidos por las propiedades del suelo, tales como el tamaño de partículas, estabilidad de agregados, materia orgánica, cantidad y tipo de arcillas o por características edáficas que afectan la estructura del suelo y la transmisión del agua.

Por otra parte, para Brea (2010), no todos los suelos son iguales en términos de su resistencia a la erosión. La erosibilidad de un suelo en particular está en función de variables como textura, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad. La textura de un suelo es importante para definir su nivel de erodabilidad, pues no todas las clases texturales se erosionan con la misma facilidad. La velocidad límite de un flujo de agua, para la cual se desprenderá una partícula de tamaño dado. Es interesante darse cuenta que son las partículas medianas las que más fácilmente se erosionan. Si bien las partículas más finas son más livianas, éstas poseen una mayor superficie de contacto entre ellas y, por lo tanto, una mayor cohesividad, lo que las hace más resistentes a la erosión. Por otro lado, las partículas más gruesas son más pesadas, lo que también aumenta su resistencia a la erosión. Sin embargo, las partículas medianas (0,1 a 1 mm) no poseen cohesividad ni peso relevante, por lo que son éstas las más erosionables. Por esta razón, se dice que la variable decisiva, en términos de la erosión con respecto a la textura del suelo, es el porcentaje de limo, pues dicha clase textural se encuentra entre las clases arcilla y arena, siguiendo el mismo principio antes descrito. Es muy probable que el lector se percate del descalce entre las clases

diamétricas de la y sus correspondientes clases texturales. No obstante, se debe tener en cuenta que las escalas utilizadas para definir arena, limo y arcilla varían internacionalmente, resaltando las escalas estadounidense, rusa, francesa, británica y alemana, entre otras.

Tayupanta (1993), plantea además el material original, grado de meteorización, propiedades físicas, contenido de materia orgánica y propiedades químicas, influyen en el proceso erosivo del suelo, siendo la distribución de las partículas, de acuerdo a su tamaño, grado de agregación, aspereza superficial, profundidad del perfil y la humedad inicial, son los factores que más influyen en este fenómeno. Asimismo, la erosión se presenta con mayor intensidad en suelos arenosos y limosos, en menor proporción en los arcillosos; ya que estos con 30-35% de arcilla son generalmente más coherentes y forman agregados estables que resisten el impacto de las gotas de lluvia y la dispersión de partículas y estos suelos poseen superficies ásperas que almacenan mucha agua resistiendo así a la erosión laminar, en tanto que las arenas y limos que son de textura más gruesa están más expuestas a la erosión.

3.2.10.4. Sistemas de producción

Cisneros & et al (2012), definen como las formas en que la sociedad hace uso del suelo y ello incluye las interacciones del sistema agropecuario con el resto de sectores de una sociedad (urbano, sub urbano, industrial, extractivo, etc.). Cada sistema de producción incide de manera distinta sobre los demás componentes del sistema, el cual responde a las condiciones ecológicas del área, o estar por otros factores (económicos, gustos personales, etc.), que puedan hacer que la intensidad del proceso de erosión se vea modificada.

Por otra parte Tayupanta (1993), plantea que las practicas inadecuadas, como excesivo laboreo, preparación y surcado del terreno en sentido de la pendiente y un mal manejo del agua de riego exponen al suelo a mayores riesgos de erosión y estos son la quema o incendios provocados que generan destrucción de materia orgánica y microorganismos, destrucción y obstrucción de poros, destrucción por parte del fuego la lignina y celulosa de los vegetales la alteración en la composición química del suelo ya que se genera un aporte de bases intercambiables como Ca, Mg, K y Na que hacen variar el PH.

Es así entonces que el manejo del sistema de producción puede generar efectos del sistema erosión- sedimentación a diferentes escalas. Cisneros & et al (2012).

Cuadro 6. Principales efectos, consecuencias de los procesos de erosión y sedimentación a diferentes escalas.

Erosión- escurrimiento	Sedimentación
Destrucción de tierras productivas (cárcavas)	Pérdida de capacidad productiva de los suelos (por deposición de sedimentos)
Pérdida de capacidad productiva del suelo (erosión laminar y en surcos)	Tapado y desborde de canales por obturación con sedimentos
Pérdida de agua para los cultivos (productividad a corto plazo)	Colmatación de embalses (reducción de vida útil y funcionalidad)
Destrucción de infraestructura vial y urbana (puentes, alcantarillas, caminos rurales y rutas)	Sedimentación de depresiones naturales (pérdida de funcionalidad)
Deterioro de ecosistemas de ribera (bordes de ríos y arroyos)	Contaminación de aguas por sedimentos (mayores costos de potabilización)
Contaminación de aguas superficiales (herbicidas, insecticidas)	Pérdida de calidad visual y paisajística
Inundaciones de depresiones, poblaciones, caminos y tierras productivas	Aumento de costos de dragado de puertos
Mayor inestabilidad y riesgos productivos	Aislamiento de poblaciones

Fuente: Cisneros & et al (2012)

3.2.10.5. Evaluación de la erosión

Para la evaluación correspondientes se utilizan guías (tablas x) que fue desarrollada a partir de adaptaciones hechas por Gómez & Alarcón (1975), citados por Peláez (2001).

Cuadro 7. Grados de erosión según intensidad

Grados de erosión	Procesos que ocurren
1: No hay No se aprecia pérdida de suelo por arrastre superficial	hundimientos
2: Erosión ligera la capa arable, cuando existe, se adelgaza uniformemente, no se aprecian huellas visibles de erosión. La erosión laminar se presenta en menos del 25% del área del lote	Erosión laminar, Erosión pluvial
3: Erosión moderada La capa arable ha perdido espesor, se aprecian surquillos. Se presenta entre el 25 %y 75% del área del lote	Erosión laminar severa, Solifluxión con pequeños hundimientos en semicírculo. Terracetas
4: Erosión severa Pérdida casi total del horizonte orgánico, se presentan surcos frecuentes y cárcavas aisladas. Ocurre en más del 75% del área del lote	Erosión combinada (laminar, surcos, cárcavas), coladas de barro, Deslizamientos y derrumbes
5: Erosión muy severa Cárcavas en una red densa; paisaje sin vegetación derrumbes, deslizamientos, coladas de barro frecuentes y grandes	Erosión en cárcavas, Remociones masales

Fuente: Gómez & Alarcón (1975, citados por Peláez (2001).

3.2.10.6. Clasificación de la erosión

Cuadro 8. Clasificación de la erosión

Grado de erosión	Descripción
0. Nula	Sin síntomas de erosión
1. Ligera	Síntomas de arrastre por la presencia no frecuente de canilículos en campos de cultivos en maduración y de marcas de pisoteo liviano en pastos
2. Moderada	Síntomas de erosión a través de la presencia generalizada de canilículos y surcos poco profundos en campos de cultivos en maduración y de trillos poco profundos entre las macollas de gremíneas en pastos. Ausencia o escasez de cárcavas
3. Severa	Presencia de abundantes surcos aún después del arado y de canilículos y surcos profundos en campos de cultivo en maduración y la presencia de trillos poco profundos sin vegetación y pequeños deslizamientos en laderas con macollas sobre pedestales de tierra de pastos. Presencia de cárcavas pequeñas y algo grandes no corregibles por el arado y nivelación mecánica
4. Extrema	Suelos prácticamente destruidos o fuertemente truncados, con exposición del horizonte B o aun del subsuelo, en algunos suelos se produce un microrelieve de clase 4 (fuertes ondulaciones, más profundas que anchas), con cárcavas profundas en patrones dendríticos. En otros suelos, hay truncación extrema de los horizontes superficiales, con o sin la presencia de cárcavas. En esta clase se incluyen los deslizamientos y deposiciones masivas de tierra que se han desplazado hacia abajo por la gravedad

Fuente: Tosi (1972), citado por Peláez (2001)

Asimismo, Peláez (2001), cita a CIAF (1983) & CENICAFE (1975), para argumentar con base en la erodabilidad de los suelos susceptibles a erosionarse, y tomando como base un estimado de pérdidas de suelo ($\text{ton ha}^{-1}\text{año}^{-1}$). Se propone la clasificación de la erosión de suelos según las escalas presentadas a continuación.

Tabla 9. Clasificación de suelos, según erodabilidad

Clasificación según erodabilidad	
clase de erodabilidad	Pérdida de suelo (Ton/ha)
Ligera	< 2.5
Moderada	2.5 – 10.0
Severa	10 - 25.0
Muy severa	> 25.0

Fuente: CIAF (1983), citado por Peláez (2001)

Tabla 10. Grado de erosión en función de la pérdida

Grado de erosión en función de pérdida		
Grado de erosión	Pérdida anual	
	Ton/ ha	Espesor (mm)
Natural	< 1	< 1
Baja	1.0 – 3.0	0.1 - 0.3
Media	3.0- 5.0	0.3 - 0.5
Alta	5.0 – 10.0	0.5 – 1.0
Muy alta	10.0 – 20.0	1.0 – 2.0
Severa	20 – 30.0	2.0 – 3.0
Muy severa	> 30	> 30

Fuente: CENICAFE (1975), CITADO POR Peláez (2001)

Por otra parte, para Edeso et al (1997), citado de la FAO-UNESCO-PNUMA (1982), plantean las siguientes tasas erosivas.

Tabla 11. Tasa erosivas

Pérdidas de suelo tolerables (FAO-UNESCO-PNUMA)	
Pérdidas (Ton/ha/año)	Grado de erosión hídrica
<10	Ninguna o ligera
10-50	Moderada
50-200	Alta
> 200	Muy alta

Fuente: Edeso et al (1997), citado de la FAO-UNESCO-PNUMA (1982)

3.2.10.7. La erosión de suelos en el Perú

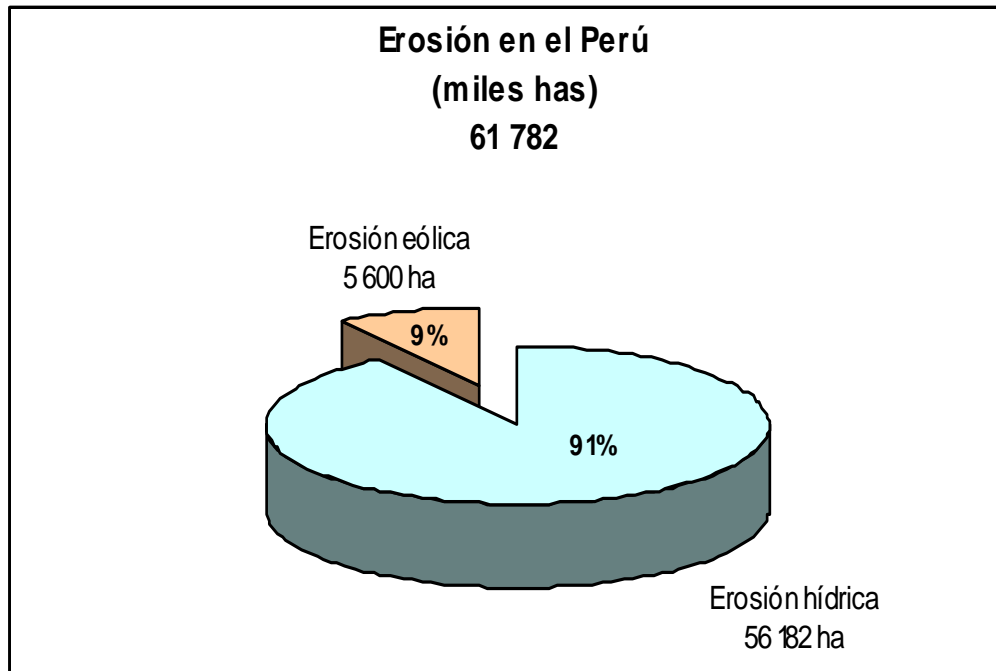
La erosión de suelos en el país por causa de la erosión hídrica es un problema latente. Además, no existe información actualizada del efecto de este fenómeno. Los últimos esfuerzos de estudio fueron realizados por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), (1996) y por el departamento general de asuntos ambientales en el 2002.

Tabla 12. Erosión de suelos en el Perú

Intensidad de los procesos erosivos	Superficie
	erosionada
	Hectáreas
Total	61,782.00
Erosión hídrica	56,182.00
Muy ligera	18,300.00
Ligera	14,800.00
Moderada	16,782.00
Severa	4,600.00
Muy severa	1,700.00
Erosión Eólica	5,600.00
Ligera	3,700.00
Severa	1,900.00

Fuente: INRENA (1996)

Figura 1. Erosión de suelos en el Perú



Fuente: Departamento de Asuntos ambientales (2002)

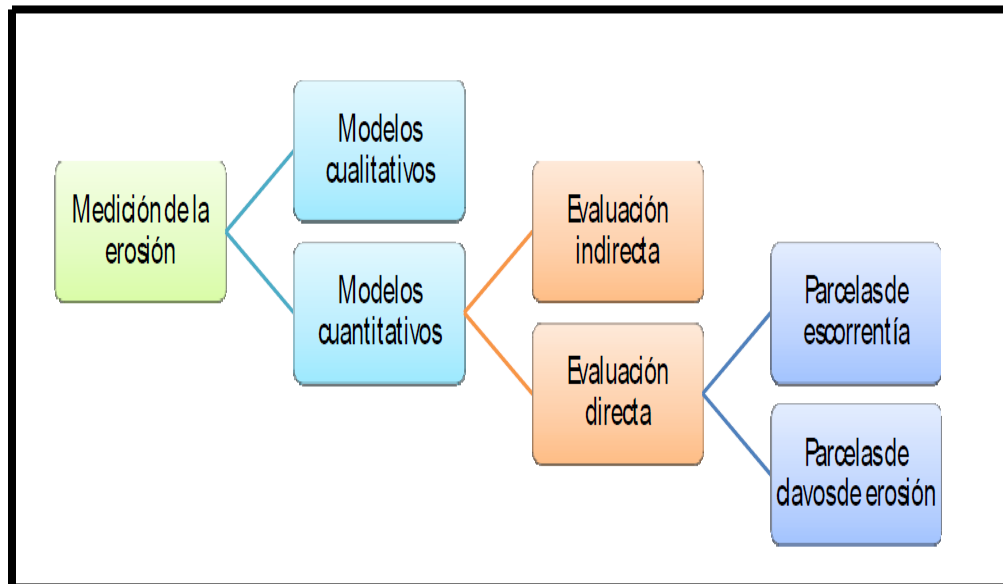
3.2.11. Modelos de la evaluación de la erosión hídrica

García, (2006) citado por Vega Torres (2008) afirman que la modelización se trata de dar respuesta a todos aquellos aspectos técnicos que facilitan el conocimiento de los diferentes parámetros e interrelaciones implicados, para posteriormente tratar de reproducir el sistema en el cual se desarrollan los procesos, y explicar el comportamiento global en una cuenca hidrográfica.

Por otro lado, existen tres razones por las cuales es necesario modelar el proceso erosivo, de acuerdo a Lal (1994), citado por Vega Torres (1994).

- ❖ Los modelos pueden ser utilizados como herramientas de predicción de suelos, para planes de conservación, proyectos, inventarios de erosión y la ordenación del recurso.
- ❖ Los modelos matemáticos con base física pueden predecir donde y cuando ocurrirán los procesos erosivos, ayudando al planificador en la tarea de reducir su impacto.
- ❖ También pueden ser utilizados como herramienta, para lograr entender los procesos erosivos y sus interacciones, priorizando así futuras investigaciones.

Esquema 3. Tipos de modelos de erosión hídrica



Fuente: García (2006), citado por Vega Torres (2008)

3.2.11.1. Modelos cualitativos

De acuerdo a Honorato & et al (2001), citados por R. Pizarro & et al (2009), plantean que estos métodos suelen estar orientados a la expresión cartográfica, estableciéndose en ellos niveles de jerarquización, para los distintos parámetros en estudio, usualmente el suelo, la vegetación, la topografía.

3.2.11.2. Modelos cuantitativos

Con este método se puede obtener cuantitativamente, el monto de la pérdida del suelo en función de la erosión hídrica, se plantea como elemento importante cuyo objetivo es estimar en marco referencial, la magnitud del daño sobre las cuencas hidrográficas. R. Pizarro & et al (2009).

Los modelos cuantitativos, permiten la estimación numérica de la erosión Honorato & et al (2001), citados por R. Pizarro & et al (2009).

3.2.12. Modelos de evaluación indirecta

3.2.12.1. Modelos con base física

Para De Regoyos (2003), citados por Vega Torres (2008), este tipo de modelos incorpora leyes de conservación de masa y energía, utilizando para ello la ecuación de la continuidad para representar un estado de la conservación de la materia y su transformación en el espacio y tiempo.

Respecto a los modelos, se cita a Water Erosion Prediction Project (WEPP), desarrollado por (USDA, 1995), para predecir cuantitativamente la erosión en laderas y cuencas pequeñas y medianas, proporcionando, además un método rápido para evaluar opciones de conservación de suelos. Regoyos (2003), citados por Vega Torres (2008).

Asimismo, Romero y Stroosnijder, (2002), argumentan que este modelo describe los procesos de disgregación, transporte y deposición de las partículas del suelo debido a fuerzas mecánicas e hidrológicas, actuando en una ladera o en cuenca y se presenta como un conjunto de programas para computadoras.

Cabe destacar además que, de acuerdo a Morgan, (1979) citado por Peláez (2001), existen dos modelos básicos los cuales són los determinísticos y los paramétricos, los primeros se basan en ecuaciones matemáticas a objeto de describir los procesos involucrados en dicho modelo, toman como bases leyes de conservación de masa y energía, y por l otro lado están los paramétricos, que se basan en la identificación de relaciones estadísticas significativas entre variables.

3.2.12.2. Modelos conceptuales

Acorde a TRAGSA (1988), citado por Vega Torres (2008), este modelo se basa en los mismos principios de los modelos con base física, pero permiten una mayor adaptación a la realidad, integrando modelos hidrológicos, modelos de erosión y modelos de transporte de sedimentos. Así el modelo kineros, desarrollado por USDA en el año 2000, realiza representación cinemática del flujo de escorrentía y erosión, basándose en la descripción de procesos de intercepción, infiltración, escorrentía superficial y la erosión de pequeñas explotaciones agrícolas y cuencas urbanas.

3.2.13. Modelos de evaluación directa

3.2.13.1. Parcelas de escorrentía

Peláez (2001), lo define como porciones de terreno variable, limitadas por paredes que aíslan completamente el agua de escorrentía, evitando el paso de ésta, tanto hacia afuera como hacia adentro de la parcela. El agua que escurre es hacia el final, concentrado en un embudo colocado en la base, de donde por medio de un canal pasa uno a uno o varios tanques donde se recolectan las muestras para el análisis

Su tamaño más frecuente es de 44 m² (2* 22m), sin embargo, Morgan, (1986) citado Peláez (2001) indica unas dimensiones de 22 m de largo por 1.8 m de ancho, aunque otros tamaños de parcelas son utilizados, sin embargo, se sugiere la adopción de una longitud mínima de 10 m para la evaluación de la escorrentía superficial, pudiendo ser sustancialmente mayor en el caso de evaluaciones relativas a prácticas de conservación y cultivo.

Imagen 5. Parcelas de escorrentía



Fuente: Vega Torres (2008)

Asimismo, Morgan (1997), citado por Vega Torres (2008) plantean que estas parcelas de escorrentía se utilizan para recolectar sedimentos removidos involucrando la captación del caudal líquido y sólido. Para Hudson, (1997) la introducción de parcelas de escorrentía se justifica por las siguientes razones.

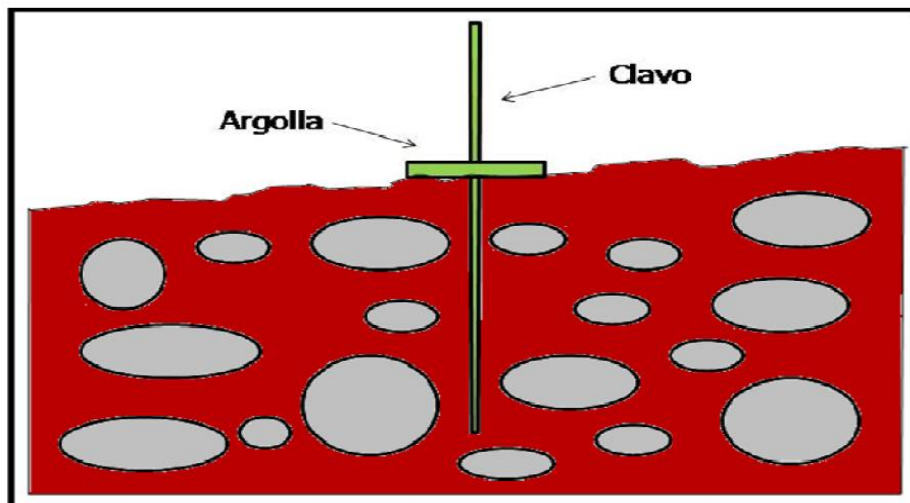
- ❖ Con fines demostrativos, cuando la finalidad es demostrar hechos conocidos
- ❖ Para estudios comparativos, teniendo una indicación aproximada del efecto en la escorrentía o en la erosión.
- ❖ En la obtención de datos que se van a emplear para construir o para validar un modelo o ecuación destinado a predecir la escorrentía o la pérdida del suelo.

3.2.13.2. Parcelas experimentales de clavos de erosión

Es un método que consiste en parcelas rectangulares a los cuales se les instala clavos que marcan la línea del suelo, cuya medición se efectúa luego de ocurrida la tormenta, con el objetivo de evaluar la erosión y sedimentación producida. Pizarro & et al (2009).

Estas parcelas de clavos de erosión son conocidas por diversos nombres, como varillas o estacas y presentan modificaciones. Los clavos pueden ser de madera, hierro. Pizarro & et al (2009).

Imagen 6. Varilla en parcelas



Fuente: Pizarro & et al (2009)

En la cuantificación de las pérdidas o entradas de material, Cutiño, (1999) citado por, Pizarro & et al (2009) asoció al establecimiento de este método algunos conceptos que permiten explicar los procesos que ocurren, y es así, que se habla de erosión y sedimentación media, erosión neta y suelo movilizado.

❖ Erosión media y sedimentación media

Se estima al sumar los incrementos en altura, medido en el tiempo i y el tiempo $i + 1$, de todos los clavos de la parcela que denotaron la presencia de procesos erosivos dividida esta sumatoria por el total de clavos presentes en la parcela. Esto define una altura de erosión promedio que normalmente se expresa en mm. Del mismo modo se calcula la sedimentación producida en la parcela, pero considerando como sumatoria el valor decremental de la altura del clavo, lo que significa que se han verificado procesos de sedimentación. Pizarro & et al (2009).

La expresión matemática que determina estos procesos son:

Cuadro 9. Ecuación matemática de erosión media y sedimentación

$$X = Y * Da * 10$$

Dónde:

X: suelo erosionado o sedimentado (ton/ha.)

Y: Altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm)

Da: Densidad aparente del suelo (Ton/m³)

Fuente: Pizarro & et al (2009).

❖ Erosión neta (En)

Es la diferencia entre la erosión y la sedimentación ocurrida en una ladera, expresada en metros cúbicos por hectárea o toneladas por hectárea. Cuitiño, (1999) citado por Pizarro & et al (2009).

Cuadro 10. Ecuación matemática de erosión neta

$$En = E - S$$

Dónde:

En: Erosión neta (ton/ha.)

E= Erosión media de la parcela (ton/ha.)

S= Sedimentación media de la parcela (ton/ha.)

Fuente: Pizarro & et al (2009).

❖ Suelo movilizado

Es la cuantificación tanto de la erosión media como la sedimentación ocurrida. La expresión matemática permite describir la totalidad del suelo que se movilizó en el terreno, en toneladas por hectárea Cutiño, (1999) citado por Pizarro & et al (2009).

Cuadro 11. Ecuación matemática de suelo movilizado

$$Sm = E + S$$

Dónde:
Sm: Suelo movilizado (ton/ha.)
E: Erosión media (ton/ ha.)
S: Sedimentación media (Ton/ha.)

Fuente: Pizarro & et al (2009).

Imagen 7. Parcelas de erosión experimentales



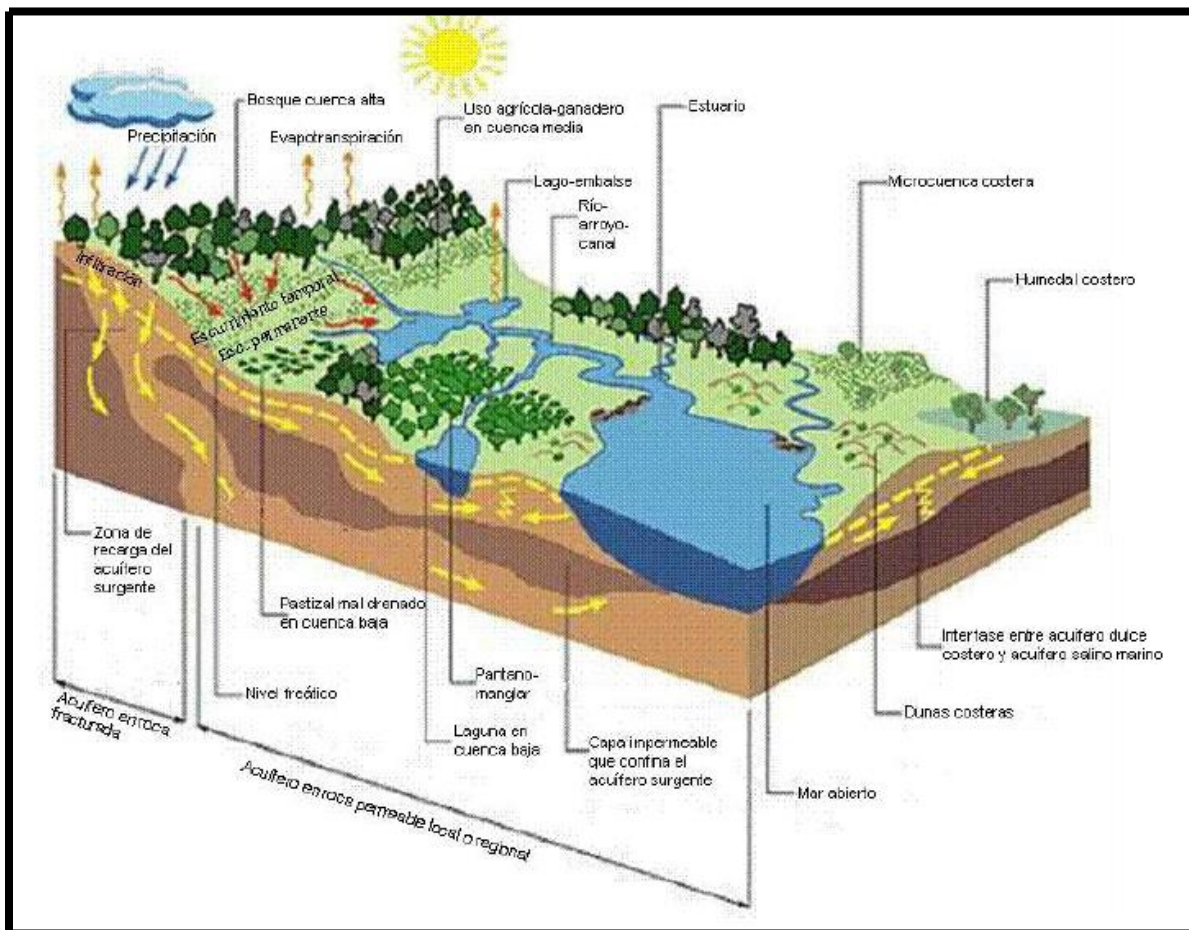
Fuente: Pizarro & et al (2009).

