



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE



TESIS

EROSIÓN HÍDRICA DE LA MICROCUENCA LUCRE EN LA
COLMATACIÓN DEL HUMEDAL HUACARPAY-CUSCO

PRESENTADA POR:

JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2020



DEDICATORIA

A la memoria de
mis queridos Padres
Gerardo y María y de
mis queridas hermanas
Nelly y Olinda.

A mi esposo Adolfo
Y a mis hijos
Jalil, Nadir y Anyeluz
Por su constante
Apoyo y comprensión.



AGRADECIMIENTOS

- A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano- Puno, por haber desarrollado el Programa de Extensión del Doctorado de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en la Sede Cusco, a nivel Presencial.
- A todos y cada uno de los Docentes del Programa de Extensión del Doctorado de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Al Ph.D. Sabino Atencio Limachi por su asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Al Ph.D. Juan Marcos Aro Aro por sus observaciones que contribuyeron al mejoramiento del presente trabajo de investigación.
- A mi “Alma Mater” la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por haberme brindado el apoyo necesario.
- A la Ing. Margoth Condori Champi por haberme ayudado con el manejo del Sistema ARCGIS.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	3
1.1.1 La erosión hídrica	3
1.1.2 La colmatación	5
1.1.3 Definición de conceptos básicos	6
1.1.3.1 Suelo	6
1.1.3.2 Microcuenca	7
1.1.3.3 Humedal	7
1.1.3.4 Convención de Ramsar	8
1.1.3.5 Eutrofización	9
1.1.3.6 Erosividad de la lluvia	9
1.1.3.7 Erodabilidad del suelo	9
1.2 Antecedentes	10

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema	17
2.2 Enunciados del problema	18
2.2.1 Pregunta general	18
2.2.2 Preguntas específicas	18
2.3 Justificación	18
2.4 Objetivos	19



2.4.1	Objetivo general	19
2.4.2	Objetivos específicos	19
2.5	Hipótesis	19
2.5.1	Hipótesis general	19
2.5.2	Hipótesis específicas	19

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Lugar de estudio	20
3.2	Población	24
3.3	Muestra	24
3.4	Método de investigación	25
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	27
3.5.1	Erosión Hídrica de la microcuenca del río Lucre	27
3.5.1.1	Determinación del Factor R.	28
3.5.1.2	Factor erodabilidad del suelo (K)	28
3.5.1.3	Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)	32
3.5.1.4	Factor cobertura vegetal (C).	33
3.5.1.5	Factor prácticas de conservación de suelos (P)	33
3.5.2	Colmatación del Humedal Huacarpay	33
3.5.3	Procedimiento, materiales y equipos	36
3.5.4	Diseño Estadístico	37

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Erosión Hídrica de la microcuenca del río Lucre	39
4.1.1	Determinación de la Erosividad Factor R.	39
4.1.2	Determinación del Factor Erodabilidad del suelo K.	40
4.1.3	Cálculo del Factor Longitud y Gradiente de la pendiente LS.	41
4.1.4	Determinación del Factor Cobertura Vegetal C.	41
4.1.5	Determinación del Factor Prácticas de Conservación de suelos P.	42
4.1.6	Cálculo de la Pérdida del Suelo en la microcuenca del río Lucre:	42
4.1.7	Discusión de los resultados obtenidos.	43
4.2	Colmatación del Humedal Huacarpay	47
4.2.1	Eutrofización de las aguas del Humedal.	47
4.2.2	Batimetría de las lagunas del Humedal	51



4.2.3 Reducción de la superficie de las lagunas del Humedal	52
4.2.4 Reducción del área de pantanos del Humedal	54
4.3 Discusión de resultados	56
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	68

Puno, 16 de enero de 2020

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería.
TEMA: Erosión hídrica y colmatación.
LÍNEA: Recursos Naturales y Medio Ambiente.

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Ubicación de las muestras de suelos	24
2. Ubicación de las muestras de aguas	24
3. Valores medios del Factor C	33
4. Características generales de los lagos eutróficos y oligotróficos de los países europeos.	34
5. Valores límites para un Sistema Completo de Clasificación Trófica	35
6. Versión modificada del esquema de clasificación de la OCDE basado en los valores de las concentraciones anuales máximas de clorofila-a, indicadores relacionados con la calidad del agua y probabilidad de contaminación	35
7. Concentración de fósforo total con relación al estado trófico de los lagos	35
8. Concentración de Fósforo Total (ug/L) y estado trófico de lagos	36
9. Cálculo del Factor R	39
10. Análisis de las muestras de suelos	40
11. Cálculo del Factor K	41
12. Cálculo del Factor LS	41
13. Cálculo del Factor C	42
14. Cálculo de la pérdida del suelo "A"	43
15. Pérdida del suelo por sectores	43
16. Valoración del tipo de pérdidas del suelo	44
17. Niveles de intensidad de erosión o pérdida de suelo adaptados de criterios internacionales	44
18. Comparación de resultados con otros autores	46
19. Análisis físico químicos de las aguas del Humedal.	48
20. Valores de Fósforo Total en la Laguna de Huacarpay	48
21. Fósforo Total ($\mu\text{g/L}$) y estado trófico de lagos	49
22. Comparación de valores de Nitratos y Fosfatos	49
23. Batimetría de las lagunas del Humedal.	51
24. Superficie de las lagunas del humedal	52
25. Reducción de la superficie del Humedal	54
26. Proyección a 10 años de la reducción de la superficie del humedal	58
27. Proyección a 10 años reducción de la superficie de la laguna de Huacarpay	58