3.2.14. Conceptos de Hidrología superficial

3.2.14.1. Procesos hidrológicos básicos

Cisneros & et al (2012), plantean que los agentes causantes principales de la erosión hídrica, son la energía cinética de las precipitaciones más el agua que circula por la superficie, que, con una cierta velocidad crítica, desprende y pone en movimiento las partículas del suelo. Además, este mismo autor, plantea que el escurrimiento superficial es uno de los componentes principales del ciclo Hidrológico.

Imagen 8. Procesos hidrológicos básicos



Fuente: UNSV (2012), citado por Cisneros & et al (2012)

La figura mostrada por Cisneros & et al (2012), muestra los componentes principales de la circulación de la agua en una cuenca. Se indican escurrimientos superficiales, temporarios y permanentes, los escurrimientos subterráneos libres (freáticos), o confinados (artesianos). Los diferentes tipos de cuencas (altas, medias, bajas) y los elementos de almacenamiento y regulación (ríos, lagunas y mar abierto).

3.2.14.2. Procesos hidrológicos dependientes unos de otros

a) Interceptación

Parte de la precipitación que no llega al suelo directamente, ya que es el follaje de las plantas, lo que intercepta la dirección de las gotas de lluvia; parte de esta es almacenada y más tarde es perdida por evaporación, no formando parte del escurrimiento superficial y otra parte alcanza la superficie del suelo por escurrimiento desde las hojas y tallos. Cisneros & et al (2012).

Cisneros & et AL (2012), plantean que su magnitud, se ve afectada por varios factores, entre ellos tipo de vegetación, intensidad de lluvia, estado de crecimiento de la cubierta vegetal, estación del año y velocidad del viento.

Durante una lluvia, la interceptación aumenta exponencialmente hasta alcanzar un valor próximo (IC máx.), el cuáles difícil de determinar, aunque se han podido establecer ciertos rangos de valores, para diferentes tipos de vegetación. Sin embargo, estos rangos de valores pueden resultar bajos para una lluvia determinada, su efecto acumulativo sobre el total de las precipitaciones anuales puede ser considerable. Cisneros & et al (2012).

Tabla 13. Capacidad de almacenaje por interceptación de diferentes tipos de vegetación

Tipo de vegetación	IC (máx.)
Festuca	1.2
Rye Grass	2.5
Bosque de pinos	1
Bosque tropical	0.8 - 2.5
Soja	0.7
Trigo	3
Maíz	0.8
Alfa alfa	2.8
Monte Frutal	0.5

Fuente: Morgan y Rickson (1995), tomados por Cisneros & et al (2012)

Desde el punto de vista del fenómeno erosivo, la vegetación provee una capa protectora o buffer entre la atmósfera y el suelo, por lo que la interceptación reviste especial importancia y su objetivo es disminuir la energía cinética de la precipitación y su efecto desagregante sobre el suelo, evitando los encrostamientos superficiales (planchado) y posterior escurrimiento de agua y suelo. Cisneros & et al (2012).

b) Retención superficial

Para Cisneros & et al (2012), hace referencia al agua retenida en microdepresiones de la superficie del suelo, ya que al finalizar la lluvia el agua puede infiltrar o evaporarse. Además, este autor plantea que el agua retenida es parte del escurrimiento superficial en caso de existir flujos hipodérmicos dentro del perfil que pasan a formar parte del flujo superficial o cuando la lámina del agua supere las dimensiones de depresión y la pendiente regional sea pronunciada.

Los factores que controlan la cantidad del agua retenida son la microtopografía y la pendiente general del terreno. Cisneros & et al (2012).

Imagen 9. Retención superficial



Fuente: Elaboración propia (2016)

c) Detención superficial

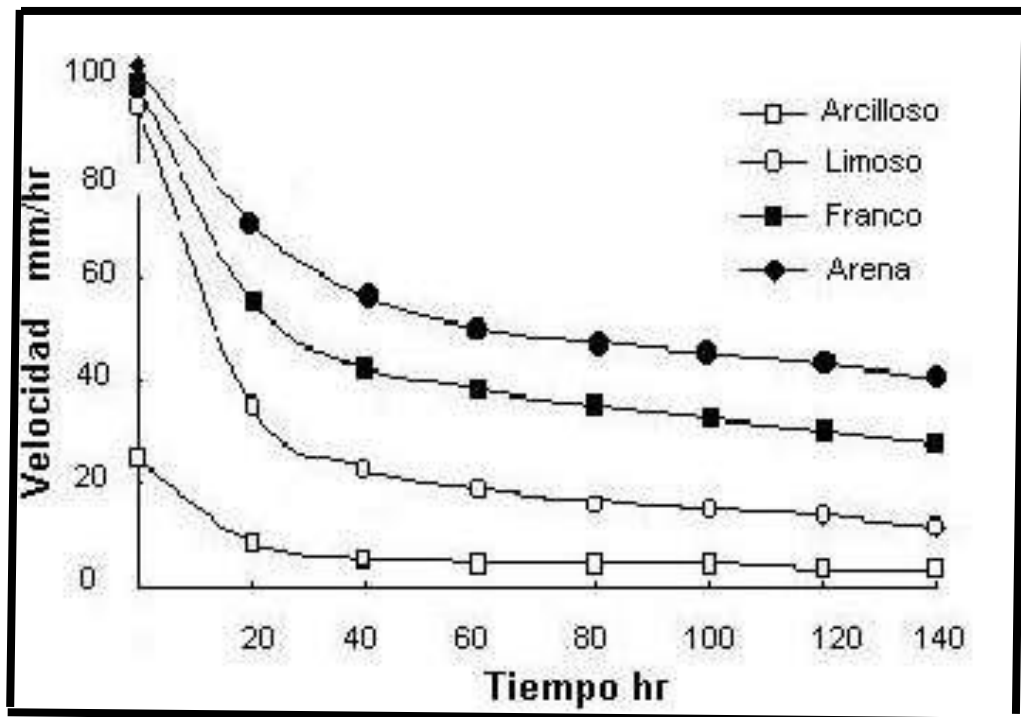
Hace referencia al agua detenida temporariamente sobre la superficie, es decir que una vez puesta en movimiento es frenada por obstáculos, y su movimiento es necesario para que ocurra el escurrimiento, por lo tanto, podría ser considerada como un componente de escurrimiento, más que como un proceso separado. Cisneros & et al (2012).

Los factores que controlan el detenimiento superficial son; el microrelieve superficial, vegetación, pendiente general, distribución de la lluvia y topografía general de la cuenca. Asimismo, el microrelieve superficial controla las formas de sección de flujo de agua desde los canales pequeños hasta las vías principales de flujo de agua. Cisneros & et al (2012).

d) Infiltración

Los principales factores que lo controlan son, las características internas del perfil (textura, estructura, permeabilidad, tipo de límite entre horizontes y peso específico aparente de los horizontes subsuperficiales). Asimismo, las características de la condición superficial (cubierta vegetal, y estabilidad estructural relacionados directamente con la presencia de sellos y costras), humedad del suelo, estación del año, intensidad y distribución de la precipitación en el año.

Figura 2. Relación entre la velocidad de infiltración y la textura del suelo. Asimismo, curvas de infiltración para diferentes texturas de suelos.



Fuente: Cisneros & et al (2012)

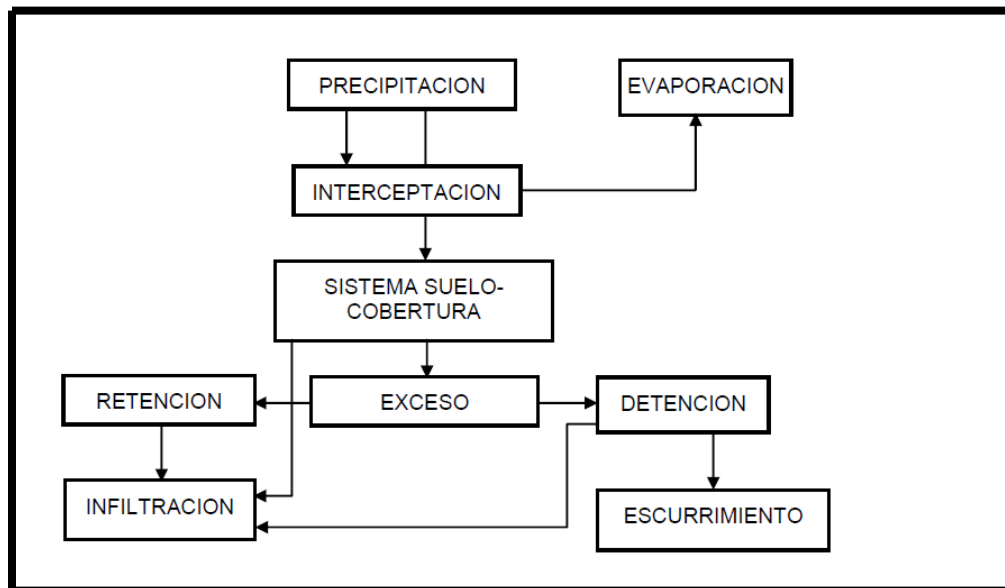
e) Escurrimiento superficial

Es el resultante del balance de los procesos anteriores (intercepción, retención superficial, detención superficial, e infiltración) y por lo tanto es afectado por los mismos factores antedichos. Cisneros & et al (2012).

Para Cisneros & et al (2012), la diferencia entre la precipitación total y la interceptada es la precipitación que llega al suelo. Si esta supera la capacidad de infiltración y retención se forma una delgada lámina de agua que comienza a correr a través de una pendiente.

La diferencia entre la intensidad de lluvia (mm/h) y la capacidad de infiltración es el exceso de la lluvia para producir un escurrimiento superficial.

Esquema 4. Procesos hidrológicos, durante una precipitación intensa



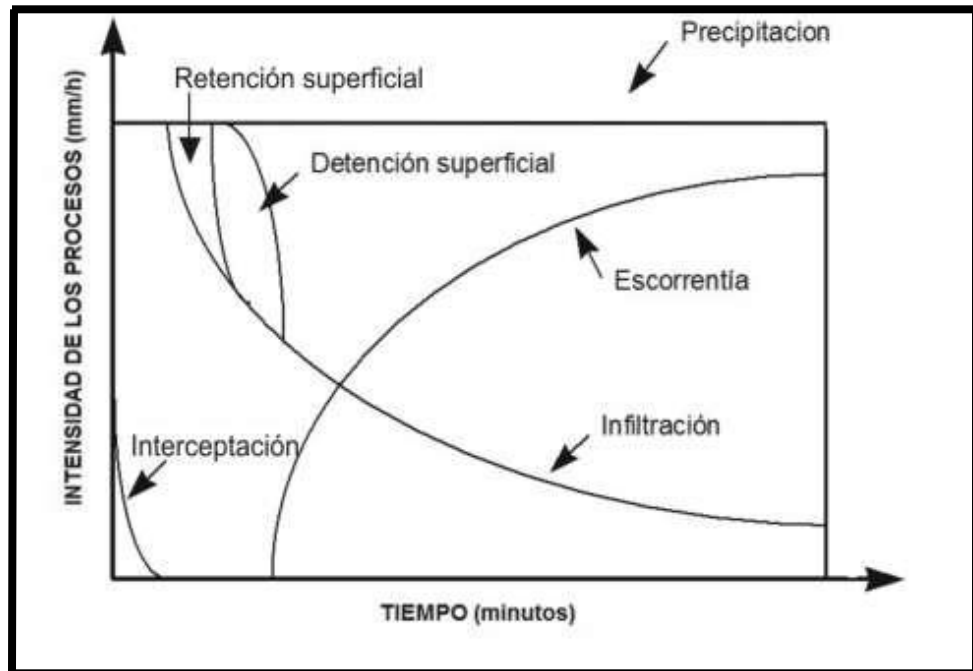
Fuente: Cisneros & et al (2012)

f) Dinámica de los procesos hidrológicos en el tiempo

Cuando comienza la precipitación, la vegetación impide que una parte de ella llegue a la superficie, se denomina a este proceso como interceptación, y si la cobertura no es completa, parte de la precipitación alcanza la superficie del suelo y otra parte comienza a infiltrar, mientras que el resto comienza a llenar las depresiones del microrelieve. Cisneros & et al (2012).

Una vez que las demandas de almacenaje en depresiones ha sido superadas, satisfecha la interceptación y superada la velocidad de infiltración, el agua comienza a acumularse en una condición de etención superficial y el escurrimiento empieza. Cisneos & et al (2012). La intensidad máxima de escurrimiento es la diferencia entre la lluvia, interceptación, retención y detención superficial y la velocidad de infiltración, siendo este factor, quien define la cantidad de agua perdida y la intensidad del proceso erosivo. Cisneros & et al (2012).

Figura 3. Variación en el tiempo de procesos hidrológicos durante una lluvia constante y proceso hidrológicos una vez comenzada las precipitaciones



Fuente: Cisneros & et al (2012)

3.2.15. Recarga hídrica

Gonzales Carrasco (2011), cita a Custodio (1998) y definen que la recarga a todo el proceso por el cual se incorpora a un acuífero, agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero.

Asimismo, la recarga es el proceso de incorporación de agua a un acuífero producido a partir de diversas fuentes, los cuales son las precipitaciones, las aguas superficiales y por transferencia de otro acuífero. Gonzales Carrasco (2011).

Faustino (2006), citado por Gonzales Carrasco (2011) plantea que la recarga natural tiene el límite de la capacidad de almacenamiento de acuífero, de forma que, en un momento determinado, el agua que llega al acuífero no pueda ser almacenada ya pasa a otra área, superficie terrestre, río, lago, mar o inclusive otro acuífero.

Además, INAB (2003), citado por Gonzales Carrasco (2011), argumentan que la cantidad de recarga de un acuífero, depende en cierto modo de la extensión del área de entrada o de captación.

Por otra parte, Matus (2009), citados por Donis Cáceres (2015), definen a la recarga como un proceso procedente de la infiltración de la lluvia, por aguas superficiales y por la transparencia entre acuíferos. El área donde ocurre la recarga se le llama zona de recarga y por consiguiente son sitios con mayor capacidad de infiltración o con rocas superficialmente permeables. Matus (2009).

3.2.16. Clasificación de las zonas de recarga hídrica

Faustino (2006), citado por Matus (2007), y este citado por Gonzales Carrasco (2011), indican que, de acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga Hídrica se pueden clasificar en los siguientes.

A. Zonas de recarga Hídrica superficial

Es toda la cuenca hidrográfica, con exclusión de las zonas impermeables, esta es la que se humedece, después de cada precipitación, originando escorrentía superficial, según las condiciones de drenaje (Relieve del suelo y saturación).

B. Zonas de recarga sub superficial

Son las zonas de la cuenca con suelos cuya capacidad de retención de agua o almacenamiento superficial sobre una capa impermeable, que permite que el flujo horizontal en el subsuelo se concentre aguas abajo en el sistema de drenaje.

C. Zonas de recarga hídrica subterránea

Corresponde a zonas de la cuenca (sitios planos o cóncavos y rocas permeables) en el cual el flujo vertical de la infiltración es significativo, esta es la que forma o alimenta los acuíferos. Un aspecto importante en esta zonificación es la conexión entre acuíferos y la recarga externa (que viene de otra cuenca).

3.3. Marco conceptual

❖ **Acuíferos:**

Estructura subterránea que alberga agua

❖ **Actividad agrícola:**

Es aquel que se utiliza en el ámbito de la economía para hacer referencia al tipo de productos y beneficios que una actividad como la agrícola puede generar. La agricultura es el cultivo de granos, cereales y vegetales; es una de las actividades más importantes para la subsistencia del hombre, por lo cual la producción de la misma es siempre una parte relevante de las economías de la mayoría de las regiones del planeta, independientemente de cuán avanzado este la tecnología o la rentabilidad.

❖ **Actividad ganadera:**

Ganadería es actividad agraria que consiste en la cría de animales domésticos para la obtención de carne, leche, sus derivados, lana o pieles.

❖ **Clima:**

Fenómeno natural que se da a nivel atmosférico y que se caracteriza por ser una conjunción de numerosos elementos tales como la temperatura, la humedad, la presión, la lluvia, el viento y otros.

❖ **Cuenca hidrográfica:**

Es una unidad territorial en el cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye todo al mismo río. En esta área viven flora, Fauna y en algunos casos seres humanos.

❖ **Cobertura vegetal:**

Es el porcentaje de suelo ocupado por comunidades vegetales.

❖ **ciclo hidrológico:**

Sucesión de etapas que atraviesa el agua, pasando de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación y acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación.

❖ **Compactación:**

La compactación resulta de la compresión mecánica de partículas de suelo y agregados (muchas partículas de suelo juntas en un solo grupo o trozo). La compactación tiene como resultado el rompimiento de los agregados de suelo más grandes, y la reducción o eliminación de espacios (o poros) entre las partículas de suelo.

❖ **Degradación de suelos:**

La degradación del suelo se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema.

❖ **Erosión:**

Proceso de arrastre del suelo por acción del agua o viento.

❖ **Escorrentía:**

Se llama escorrentía o escurrimiento a la corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales. El agua de las precipitaciones que no se evapora ni infiltra escurre superficialmente de forma directa y basal.

❖ **Erosión hídrica:**

La erosión hídrica es el proceso de sustracción de masa sólida al suelo o a la roca de la superficie llevado a cabo por un flujo de agua que circula por la misma.

❖ **Intercepción:**

Parte de la precipitación que es interceptada por objetos superficiales como la cubierta vegetal

❖ **Infiltración:**

Agua procedente de las precipitaciones que atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del sub suelo y Suelo.

❖ **Intensidad de lluvia:**

Cantidad de agua que precipita en un tiempo determinado

❖ **Pendiente de terreno:**

Son superficies planas, cóncavas y convexas.

❖ **Precipitación:**

Agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve y granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (roció, la helada blanca, etc.), todas ellas

Son provocadas por un cambio de Temperatura o de la presión. La Precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental.

❖ **Sobrepastoreo:**

Se produce cuando las plantas están expuestas al pastoreo intensivo durante largos períodos, o sin períodos suficientes de recuperación

❖ **Sub cuenca:**

Unidad de drenaje de menor superficie

❖ **Topografía:**

Es un aspecto muy importante al momento de predecir la erosión, sus factores como inclinación y largo de la pendiente determinan la cantidad y velocidad del escurrimiento

❖ **Vientos:**

Es el viento es el movimiento en masa del aire en la atmósfera en movimiento horizontal

❖ **Zona de recarga hídrica:**

La zona de recarga (o área de recarga) es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual, por las condiciones climatológicas, geológicas y topográficas, una gran parte de las precipitaciones se infiltran en el suelo, llegando a recargar los acuíferos en las partes más bajas de la cuenca.

IV. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis central

El grado de erosión hídrica por efecto de la precipitación en las áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccorhuani, difiere en suelos sin cobertura vegetal con respecto a suelos con cobertura vegetal.

4.2. Hipótesis específicas

- ❖ La erosión hídrica según erodabilidad y tasas erosivas, en suelos sin cobertura vegetal por efecto de la precipitación en las áreas recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani, es mayor con respecto a suelos con cobertura vegetal.

- ❖ La erosión hídrica según erodabilidad y tasas erosivas, en suelos con cobertura vegetal por efecto de la precipitación en las áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani, es menor con respecto a suelos sin cobertura vegetal.

- ❖ La erosión neta generada, por efecto de la precipitación en las áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani, es mayor en comparación a la sedimentación de suelos.

V. IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

En el presente proyecto de tesis, se utilizan como variables las siguientes variables (Precipitación y erosión de suelos), cada uno evaluados durante un año de investigación, iniciándose en el mes de marzo del año 2016, y culminando en marzo del año 2017.

5.1. Variable independiente

- ❖ Precipitación

5.2. Variable dependiente

- ❖ Erosión de suelo

5.3. Operacionalización de variables

Cuadro 12. Operacionalización de variables, indicadores e índices.

Variables		Indicadores		Índices (Unidades)
Variable independiente	Precipitación pluvial	Precipitación		mm/ Año
Variable dependiente	Erosión Hídrica	Con cobertura vegetal	Según erodabilidad y tasas erosivas	Ton ha-año ⁻¹
		Sin cobertura vegetal	Según erodabilidad y tasas erosivas	Ton ha-año ⁻¹
	Erosión neta	Con cobertura vegetal		Ton/ha
		Sin cobertura vegetal		

Fuente: Elaboración propia (2016)

VI. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

6.1. Tipos de Investigación

La investigación presente es aplicada

6.2. Nivel de la investigación

La investigación presente tiene un nivel experimental y correlacional. En la el nivel experimental, para la obtención de información se hace la simulación de parcelas de experimentación en cada uno de las zonas de recarga hídrica, para ello se implementan 2 parcelas sin cobertura vegetal y otra con cobertura vegetal. En el nivel correlacional, las variables de precipitación y erosión hídrica guardan una estrecha interrelación entre ambas.

6.3. Método

6.3.1. Método de clavos y varillas

La metodología empleada para estimar la erosión hídrica, se puede resumir en las siguientes actividades:

- ❖ **Actividad 1.** Definición de los lugares de emplazamiento de las parcelas.
- ❖ **Actividad 2.** Definición de las características de las parcelas, preparación del material necesario para implementarlas y preparación de la superficie del suelo en que se instalan las parcelas.
- ❖ **Actividad 3.** Instalación de varillas en parcelas experimentales
- ❖ **Actividad 4.** Monitoreo mensual de la erosión de suelos generada por las precipitaciones (cada 30 días), por un periodo de un año (marzo del 2016, hasta marzo del 2017).
- ❖ **Actividad 5.** Trabajo en laboratorio para determinar características de densidad aparente del suelo en la estación en el cual se registran mayores precipitaciones, una vez en cada zona.
- ❖ **Actividad 6.** Procesamiento y análisis de la información (análisis estadístico)

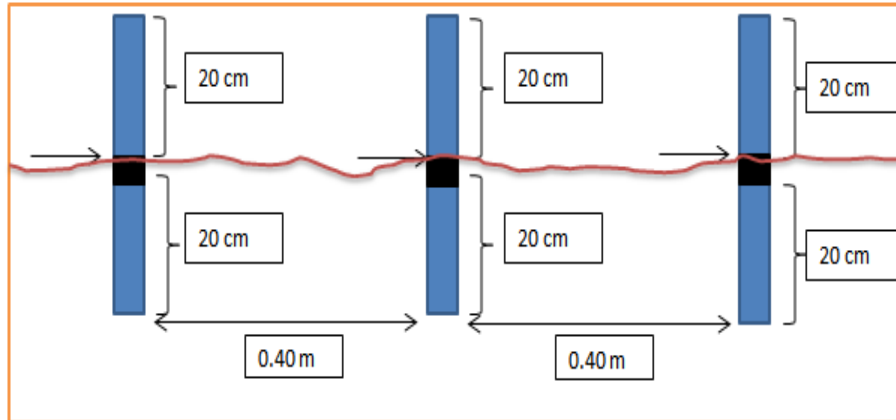
6.3.2. Descripción del método de clavos y varillas

Su efectividad ha sido validada en terrenos con diferentes grados de pendientes y con cultivos diversos. Mendoza (2005); este método consiste en utilizar clavos y varillas colocados a lo largo de un transecto o parcela que es de 5.28 m² en intervalos regulares de 0.40 m

Vásquez, (2011) en un estudio hecho en el Perú, cuyo título de su investigación es “Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las praderas de las laderas semiáridas de la sierra peruana”.

Cada parcela estará separada con respecto al otro en forma horizontal en una distancia de dos metros, teniendo además 48 varillas instaladas en cada parcela. Las varillas son de 40 cm de longitud y diámetro de 3/8 de diámetro, instalándose de manera que descansen sobre la superficie del suelo hasta la marca delimitada que está a 20 cm, el propósito de la marca delimitada es marcar cortes en el terreno ocasionados por la erosión y de esta forma medir el espesor de la capa de suelo perdido. El monitoreo se realizará de forma periódica mensualmente por 12 meses seguidos, a partir del momento de su instalación y se evaluará fundamentalmente el corte generado ocasionado por la erosión hídrica, toda vez que se generen precipitaciones.

Esquema 5. Diagrama de instalación de las varillas de erosión



Fuente: Elaboración propia (2016)

6.3.3. Cuantificación de la pérdida de suelo

El objetivo de la investigación es estimar cuantitativamente la magnitud de la erosión hídrica por defecto de las precipitaciones en áreas de recarga acuífera en las respectivas áreas de estudio y para ello se utiliza la siguiente fórmula.

Cuadro 13. Ecuación matemática de cuantificación de pérdida de suelo

$$X = Y * Da * 10$$

Dónde:

X: suelo erosionado o sedimentado (ton/ha.)

Y: Altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm)

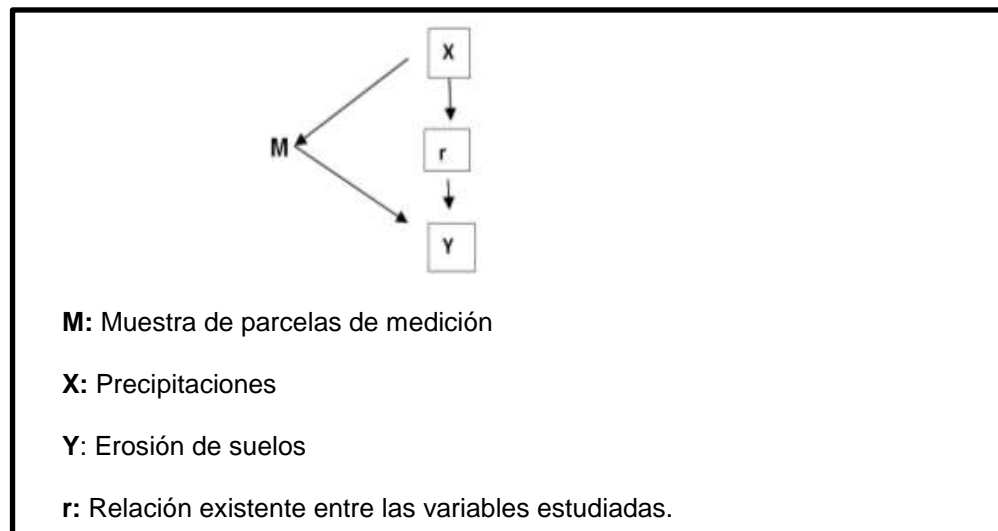
Da: Densidad aparente del suelo (Ton/m³)

Fuente: Pizarro & et al (2009)

6.3.4. Diseño experimental - Correlacional

Consiste en utilizar 3 parcelas de 5.28 m² cada uno, en una fila separados cada dos metros; de modo que; en 2 parcelas se eliminará por completo toda la cobertura vegetal y en la tercera parcela la cobertura vegetal se mantendrá en las mismas condiciones, tal como se encontró, sin alteración alguna. Asimismo, en cada parcela de medición se plantarán 48 clavos para medir la erosión hídrica

Cuadro 14. Diseño experimental – correlacional de la investigación



Fuente: Elaboración propia (2016)

VII. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO Y LA MUESTRA

7.1. Tamaño del universo y la población

7.2. Universo

Distrito de Abancay y Tamburco

7.3. Población

A. Áreas de recarga acuífera en el distrito de Abancay

- ❖ Sector de Huayllabamba: Área de recarga acuífera Yacupallca
- ❖ Sector de Asillo: Área de recarga acuífera Hatuntuma.

B. Área de recarga acuífera en el distrito de Tamburco

- ❖ Sector de Ccanabamba: Área de recarga acuífera Minachayococ
- ❖ Sector de Ccorhuani: Área de recarga acuífera Faccha

7.4. Ubicación

Las zonas de estudio se ubican, tal cual lo manifiesta el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Ubicación de áreas de recarga acuífera

<i>Distrito</i>	<i>Sector</i>	<i>Zona de recarga hídrica</i>	<i>Coordenadas UTM (WGS-84)</i>	
<i>Abancay</i>	<i>Huayllabamba</i>	<i>Yacupallca</i>	<i>Este</i>	<i>724958</i>
			<i>Norte</i>	<i>8495528</i>
<i>Abancay</i>	<i>Asillo</i>	<i>Hatuntuma</i>	<i>Este</i>	<i>734063</i>
			<i>Norte</i>	<i>8492896</i>
<i>Tamburco</i>	<i>Ccanabamba</i>	<i>Minachayococ</i>	<i>Este</i>	<i>735146</i>
			<i>Norte</i>	<i>8497464</i>
<i>Tamburco</i>	<i>Ccorhuani</i>	<i>Faccha</i>	<i>Este</i>	<i>730743</i>
			<i>Norte</i>	<i>8498176</i>

Fuente: Elaboración propia (2016)

7.5. Descripción de la zona de estudio

7.5.1. Características topográficas

7.5.1.1. Relieve

El relieve presenta una característica, regularmente accidentada con pendiente que se especifican de la siguiente manera.

Cuadro 16. Relieve de áreas de recarga acuífera

<i>Sector poblacional</i>	<i>Zona de recarga hídrica</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Altitud</i>
<i>Huayllabamba</i>	<i>Yacupallca</i>	<i>14% de inclinación</i>	<i>3826</i>
<i>Asillo</i>	<i>Hatuntuma</i>	<i>15% de inclinación</i>	<i>3225</i>
<i>Ccanabamba</i>	<i>Minasahayocc</i>	<i>13% de inclinación</i>	<i>3804</i>
<i>Ccorhuani</i>	<i>Faccha</i>	<i>13% de inclinación</i>	<i>3847</i>

Fuente: Elaboración propia (2016)

7.5.2. Características climáticas

Para el análisis del clima de las áreas en la cual se hace intervención con la investigación, se hace una evaluación de las precipitaciones, temperaturas, humedad relativa, presión, vientos y evaporación

7.5.2.1. Precipitaciones

Las precipitaciones máximas, mínimas y la precipitación promedio, de las 4 estaciones meteorológicas se consideran tomando en cuenta los últimos 5 años, a partir del 2012 hasta el 2016, los cuales son la estación meteorológica de San Antonio (Abancay), Andahuaylas, Curpahuasi (Chuquibambilla), y la estación meteorológica situada en el distrito de Curahuasi. **(Ver anexo 11.2.1.)**

Tabla 14. Precipitaciones promedio en estaciones en áreas de recarga acuífera

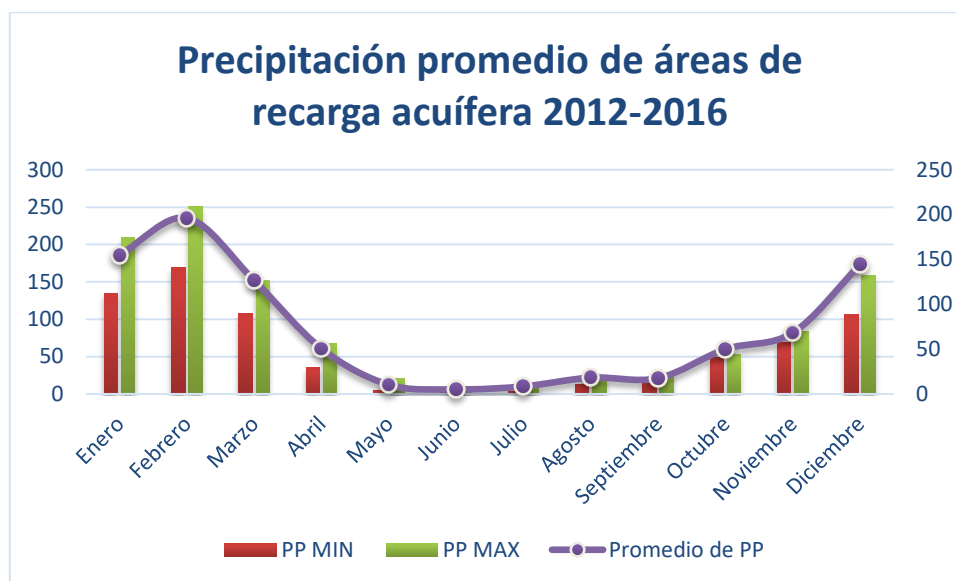
Mes	PP MIN	PP MAX	Promedio de PP
Enero	134.96	209.52	155.13
Febrero	169.44	250.97	196.1
Marzo	107.46	151.38	126.51
Abril	35.48	67.45	50.47
Mayo	4	20.3	10.23
Junio	2.38	9.36	5.06
Julio	3.54	14.45	8.36
Agosto	12.76	23.24	18.14
Septiembre	13.74	26.9	17.52
Octubre	48.46	52.72	49.89
Noviembre	69.12	83.28	68.12
Diciembre	105.65	158.24	144.12

Fuente: SENAMHI (2015)

De acuerdo a la Tabla 14, las precipitaciones promedio en las áreas de recarga acuífera de los sectores poblacionales son:

- ❖ La precipitación mínima promedio (PP MIN), se da durante el mes de junio, alcanzando 2.38 mm/mes.
- ❖ La precipitación máxima promedio (PP MAX), se da durante el mes de febrero alcanzando 250.97 mm/mes.

Figura 4. Precipitación promedio en estaciones meteorológicas



Fuente: SENAMHI (2015)

7.5.2.2. Temperatura

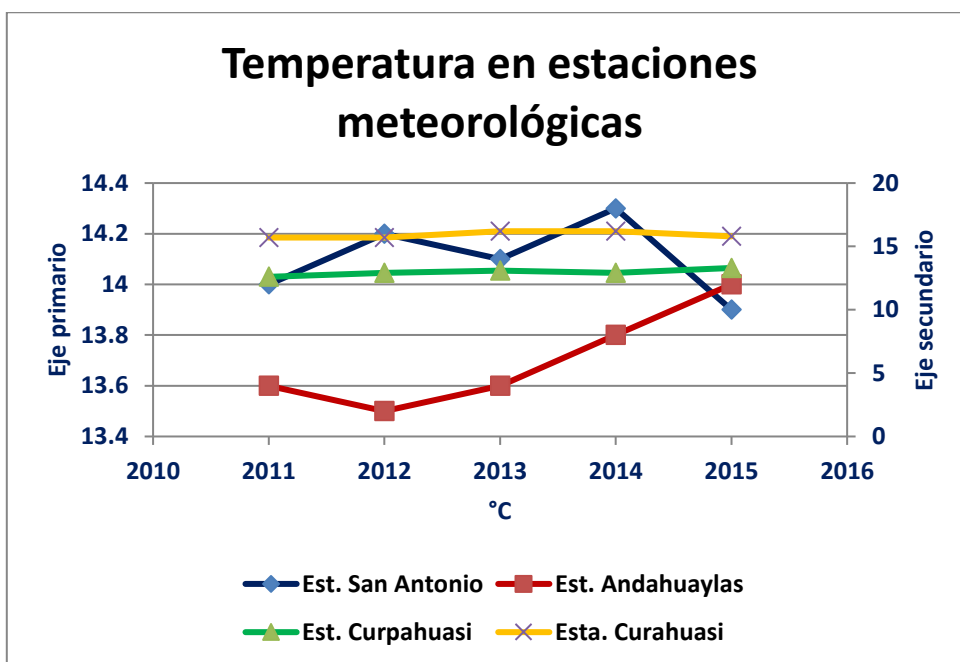
Se considera 4 estaciones meteorológicas situadas en la región Apurímac para aproximar la temperatura en la zona de investigación; de modo, en cada una de las estaciones meteorológicas se determina las temperaturas promedio teniendo, como base un mínimo de temperatura que oscila desde 12.6 °C, como temperatura mínima y como temperatura máxima 16.2°C.

Tabla 15. Temperatura en estaciones meteorológicas

Año	Estación San Antonio	Estación Andahuaylas	Estación Curpahuasi	Estación Curahuasi
2011	14	13.6	12.6	15.7
2012	14.2	13.5	12.9	15.7
2013	14.1	13.6	13.1	16.2
2014	14.3	13.8	12.9	16.2
2015	13.9	14	13.3	15.8

Fuente: SENAMHI (2015)

Figura 5. Temperatura en estaciones meteorológicas



Fuente: SENAMHI (2015)

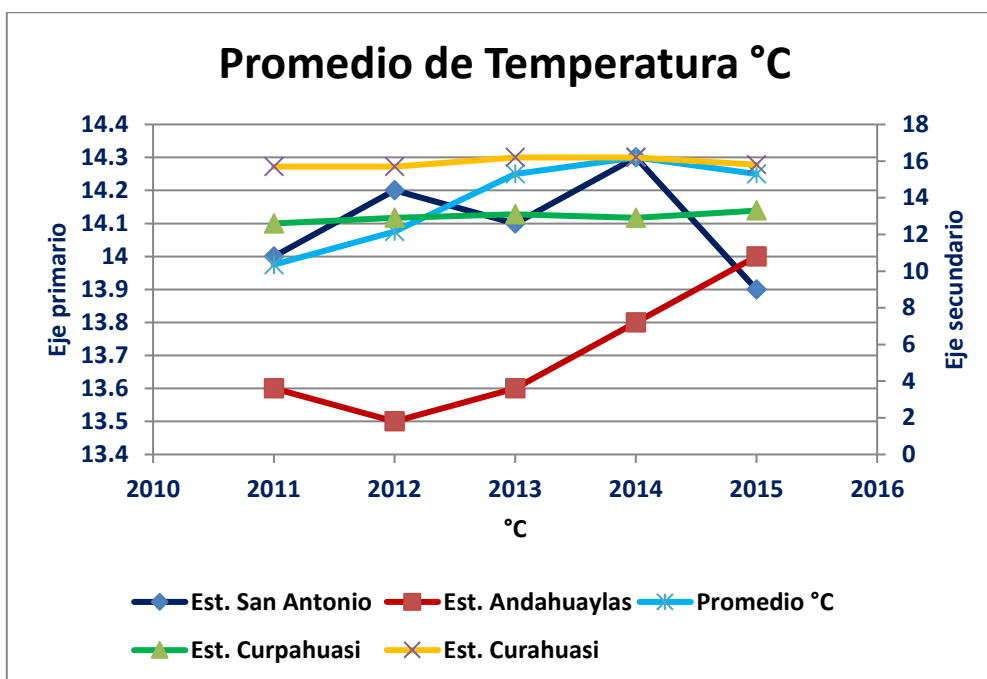
La temperatura promedio en grados centígrados (°C), de las 4 estaciones meteorológicas, del cual se hace la extracción de información, permiten obtener como resultado un promedio aproximado de la temperatura ambiental de las zonas o áreas en el cual se hace la intervención con el proyecto de investigación, resultando, así de este modo, dicha temperatura que va desde 14 °C, como mínimo y 14.30 °C, como máximo en promedio.

Tabla 16. Temperatura promedio en estaciones meteorológicas

Año	Estación San Antonio	Estación Andahuaylas	Estación Curpahuasi	Estación Curahuasi	Promedio (°C)
2011	14	13.6	12.6	15.7	14.0
2012	14.2	13.5	12.9	15.7	14.1
2013	14.1	13.6	13.1	16.2	14.3
2014	14.3	13.8	12.9	16.2	14.3
2015	13.9	14	13.3	15.8	14.3

Fuente: SENAMHI (2015)

Figura 6. Temperatura promedio en estaciones meteorológicas



Fuente: SENAMHI (2015)

7.5.2.3. Humedad relativa

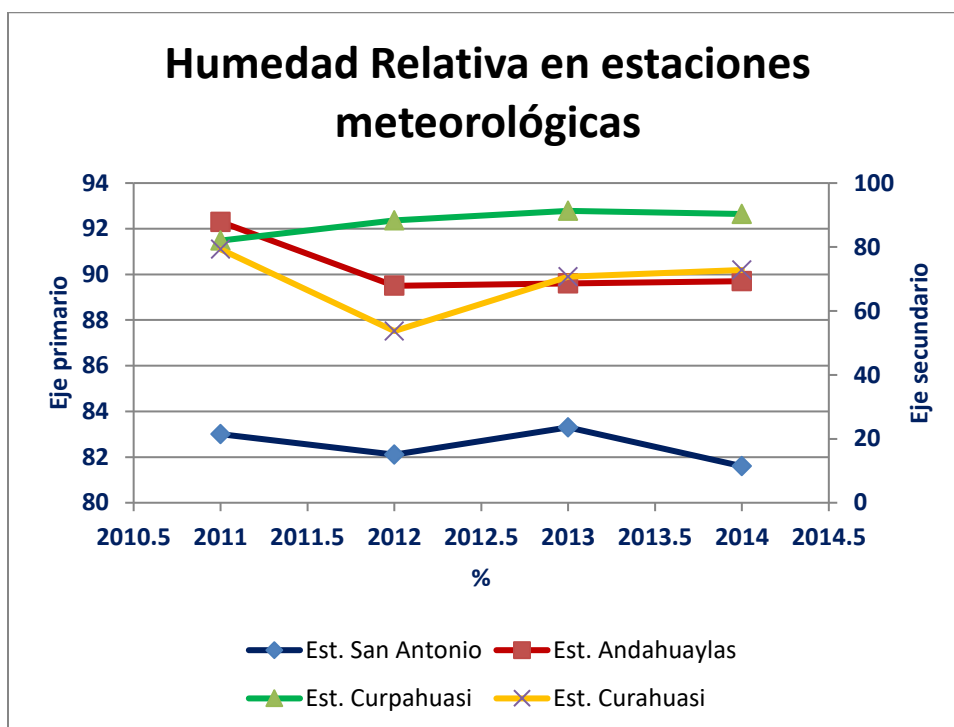
La humedad relativa de las estaciones meteorológicas en estudio, en unidades de (%), presentan una aproximación, con respecto a la zona en el cual se hace la intervención con el proyecto de Investigación. Asimismo, los valores obtenidos oscilan a partir de una humedad relativa mínima que es de 72.08 %, hasta una humedad relativa máxima que es de 92.3 %.

Tabla 17. Humedad relativa en estaciones meteorológicas

<i>Año</i>	<i>Estación San Antonio</i>	<i>Estación Andahuaylas</i>	<i>Estación Curpahuasi</i>	<i>Estación Curahuasi</i>
2011	83	92.3	82	79.3
2012	82.1	89.5	88.3	53.7
2013	83.3	89.6	91.3	70.7
2014	81.6	89.7	90.3	72.8

Fuente: SENAMHI (2015)

Figura 7. Humedad relativa en estaciones meteorológicas



Fuente: SENAMHI (2015)

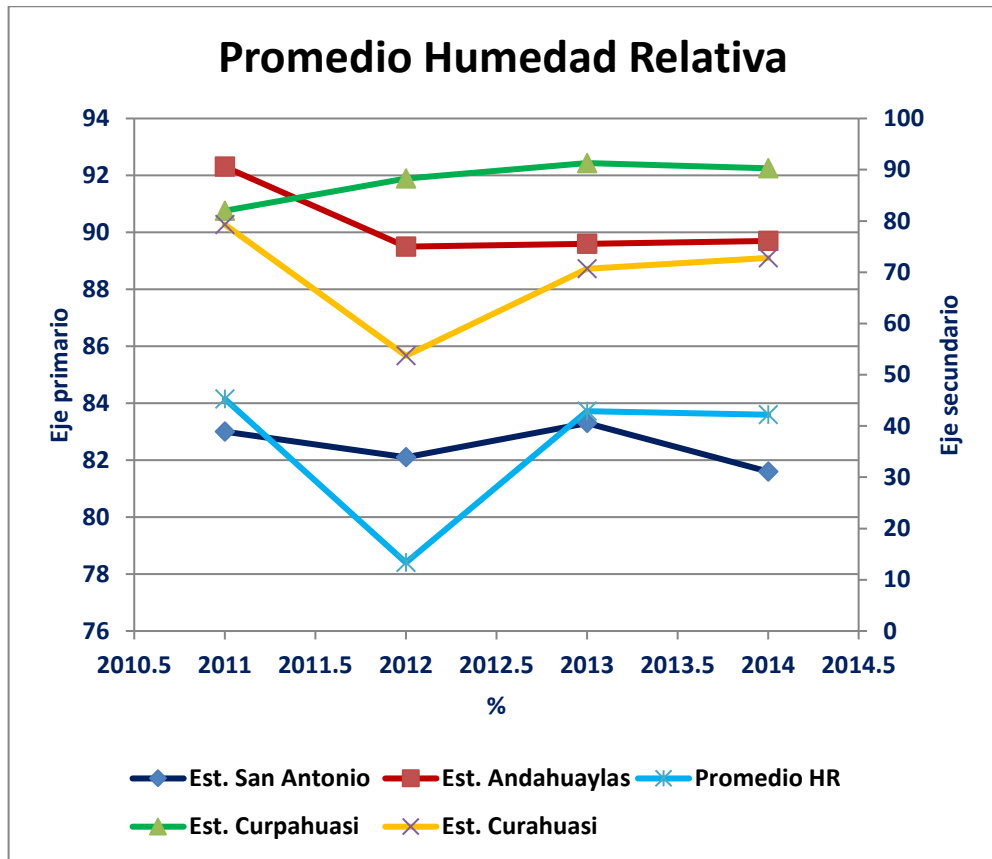
Por otro lado está la humedad relativa promedio de las estaciones meteorológicas, que permiten dar una aproximación acerca de la humedad relativa en las diferentes zonas de recarga hídrica, con el cual se hace la intervención con el proyecto de investigación.

Tabla 18. Humedad relativa promedio de estaciones meteorológicas

Año	Estación San Antonio	Estación Andahuaylas	Estación Curpahuasi	Estación Curahuasi	Promedio
2011	83	92.3	82	79.3	84.15
2012	82.1	89.5	88.3	53.7	78.4
2013	83.3	89.6	91.3	70.7	83.725
2014	81.6	89.7	90.3	72.8	83.6

Fuente: SENAMHI (2015)

Figura 8. Humedad relativa promedio de estaciones meteorológicas



Fuente: SENAMHI (2015)

7.5.3. Poblaciones beneficiarias de las zonas de Recarga hídrica

Las poblaciones beneficiarias de las áreas de recarga acuífera, de Yacupalcca, Hatuntuma, y Minachayocc y Faccha son los sectores poblacionales de Huayllabamba, Asillo, Ccorhuani y Ccanabamba, respectivamente, ya que las zonas de captación de agua potable se encuentran dentro de estas áreas recarga acuífera.

En total existe número de beneficiarios (310 familias), Todos ellos utilizan agua para consumo humano, y riego.

Cuadro 17. Poblaciones beneficiarias de zonas de recarga hídrica

Sector Poblacional	Zona de Recarga hídrica	Número de beneficiarios
Huayllabamba	Yacupalcca	87 familias
Asillo	Hatuntuma	85 familias
Ccanabamba	Minachayocc	63 familias
Ccorhuani	Faccha	75 familias
Total		310 familias

Fuente: JASS (2017), de cada Sector poblacional.

7.5.4. Geomorfología y fisiografía

Las zonas de estudio tienen la característica de ser Montaña y/o colina estructural denudativa, ya que presenta clima húmedo seco y templado frío y está entre los 3800 y 4500 msnm, a la vez los suelos que presentan son residuales de una capa superficial, la cobertura vegetal es variada por especies arbóreas y arbustivas, especialmente en cauces de manantiales y quebradas. Asimismo, es ladera de montaña ya que presenta un relieve empinado y accidentado con excepciones de quebradas pequeñas y laderas con moderada pendiente, el clima es templado frío y los suelos son residuales de poca profundidad y se sitúa a una altitud que va desde los 2500- 3800 msnm. R.J 003-2006 (2006).

VIII. FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

8.1. Fuentes primarias

- ❖ Información obtenida de campo (In situ).
- ❖ Libros
- ❖ Artículos científicos
- ❖ Patentes
- ❖ Investigación de organizaciones, instituciones públicas y privadas
- ❖ Normas técnicas

8.2. Fuentes secundarias

- ❖ Directorios
- ❖ Tesis referida a la investigación
- ❖ Censos
- ❖ Entrevistas

8.3. Técnicas

- ❖ Observación
- ❖ monitoreo
- ❖ Extracción de información In situ (en campo)
- ❖ Análisis documental (gabinete)

8.4. Instrumentos de investigación

Cuadro 18. Instrumentos de investigación

Materiales	Descripción	Unidad
Fierro liso de (3/8)	Para varillas de erosión	39
Pintura	Para delimitar fierros	1 galón
Cinta métrica de 20 m	para medición de parcelas	1
Huincha	para medición de varillas	4
Tabla de campo	Para toma de datos	1
GPS	Para determinar ubicación	1
Cámara fotográfica	Para registro fotográfico	1
Regla graduada	Para medición de erosión y sedimentación	1
Cilindro	Para determinar densidad aparente	1
Balanza analítica	Para determinar densidad aparente	1
Estufa	Para determinar densidad aparente	1
Formato	Para registro de erosión hídrica mensual	12

Fuente: Elaboración propia (2016)

IX. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS

9.1. Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores

Para el análisis de los indicadores se realiza una descripción detallada y minuciosa de cada una de las zonas de intervención con el proyecto, para lo cual se hace la evaluación estadística de la información obtenida en campo mediante el análisis de Varianza (ANOVA) de un solo factor o tratamiento, donde se someterá a prueba las hipótesis, según la cual las medias de las muestras o tratamientos son iguales, de modo que el resultado lo dará el estadístico “F” que viene a ser la variación existente entre los tratamientos.

9.1.1. Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores del Sector de Huayllabamba.

A) Análisis de varianza de un factor (Erosión hídrica)

Se hace el análisis de varianza de la erosión, considerando las parcelas experimentales, los cuales son 2 parcelas sin cobertura vegetal y una parcela con cobertura vegetal. En cada parcela existente se cuenta con 48 varillas de erosión, los cuales dentro del área o zona de recarga hídrica donde se investiga la erosión de suelos existe un total de 144 varillas.

Tabla 19. Análisis de varianza de erosión hídrica en área de recarga acuífera de Huayllabamba.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<i>Parcela (01) sin cobertura vegetal</i>	48	329	6.85416667	25.06338652
<i>Parcela (02) con cobertura vegetal</i>	48	15	0.3125	0.432180851
<i>Parcela (03) sin cobertura vegetal</i>	48	303	6.3125	19.62367021

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<i>Entre grupos</i>	1265.38888	2	632.6944444	42.0681	4.7E-15	3.06029177
<i>Dentro de los grupos</i>	2120.60416	141	15.03974586			
Total	3385.99305	143				

Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo al análisis de varianza mostrado en la Tabla 19, se demuestra el siguiente:

- ❖ En la parcela (01), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la erosión de cada varilla la sumatoria, es de 329 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 6.85416667 mm, y su varianza es de 25.06338652.
- ❖ En la parcela (02), con cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales, al sumar la erosión de cada varilla, la sumatoria, es de 15 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 0.3125 mm y su varianza es de 0.432180851.
- ❖ En la parcela (03), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la erosión de cada varilla la sumatoria es de 303 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 6.3125 mm y su varianza es de 19.62367021.

B) Análisis de varianza de un factor (sedimentación)

Se hace el análisis de varianza para la sedimentación, considerando las parcelas experimentales, los cuales son 2 parcelas sin cobertura vegetal y una parcela con cobertura vegetal. En cada parcela existente se cuenta con 48 varillas de erosión, los cuales dentro del área o zona de recarga hídrica donde se investiga la erosión de suelos existe un total de 144 varillas.

Tabla 20. Análisis de varianza de sedimentación de suelos en áreas de recarga acuífera de Huayllabamba.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
<i>Parcelas (01) sin cobertura vegetal</i>	48	36	0.75	2.2765957
<i>Parcelas (02) con cobertura vegetal</i>	48	10	0.208333333	0.2535461
<i>Parcelas (03) sin cobertura vegetal</i>	48	34	0.708333333	1.8705674

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<i>Entre grupos</i>	8.7222222	2	4.361111111	2.973005	0.054365376	3.060291772
<i>Dentro de los grupos</i>	206.83333	141	1.466903073			
Total	215.55555	143				

Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo al análisis de varianza mostrado en la Tabla 20, se demuestra lo siguiente:

- ❖ En la parcela (01), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la sedimentación en cada varilla la sumatoria, es de 36 mm en total y el promedio de sedimentación es 0.75 y su varianza es de 2.2765957.
- ❖ En la parcela (02), con cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales, al sumar la sedimentación en cada varilla, la sumatoria, es de 10 mm en total y el promedio de sedimentación 0.208333333 mm y su varianza es de 0.2535461
- ❖ En la parcela (03), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la sedimentación de cada varilla la sumatoria es de 34 mm en total y el promedio de sedimentación es de 0.708333333 mm y su varianza es de 1.8705674.

9.1.2. Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores del Sector de Asillo

A) Análisis de varianza de un factor (Erosión hídrica)

Tabla 21. Análisis de varianza de erosión hídrica en área de recarga acuífera de Asillo

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<i>Parcelas (01) sin cobertura vegetal</i>	48	403	8.3958333	19.6910461
<i>Parcelas (02) con cobertura vegetal</i>	48	49	1.0208333	0.446365248
<i>Parcelas (03) sin cobertura vegetal</i>	48	381	7.9375	16.23005319

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<i>Entre grupos</i>	8.72222222	2	4.361111111	2.9730056	0.054365376	3.060291772
<i>Dentro de los grupos</i>	206.833333	141	1.466903073			
Total	215.555556	143				

Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo al análisis de varianza mostrado en la Tabla 21, se demuestra lo siguiente:

- ❖ En la parcela (01), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la erosión de cada varilla la sumatoria, es de 403 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 8.3958333 mm, y su varianza es de 19.6910461
- ❖ En la parcela (02), con cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales, al sumar la erosión de cada varilla, la sumatoria, es de 49 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 1.0208333 mm y su varianza es de 0.446365248.
- ❖ En la parcela (03), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la erosión de cada varilla la sumatoria es de 381 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 7.9375 mm y su varianza es de 16.23005319.

B) Análisis de varianza de un factor (Sedimentación)

Tabla 22. Análisis de varianza de sedimentación de suelos en área de recarga acuífera de Asillo

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<i>Parcela (01) sin cobertura vegetal</i>	48	32	0.6666667	2.567375887
<i>Parcelas (02) sin cobertura vegetal</i>	48	10	0.2083333	0.296099291
<i>Parcela (03) sin cobertura vegetal</i>	48	55	1.1458333	6.595301418

Fuente: Elaboración propia (2017)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<i>Entre grupos</i>	21.0972222	2	10.548611	3.345658185	0.038055959	3.060291772
<i>Dentro de los grupos</i>	444.5625	141	3.1529255			
Total	465.659722	143				

Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo al análisis de varianza mostrado en la Tabla 22, se demuestra los siguientes:

- ❖ En la parcela (01), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la sedimentación en cada varilla la sumatoria, es de 32 mm en total y el promedio de sedimentación es 0.6666667 y su varianza es de 2.567375887
- ❖ En la parcela (02), con cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales, al sumar la sedimentación en cada varilla, la sumatoria, es de 10 mm en total y el promedio de sedimentación 0.2083333 mm y su varianza es de 0.296099291.

- ❖ En la parcela (03), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la sedimentación de cada varilla la sumatoria es de 55 mm en total y el promedio de sedimentación es de 1.1458333 mm y su varianza es de 6.595301418.

9.1.3. Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores del Sector de Ccanabamba

A) Análisis de varianza de un factor (Erosión hídrica)

Tabla 23. Análisis varianza de erosión hídrica en área de recarga acuífera de Ccanabamba

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
<i>Parcela (01) sin cobertura vejeta</i>	48	445	9.270833333	30.8399823
<i>Parcela (02) sin cobertura vejeta</i>	48	144	3	3.31914894
<i>Parcela (03) sin cobertura vejeta</i>	48	421	8.770833333	29.5846631

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<i>Entre grupos</i>	1166.013889	2	583.0069444	27.4382919	8.6135E-11	3.060291772
<i>Dentro de los grupos</i>	2995.958333	141	21.24793144			
Total	4161.972222	143				

Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo al análisis de varianza mostrado en la Tabla 23, se demuestra el siguiente:

- ❖ En la parcela (01), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la erosión de cada varilla la sumatoria, es de 445 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 9.270833333 mm, y su varianza es de 30.8399823.
- ❖ En la parcela (02), con cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales, al sumar la erosión de cada varilla, la sumatoria, es de 144 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 3 mm y su varianza es de 3.31914894.
- ❖ En la parcela (03), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la erosión de cada varilla la sumatoria es de 421 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 8.770833333 mm y su varianza es de 29.5846631.

B) Análisis de varianza de un factor (sedimentación)

Tabla 24. Análisis de varianza de sedimentación de suelos en área de recarga acuífera de Ccanabamba

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
<i>Parcela (01) sin cobertura vegetal</i>	48	75	1.5625	9.40026596
<i>Parcela (02) con cobertura vegetal</i>	48	18	0.375	0.79255319
<i>Parcela (03) con cobertura vegetal</i>	48	78	1.625	8.83510638

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<i>Entre grupos</i>	47.625	2	23.8125	3.75435041	0.025789242	3.060291772
<i>Dentro de los grupos</i>	894.3125	141	6.342641844			
Total	941.9375	143				

Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo al análisis de varianza mostrado en la Tabla 24, se demuestra lo siguiente:

- ❖ En la parcela (01), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la sedimentación en cada varilla la sumatoria, es de 75 mm en total y el promedio de sedimentación es 9.40026596 y su varianza es de 2.567375887
- ❖ En la parcela (02), con cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales, al sumar la sedimentación en cada varilla, la sumatoria, es de 18 mm en total y el promedio de sedimentación 0.375 mm y su varianza es de 8.83510638.
- ❖ En la parcela (03), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la sedimentación de cada varilla la sumatoria es de 78 mm en total y el promedio de sedimentación es de 1.625 mm y su varianza es de 8.83510638.

9.1.4. Descripción, análisis e interpretación de medidas e indicadores del Sector de Ccorhuani

A) Análisis de varianza de un factor (Erosión hídrica)

Tabla 25. Análisis de varianza de erosión de suelos en área de recarga acuífera de Ccorhuani

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<i>Parcela (01) sin cobertura vegetal</i>	48	248	5.166666667	15.5460993
<i>Parcela (02) con cobertura vegetal</i>	48	16	0.333333333	0.35460993
<i>Parcela (03) sin cobertura</i>	48	257	5.354166667	14.2335993

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<i>Entre grupos</i>	777.6805556	2	388.8402778	38.7107218	3.97769E-14	3.060291772
<i>Dentro de los grupos</i>	1416.3125	141	10.0447695			
<i>Total</i>	2193.993056	143				

Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo al análisis de varianza mostrado en la Tabla 25, se demuestra lo siguiente:

- ❖ En la parcela (01), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la erosión de cada varilla la sumatoria, es de 248 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 5.166666667 mm, y su varianza es de 15.5460993
- ❖ En la parcela (02), con cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales, al sumar la erosión de cada varilla, la sumatoria, es de 16 mm de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 0.333333333 mm y su varianza es de 0.35460993.
- ❖ En la parcela (03), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la erosión de cada varilla la sumatoria es de 257 de corte laminar en total. Mientras el promedio de erosión es de 5.354166667 mm y su varianza es de 14.2335993.

B) Análisis de varianza de un factor (Sedimentación)

Tabla 26. Análisis de varianza de sedimentación de suelos en área de recarga acuífera de Ccorhuani.

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<i>Parcela (01) sin cobertura vegetal</i>	48	40	0.8333333333	2.05673759
<i>Parcela (01) con cobertura vegetal</i>	48	13	0.2708333333	0.32934397
<i>Parcela (01) sin cobertura vegetal</i>	48	30	0.625	1.30319149

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7.763888889	2	3.881944444	3.15667428	0.045591018	3.060291772
Dentro de los grupos	173.3958333	141	1.229757683			
Total	181.1597222	143				

Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo al análisis de varianza mostrado en la Tabla 26, se demuestra el siguiente:

- ❖ En la parcela (01), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la sedimentación en cada varilla la sumatoria, es de 40 mm en total y el promedio de sedimentación es 0.8333333333 y su varianza es de 2.5673759
- ❖ En la parcela (02), con cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales, al sumar la sedimentación en cada varilla, la sumatoria, es de 13 mm en total y el promedio de sedimentación 0.2708333333 mm y su varianza es de 0.32934397.
- ❖ En la parcela (03), sin cobertura vegetal, se instalaron 48 varillas de erosión, de los cuales al sumar la sedimentación de cada varilla la sumatoria es de 30 mm en total y el promedio de sedimentación es de 0.625 mm y su varianza es de 1.30319149.

9.2. Resultados de investigación

A) Erosión Hídrica en áreas de recarga acuífera de los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani.

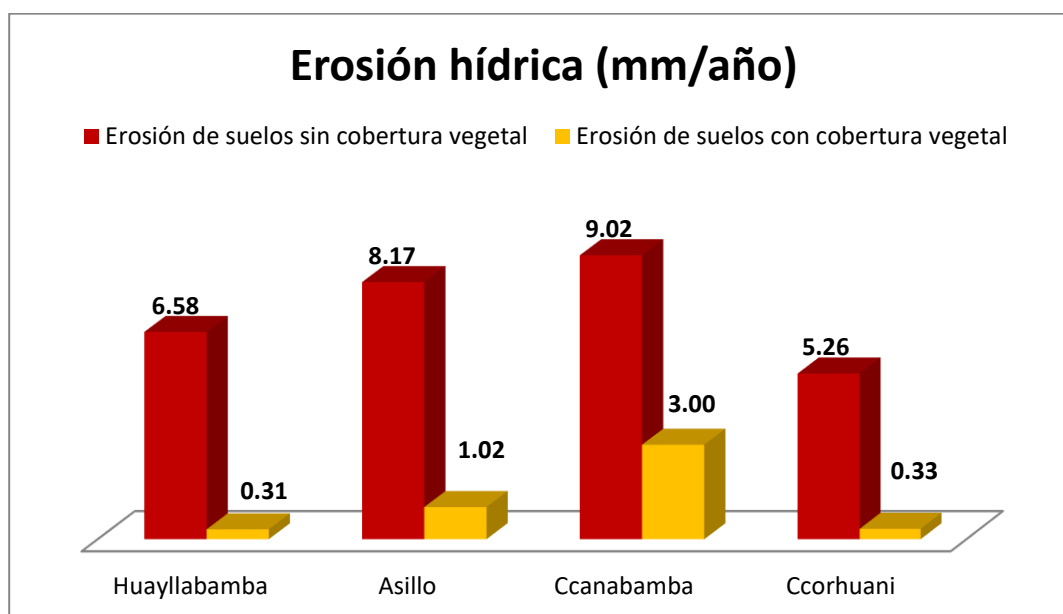
En cada una de las áreas de intervención del proyecto, se obtiene resultados que se muestran en detalle, todo en base al análisis de varianza de un factor., para ello se considera la erosión registrada por el periodo de una año (**ver anexo 11.2**)

Tabla 27. Erosión hídrica en cada área de recarga acuífera (mm/año)

Sectores	Erosión hídrica en suelos sin cobertura vegetal (mm/año)	Erosión hídrica en suelos con cobertura vegetal (mm/año)
Huayllabamba	6.58	0.31
Asillo	8.17	1.02
Ccanabamba	9.02	3.00
Ccorhuani	5.26	0.33

Fuente: Elaboración propia (2017)

Figura 9. Erosión de suelos en cada área de recarga acuífera (mm/año)



Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo a la Tabla 27 y a la Figura 9, se describen los resultados siguientes:

- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Huayllabamba, la erosión hídrica en unidades de (mm/año), en suelos sin cobertura vegetal es de 6.58 mm/año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Huayllabamba, la erosión hídrica en unidades de (mm/año), en suelos con cobertura vegetal es de 0.31 mm/año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Asillo, la erosión hídrica en unidades de (mm/año), en suelos sin cobertura vegetal es de 8.17 mm/año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Asillo, la erosión hídrica en unidades de (mm/año), en suelos con cobertura vegetal es de 1.02 mm/año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba, la erosión hídrica en unidades de (mm/año) en suelos sin cobertura vegetal es de 9.02 mm/año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba, la erosión hídrica en unidades de (mm/año), en suelos con cobertura vegetal es de 3.00 mm/año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani, la erosión hídrica en unidades de (mm/año), en suelos sin cobertura vegetal es de 5.26 mm/año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani, la erosión hídrica en unidades de (mm/año), en suelos con cobertura vegetal es de 0.33 mm/año.

9.2.1. Resultados de la investigación en Ton/ha-año

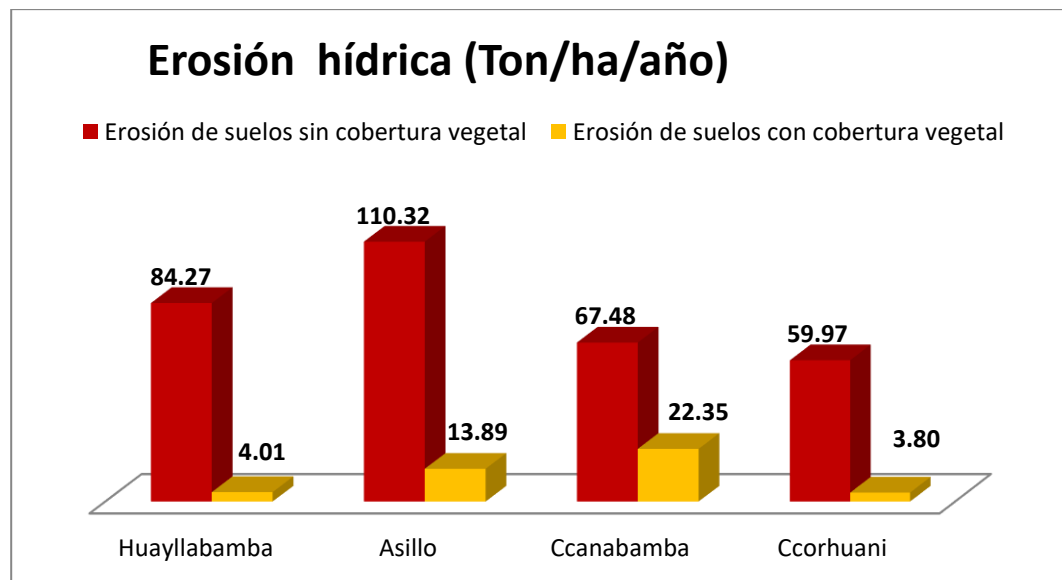
En la operacionalización de variables el objeto de medición es estimar la erosión de suelos en suelos sin cobertura vegetal y en suelos con cobertura vegetal. Todo ello a fin de determinar la erosión en unidades de Ton/ha/año

Tabla 28. Erosión hídrica en Ton/ha-año

Sectores	Erosión hídrica en suelos sin cobertura vegetal (ton/ha/año)	Erosión hídrica en suelos con cobertura vegetal (ton/ha/año)
Huayllabamba	84.27	4.01
Asillo	110.32	13.89
Ccanabamba	67.48	22.35
Ccorhuani	59.97	3.8

Fuente: Elaboración propia (2017)

Figura 10. Erosión Hídrica en Ton/ha-año



Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo a la Tabla 28 y Figura 10, se describen los resultados siguientes:

- ❖ En el área de recarga acuífera, del sector de Huayllabamba, en suelos sin cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 84.27 ton/ha-año.
- ❖ En el área de recarga acuífera, del sector de Huayllabamba en suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 4.01 ton/ha-año.
- ❖ En el área de recarga acuífera, del sector de Asillo, en suelos sin cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 110.32 ton/ha-año.
- ❖ En el área de recarga acuífera, del sector de Asillo, en suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 13.89 ton/ha-año.
- ❖ En el área de recarga acuífera, del sector de Ccanabamba, en suelos sin cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 67.48 ton/ha-año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba, en suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 22.35 ton/ha-año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani, en suelos sin cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 59.97 ton/ha-año.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani, en suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica es de 3.8 ton/ha-año.

9.2.2. Resultados evaluados en base a erodabilidad y tasas erosivas

El objeto de investigación es estimar la erosión hídrica, según erodabilidad y tasas erosivas, razón por ello se presentan las siguientes Tablas 9 y la Tabla 11 que son clase de erodabilidad y pérdida de suelo tolerables (tasas erosivas)

Tabla 29. Cuadro comparativo para estimar la erosión hídrica

Clasificación según erodabilidad	
clase de erodabilidad	Pérdida de suelo (Ton/ha)
Ligera	< 2.5
Moderada	2.5 – 10.0
Severa	10 - 25.0
Muy severa	> 25.0

Fuente: CIAF (1983), citado por Peláez (2001)

Tabla 30. Tasas erosivas

Pérdidas de suelo tolerables (FAO-UNESCO-PNUMA)	
Pérdidas (Ton/ha/año)	Grado de erosión hídrica
<10	<i>Ninguna o ligera</i>
10-50	<i>Moderada</i>
50-200	<i>Alta</i>
> 200	<i>Muy alta</i>

Fuente: Edeso et al (1997), citado de la FAO-UNESCO-PNUMA (1982)

B) Sedimentación

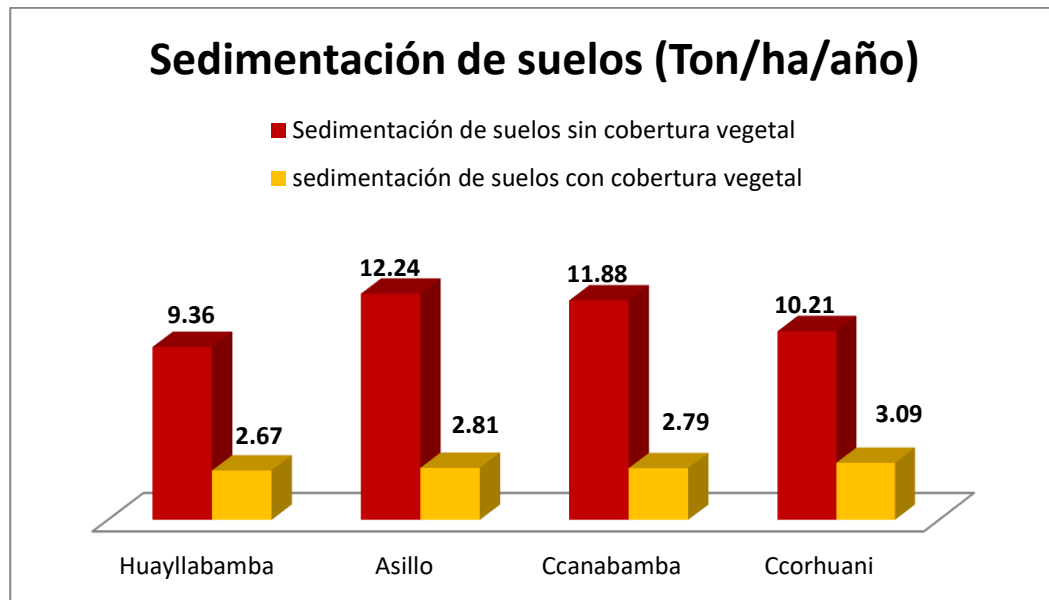
En la operacionalización de variables uno de los objetos de medición es determinar la erosión hídrica neta generada por la precipitación en áreas de recarga acuífera, en suelos sin cobertura vegetal y en suelos con cobertura vegetal. Razón por ello para estimar la erosión hídrica neta, se evalúa la sedimentación.

Tabla 31. Sedimentación de suelos en áreas de recarga acuífera

Sectores	Sedimentación en suelos sin cobertura vegetal (ton/ha/año)	sedimentación en suelos con cobertura vegetal (ton/ha/año)
<i>Huayllabamba</i>	9.36	2.67
<i>Asillo</i>	12.24	2.81
<i>Ccanabamba</i>	11.88	2.79
<i>Ccorhuani</i>	10.21	3.09

Fuente: Elaboración propia (2017)

Figura 11. Sedimentación de suelos en áreas de recarga acuífera



Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo a la Tabla 31 y la Figura 11, se describen los resultados siguientes.

- ❖ En el área de recarga acuífera de Huayllabamba, la sedimentación en suelos sin cobertura vegetal en unidades de Ton/ha-año es de 9.36.
- ❖ En el área de recarga acuífera de Huayllabamba, la sedimentación en suelos con cobertura vegetal en unidades de Ton/ha-año, es de 2.67.
- ❖ En el área de recarga acuífera de Asillo, la sedimentación en suelos sin cobertura vegetal en unidades de Ton/ha-año, es de 12.24.
- ❖ En el área de recarga acuífera de Asillo, la sedimentación en suelos con cobertura vegetal en unidades de Ton/ha-año es de 2.81.

- ❖ En el área de recarga acuífera de Ccanabamba, la sedimentación en suelos sin cobertura vegetal en unidades de Ton/ha-año, es de 11.88.
- ❖ En el área de recarga acuífera de Ccanabamba, la sedimentación en suelos con cobertura vegetal en unidades de Ton/ha-año, es de 2.79.
- ❖ En el área de recarga acuífera de Ccorhuani, la sedimentación en suelos sin cobertura vegetal en unidades de Ton/ha-año, es de 10.21.
- ❖ En el área de recarga acuífera de Ccorhuani, la sedimentación en suelos con cobertura vegetal en unidades de Ton/ha-año, es de 3.09.

C) La erosión Neta

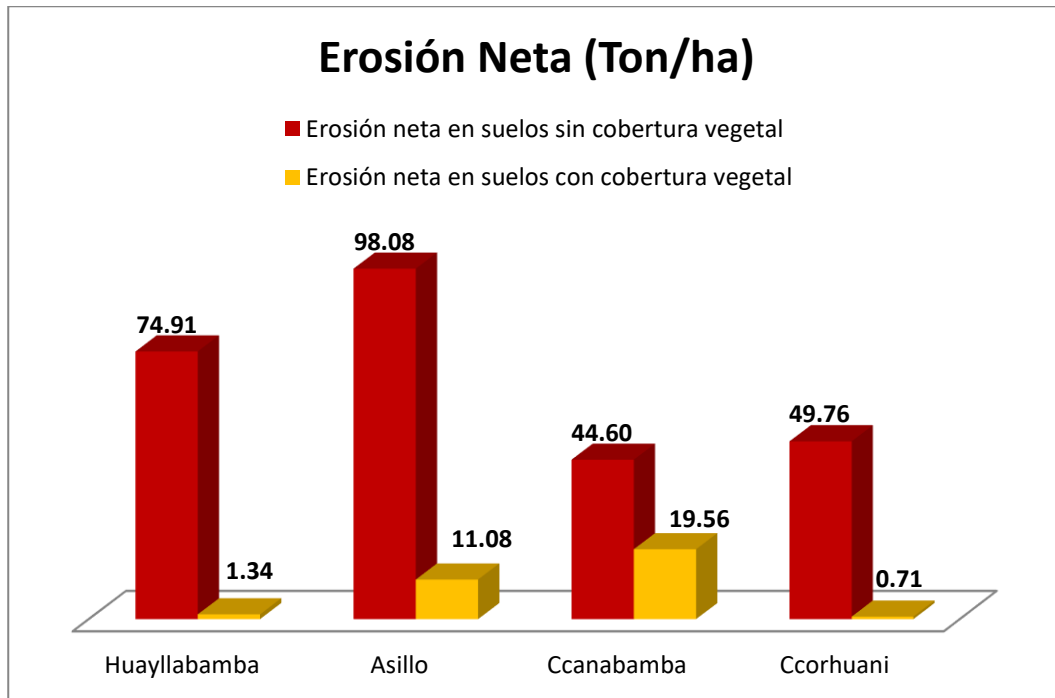
La erosión neta, surge como resultado de la diferencia entre el suelo erosionado y la sedimentación, en unidades de Ton/ha, en cada zona de intervención.

Tabla 32. Erosión neta en áreas de recarga acuífera.

<i>Sectores</i>	<i>Erosión neta en suelos sin cobertura vegetal (Ton/ha.)</i>	<i>Erosión neta en suelos con cobertura vegetal (Ton/ha.)</i>
<i>Huayllabamba</i>	<i>74.91</i>	<i>1.34</i>
<i>Asillo</i>	<i>98.08</i>	<i>11.08</i>
<i>Ccanabamba</i>	<i>44.60</i>	<i>19.56</i>
<i>Ccorhuani</i>	<i>49.76</i>	<i>0.71</i>

Fuente: Elaboración propia (2017)

Figura 12. Erosión neta en áreas de recarga acuífera



Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo a lo establecido en la Tabla 32 y Figura 12, se tienen los resultados siguientes:

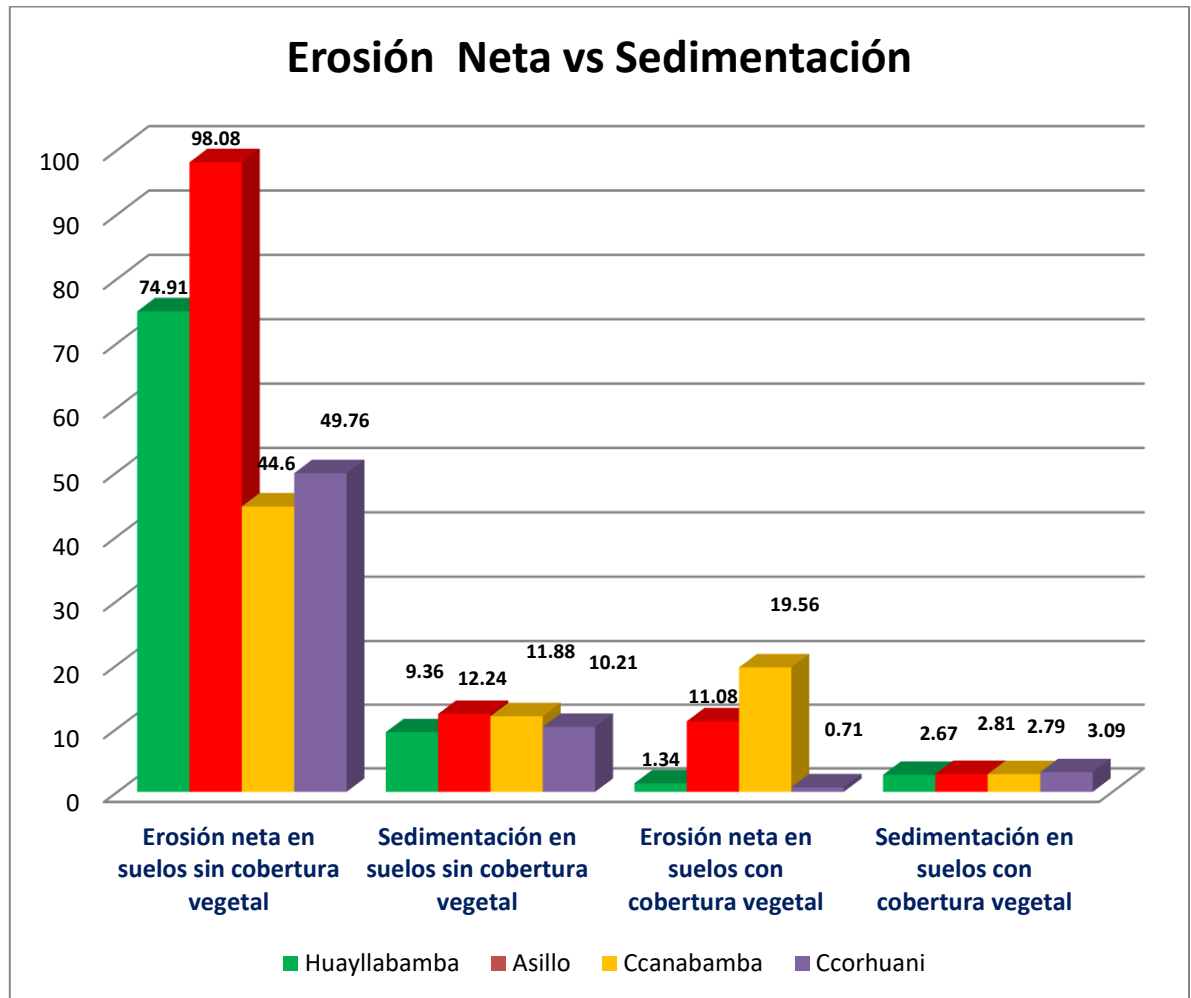
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Huayllabamba, la erosión neta en unidades de Ton/ha, en suelos sin cobertura vegetal es de 74.91.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Huayllabamba, la erosión neta en unidades de Ton/ha, en suelos con cobertura vegetal es de 1.34.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Asillo, la erosión neta en unidades de Ton/ha, en suelos sin cobertura vegetal es de 98.08.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Asillo, la erosión neta en unidades de Ton/ha, en suelos con cobertura vegetal es 11.08

- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba, la erosión neta en unidades de Ton/ha, en suelos sin cobertura vegetal es de 44.60
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba, la erosión neta en unidades de Ton/ha, en suelos con cobertura vegetal es de 19.56
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani, la erosión neta en unidades de Ton/ha, en suelos sin cobertura vegetal es de 49.76.
- ❖ En el área de recarga acuífera del sector de CCorhuani, la erosión neta en unidades de Ton/ha, en suelos con cobertura vegetal es de 0.71.

D) Erosión neta vs sedimentación

En el siguiente gráfico se demuestra la diferencia entre la erosión neta y la sedimentación en cada zona de recarga hídrica.

Figura 13. Erosión vs sedimentación (ton/ha)



Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo a lo establecido en la figura 13, se presenta los siguientes resultados:

- ❖ La erosión neta en suelos sin cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Huayllabamba es de 74.91 ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos sin cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Asillo es de 98.08 ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos sin cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba es de 44.6 ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos sin cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani es de 49.76 ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Huayllabamba es de 1.34 ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Asillo es de 11.08 ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba es de 19.56 ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani es de 0.71 ton/ha.
- ❖ La sedimentación en suelos sin cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Huayllabamba es de 9.36 ton/ha.
- ❖ La sedimentación en suelos sin cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Asillo es de 12.24 ton/ha.
- ❖ La sedimentación en suelos sin cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba es de 11.88 ton/ha.
- ❖ La sedimentación en suelos sin cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani es de 0.71 ton/ha.
- ❖ La sedimentación en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Huayllabamba es de 2.67 ton/ha.
- ❖ La sedimentación en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Asillo es de 2.81 ton/ha.

- ❖ La sedimentación en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba es de 2.79 ton/ha.
- ❖ La sedimentación en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani es de 3.09 ton/ha.

E) Suelo movilizado

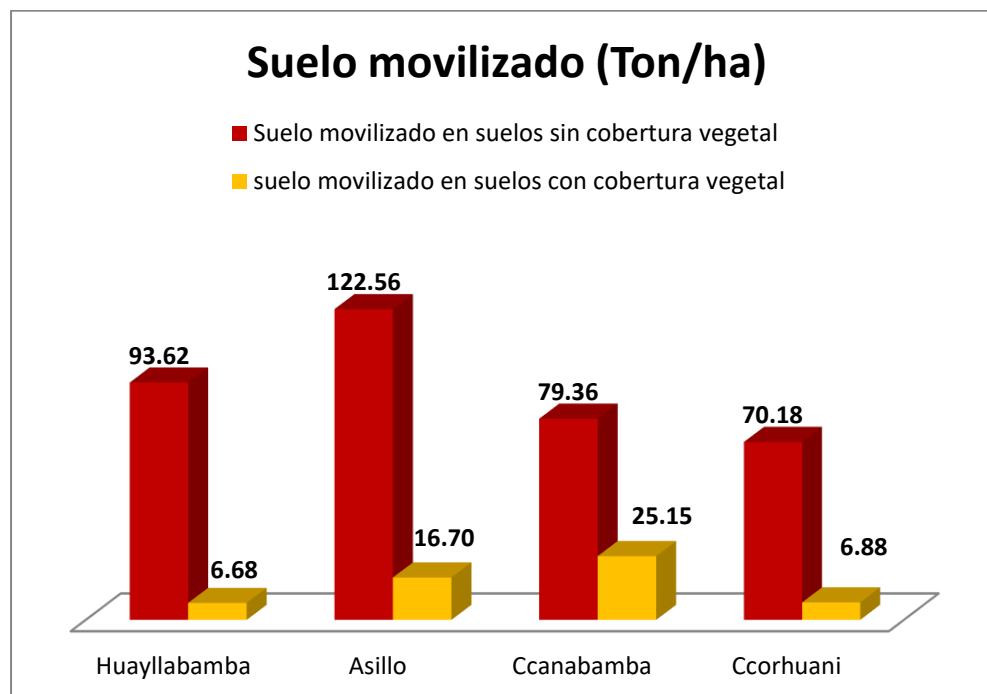
El suelo movilizado surge a consecuencia de la sumatoria entre el suelo erosionado y el suelo sedimentado, en unidades de Ton/ha

Tabla 33. Suelo movilizado en áreas de recarga acuífera

<i>Sectores.</i>	<i>Suelo movilizado en suelos sin cobertura vegetal. (Ton/ha.)</i>	<i>Suelo movilizado en suelos con cobertura vegetal. (Ton/ha.)</i>
<i>Huayllabamba</i>	<i>93.63</i>	<i>6.68</i>
<i>Asillo</i>	<i>122.56</i>	<i>16.70</i>
<i>Ccanabamba</i>	<i>79.36</i>	<i>25.15</i>
<i>Ccorhuani</i>	<i>70.18</i>	<i>6.88</i>

Fuente: Elaboración propia (2017)

Figura 14. Suelo movilizado en área de recarga acuífera



Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo a lo establecido en la Tabla 33 y Figura 14, se presentan los siguientes resultados:

- ❖ El suelo movilizado en el área de recarga acuífera del sector Huayllabamba en unidades de Ton/ha, en suelos sin cobertura vegetal es de 93.62.
- ❖ El suelo movilizado en el área de recarga acuífera del sector de Asillo en unidades de Ton/ha, en suelos sin cobertura vegetal es de 122.56.
- ❖ El suelo movilizado en el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba en unidades de Ton/ha, en suelos sin cobertura vegetal es de 79.36.
- ❖ El suelo movilizado en el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani en unidades de Ton/ha, en suelos sin cobertura vegetal es de 70.18.
- ❖ El suelo movilizado en el área de recarga acuífera del sector de Huayllabamba en unidades de Ton/ha, en suelos con cobertura vegetal es de 6.68.
- ❖ El suelo movilizado en el área de recarga acuífera del sector de Asillo en unidades de Ton/ha, en suelos con cobertura vegetal es de 16.70.
- ❖ El suelo movilizado en el área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba en unidades de Ton/ha, en suelos con cobertura vegetal es de 25.15.
- ❖ El suelo movilizado en el área de recarga acuífera del sector de Ccorhuani en unidades de Ton/ha, en suelos con cobertura vegetal es de 6.88.

9.3. Contrastación de resultados con los objetivos

9.3.1. Contrastación de resultados del objetivo general y específicos

De acuerdo a los resultados obtenidos se hace la contrastación del objetivo general, de modo que, se demuestra, cuantitativamente, la magnitud de la erosión hídrica generada por efecto de las precipitaciones en cada una de las áreas de recarga acuífera, en suelos sin cobertura vegetal y en suelos con cobertura vegetal.

Tabla 34. Magnitud de la erosión hídrica en cada área de intervención

Sectores	Erosión de suelos sin cobertura vegetal	Erosión de suelos con cobertura vegetal
<i>Huayllabamba</i>	84.27	4.01
<i>Asillo</i>	110.32	13.89
<i>Ccanabamba</i>	67.48	22.35
<i>Ccorhuani</i>	59.97	3.8

Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo a la Tabla 34, se estima cuantitativamente la magnitud de la erosión hídrica en suelos desnudos (sin cobertura vegetal) y suelos con cobertura vegetal, los cuales son los siguientes:

- ❖ En suelos desnudos, sin cobertura vegetal la erosión hídrica en Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani, es de 84.27, 110.31, 67.48 y 59.97 respectivamente.
- ❖ En suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica en Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani es 4.01, 13.89, 22.35, y 3.8 respectivamente.

9.3.2. Contrastación de resultados de los objetivos específicos

1. En el objetivo primero se hace la estimación de la erosión de hídrica, en suelos sin cobertura vegetal, generada por las precipitaciones en cada una de las zonas de recarga acuífera, de acuerdo a erodabilidad y tasas erosivas.

Tabla 35. Estimación de erosión hídrica en áreas sin cobertura vegetal

Sectores	Erosión de suelos sin cobertura vegetal
Huayllabamba	84.27
Asillo	110.32
Ccanabamba	67.48
Ccorhuani	59.97

Fuente: Elaboración propia (2017)

Tabla 36. Erosión hídrica, según erodabilidad

Clasificación según erodabilidad	
clase de erodabilidad	Pérdida de suelo (Ton/ha)
Ligera	< 2.5
Moderada	2.5 – 10.0
Severa	10 - 25.0
Muy severa	> 25.0

Tabla 37. Erosión hídrica, según tasas erosivas

Pérdidas de suelo tolerables (FAO-UNESCO-PNUMA)	
Pérdidas (Ton/ha/año)	Grado de erosión hídrica
<10	Ninguna o ligera
10-50	Moderada
50-200	Alta
> 200	Muy alta

- ❖ En suelos desnudos, la erosión hídrica, según erodabilidad es muy severa, haciendo comparación las Tabla 35 y la Tabla 36.
- ❖ En suelos desnudos, la erosión hídrica, según tasas erosivas es alta, haciendo comparación la Tabla 35 y la Tabla 37.

2. En el objetivo segundo, se hace la estimación de la erosión de suelos, en áreas con cobertura vegetal, generada por las precipitaciones en cada una de las zonas de recarga hídrica, donde se hizo la intervención.

Tabla 38. Estimación de erosión de suelos en áreas con cobertura vegetal

Sectores	Erosión de suelos con cobertura vegetal
<i>Huayllabamba</i>	4.01
<i>Asillo</i>	13.89
<i>Ccanabamba</i>	22.35
<i>Ccorhuani</i>	3.80

Fuente: Elaboración propia (2017)

- ❖ En suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica, según erodabilidad es moderada, haciendo comparación las Tabla 36 y la Tabla 38.
 - ❖ En suelos desnudos, la erosión hídrica, según tasas erosivas es Ninguna o ligera, haciendo comparación la Tabla 37 y la Tabla 38.
3. En el objetivo tercero se hace la estimación de la erosión neta generada por las precipitaciones.

Tabla 39. Estimación de la erosión de suelos neta

Sectores	Erosión neta en suelos sin cobertura vegetal	Erosión neta en suelos con cobertura vegetal
<i>Huayllabamba</i>	74.91	1.34
<i>Asillo</i>	98.08	11.08
<i>Ccanabamba</i>	44.60	19.56
<i>Ccorhuani</i>	49.76	0.71

Fuente: Elaboración propia (2017)

- ❖ En Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en suelos desnudos (sin cobertura vegetal), es 74.91, 98.08, 44.60, 49.76 respectivamente.
- ❖ En Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en suelos con cobertura vegetal es 1.34, 11.06, 19.56 y 0.71 respectivamente.

9.4. Verificación de las hipótesis

9.4.1. Verificación de la hipótesis central

La erosión hídrica generada por efecto de las precipitaciones en cada una de las áreas de recarga acuífera en suelos sin cobertura vegetal y suelos con cobertura vegetal, es totalmente diferente en lo que respecta a grado de erosión, tal como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40. Verificación de hipótesis central

<i>Sectores</i>	<i>Erosión de suelos sin cobertura vegetal</i>	<i>Erosión de suelos con cobertura vegetal</i>
<i>Huayllabamba</i>	<i>84.27</i>	<i>4.01</i>
<i>Asillo</i>	<i>110.32</i>	<i>13.89</i>
<i>Ccanabamba</i>	<i>67.48</i>	<i>22.35</i>
<i>Ccorhuani</i>	<i>59.97</i>	<i>3.8</i>

Fuente: Elaboración propia (2017)

9.4.1. Verificación de las hipótesis específicas

1. La erosión hídrica en suelos con cobertura vegetal, por efecto de la precipitación en ton/ha, según erodabilidad es moderada y severa, ver Tabla 9.
2. La erosión hídrica en suelos con cobertura vegetal, por efecto de la precipitación en ton/ha-año según tasas erosivas es Ninguna o ligera y moderada, ver Tabla 11.

Tabla 41. Verificación de primera hipótesis específica

<i>Sectores</i>	<i>Erosión hídrica en suelos sin cobertura vegetal (Ton/ha-año)</i>	<i>Erosión hídrica en suelos con cobertura vegetal (Ton/ha-año)</i>
<i>Huayllabamba</i>	<i>84.27</i>	<i>4.01</i>
<i>Asillo</i>	<i>110.32</i>	<i>13.89</i>
<i>Ccanabamba</i>	<i>67.48</i>	<i>22.35</i>
<i>Ccorhuani</i>	<i>59.97</i>	<i>3.8</i>

Fuente: Elaboración propia (2017)

3. La erosión hídrica en suelos sin cobertura vegetal, es por efecto de la precipitación en ton/ha, según erodabilidad es muy severa, ver tabla 9.
4. La erosión hídrica en suelos sin cobertura vegetal, es por efecto de la precipitación en ton/ha-año, según tasas erosivas es alta, ver tabla 9.

Tabla 42. Verificación de segunda hipótesis específica

<i>Sectores</i>	<i>Erosión de suelos sin cobertura vegetal</i>	<i>Erosión de suelos con cobertura vegetal</i>
<i>Huayllabamba</i>	<i>84.27</i>	<i>4.01</i>
<i>Asillo</i>	<i>110.32</i>	<i>13.89</i>
<i>Ccanabamba</i>	<i>67.48</i>	<i>22.35</i>
<i>Ccorhuani</i>	<i>59.97</i>	<i>3.8</i>

Fuente: Elaboración propia (2017)

5. La erosión neta en suelos sin cobertura vegetal es mayor a la sedimentación. Mientras en suelos con cobertura vegetal los procesos son similares.

Tabla 43. Verificación de tercera hipótesis específica

<i>Sectores</i>	<i>Erosión neta en suelos sin cobertura vegetal</i>	<i>Sedimentación en suelos sin cobertura vegetal</i>	<i>Erosión neta en suelos con cobertura vegetal</i>	<i>Sedimentación en suelos con cobertura vegetal</i>
<i>Huayllabamba</i>	<i>74.91</i>	<i>9.36</i>	<i>1.34</i>	<i>2.67</i>
<i>Asillo</i>	<i>98.08</i>	<i>12.24</i>	<i>11.08</i>	<i>2.81</i>
<i>Ccanabamba</i>	<i>44.6</i>	<i>11.88</i>	<i>19.56</i>	<i>2.79</i>
<i>Ccorhuani</i>	<i>49.76</i>	<i>10.21</i>	<i>0.71</i>	<i>3.09</i>

Fuente: Elaboración propia (2017)

9.5. Formulación de conclusiones y sugerencias

9.5.1. Conclusiones

- ❖ En el sector de Huayllabamba, en suelos sin cobertura vegetal la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Yacupallca, es de 84.27 ton/ha, y según erodabilidad presenta la condición de Muy severa, por presentar una pérdida de suelo > a 25 ton/ha.
- ❖ En el sector de Huayllabamba, en suelos sin cobertura vegetal, la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Yacupallca, es de 84.27 Ton/ha-año, y según tasas erosivas presenta un grado de erosión hídrica alta, ya que la erosión se encuentra entre 50-200 Ton/ha-año.
- ❖ En el sector de Huayllabamba, en suelos con cobertura vegetal la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Yacupallca, es de 4.01 ton/ha, y según erodabilidad presenta la condición de Moderada, por presentar una pérdida de suelo por encontrarse entre 2.5-10 ton/ha.
- ❖ En el sector de Huayllabamba, en suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Yacupallca, es de 4.01 Ton/ha-año, y según tasas erosivas, presenta un grado de erosión hídrica de Ninguna o ligera, ya que la erosión es de < 10 Ton/ha-año.
- ❖ La erosión neta en suelos sin cobertura vegetal, en el área de recarga acuífera de Yacupallca, que pertenece a Huayllabamba, presenta un resultado de 74.91 Ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera de Yacupallca, que pertenece a Huayllabamba, presenta un resultado de 1.34 ton/ha.

- ❖ En el sector de Asillo en suelos sin cobertura vegetal la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Hatuntuma, es de 110.32 ton/ha, y según erodabilidad presenta la condición de Muy severa, por presentar una pérdida de suelo > a 25 ton/ha.
- ❖ En el sector de Asillo, en suelos sin cobertura vegetal, la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Hatuntuma, es de 110.32 Ton/ha-año, y según tasas erosivas presenta un grado de erosión hídrica alta, ya que la erosión se encuentra entre 50-200 Ton/ha-año.
- ❖ En el sector de Asillo, en suelos con cobertura vegetal la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Hatuntuma, es de 13.89 ton/ha, y según erodabilidad presenta la condición de Severa, por presentar una pérdida de suelo por encontrarse entre 10-25 ton/ha.
- ❖ En el sector de Asillo, en suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Hatuntuma, es de 13.89 Ton/ha-año, y según tasas erosivas, presenta un grado de erosión hídrica de Moderado, ya que la erosión se encuentra entre 10-50 Ton/ha-año.
- ❖ La erosión neta en suelos sin cobertura vegetal, en el área de recarga acuífera de Hatuntuma, que pertenece a Asillo, presenta un resultado de 98.08 Ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera de Hatuntuma, que pertenece a Asillo, presenta un resultado de 11.08 ton/ha
- ❖ En el sector de Ccanabamba en suelos sin cobertura vegetal la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Minachayocc, es de 67.48 ton/ha, y según erodabilidad presenta la condición de Muy severa, por presentar una pérdida de suelo > a 25 ton/ha.

- ❖ En el sector de Ccanabamba, en suelos sin cobertura vegetal, la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Minachayocc, es de 67.48 Ton/ha-año, y según tasas erosivas presenta un grado de erosión hídrica alta, ya que la erosión se encuentra entre 50-200 Ton/ha-año.
- ❖ En el sector de Ccanabamba, en suelos con cobertura vegetal la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Minachayocc, es de 22.35 ton/ha, y según erodabilidad presenta la condición de Severa, por presentar una pérdida de suelo por encontrarse entre 10-25 ton/ha.
- ❖ En el sector de Ccanabamba, en suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Minachayocc, es de 22.35 Ton/ha-año, y según tasas erosivas, presenta un grado de erosión hídrica de Moderado, ya que la erosión se encuentra entre 10-50 Ton/ha-año.
- ❖ La erosión neta en suelos sin cobertura vegetal, en el área de recarga acuífera de Minachayocc, que pertenece a Ccanabamba, presenta un resultado de 44.60 Ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera de Minachayocc, que pertenece a Ccanabamba, presenta un resultado de 19.56 ton/ha.
- ❖ En el sector de Ccorhuani en suelos sin cobertura vegetal la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Faccha, es de 59.97 ton/ha, y según erodabilidad presenta la condición de Muy severa, por presentar una pérdida de suelo > a 25 ton/ha.
- ❖ En el sector de Ccorhuani, en suelos sin cobertura vegetal, la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Faccha, es de 59.97 Ton/ha-año, y según tasas erosivas presenta un grado de erosión hídrica alta, ya que la erosión se encuentra entre 50-200 Ton/ha-año.

- ❖ En el sector de Ccorhuani, en suelos con cobertura vegetal la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Faccha, es de 3.08 ton/ha, y según erodabilidad presenta la condición de Moderado por encontrarse entre 2.5-10 ton/ha.
- ❖ En el sector de Ccorhuani, en suelos con cobertura vegetal, la erosión hídrica en el área de recarga acuífera de Faccha, es de 3.08 Ton/ha-año, y según tasas erosivas, presenta un grado de erosión hídrica es Ninguna o ligera, ya que la erosión es < 10 Ton/ha-año.
- ❖ La erosión neta en suelos sin cobertura vegetal, en el área de recarga acuífera de Faccha, que pertenece a Ccorhuani, presenta un resultado de 49.76 Ton/ha.
- ❖ La erosión neta en suelos con cobertura vegetal en el área de recarga acuífera de Minachayocc, que pertenece a Ccanabamba, presenta un resultado de 0.71ton/ha.

9.5.2. Sugerencias

- Realizar la zonificación Ecológica Económica de cada una de las áreas de recarga acuífera, con la finalidad de implementar mecanismo de gestión para el control de las actividades humanas en las áreas de recarga acuífera.
- Reforestar las áreas afectadas por la erosión hídrica con plantas nativas como aliso, chachacomo, qewña
- Limitar las actividades ganaderas en áreas de recarga acuíferas, con la finalidad de evitar el pastoreo y sobrepastoreo.
- Evitar realizar actividades agrícolas dentro de las áreas de recarga acuífera, debido a que se genera remoción de suelos.
- Implementar zanjas de infiltración para reducir la erosión de suelos.
- Reforestar la zona de recarga hídrica en Asillo, con especies de flora nativa
- En la zona de recarga hídrica de Ccanabamba evitar generar incendios forestales.
- Hacer un control, para evitar la segregación inadecuada de residuos sólidos, en las zonas de recarga hídrica de Ccanabamba.
- Promover la conservación de la flora nativa local
- Realizar zanjas de infiltración para reducir la erosión de suelos en toda la zona de recarga hídrica de Ccanabamba.
- Evitar talar la escasa cobertura vegetal en la zona de recarga hídrica del sector de Ccanabamba.
- En la zona de recarga hídrica de Ccorhuani, evitar generar incendios forestales.
- Hacer un control sobre las actividades agrícolas, ganaderas, a fin de mejorar la conservación en la zona de recarga hídrica de Ccorhuani.
- Implementar un proceso de zonificación, para a realización de actividades agrícolas y ganaderas sobre el territorio de la zona de recarga hídrica de Ccorhuani.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Cisneros & et al. (2012). *Erosión hídrica, Principios y técnicas de manejo*. Río cuarto-Argentina: Uni Río.
2. R. pizarro & et al. (2009). *Propuesta de un modelo de estimación de erosión hídrica para la región Coquimbo, Chile*. Chile: Unesco.
3. Arriagada, S. M. (2007). *El suelo: Diagnostico de la situacion del recurso*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
4. Caravello- Conard, G. (2005). *Mediterranea serie de estudios biologicos*. España: Servicio de Publicaciones. Universidad de Alicante.
5. Casermeiro Martínez, M. á. (2002). *Degradación de suelos por erosión hídrica en la cuenca de Duero*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
6. Castro, F. S. (1979). *Conservacion de Suelo*. San Jose-Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA).
7. Daniel-Brea, J. (2010). *Procesos de erosion sedimentacion en cauces y cuencas*. Chile: Programa Hidrológico Internacional (PHI) .
8. Durán Z & et al. (2014). Impacto de la erosión y escorrentía en laderas de agroecosistemas de montaña mediterranea. *Ecosistemas, Revista científica de ecología y medio ambiente*, 72.
9. Edeso et al. (1997). *Determinación de la tasa de erosión hídrica en función del manejo forestal, la cuenca del río Santa Lucía*. Gipuzkoa: Departamento de ciencias del suelo y química agrícola.
10. F. López Bermúdez. (1994). *Degradación del suelo ¿Fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterraneo*. Murcia: Universidad de Murcia.
11. FAO. (1982). *Degradación de suelos. Portal de suelos de la FAO*, 02.
12. FAO. (2008). *Aumenta la Degradacion de Suelos*. Roma: FAO sala de Prensa.
13. GEO México. (2004). *El suelo*. México: GEO México.
14. Gonzales Carrasco, W. C. (2011). *Manejo y potección de zonas de recarha hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí Panamá*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza.
15. Hernandez, J. (2006). *El suelo: Fundametos Sobre su Formacion, los Cambios globales y su manejo*. Tepic-Nayarit-Mexico: Unversidad Autonoma de Nayarit.
16. Hudson, N. (2006). *Conservacion del Suelo*. España: Reverté.
17. IDMA. (2016). *Informe Linea Base Mariño*. Abancay: IDMA.
18. INETER. (2005). *Erosion hidrica: Mapas de amenazas*. Managua: Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperacion COSUDE.
19. J. Almorox Alonso, F. L. (2010). *La degradacion de los Suelos por erosion hidrica, Metodos de estimacion*. España: Ediciones de la Universidad de Murcia.
20. J. Cisneros & et al. (2012). *Erosión hídrica, Principios técnicas y manejos*. Rió Cuarto: Universidad Nacional de Rió Cuarto.

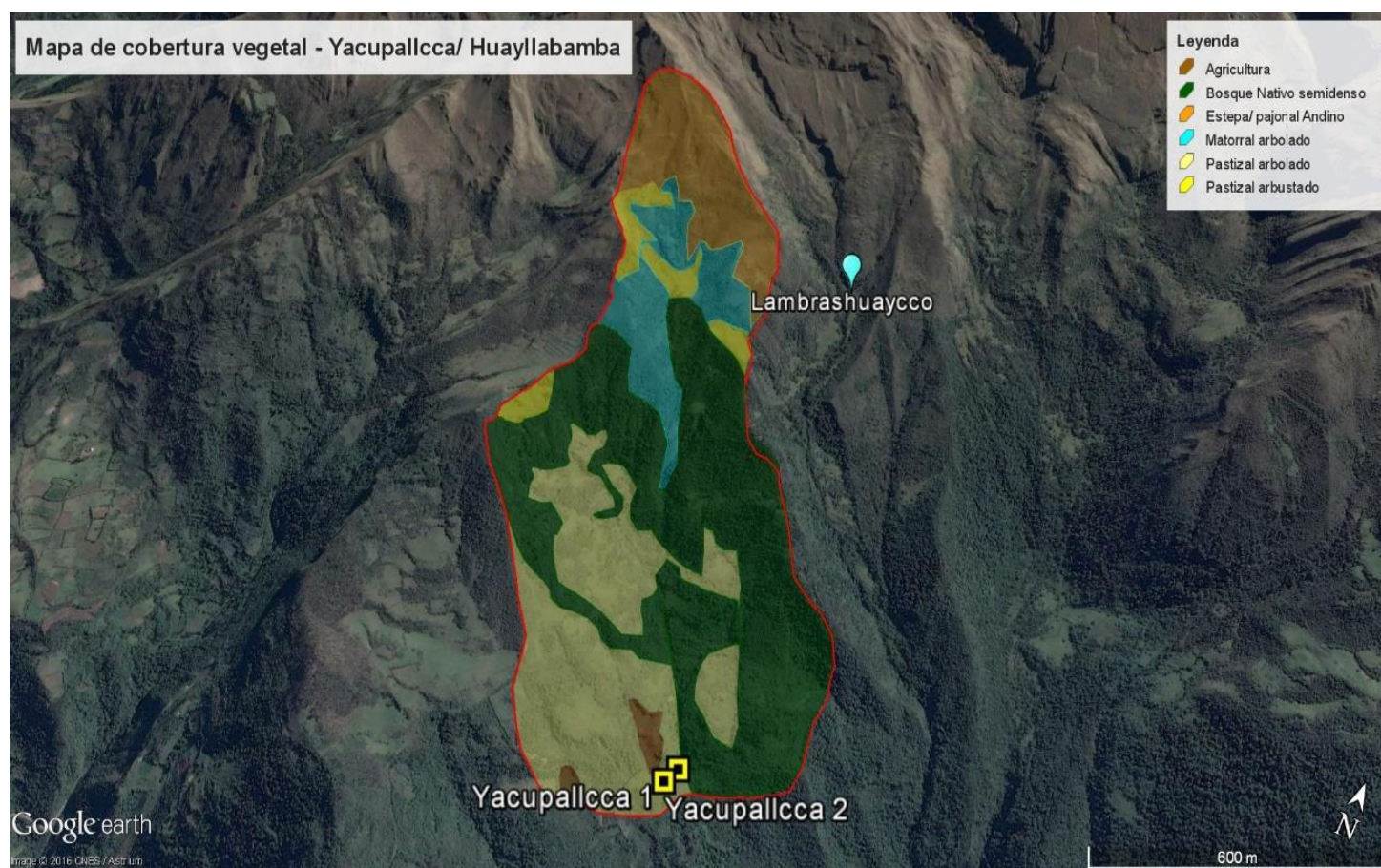
21. J. Mataix Solera. (1999). *Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales, contribución a su conservación y regeneración*. Alicante: Universidad de Alicante.
22. J.D. Peláez. (2001). *Estudio y control de la erosión hídrica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
23. JASS. (Enero- Marzo de 2017). *Junta Administrativa de Servicios de Saneamiento*. Abancay-Tamburco.
24. Koohafkan, P. (2008). *Aumenta la degradación del Suelo*. Roma: FAO sala de Prensa.
25. L.F, D. C. (2015). *Identificación de zonas de recarga hídrica, del río negro, Ciudad de Guatemala*. Guatemala de la Asunción: Universidad Rafael Landívar.
26. L.P. Vega Torres. (2008). *Evaluación de la erosión hídrica superficial por parcelas experimentales en suelos desnudos de la región de Coquimbo*. Talca: Universidad de Talca.
27. M. E. Mendoza, Álvarez. (2005). *Manual de métodos sencillos para estimar la erosión hídrica*. Managua-Nicaragua: PASOLAC.
28. MINAGRI. (Agosto de 2014). *Cartillas para la conservación del suelo. Cartillas para la conservación del suelo*. Lima- Perú, Peruano, Peru: Grafica Bracamonte.
29. Pedraza V. (2015). *Estimación de la erosión hídrica mediante dos métodos de la Ecuación Universal de pérdida de suelo (EUPS) en la cuenca del río Chapingo*. Texcoco: Universidad Autónoma del estado de México.
30. Peláez, J. D. (2001). *Estudio y control de la erosión hídrica*. Medellín: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
31. R.J 003-2006. (2006). *Resolución Jefatural N° 003-2006-PCM/DNTDT*. Abancay: PCM.
32. Romero Contreras T & et al. (2001). *Espacio geográfico*. México: Universidad Autónoma de la república de México.
33. S., Castro F. (1979). *Conservación de suelos*. San José- Costa Rica: Instituto Interamericano de ciencias agrícolas.
34. Santacruz de León, G. (2011). *Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso del suelo en la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México*. *Aqua-LAC*, 54.
35. SENAMHI. (2015). *VARIABLES meteorológicas*. Cusco: SENAMHI.
36. Sibello Hernández. (2013). *Cuantificación de la erosión de suelos en zonas de interés económico y ambiental de la provincia de Cienfuegos, Cuba, Utilizando el Cesio-137 como radiotrazador*. Cienfuegos: Universidad de Alicante.
37. Tayupanta, J. R. (1993). *La Erosion hídrica: Proceso, factores y Formas*. Quito- Ecuador: INIAP.
38. Vasquez, A. (2011). *Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las praderas de las laderas semiáridas de la sierra peruana*. *Ingeniería*, 42-50.

XI. ANEXOS

11.1. Unidades de cobertura vegetal identificadas en las áreas de recarga acuífera

Tabla 44. Unidades de Cobertura vegetal en área de recarga acuífera de Huayllabamba

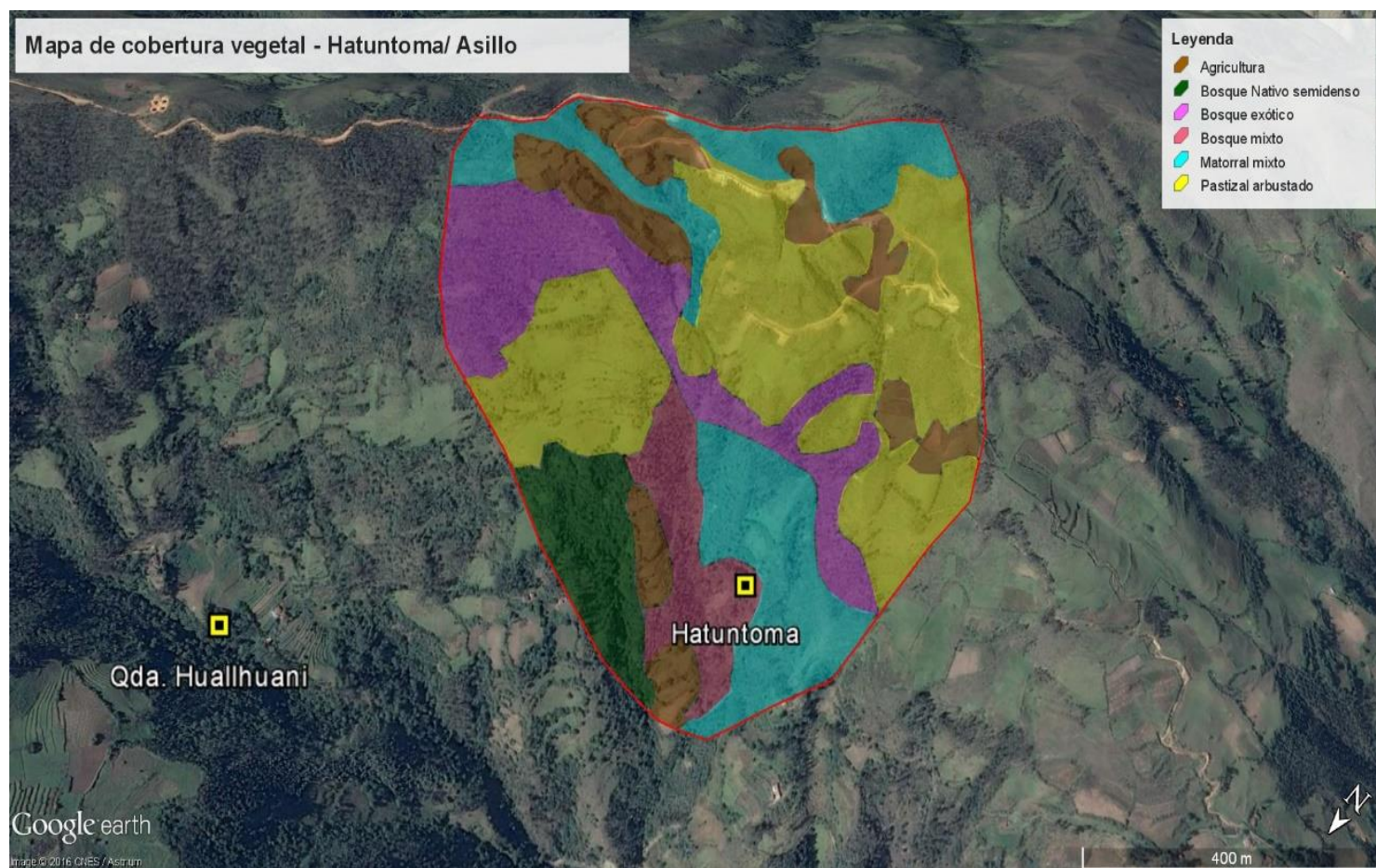
Tipo de cobertura vegetal	Superficie (Ha)	%
Bosque Nativo semidenso	38.9	41.7
Matorral arbolado	10.1	10.8
Pajonal Andino	14.8	15.9
Agricultura temporal	1.06	1.1
Pastizal arbustado	5.36	5.8
Pastizal arbolado	22.97	24.6
Área total	93.19	100



11.1.1. Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera del sector de Asillo - Hatuntuma

Tabla 45. Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera de Asillo

Tipo de cobertura vegetal	Superficie (Ha)	%
Bosque Nativo semidenso	2.94	5.9
Bosque exótico	7.2	14.5
Bosque mixto	2.96	5.9
Matorral arbolado	11.18	22.4
Agricultura	7.03	14.1
Pastizal arbustado	18.5	37.1
Área total	49.81	100

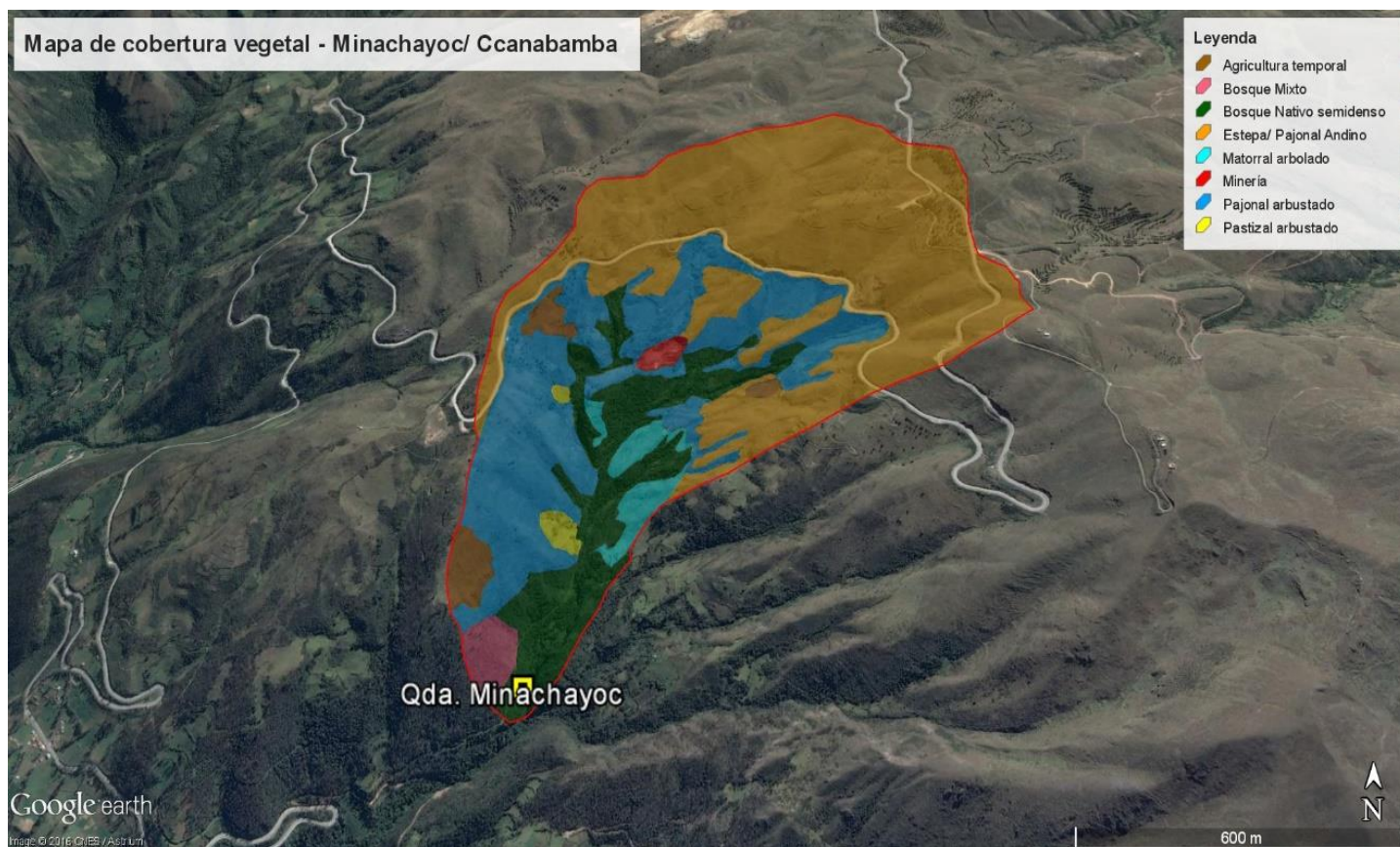


Fuente: Elaboración propia (2016)

11.1.2. Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera del sector de Ccanabamba – Minachayoc

Tabla 46. Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera de Ccanabamba

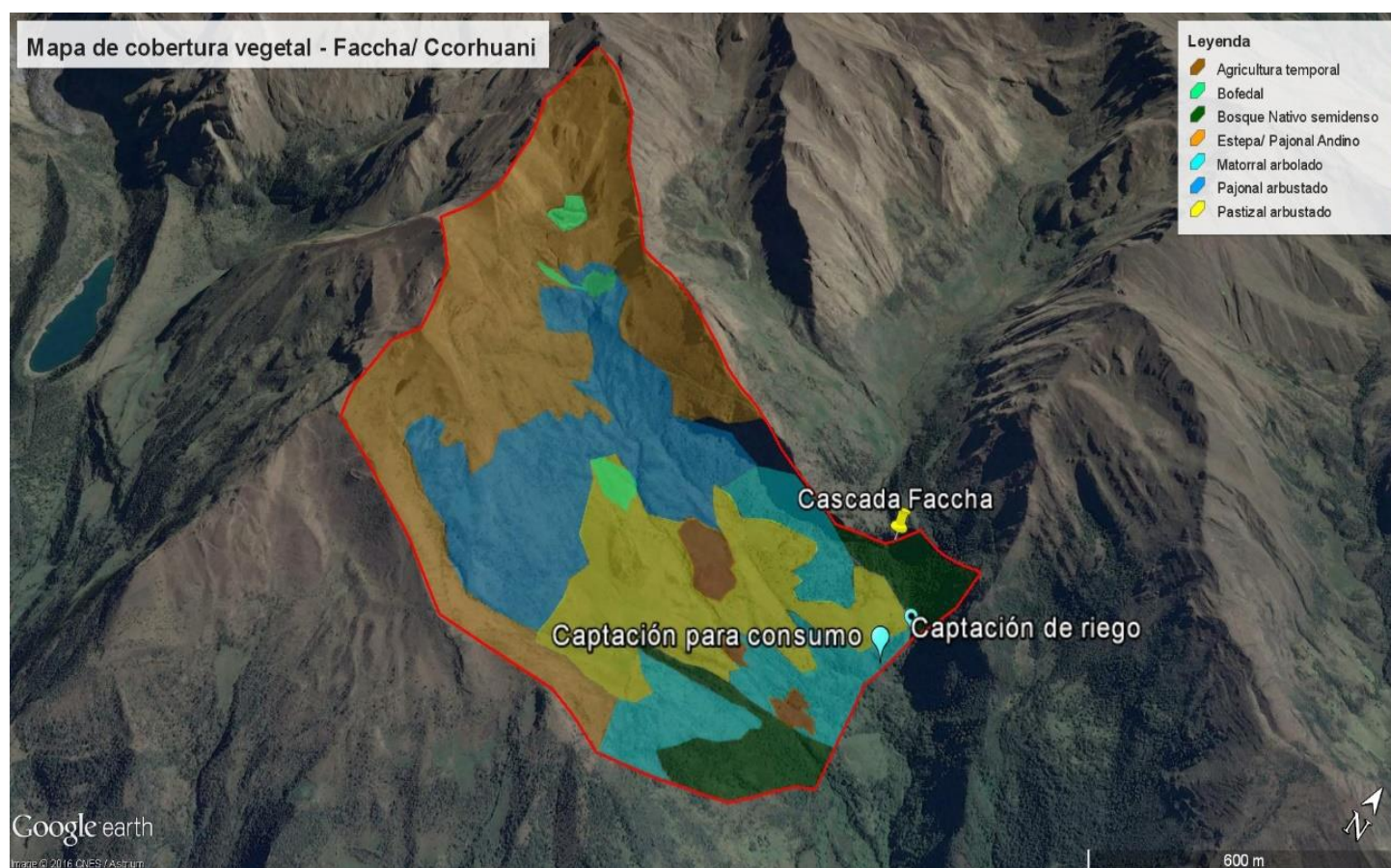
Tipo de cobertura vegetal	Superficie (Ha)	%
Bosque Nativo semidenso	24	12.6
Matorral arbolado	5	2.6
Pajonal Andino	108.75	56.9
Agricultura temporal	4.07	2.1
Pastizal arbustado	1.28	0.7
Bosque mixto	1.97	1.0
Pajonal arbustado	44.2	23.1
Minería	1.73	0.9
Área total	191	100



11.1.3. Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera en el sector de Ccorhuani – Faccha

Tabla 47. Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera de Ccorhuani

Tipo de cobertura vegetal (Faccha)	Superficie (Ha)	%
Bosque Nativo semidenso	10.28	5.8
Matorral arbolado	16.77	9.5
Bofedal	3.14	1.8
Estepa/ Pajonal Andino	77.3	43.7
Pajonal arbustado	36.7	20.7
Agricultura temporal	3.14	1.8
Pastizal arbustado	29.7	16.8
Área total	177	100



Fuente: Elaboración propia (2016)

11.2. Registro de erosión hídrica mensual, Marzo 2016- Marzo 2017

PRIMER MONITOREO MARZO HUAYLLABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
1mm	1mm	0mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm	0mm	1mm	3mm	2mm
1mm	2mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm	2mm	3mm	1mm
2mm	1mm	1mm	0mm	2mm	1mm	3mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm
0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm

Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm

Parcela (03)sin cobertura vegetal											
2mm	3mm	2mm	2mm	0mm	2mm	2mm	2mm	3mm	2mm	1mm	1mm
1mm	2mm	3mm	1mm	2mm	1mm	1mm	2mm	5mm	1mm	1mm	1mm
1mm	3mm	2mm	3mm	2mm	0mm	2mm	0mm	2mm	1mm	1mm	2mm
1mm	1mm	2mm	2mm	2mm	2mm	1mm	2mm	1mm	0mm	0mm	0mm

PRIMER MONITOREO MARZO ASILLO (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
2mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	3mm	4mm	3mm	4mm	2mm	3mm
1mm	2mm	3mm	0mm	2mm	2mm	1mm	7mm	3mm	3mm	4mm	5mm
3mm	2mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	4mm	2mm	3mm	3mm
2mm	1mm	2mm	2mm	1mm	3mm	3mm	4mm	1mm	2mm	5mm	3mm

Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	0mm	2mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm
1mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm	1mm	0mm	2mm	0mm	0mm	1mm
1mm	2mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm
1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	2mm	2mm	0mm	0mm	1mm

Parcela (03)sin cobertura vegetal											
1mm	3mm	1mm	1mm	1mm	4mm	4mm	2mm	2mm	4mm	1mm	4mm
2mm	3mm	4mm	3mm	3mm	3mm	2mm	4mm	2mm	2mm	2mm	3mm
2mm	4mm	3mm	4mm	1mm	4mm	3mm	2mm	1mm	0mm	4mm	5mm
2mm	3mm	4mm	3mm	3mm	3mm	1mm	3mm	1mm	3mm	5mm	2mm

PRIMER MONITOREO MARZO CCANABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
2mm	3mm	5mm	3mm	3mm	1mm	2mm	3mm	3mm	5mm	1mm	0mm
2mm	1mm	4mm	4mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm	4mm	0mm	3mm
2mm	2mm	2mm	3mm	3mm	2mm	1mm	0mm	4mm	4mm	1mm	2mm
1mm	1mm	1mm	1mm	3mm	2mm	0mm	0mm	2mm	0mm	5mm	3mm

Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	1.5mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0.5mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	0.5mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0.5mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm

Parcela (03) sin cobertura vegetal											
4mm	3mm	3mm	0mm	2mm	2mm	3mm	1mm	2mm	1mm	2mm	0mm
2mm	3mm	4mm	1mm	2mm	6mm	1mm	3mm	1mm	2mm	3mm	5mm
1mm	3mm	0mm	1mm	3mm	3mm	4mm	2mm	5mm	2mm	3mm	3mm
3mm	1mm	2mm	0mm	0mm	0mm	0mm	2mm	2mm	3mm	2mm	1mm

PRIMER MONITOREO DE MARZO CCORHUANI (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
2mm	3mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	2mm	2mm
3mm	2mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm	1mm	3mm	2mm	3mm	2mm
2mm	2mm	1mm	1mm	2mm	2mm	2mm	2mm	1mm	2mm	1mm	2mm
3mm	2mm	3mm	2mm	1mm	1mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm	2mm

Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm

Parcela (03)sin cobertura vegetal											
2mm	3mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm	2mm	4mm	2mm	2mm	1mm
2mm	2mm	4mm	4mm	2mm	2mm	4mm	2mm	4mm	1mm	3mm	3mm
1mm	3mm	3mm	2mm	2mm	2mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm	2mm
1mm	4mm	3mm	2mm	3mm	2mm	4mm	2mm	6mm	2mm	2mm	1mm

SEGUNDO MONITOREO ABRIL HUAYLLABAMBA (2016)**Parcela (01)sin cobertura vegetal**

1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm	2mm	2mm
1mm	2mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm	2mm	3mm	1mm
2mm	1mm	1mm	1mm	2mm	1mm	2mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm
1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm

Parcela (02) con cobertura vegetal

0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm

Parcela (03)sin cobertura vegetal

2mm	3mm	2mm	2mm	1mm	2mm	2mm	2mm	3mm	2mm	1mm	1mm
1mm	2mm	3mm	1mm	2mm	1mm	2mm	2mm	4mm	1mm	1mm	1mm
2mm	3mm	3mm	3mm	2mm	1mm	2mm	1mm	2mm	1mm	1mm	2mm
1mm	1mm	2mm	2mm	2mm	2mm	1mm	2mm	1mm	1mm	1mm	1mm

SEGUNDO MONITOREO ABRIL ASILLO (2016)**Parcela (01)sin cobertura vegetal**

1mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	3mm	4mm	3mm	4mm	2mm	3mm
1mm	2mm	3mm	1mm	2mm	2mm	1mm	6mm	3mm	3mm	4mm	4mm
3mm	2mm	3mm	3mm	2mm	3mm	3mm	3mm	4mm	2mm	3mm	3mm
2mm	1mm	3mm	2mm	1mm	3mm	3mm	4mm	1mm	2mm	5mm	3mm

Parcela (02) con cobertura vegetal

0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm
0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	2mm	0mm	0mm	1mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm
1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	2mm	0mm	0mm	1mm

Parcela (03)sin cobertura vegetal

2mm	3mm	2mm	1mm	2mm	4mm	3mm	1mm	2mm	4mm	1mm	4mm
2mm	3mm	4mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	1mm	2mm	2mm	4mm
1mm	3mm	3mm	4mm	1mm	3mm	3mm	2mm	1mm	1mm	4mm	4mm
2mm	3mm	4mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	2mm	3mm	4mm	2mm

SEGUNDO MONITOREO ABRIL CCANABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
2mm	2mm	4mm	2mm	3mm	1mm	2mm	2mm	3mm	4mm	2mm	1mm
1mm	2mm	4mm	3mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm	4mm	1mm	3mm
2mm	2mm	2mm	3mm	3mm	2mm	1mm	1mm	3mm	4mm	1mm	2mm
1mm	1mm	1mm	1mm	3mm	2mm	1mm	0mm	1mm	1mm	5mm	2mm

Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm
1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0.5mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0.5mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm

Parcela (03) sin cobertura vegetal											
4mm	3mm	3mm	1mm	2mm	2mm	2mm	1mm	2mm	0mm	2mm	1mm
2mm	3mm	4mm	1mm	2mm	6mm	1mm	3mm	1mm	2mm	3mm	4mm
2mm	2mm	0mm	1mm	3mm	3mm	4mm	2mm	5mm	2mm	3mm	2mm
2mm	1mm	2mm	1mm	1mm	1mm	0mm	2mm	2mm	2mm	2mm	1mm

SEGUNDO MONITOREO DE ABRIL CCORHUANI (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
2mm	3mm	2mm	3mm	3mm	2mm	2mm	2mm	2mm	2mm	2mm	3mm
3mm	3mm	2mm	3mm	2mm	3mm	2mm	3mm	3mm	3mm	3mm	2mm
3mm	2mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm	3mm	3mm
3mm	2mm	3mm	2mm	3mm	2mm	2mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm

Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm

Parcela (03)sin cobertura vegetal											
3mm	3mm	3mm	3mm	4mm	4mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	3mm
2mm	4mm	4mm	4mm	3mm	2mm	4mm	3mm	4mm	3mm	3mm	3mm
3mm	4mm	3mm	2mm	2mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	2mm	2mm
3mm	4mm	3mm	3mm	3mm	3mm	4mm	3mm	6mm	3mm	3mm	3mm

TERCER MONITOREO MAYO HUAYLLABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	2mm	2mm	2mm	3mm	2mm	2mm
1mm	2mm	3mm	4mm	1mm	1mm	1mm	2mm	3mm	2mm	3mm	2mm
2mm	2mm	1mm	1mm	2mm	3mm	2mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm
1mm	3mm	1mm	2mm	3mm	1mm	3mm	3mm	1mm	3mm	3mm	3mm

Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm

Parcela (03)sin cobertura vegetal											
2mm	3mm	3mm	2mm	3mm	2mm	2mm	3mm	3mm	2mm	2mm	3mm
3mm	2mm	3mm	2mm	2mm	1mm	2mm	2mm	4mm	2mm	3mm	1mm
2mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	2mm	3mm	2mm	1mm	1mm	2mm
2mm	2mm	2mm	2mm	2mm	2mm	3mm	2mm	2mm	3mm	1mm	2mm

TERCER MONITOREO MAYO ASILLO (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
3mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	3mm	4mm	3mm	4mm	2mm	3mm
1mm	2mm	3mm	1mm	2mm	2mm	1mm	6mm	3mm	3mm	4mm	4mm
3mm	2mm	3mm	3mm	2mm	3mm	3mm	3mm	4mm	2mm	3mm	3mm
3mm	3mm	3mm	2mm	1mm	3mm	3mm	4mm	1mm	2mm	5mm	3mm

Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	0mm	1mm	1mm	3mm	2mm	3mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm
0mm	1mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm	3mm	2mm	0mm	0mm	1mm
1mm	1mm	3mm	1mm	1mm	0mm	3mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm
1mm	1mm	1mm	2mm	3mm	1mm	2mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm

Parcela (03)sin cobertura vegetal											
2mm	3mm	2mm	1mm	2mm	4mm	3mm	1mm	2mm	4mm	1mm	4mm
2mm	3mm	4mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	1mm	2mm	2mm	4mm
2mm	3mm	3mm	4mm	1mm	3mm	3mm	2mm	1mm	1mm	4mm	4mm
2mm	3mm	4mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	2mm	3mm	4mm	2mm

TERCER MONITOREO MAYO CCANABAMBA (2016)**Parcela (01) sin cobertura vegetal**

2mm	2mm	4mm	3mm	3mm	1mm	2mm	2mm	4mm	4mm	2mm	2mm
2mm	2mm	3mm	3mm	2mm	2mm	3mm	3mm	3mm	4mm	1mm	3mm
2mm	2mm	2mm	3mm	3mm	2mm	2mm	1mm	3mm	5mm	3mm	2mm
1mm	2mm	3mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm	1mm	1mm	5mm	3mm

Parcela (02) con cobertura vegetal

1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0.5mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm

Parcela (03) sin cobertura vegetal

4mm	3mm	3mm	1mm	2mm	2mm	2mm	2mm	2mm	2mm	2mm	4mm
2mm	3mm	4mm	2mm	2mm	6mm	3mm	3mm	3mm	2mm	3mm	4mm
2mm	2mm	3mm	1mm	3mm	3mm	4mm	2mm	5mm	2mm	3mm	2mm
3mm	3mm	2mm	1mm	2mm	2mm	0mm	2mm	2mm	3mm	2mm	3mm

TERCER MONITOREO DE MAYO CCORHUANI (2016)**Parcela (01) sin cobertura vegetal**

2mm	3mm	1mm	2mm	2mm	2mm	3mm	2mm	2mm	1mm	2mm	2mm
3mm	2mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm	1mm	3mm	2mm	3mm	2mm
2mm	2mm	1mm	1mm	2mm	2mm	2mm	2mm	3mm	2mm	3mm	2mm
3mm	2mm	3mm	2mm	1mm	1mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm	2mm

Parcela (02) con cobertura vegetal

1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm

Parcela (03) sin cobertura vegetal

4mm	3mm	3mm	3mm	4mm	2mm	1mm	3mm	4mm	2mm	2mm	4mm
2mm	4mm	4mm	4mm	3mm	3mm	4mm	2mm	4mm	3mm	3mm	3mm
3mm	3mm	4mm	4mm	4mm	3mm	3mm	3mm	4mm	4mm	2mm	4mm
4mm	4mm	3mm	3mm	2mm	3mm	4mm	2mm	6mm	2mm	3mm	4mm

CUARTO MONITOREO JUNIO HUAYLLABAMBA (2016)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
4mm	5mm	4mm	4mm	3mm	4mm	4mm	3mm	4mm	5mm	3mm	3mm
4mm	4mm	4mm	3mm	3mm	5mm	5mm	4mm	5mm	4mm	2mm	4mm
3mm	3mm	3mm	2mm	4mm	4mm	4mm	5mm	6mm	3mm	4mm	5mm
2mm	2mm	4mm	4mm	5mm	6mm	3mm	6mm	3mm	4mm	4mm	6mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm
1mm	2mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm
1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	2mm	1mm	1mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
5mm	4mm	5mm	4mm	4mm	4mm	6mm	5mm	6mm	4mm	5mm	4mm
4mm	5mm	4mm	4mm	3mm	4mm	5mm	4mm	7mm	3mm	4mm	3mm
3mm	6mm	3mm	3mm	2mm	2mm	4mm	5mm	4mm	2mm	6mm	4mm
2mm	7mm	2mm	4mm	7mm	7mm	3mm	6mm	3mm	4mm	7mm	4mm

CUARTO MONITOREO JUNIO ASILLO (2016)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
6mm	3mm	7mm	5mm	4mm	3mm	7mm	7mm	4mm	2mm	4mm	4mm
5mm	2mm	6mm	8mm	6mm	2mm	6mm	6mm	3mm	3mm	7mm	3mm
6mm	4mm	4mm	9mm	5mm	3mm	7mm	5mm	2mm	5mm	8mm	2mm
4mm	5mm	3mm	11mm	4mm	5mm	7mm	4mm	6mm	4mm	7mm	3mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	2mm	0mm	0mm	4mm	4mm	1mm	5mm
0mm	2mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	2mm	3mm	0mm	3mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm	1mm	1mm	4mm	1mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
6mm	3mm	3mm	4mm	3mm	7mm	5mm	4mm	1mm	6mm	4mm	4mm
7mm	2mm	2mm	5mm	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm	7mm	3mm	3mm
5mm	7mm	4mm	4mm	5mm	2mm	3mm	3mm	4mm	8mm	2mm	2mm
4mm	4mm	2mm	2mm	6mm	5mm	4mm	2mm	5mm	9mm	4mm	5mm

CUARTO MONITOREO JUNIO CCANABAMBA (2016)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
7mm	8mm	8mm	9mm	9mm	4mm	6mm	7mm	10mm	9mm	6mm	7mm
5mm	4mm	7mm	6mm	3mm	6mm	5mm	6mm	7mm	5mm	6mm	7mm
6mm	9mm	6mm	7mm	7mm	6mm	5mm	3mm	7mm	8mm	5mm	7mm
4mm	5mm	4mm	2mm	4mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	2mm	6mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm
0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm
1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
9mm	6mm	5mm	5mm	6mm	7mm	7mm	4mm	5mm	8mm	5mm	2mm
5mm	9mm	9mm	1mm	6mm	11mm	4mm	5mm	1mm	6mm	5mm	6mm
5mm	11mm	3mm	5mm	5mm	6mm	5mm	5mm	2mm	4mm	4mm	6mm
9mm	4mm	6mm	3mm	1mm	2mm	2mm	6mm	7mm	8mm	5mm	6mm

CUARTO MONITOREO DE JUNIO CCORHUANI (2016)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
4mm	1mm	5mm	1mm	3mm	4mm	4mm	3mm	1mm	4mm	1mm	2mm
2mm	1mm	1mm	5mm	3mm	1mm	4mm	3mm	3mm	4mm	1mm	3mm
3mm	1mm	4mm	1mm	3mm	5mm	3mm	1mm	1mm	6mm	3mm	3mm
2mm	4mm	5mm	1mm	4mm	3mm	1mm	3mm	6mm	2mm	2mm	1mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	2mm	1mm	1mm	2mm	2mm	2mm	2mm	0mm
0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	2mm	0mm	1mm	1mm	1mm	2mm	1mm
1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
3mm	2mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm
2mm	2mm	2mm	1mm	2mm	3mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm	2mm
2mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm	1mm	1mm	1mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	3mm	1mm	1mm	3mm

QUINTO MONITOREO JULIO HUAYLLABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
4mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	5mm	3mm	6mm	8mm	7mm
5mm	4mm	4mm	5mm	4mm	5mm	6mm	4mm	5mm	5mm	6mm	6mm
6mm	5mm	4mm	4mm	5mm	4mm	4mm	7mm	5mm	2mm	5mm	5mm
3mm	5mm	7mm	4mm	5mm	7mm	4mm	7mm	8mm	6mm	5mm	7mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm
0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
7mm	5mm	6mm	4mm	4mm	5mm	7mm	6mm	7mm	6mm	6mm	6mm
7mm	5mm	6mm	4mm	5mm	6mm	6mm	5mm	7mm	6mm	5mm	5mm
4mm	7mm	3mm	3mm	6mm	6mm	6mm	6mm	4mm	5mm	6mm	6mm
6mm	6mm	6mm	4mm	7mm	8mm	4mm	7mm	6mm	6mm	7mm	5mm

QUINTO MONITOREO JULIO ASILLO (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
9mm	7mm	7mm	6mm	7mm	6mm	9mm	7mm	6mm	7mm	3mm	5mm
7mm	3mm	7mm	8mm	5mm	5mm	8mm	8mm	3mm	6mm	7mm	4mm
6mm	4mm	4mm	8mm	5mm	7mm	7mm	6mm	6mm	5mm	8mm	5mm
5mm	4mm	4mm	11mm	6mm	5mm	7mm	7mm	5mm	5mm	5mm	6mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	2mm	0mm	0mm	4mm	4mm	1mm	5mm
0mm	2mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	2mm	3mm	0mm	3mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	3mm	2mm	2mm	2mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm	1mm	1mm	4mm	1mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
7mm	4mm	5mm	7mm	8mm	7mm	6mm	7mm	3mm	9mm	5mm	6mm
7mm	4mm	4mm	5mm	5mm	6mm	4mm	7mm	4mm	8mm	3mm	5mm
7mm	6mm	4mm	5mm	6mm	6mm	5mm	6mm	6mm	8mm	5mm	4mm
4mm	4mm	3mm	7mm	6mm	6mm	4mm	6mm	9mm	8mm	6mm	5mm

QUINTO MONITOREO JULIO CCANABAMBA (2016)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
9mm	9mm	7mm	9mm	10mm	7mm	8mm	7mm	10mm	11mm	6mm	9mm
7mm	10mm	7mm	10mm	6mm	7mm	5mm	8mm	9mm	6mm	8mm	9mm
9mm	9mm	9mm	7mm	7mm	6mm	9mm	6mm	7mm	8mm	8mm	7mm
8mm	8mm	6mm	11mm	9mm	9mm	7mm	9mm	5mm	1mm	9mm	9mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm
0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm
1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
9mm	8mm	7mm	5mm	8mm	9mm	8mm	8mm	5mm	11mm	11mm	8mm
9mm	9mm	9mm	6mm	6mm	11mm	7mm	9mm	9mm	6mm	8mm	11mm
7mm	11mm	7mm	5mm	10mm	6mm	5mm	5mm	6mm	7mm	7mm	7mm
9mm	7mm	6mm	8mm	6mm	8mm	9mm	9mm	7mm	8mm	6mm	6mm

CUARTO MONITOREO DE JULIO CCORHUANI (2016)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
6mm	5mm	5mm	4mm	6mm	5mm	5mm	4mm	2mm	6mm	4mm	3mm
2mm	3mm	4mm	5mm	4mm	4mm	4mm	3mm	3mm	4mm	7mm	4mm
3mm	3mm	4mm	4mm	3mm	5mm	4mm	4mm	4mm	6mm	6mm	3mm
2mm	4mm	5mm	3mm	5mm	2mm	3mm	3mm	6mm	2mm	3mm	3mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	2mm	0mm
0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
6mm	5mm	4mm	2mm	1mm	6mm	4mm	4mm	4mm	4mm	3mm	4mm
5mm	5mm	4mm	2mm	2mm	3mm	4mm	4mm	3mm	1mm	3mm	2mm
4mm	4mm	3mm	6mm	1mm	3mm	1mm	3mm	3mm	3mm	1mm	3mm
6mm	4mm	3mm	1mm	1mm	1mm	3mm	2mm	3mm	3mm	4mm	3mm

SEXTO MONITOREO AGOSTO HUAYLLABAMBA (2016)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
4mm	9mm	6mm	8mm	7mm	7mm	8mm	6mm	9mm	8mm	7mm	8mm
8mm	4mm	6mm	8mm	3mm	7mm	5mm	6mm	5mm	4mm	2mm	8mm
7mm	9mm	7mm	5mm	7mm	4mm	7mm	8mm	11mm	8mm	7mm	5mm
2mm	7mm	4mm	4mm	5mm	8mm	9mm	6mm	6mm	6mm	9mm	7mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm
0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
9mm	8mm	9mm	9mm	8mm	7mm	6mm	10mm	7mm	4mm	8mm	9mm
8mm	8mm	4mm	4mm	6mm	5mm	6mm	8mm	7mm	8mm	7mm	9mm
7mm	6mm	9mm	9mm	5mm	8mm	8mm	6mm	4mm	9mm	6mm	7mm
8mm	9mm	8mm	8mm	7mm	7mm	9mm	9mm	9mm	4mm	11mm	8mm

SEXTO MONITOREO AGOSTO ASILLO (2016)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
8mm	8mm	5mm	6mm	6mm	3mm	7mm	7mm	7mm	7mm	3mm	7mm
4mm	10mm	9mm	6mm	5mm	4mm	2mm	18mm	8mm	2mm	8mm	9mm
9mm	5mm	7mm	7mm	5mm	7mm	9mm	7mm	6mm	2mm	6mm	8mm
5mm	11mm	6mm	9mm	2mm	0mm	3mm	9mm	4mm	3mm	6mm	7mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	3mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm
0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
1mm	4mm	3mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm
0mm	2mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
4mm	7mm	10mm	0mm	2mm	5mm	6mm	4mm	4mm	6mm	5mm	6mm
1mm	8mm	7mm	5mm	6mm	5mm	5mm	6mm	3mm	3mm	11mm	9mm
3mm	18mm	5mm	4mm	2mm	7mm	3mm	4mm	4mm	4mm	5mm	5mm
4mm	4mm	22mm	6mm	8mm	4mm	8mm	6mm	4mm	4mm	5mm	5mm

SEXTO MONITOREO AGOSTO CCANABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
25 mm	10mm	15mm	11mm	13mm	5mm	6mm	7mm	10mm	11mm	7mm	10mm
4mm	6mm	14mm	12mm	4mm	7mm	5mm	7mm	4mm	7mm	3mm	11mm
6mm	10mm	6mm	10mm	7mm	7mm	1mm	4mm	7mm	10mm	5mm	7mm
8mm	6mm	3mm	6mm	3mm	3mm	0mm	0mm	9mm	1mm	0mm	10mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	3mm
0mm	0mm	2mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	3mm
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	2mm	0mm	3mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
12mm	7mm	4mm	0mm	5mm	6mm	2mm	4mm	4mm	12mm	6mm	1mm
6mm	10mm	9mm	2mm	6mm	8mm	4mm	5mm	4mm	12mm	6mm	10mm
9mm	6mm	8mm	9mm	9mm	6mm	7mm	0mm	22mm	4mm	14mm	12mm
12mm	0mm	6mm	5mm	0mm	2mm	0mm	7mm	7mm	8mm	6mm	7mm

QUINTO MONITOREO DE AGOSTO CCORHUANI (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
6mm	5mm	6mm	6mm	3mm	6mm	6mm	8mm	7mm	7mm	5mm	6mm
5mm	4mm	5mm	6mm	7mm	8mm	6mm	6mm	3mm	8mm	4mm	3mm
3mm	3mm	4mm	5mm	7mm	5mm	4mm	5mm	5mm	6mm	3mm	4mm
5mm	4mm	6mm	4mm	9mm	7mm	5mm	5mm	9mm	4mm	2mm	2mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm
0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
5mm	4mm	7mm	6mm	5mm	7mm	7mm	5mm	6mm	7mm	7mm	6mm
2mm	4mm	4mm	6mm	7mm	3mm	4mm	4mm	5mm	3mm	4mm	2mm
4mm	6mm	5mm	4mm	4mm	7mm	6mm	6mm	3mm	7mm	5mm	4mm
3mm	3mm	7mm	3mm	4mm	6mm	8mm	3mm	5mm	7mm	4mm	3mm

SÉTIMO MONITOREO SETIEMBRE HUAYLLABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
5mm	9mm	5mm	8mm	8mm	8mm	8mm	8mm	9mm	8mm	8mm	8mm
8mm	8mm	7mm	8mm	2mm	7mm	6mm	7mm	7mm	7mm	7mm	8mm
7mm	9mm	7mm	6mm	8mm	5mm	8mm	8mm	11mm	8mm	7mm	6mm
4mm	8mm	6mm	6mm	7mm	8mm	9mm	7mm	7mm	7mm	9mm	7mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	2mm	0mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	2mm	1mm	0mm	1mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
9mm	8mm	9mm	9mm	8mm	7mm	8mm	10mm	8mm	3mm	8mm	8mm
8mm	9mm	6mm	6mm	6mm	7mm	8mm	8mm	8mm	8mm	6mm	9mm
8mm	8mm	9mm	9mm	7mm	8mm	8mm	7mm	6mm	7mm	6mm	8mm
8mm	9mm	8mm	9mm	7mm	8mm	9mm	9mm	9mm	4mm	10mm	8mm

SÉTIMO MONITOREO SETIEMBRE ASILLO (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
8mm	8mm	6mm	6mm	6mm	7mm	7mm	8mm	7mm	7mm	5mm	9mm
6mm	10mm	9mm	6mm	5mm	6mm	2mm	16mm	8mm	4mm	8mm	9mm
9mm	6mm	7mm	7mm	5mm	7mm	8mm	8mm	6mm	5mm	5mm	8mm
5mm	10mm	6mm	9mm	3mm	4mm	3mm	8mm	8mm	6mm	6mm	9mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	3mm	1mm	1mm	1mm	3mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm
0mm	1mm	3mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm
0mm	2mm	3mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	2mm	1mm	1mm	1mm
0mm	2mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
4mm	9mm	10mm	4mm	5mm	5mm	6mm	6mm	6mm	6mm	5mm	7mm
7mm	8mm	9mm	5mm	6mm	6mm	6mm	6mm	7mm	7mm	11mm	9mm
3mm	18mm	7mm	4mm	5mm	7mm	6mm	5mm	7mm	4mm	6mm	7mm
5mm	4mm	22mm	6mm	8mm	6mm	8mm	6mm	4mm	4mm	7mm	5mm

SÉTIMO MONITOREO SETIEMBRE CCANABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
23 mm	10mm	15mm	11mm	13mm	6mm	6mm	8mm	10mm	11mm	7mm	10mm
4mm	6mm	14mm	12mm	4mm	7mm	5mm	7mm	4mm	8mm	4mm	11mm
7mm	10mm	8mm	11mm	8mm	7mm	3mm	4mm	8mm	11mm	6mm	9mm
9mm	7mm	4mm	7mm	5mm	6mm	1mm	3mm	9mm	1mm	6mm	10mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	4mm
1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm
0mm	1mm	2mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm
0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	2mm	0mm	3mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
12mm	7mm	4mm	0mm	5mm	6mm	2mm	4mm	5mm	12mm	8mm	2mm
6mm	10mm	9mm	2mm	6mm	8mm	4mm	5mm	4mm	12mm	6mm	10mm
9mm	6mm	8mm	9mm	9mm	6mm	7mm	0mm	22mm	4mm	14mm	12mm
12mm	0mm	6mm	5mm	0mm	2mm	0mm	7mm	7mm	8mm	6mm	8mm

SÉTIMO MONITOREO DE SETIEMBRE CCORHUANI (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
7mm	5mm	6mm	6mm	7mm	7mm	7mm	8mm	7mm	7mm	7mm	6mm
5mm	4mm	5mm	6mm	7mm	8mm	6mm	6mm	4mm	8mm	4mm	8mm
4mm	4mm	6mm	7mm	7mm	5mm	4mm	7mm	5mm	6mm	7mm	4mm
5mm	4mm	6mm	4mm	7mm	7mm	7mm	7mm	9mm	7mm	2mm	8mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	2mm	1mm	0mm	1mm	0mm
1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
5mm	4mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	5mm	7mm	7mm	8mm	8mm
2mm	5mm	6mm	6mm	7mm	7mm	6mm	7mm	5mm	5mm	7mm	2mm
4mm	7mm	5mm	4mm	4mm	7mm	6mm	6mm	3mm	7mm	6mm	4mm
3mm	3mm	7mm	3mm	7mm	7mm	8mm	3mm	5mm	7mm	4mm	3mm

OCTAVO MONITOREO OCTUBRE HUAYLLABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
5mm	9mm	6mm	8mm	7mm	7mm	8mm	6mm	9mm	8mm	7mm	9mm
8mm	4mm	6mm	8mm	4mm	7mm	8mm	6mm	8mm	8mm	8mm	8mm
7mm	8mm	8mm	7mm	7mm	7mm	9mm	8mm	11mm	8mm	7mm	5mm
3mm	7mm	4mm	4mm	5mm	8mm	9mm	9mm	6mm	8mm	9mm	7mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
9mm	9mm	9mm	9mm	8mm	7mm	6mm	10mm	10mm	4mm	8mm	9mm
9mm	8mm	4mm	4mm	4mm	5mm	6mm	8mm	8mm	8mm	7mm	9mm
9mm	6mm	4mm	9mm	5mm	8mm	6mm	6mm	4mm	9mm	9mm	7mm
8mm	9mm	8mm	8mm	7mm	7mm	6mm	9mm	9mm	9mm	11mm	7mm

OCTAVO MONITOREO OCTUBRE ASILLO (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
8mm	8mm	5mm	6mm	6mm	3mm	7mm	7mm	7mm	7mm	3mm	7mm
8mm	8mm	9mm	6mm	5mm	5mm	5mm	18mm	8mm	7mm	8mm	8mm
9mm	5mm	9mm	7mm	5mm	7mm	5mm	7mm	6mm	6mm	6mm	6mm
5mm	11mm	6mm	9mm	2mm	0mm	3mm	9mm	4mm	6mm	6mm	7mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm
0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm
1mm	1mm	3mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm
0mm	2mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
4mm	7mm	7mm	7mm	2mm	5mm	5mm	4mm	4mm	6mm	5mm	6mm
4mm	8mm	7mm	7mm	6mm	5mm	5mm	6mm	3mm	6mm	11mm	6mm
4mm	18mm	5mm	4mm	4mm	7mm	7mm	7mm	4mm	6mm	6mm	5mm
4mm	4mm	22mm	6mm	8mm	4mm	8mm	6mm	6mm	4mm	5mm	5mm

OCTAVO MONITOREO OCTUBRE CCANABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
25 mm	10mm	15mm	11mm	13mm	5mm	6mm	7mm	10mm	11mm	7mm	10mm
4mm	6mm	14mm	12mm	4mm	7mm	6mm	7mm	7mm	7mm	3mm	11mm
6mm	6mm	14mm	10mm	7mm	7mm	1mm	4mm	7mm	10mm	5mm	11mm
8mm	6mm	3mm	6mm	3mm	3mm	3mm	3mm	9mm	9mm	5mm	10mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm
0mm	0mm	2mm	2mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	3mm
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	3mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
12mm	7mm	4mm	0mm	5mm	6mm	2mm	4mm	4mm	12mm	12mm	1mm
12mm	12mm	9mm	9mm	6mm	8mm	8mm	5mm	4mm	12mm	12mm	10mm
9mm	6mm	8mm	9mm	9mm	6mm	7mm	7mm	22mm	4mm	14mm	12mm
12mm	12mm	6mm	5mm	5mm	2mm	0mm	7mm	7mm	8mm	6mm	7mm

OCTAVO MONITOREO DE OCTUBRE CCORHUANI (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
6mm	5mm	6mm	6mm	3mm	6mm	6mm	8mm	7mm	7mm	5mm	6mm
6mm	6mm	6mm	6mm	7mm	8mm	6mm	8mm	3mm	8mm	4mm	6mm
5mm	3mm	4mm	5mm	7mm	7mm	4mm	8mm	5mm	6mm	6mm	6mm
5mm	4mm	4mm	4mm	9mm	7mm	5mm	5mm	9mm	6mm	2mm	2mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
5mm	4mm	7mm	7mm	5mm	7mm	7mm	5mm	6mm	7mm	7mm	6mm
5mm	4mm	7mm	7mm	7mm	7mm	4mm	5mm	5mm	7mm	7mm	6mm
4mm	6mm	6mm	4mm	4mm	7mm	6mm	6mm	6mm	7mm	5mm	4mm
3mm	3mm	7mm	3mm	4mm	6mm	8mm	3mm	5mm	7mm	4mm	4mm

NOVENO MONITOREO NOVIEMBRE HUAYLLABAMBA (2016)												
Parcela (01)sin cobertura vegetal												
5mm	9mm	9mm	8mm	8mm	8mm	8mm	8mm	9mm	8mm	8mm	8mm	8mm
8mm	8mm	8mm	8mm	2mm	8mm	6mm	7mm	9mm	8mm	8mm	8mm	8mm
8mm	9mm	7mm	6mm	8mm	8mm	8mm	8mm	11mm	8mm	7mm	6mm	6mm
8mm	8mm	6mm	6mm	7mm	8mm	9mm	9mm	9mm	9mm	9mm	9mm	7mm
Parcela (02) con cobertura vegetal												
1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	2mm	0mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	2mm	1mm	1mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal												
9mm	8mm	9mm	9mm	8mm	7mm	8mm	10mm	10mm	3mm	8mm	8mm	8mm
9mm	9mm	9mm	9mm	6mm	7mm	8mm	10mm	10mm	8mm	8mm	8mm	9mm
8mm	8mm	9mm	9mm	7mm	8mm	8mm	7mm	6mm	7mm	6mm	6mm	8mm
8mm	9mm	9mm	9mm	7mm	8mm	9mm	9mm	9mm	4mm	10mm	10mm	10mm

NOVENO MONITOREO NOVIEMBRE ASILLO (2016)												
Parcela (01)sin cobertura vegetal												
8mm	8mm	6mm	6mm	6mm	7mm	7mm	8mm	8mm	7mm	7mm	9mm	9mm
8mm	10mm	9mm	9mm	9mm	7mm	2mm	16mm	8mm	4mm	8mm	8mm	9mm
8mm	10mm	9mm	7mm	5mm	7mm	7mm	8mm	6mm	5mm	8mm	8mm	9mm
5mm	10mm	10mm	9mm	3mm	4mm	3mm	8mm	8mm	6mm	6mm	6mm	9mm
Parcela (02) con cobertura vegetal												
1mm	1mm	3mm	1mm	1mm	1mm	3mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm
0mm	1mm	3mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm
0mm	1mm	3mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	2mm	1mm	1mm	1mm	0mm
0mm	2mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal												
4mm	9mm	10mm	10mm	5mm	5mm	6mm	6mm	6mm	6mm	5mm	5mm	7mm
7mm	9mm	9mm	5mm	6mm	6mm	6mm	6mm	7mm	7mm	11mm	11mm	11mm
7mm	18mm	7mm	4mm	6mm	7mm	7mm	6mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm
5mm	5mm	22mm	6mm	8mm	6mm	8mm	6mm	7mm	4mm	7mm	7mm	5mm

NOVENO MONITOREO NOVIEMBRE CCANABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
13 mm	10mm	15mm	11mm	13mm	6mm	6mm	8mm	10mm	11mm	7mm	10mm
14 mm	10mm	14mm	12mm	13mm	7mm	5mm	8mm	10mm	8mm	4mm	11mm
7mm	10mm	8mm	11mm	11mm	7mm	7mm	8mm	10mm	11mm	11mm	11mm
9mm	9mm	9mm	7mm	5mm	6mm	1mm	3mm	9mm	9mm	6mm	10mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	4mm
1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm
0mm	1mm	2mm	2mm	2mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	3mm
0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	3mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
12mm	12mm	4mm	5mm	5mm	6mm	2mm	4mm	5mm	12mm	8mm	2mm
12mm	10mm	9mm	9mm	6mm	8mm	8mm	5mm	4mm	12mm	6mm	10mm
11mm	6mm	8mm	9mm	9mm	6mm	7mm	7mm	22mm	12mm	12mm	12mm
12mm	12mm	12mm	5mm	0mm	2mm	0mm	7mm	7mm	8mm	6mm	12mm

NOVENO MONITOREO DE NOVIEMBRE CCORHUANI (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
7mm	5mm	6mm	6mm	8mm	7mm	7mm	8mm	7mm	7mm	7mm	6mm
7mm	5mm	6mm	6mm	8mm	8mm	7mm	6mm	4mm	8mm	4mm	8mm
4mm	4mm	6mm	7mm	7mm	8mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	8mm
6mm	6mm	6mm	4mm	7mm	8mm	7mm	7mm	9mm	7mm	7mm	8mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm
1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
5mm	4mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	5mm	7mm	7mm	8mm	8mm
5mm	5mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	5mm	7mm	8mm	8mm
4mm	7mm	5mm	4mm	4mm	7mm	6mm	6mm	3mm	7mm	8mm	4mm
3mm	7mm	7mm	3mm	7mm	7mm	8mm	8mm	8mm	7mm	8mm	3mm

DÉCIMO MONITOREO DICIEMBRE HUAYLLABAMBA (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
11mm	9mm	9mm	8mm	8mm	8mm	8mm	8mm	9mm	8mm	8mm	8mm
10mm	10mm	8mm	8mm	8mm	8mm	8mm	7mm	9mm	8mm	8mm	8mm
9mm	10mm	10mm	6mm	8mm	8mm	8mm	8mm	11mm	11mm	8mm	8mm
8mm	8mm	6mm	6mm	11mm	11mm	11mm	9mm	9mm	9mm	9mm	8mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm
1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	2mm	0mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
11mm	8mm	9mm	9mm	9mm	13mm	13mm	13mm	13mm	3mm	8mm	8mm
11mm	11mm	9mm	9mm	9mm	13mm	11mm	11mm	12mm	12mm	12mm	9mm
8mm	11mm	11mm	11mm	9mm	13mm	11mm	11mm	11mm	11mm	11mm	8mm
8mm	9mm	9mm	11mm	7mm	8mm	9mm	9mm	9mm	4mm	10mm	10mm

DÉCIMO MONITOREO DICIEMBRE ASILLO (2016)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
12mm	10mm	6mm	6mm	13mm	7mm	7mm	8mm	8mm	13mm	7mm	9mm
12mm	12mm	12mm	13mm	13mm	13mm	7mm	16mm	8mm	13mm	13mm	9mm
12mm	12mm	9mm	7mm	5mm	13mm	7mm	16mm	6mm	13mm	13mm	13mm
5mm	10mm	10mm	9mm	3mm	4mm	3mm	8mm	8mm	6mm	13mm	9mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	3mm	1mm	1mm	1mm	3mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm
1mm	1mm	3mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm
1mm	1mm	3mm	3mm	3mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm
1mm	2mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
12mm	11mm	10mm	10mm	5mm	11mm	10mm	10mm	6mm	10mm	9mm	9mm
7mm	11mm	10mm	10mm	10mm	11mm	6mm	10mm	10mm	7mm	11mm	11mm
13mm	18mm	7mm	4mm	6mm	7mm	10mm	10mm	10mm	7mm	11mm	11mm
13mm	13mm	22mm	6mm	8mm	6mm	8mm	9mm	7mm	4mm	7mm	5mm

DÉCIMO MONITOREO DICIEMBRE CCANABAMBA (2016)

Parcela (01) sin cobertura vegetal											
13 mm	10mm	15mm	11mm	13mm	13mm	13mm	8mm	10mm	11mm	10mm	12mm
14 mm	10mm	14mm	12mm	13mm	7mm	13mm	8mm	12mm	12mm	12mm	11mm
15 mm	16 mm	14mm	14mm	13mm	7mm	7mm	8mm	10mm	11mm	11mm	11mm
9mm	9mm	9mm	7mm	5mm	6mm	11mm	11mm	10mm	10mm	6mm	10mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	4mm	4mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	5mm	6mm	4mm	4mm
1mm	4mm	4mm	1mm	1mm	4mm	4mm	1mm	1mm	1mm	4mm	4mm
0mm	0mm	4mm	4mm	2mm	1mm	4mm	4mm	1mm	1mm	1mm	3mm
0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	3mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
12mm	13mm	4mm	5mm	5mm	6mm	2mm	4mm	15mm	12mm	8mm	12mm
12mm	12mm	12mm	9mm	9mm	9mm	8mm	5mm	14mm	12mm	6mm	10mm
11mm	14mm	8mm	9mm	9mm	6mm	7mm	7mm	22mm	12mm	12mm	12mm
12mm	12mm	12mm	11mm	11mm	8mm	8mm	8mm	7mm	8mm	6mm	12mm

DECIMO MONITOREO DE DICIEMBRE CCORHUANI (2016)

Parcela (01) sin cobertura vegetal											
8mm	5mm	8mm	9mm	8mm	7mm	7mm	8mm	8mm	7mm	7mm	6mm
8mm	5mm	6mm	9mm	8mm	8mm	7mm	8mm	8mm	8mm	7mm	8mm
8mm	4mm	6mm	7mm	8mm	8mm	7mm	7mm	7mm	8mm	7mm	8mm
7mm	7mm	6mm	4mm	7mm	8mm	7mm	7mm	9mm	7mm	7mm	8mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	8mm	8mm	8mm	8mm	9mm
8mm	8mm	8mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	8mm	7mm	8mm	8mm
4mm	7mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	3mm	7mm	8mm	4mm
3mm	7mm	7mm	3mm	7mm	7mm	8mm	8mm	8mm	7mm	8mm	3mm

ONCEAVO MONITOREO ENERO HUAYLLABAMBA (2017)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
11mm	9mm	9mm	8mm	8mm	8mm	8mm	8mm	9mm	8mm	8mm	8mm
10mm	10mm	8mm	8mm	8mm	8mm	8mm	7mm	9mm	8mm	8mm	8mm
9mm	10mm	10mm	6mm	8mm	8mm	8mm	8mm	11mm	11mm	8mm	8mm
8mm	8mm	6mm	6mm	11mm	11mm	11mm	9mm	9mm	9mm	9mm	8mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm
1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	2mm	0mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
11mm	8mm	9mm	9mm	9mm	13mm	13mm	13mm	13mm	3mm	8mm	8mm
11mm	11mm	9mm	9mm	9mm	13mm	11mm	11mm	12mm	12mm	12mm	9mm
8mm	11mm	11mm	11mm	9mm	13mm	11mm	11mm	11mm	11mm	11mm	8mm
8mm	9mm	9mm	11mm	7mm	8mm	9mm	9mm	9mm	4mm	10mm	10mm

ONCEAVO MONITOREO ENERO ASILLO (2017)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
12mm	10mm	6mm	6mm	13mm	7mm	7mm	8mm	8mm	13mm	7mm	9mm
12mm	12mm	12mm	13mm	13mm	13mm	7mm	16mm	8mm	13mm	13mm	9mm
12mm	12mm	9mm	7mm	5mm	13mm	7mm	16mm	6mm	13mm	13mm	13mm
5mm	10mm	10mm	9mm	3mm	4mm	3mm	8mm	8mm	6mm	13mm	9mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	3mm	1mm	1mm	1mm	3mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm
1mm	1mm	3mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm
1mm	1mm	3mm	3mm	3mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	0mm
1mm	2mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
12mm	11mm	10mm	10mm	5mm	11mm	10mm	10mm	6mm	10mm	9mm	9mm
7mm	11mm	10mm	10mm	10mm	11mm	6mm	10mm	10mm	7mm	11mm	11mm
13mm	18mm	7mm	4mm	6mm	7mm	10mm	10mm	10mm	7mm	11mm	11mm
13mm	13mm	22mm	6mm	8mm	6mm	8mm	9mm	7mm	4mm	7mm	5mm

ONCEAVO MONITOREO ENERO CCANABAMBA (2017)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
13 mm	10mm	15mm	11mm	13mm	13mm	13mm	8mm	10mm	11mm	10mm	12mm
14 mm	10mm	14mm	12mm	13mm	7mm	13mm	8mm	12mm	12mm	12mm	11mm
15 mm	16 mm	14mm	14mm	13mm	7mm	7mm	8mm	10mm	11mm	11mm	11mm
9mm	9mm	9mm	7mm	5mm	6mm	11mm	11mm	10mm	10mm	6mm	10mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	4mm	4mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	5mm	6mm	4mm	4mm
1mm	4mm	4mm	1mm	1mm	4mm	4mm	1mm	1mm	1mm	4mm	4mm
0mm	0mm	4mm	4mm	2mm	1mm	4mm	4mm	1mm	1mm	1mm	3mm
0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	3mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
12mm	13mm	4mm	5mm	5mm	6mm	2mm	4mm	15mm	12mm	8mm	12mm
12mm	12mm	12mm	9mm	9mm	9mm	8mm	5mm	14mm	12mm	6mm	10mm
11mm	14mm	8mm	9mm	9mm	6mm	7mm	7mm	22mm	12mm	12mm	12mm
12mm	12mm	12mm	11mm	11mm	8mm	8mm	8mm	7mm	8mm	6mm	12mm

ONCEAVO MONITOREO DE ENERO CCORHUANI (2017)											
Parcela (01) sin cobertura vegetal											
8mm	5mm	8mm	9mm	8mm	7mm	7mm	8mm	8mm	7mm	7mm	6mm
8mm	5mm	6mm	9mm	8mm	8mm	7mm	8mm	8mm	8mm	7mm	8mm
8mm	4mm	6mm	7mm	8mm	8mm	7mm	7mm	7mm	8mm	7mm	8mm
7mm	7mm	6mm	4mm	7mm	8mm	7mm	7mm	9mm	7mm	7mm	8mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm
0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	1mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm
Parcela (03) sin cobertura vegetal											
7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	8mm	8mm	8mm	8mm	9mm
8mm	8mm	8mm	7mm	7mm	7mm	7mm	7mm	8mm	7mm	8mm	8mm
4mm	7mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	3mm	7mm	8mm	4mm
3mm	7mm	7mm	3mm	7mm	7mm	8mm	8mm	8mm	7mm	8mm	3mm

DOCEAVO MONITOREO FEBRERO HUAYLLABAMBA (2017)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
11mm	10mm	16mm	10mm	0mm	9mm	10mm	0mm	13mm	20mm	10mm	0mm
15mm	0mm	14mm	10mm	0mm	0mm	13mm	0mm	13mm	15mm	12mm	12mm
12mm	15mm	7mm	15mm	0mm	12mm	10mm	15mm	11mm	12mm	10mm	0mm
13mm	0mm	9mm	11mm	14mm	10mm	12mm	10mm	0mm	12mm	10mm	12mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm
1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	12mm	0mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
10mm	10mm	12mm	10mm	13mm	13mm	10mm	13mm	10mm	14mm	13mm	20mm
16mm	9mm	12mm	10mm	10mm	13mm	11mm	11mm	13mm	0mm	13mm	15mm
0mm	0mm	12mm	0mm	0mm	13mm	11mm	11mm	12mm	10mm	11mm	12mm
13mm	10mm	0mm	0mm	0mm	8mm	11mm	9mm	10mm	0mm	00mm	10mm

DOCEAVO MONITOREO FEBRERO ASILLO (2017)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
13mm	10mm	12mm	6mm	13mm	9mm	11mm	8mm	100mm	13mm	9mm	10mm
12mm	12mm	12mm	13mm	13mm	13mm	11mm	16mm	8mm	13mm	13mm	9mm
13mm	12mm	13mm	7mm	12mm	13mm	11mm	11mm	6mm	13mm	13mm	13mm
14mm	10mm	12mm	9mm	3mm	4mm	3mm	8mm	8mm	6mm	13mm	9mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	3mm	2mm	1mm	2mm	3mm	0mm	1mm	1mm	4mm	1mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	1mm	2mm	1mm	1mm	1mm	0mm
1mm	1mm	3mm	3mm	3mm	1mm	1mm	0mm	2mm	1mm	2mm	0mm
1mm	2mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
12mm	11mm	10mm	10mm	5mm	11mm	10mm	10mm	6mm	10mm	9mm	9mm
7mm	11mm	10mm	10mm	10mm	11mm	6mm	10mm	10mm	7mm	11mm	11mm
13mm	18mm	7mm	4mm	6mm	7mm	10mm	10mm	10mm	7mm	11mm	11mm
13mm	13mm	22mm	6mm	8mm	6mm	8mm	9mm	7mm	4mm	7mm	5mm

DOCEAVO MONITOREO FEBRERO CCANABAMBA (2017)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
13mm	10mm	16mm	10mm	0mm	9mm	10mm	0mm	13mm	20mm	10mm	0
15mm	15mm	15mm	10mm	15mm	0mm	13mm	0mm	13mm	15mm	12mm	12mm
13mm	15mm	7mm	15mm	0mm	12mm	10mm	15mm	11mm	12mm	10mm	0mm
13mm	0mm	9mm	11mm	14mm	10mm	12mm	10mm	0mm	12mm	10mm	12mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm
1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	12mm	0mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	2mm	2mm	1mm	1mm
1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
10mm	10mm	12mm	10mm	13mm	13mm	10mm	13mm	10mm	14mm	13mm	20mm
16mm	9mm	12mm	10mm	10mm	13mm	11mm	11mm	13mm	0mm	13mm	15mm
0mm	0mm	12mm	0mm	0mm	13mm	11mm	11mm	12mm	10mm	11mm	12mm
13mm	10mm	0mm	0mm	0mm	8mm	11mm	9mm	10mm	0mm	00mm	10mm

DOCEAVO MONITOREO DE FEBRERO CCORHUANI (2017)											
Parcela (01)sin cobertura vegetal											
9mm	5mm	8mm	9mm	8mm	7mm	7mm	8mm	8mm	8mm	7mm	7mm
8mm	5mm	8mm	8mm	8mm	7mm	7mm	8mm	8mm	8mm	7mm	8mm
9mm	9mm	6mm	7mm	8mm	8mm	8mm	8mm	7mm	8mm	7mm	8mm
7mm	7mm	6mm	4mm	7mm	8mm	7mm	7mm	9mm	7mm	7mm	8mm
Parcela (02) con cobertura vegetal											
1mm	0mm	1mm	0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	2mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm
1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm	0mm	1mm
0mm	1mm	1mm	0mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm	0mm
Parcela (03)sin cobertura vegetal											
9mm	9mm	7mm	9mm	7mm	8mm	7mm	9mm	9mm	8mm	9mm	9mm
8mm	8mm	8mm	9mm	7mm	7mm	7mm	7mm	8mm	7mm	8mm	9mm
7mm	8mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	3mm	7mm	8mm	4mm
4mm	7mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm	3mm	7mm	8mm	4mm

11.2.1. Registro de precipitaciones (2012-2016)

Tabla 48: registro de precipitaciones desde al 2012 hasta el 2016

ESTACIÓN METEOROLÓGICA CURAHUASI												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2012	135.7	239.7	209.4	69.5	0	5.6	7	1.4	16.8	57.3	43.7	214.1
2013	126.4	193.9	64.8	22.1	3.7	1	2.3	27	7.9	50.7	123.6	148.4
2014	173.7	129.7	136.9	60.4	5	0	2.1	1.6	20.4	44.1	52.7	166.6
2015	175	152.6	160.1	56.1	10	1.1	1.4	16.6	2.3	28.8	70.6	111.2
2016	64	193.6	46.8	39.2	1.3	4.2	4.9	17.2	21.3	65	125.8	139.77
Promedio	134.96	181.9	123.6	49.46	4	2.38	3.54	12.76	13.74	49.18	83.28	156.014

ESTACIÓN METEOROLÓGICA SN ANTONIO													
2012	270.1	331.45	350.2	89.5	3.9	4.9	28.1	0.4	15.4	54.3	65.2	166.3	
2013	270.1	304.6	113.7	20.1	11.4	14.5	7.4	63.3	6	66.5	55.9	166.9	
2014	226	199	103.4	64.5	23.3	3.8	6.7	6	43.7	76.7	38.2	130.5	
2015	213.8	235.2	145.3	75.6	20.1	0.7	9.5	32.3	7.7	30.5	86.7	156.4	
2016	67.6	184.6	44.3	87.7	2.1	6.7	7.8	16.9	5.6	35.6	99.6	171.1	
Promedio	209.52	250.97	151.38	67.48	12.16	6.12	11.9	23.78	15.68	52.72	69.12	158.24	

Fuente: SENAMHI (2016)

ESTACIÓN METEOROLÓGICA CURPAHUASI												
2012	135.7	239.7	209.4	69.5	0	5.6	7	1.4	16.8	57.3	43.7	214.1
2013	126.4	193.9	64.8	22.1	3.7	1	2.3	27	7.9	50.7	123.6	148.4
2014	173.7	129.7	136.9	60.4	5	0	2.1	1.6	20.4	44.1	52.7	166.6
2015	175	152.6	160.1	56.1	10	1.1	1.4	16.6	2.3	28.8	70.6	111.2
2016	64	193.6	46.8	39.2	1.3	4.2	4.9	17.2	21.3	65	111.23	142.5
Promedio	134.96	181.9	123.6	49.46	4	2.38	3.54	12.76	13.74	49.18	80.366	156.56

ESTACIÓN METEOROLÓGICA ANDAHUAYLAS												
2012	181	248.7	154.2	59.2	16.5	11.8		10	37.9	50.7	32.2	118.4
2013	132.75	170.3	98.3	8.9	6.3	23.7	24.2	50.6	26.5	38.9	34	114.5
2014	218.5	113.3	120.7	36.4	57.5	0	10.2	3.9	54.7	52.1	26	90.3
2015	130.55	138.4	138.5	35.7	20.6	2.7	12.6	36.4	11.8	54.3	60.1	122.5
2016	42.6	176.5	25.6	37.2	0.6	8.6	10.8	15.3	3.6	46.3	46.3	82.55
Promedio	141.08	169.44	107.46	35.48	20.3	9.36	14.45	23.24	26.9	48.46	39.72	105.65

Fuente: SENAMHI (2016)

11.3. Panel fotográfico

a. Preparación de varillas de erosión



b. Diseño de parcelas experimentales



c. Diseño de parcelas experimentales



d. Instalación de varillas de erosión



e. Instalación de varillas de erosión y materiales utilizados



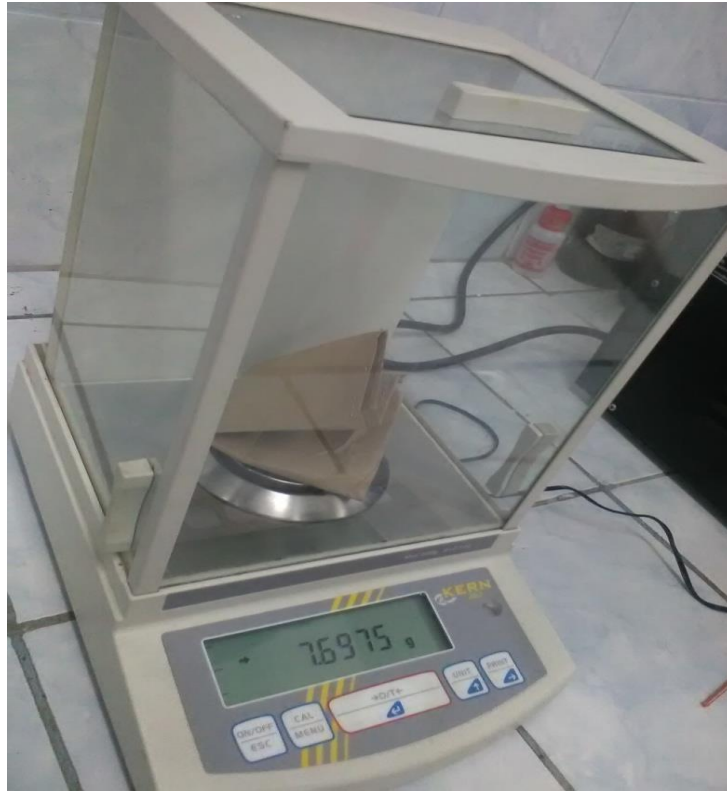
f. Monitoreo y medición de erosión



g. Análisis de densidad aparente en laboratorio



h. Análisis de densidad aparente en laboratorio



i. Análisis de densidad aparente en laboratorio



11.4. Acrónimos y símbolos utilizados

Se expone la lista de los acrónimos utilizados. Durante el desarrollo del proyecto de Tesis.

- **ANOVA:** Análisis de Varianza
- **A:** Área de medida
- **cm:** centímetros
- **CENICAFE:** Centro de Investigación del Café
- **CIAF:** Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica
- **cm/seg:** Centímetro por segundo
- **Ca:** Calcio
- **DAP:** Densidad Aparente
- **et al:** Otros
- **Este:** Este
- **EUPS:** Ecuación Universal de Pérdida de Suelo
- **Ec:** Energía cinética
- **FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación.
- **F:** F estadístico
- **GEO:** Tierra
- **GPS:** Sistema de Posicionamiento Global
- **H:** Altura de lámina perdida
- **has:** hectáreas
- **ha/año:** hectárea por año
- **JASS:** Junta Administrativa de Servicios de Saneamiento
- **INAB:** Instituto Nacional de Bosques
- **IDMA:** Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente
- **&:** y
- **INRENA:** Instituto Nacional de Recursos Naturales
- **INETER:** Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales

- **K:** Potasio
- **MINAGRI:** Ministerio de Agricultura y Riego
- **m:** metro
- **M:** Muestra de parcelas de medición
- **mm:** milímetro
- **mm/ mes:** Milímetros por mes
- **mm/ hora:** Milímetros por hora
- **mm/ año:** Milímetros por año
- **m²:** metro cuadrado
- **Mg:** Magnesio
- **>:** Mayor
- **<:** Menor
- **N:** Norte
- **Na:** Sodio
- **O:** Oeste
- **%:** Porcentaje en tanto por ciento
- **PH:** Potencial de Hidrogeniones
- **R:** Erosividad
- **r:** Relación erosión- precipitación
- **S:** Sur
- **Ton ha – año⁻¹**
- **SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
- **USDA:** Departamento de Agricultura de Estados Unidos
- **UTM:** Universal Transversal Mercator
- **V²:** Velocidad al cuadrado
- **WEPP:** Water erosion Prediction Project
- **X:** Precipitación
- **Y:** Erosión de suelos

11.5. Índice de Tablas

Tabla 1. Energía y eficiencia de cada forma de erosión	34
Tabla 2. Relación intensidad de la precipitación y pérdidas de suelo	37
Tabla 3. Escorrentía y erosión a diferentes intervalos entre eventos de lluvia	38
Tabla 4. Pérdida promedio del suelo bajo diferentes condiciones de longitud e inclinación de pendiente	40
Tabla 5. Infiltración del agua (cm ³) en terrenos con diferentes coberturas vegetales	47
Tabla 6. Valores de diámetro y velocidad de las gotas para diferentes intensidades de lluvia ..	52
Tabla 7. Velocidades terminales (m seg ⁻¹) de caída de las gotas de lluvia	53
Tabla 8. Clasificación de cárcavas	58
Tabla 9. Clasificación de suelos, según erodabilidad.....	69
Tabla 10. Grado de erosión en función de la pérdida	69
Tabla 11. Tasa erosivas.....	70
Tabla 12. Erosión de suelos en el Perú.....	70
Tabla 13. Capacidad de almacenaje por interceptación de diferentes tipos de vegetación	82
Tabla 14. Precipitaciones promedio en estaciones en áreas de recarga acuífera	100
Tabla 15. Temperatura en estaciones meteorológicas	101
Tabla 16. Temperatura promedio en estaciones meteorológicas	102
Tabla 17. Humedad relativa en estaciones meteorológicas.....	103
Tabla 18. Humedad relativa promedio de estaciones meteorológicas.....	104
Tabla 19. Análisis de varianza de erosión hídrica en área de recarga acuífera de Huayllabamba	110
Tabla 20. Análisis de varianza de sedimentación de suelos en áreas de recarga acuífera de Huayllabamba	111
Tabla 21. Análisis de varianza de erosión hídrica en área de recarga acuífera de Asillo.....	112
Tabla 22. Análisis de varianza de sedimentación de suelos en área de recarga acuífera de Asillo.....	114
Tabla 23. Análisis varianza de erosión hídrica en área de recarga acuífera de Ccanabamba	115
Tabla 24. Análisis de varianza de sedimentación de suelos en área de recarga acuífera de Ccanabamba.....	116
Tabla 25. Análisis de varianza de erosión de suelos en área de recarga acuífera de Ccorhuani	118
Tabla 26. Análisis de varianza de sedimentación de suelos en área de recarga acuífera de Ccorhuani.....	119
Tabla 27. Erosión hídrica en cada área de recarga acuífera (mm/año).....	120
Tabla 28. Erosión hídrica en Ton/ha-año	122
Tabla 29. Cuadro comparativo para estimar la erosión hídrica.....	124
Tabla 30. Tasas erosivas.....	124
Tabla 31. Sedimentación de suelos en áreas de recarga acuífera	125
Tabla 32. Erosión neta en áreas de recarga acuífera	126
Tabla 33. Suelo movilizado en áreas de recarga acuífera	131
Tabla 34. Magnitud de la erosión hídrica en cada área de intervención.....	133
Tabla 35. Estimación de erosión hídrica en áreas sin cobertura vegetal.....	134
Tabla 36. Erosión hídrica, según erodabilidad	134
Tabla 37. Erosión hídrica, según tasas erosivas.....	134
Tabla 38. Estimación de erosión de suelos en áreas con cobertura vegetal	135
Tabla 39. Estimación de la erosión de suelos neta	135
Tabla 40. Verificación de hipótesis central	136

<i>Tabla 41. Verificación de primera hipótesis específica</i>	136
<i>Tabla 42. Verificación de segunda hipótesis específica.....</i>	137
<i>Tabla 43. Verificación de tercera hipótesis específica</i>	137
<i>Tabla 44. Unidades de Cobertura vegetal en área de recarga acuífera de Huayllabamba</i>	145
<i>Tabla 45. Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera de Asillo</i>	146
<i>Tabla 46. Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera de Ccanabamba</i>	147
<i>Tabla 47. Unidades de cobertura vegetal en área de recarga acuífera de Ccorhuani</i>	148
<i>Tabla 48. Registro de precipitaciones del año 2012 hasta el año 2016.....</i>	173

11.6. Índice de cuadros

Cuadro 1. <i>Agentes, tipos de erosión y procesos erosivos.....</i>	32
Cuadro 2. <i>Ecuación matemática de escurrimiento</i>	36
Cuadro 3. <i>Ecuación de grado de pendiente</i>	39
Cuadro 4. <i>Ecuación de Longitud de pendiente.....</i>	40
Cuadro 5. <i>Ecuación general para estimar pérdidas de suelo con grado de pendiente y longitud de pendiente</i>	41
Cuadro 6. <i>Principales efectos, consecuencias de los procesos de erosión y sedimentación a diferentes escalas.</i>	66
Cuadro 7. <i>Grados de erosión según intensidad</i>	67
Cuadro 8. <i>Clasificación de la erosión</i>	68
Cuadro 9. <i>Ecuación matemática de erosión media y sedimentación.....</i>	78
Cuadro 10. <i>Ecuación matemática de erosión neta.....</i>	78
Cuadro 11. <i>Ecuación matemática de suelo movillizado</i>	79
Cuadro 12. <i>Operacionalización de variables, indicadores e índices.</i>	93
Cuadro 13. <i>Ecuación matemática de cuantificación de pérdida de suelo</i>	96
Cuadro 14. <i>Diseño experimental – correlacional de la investigación</i>	97
Cuadro 15. <i>Ubicación de áreas de recarga hídrica</i>	98
Cuadro 16. <i>Relieve de zonas de recarga hídrica</i>	99
Cuadro 17. <i>Poblaciones beneficiarias de zonas de recarga hídrica</i>	106
Cuadro 18. <i>Instrumentos de investigación.....</i>	108

11.7. Índice de esquemas

Esquema 1. <i>Principales causas ambientales y socioeconómicas de la degradación de suelos</i>	27
Esquema 2. <i>Factores que intervienen en el proceso de erosión hídrica.....</i>	60
Esquema 3. <i>Tipos de modelos de erosión hídrica.....</i>	73
Esquema 4. <i>Procesos hidrológicos, durante una precipitación intensa</i>	85
Esquema 5. <i>Diagrama de instalación de las varillas de erosión</i>	96

11.8. Índice de figuras

<i>Figura 1. Erosión de suelos en el Perú.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 2. Relación entre la velocidad de infiltración y la textura del suelo. Asimismo curvas de infiltración para diferentes texturas de suelos.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 3. Variación en el tiempo de procesos hidrológicos durante una lluvia constante y proceso hidrológicos una vez comenzada las precipitaciones.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 4. Precipitación promedio en estaciones meteorológicas</i>	<i>101</i>
<i>Figura 5. Temperatura en estaciones meteorológicas</i>	<i>102</i>
<i>Figura 6. Temperatura promedio en estaciones meteorológicas</i>	<i>103</i>
<i>Figura 7. Humedad relativa en estaciones meteorológicas.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 8. Humedad relativa promedio de estaciones meteorológicas</i>	<i>105</i>
<i>Figura 9. Erosión de suelos en cada área de recarga acuífera (mm/año)</i>	<i>120</i>
<i>Figura 10. Erosión Hídrica en Ton/ha-año.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 11. Sedimentación de suelos en áreas de recarga acuífera</i>	<i>125</i>
<i>Figura 12. Erosión neta en áreas de recarga acuífera</i>	<i>127</i>
<i>Figura 13. Erosión vs sedimentación (ton/ha)</i>	<i>129</i>
<i>Figura 14. Suelo movilizado en área de recarga acuífera.....</i>	<i>131</i>