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Ubicación de la Microcuenca Lucre y del Humedal Huacarpay.	22
2. Ubicación de las muestras de aguas y de suelos.	25
3. Nomogramas de erodabilidad para el cálculo del Factor K	29
4. Triángulo textural adaptado a valores de permeabilidad	31
5. Cuadro para cálculo del Factor Topográfico LS	32
6. Grado de erosión hídrica en la microcuenca del río Lucre.	45
7. Erosión Laminar en el cerro Llaullijasa, margen izquierda del río Lucre, parte alta de la microcuenca.	46
8. Cárcavas en el sector de Yanamanchi. Parte media de la microcuenca. Margen izquierda del río Lucre.	46
9. Perfil Batimétrico Laguna Huacarpay	51
10. Imagen Satelital del Humedal.	53
11. Medición de las áreas del humedal.	53
12. Área del Humedal cartografiada el año 1969. Fuente: De La Torre, 2018	54
13. Área del humedal cartografiada	55
14. Área cartografiada del humedal en 2019	55
15. Resumen grafico de los resultados.	57
16. Simulación de cómo se vería el Humedal Huacarpay dentro de 10 años (2030).	59



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Registros meteorologicos Estacion Ccatcca	69
2. Normas legales MINAM. Conservación del Ambiente Acuático	81
3. Análisis fisicoquímicos de los suelos	82
4. Análisis fisicoquímicos de las aguas	83
5. Nomogramas de erodabilidad para el cálculo del Factor K	84
6. Triángulo Textural adaptado a valores de Permeabilidad	85
7. Cuadro para cálculo del Factor Topográfico LS	86



RESUMEN

La erosión de los suelos es un problema creciente especialmente en las microcuencas cuyas aguas alimentan a los humedales altoandinos produciendo su colmatación. El objetivo de la investigación es evaluar la colmatación producida por erosión hídrica de la microcuenca Lucre sobre el Humedal Huacarpay- Cusco. En la metodología se utilizó mediciones directas, modelos matemáticos y la teledetección. Para la determinación del grado de erosión hídrica en la microcuenca se aplicó el Método USLE teniendo como resultado que la erosividad pluvial es de 103.28 mm, la erodabilidad del suelo varía de 0.14 a 0.90 y la pérdida de suelos es en promedio de: 15.01 Tn/ha/año, perdiéndose una lámina de suelo de 2 a 5 mm correspondiendo a un grado de erosión moderado. Utilizando el Sistema ARCGIS se determinó que el nivel de colmatación del Humedal es Alto a pesar que sus lagunas Huacarpay y Lucre presentan un estado Eutrófico Moderado los resultados muestran que el área de pantanos del Humedal sólo en dos años de 2017 a 2019 se ha reducido un 21.64% (71.55 has). Se concluye que la colmatación producida por la erosión hídrica de la microcuenca sobre el Humedal sería moderada, pero por la acción antrópica de drenaje de aguas para ampliar terrenos de cultivo, el nivel es Alto. Por lo que se recomienda a las autoridades locales que implementen con urgencia un adecuado Plan de Manejo para evitar que en unos diez años el Humedal desaparezca quedando solamente como un vestigio el espejo de agua reducido de la laguna de Huacarpay.

Palabras Clave: colmatación, erosión, hídrica, humedal y microcuenca.



ABSTRACT

Soil erosion is a growing problem especially in the microbasins whose waters feed the high Andean wetlands, producing their clogging. The objective of the research is to evaluate the clogging caused by water erosion of the Lucre microbasin on the Huacarpay-Cusco Wetland. Direct measurements, mathematical models and remote sensing were used in the methodology. To determine the degree of water erosion in the microbasin, the USLE Method was applied, with the result that the rain erosivity is 103.28 mm, the soil erodability varies from 0.14 to 0.90 and the soil loss is on average: 15.01 Tn / ha / year, with a loss of sheet of soil between 2 to 5 mm corresponding to a moderate degree of erosion. Using the ARCGIS System, it was determined that the level of clogging of the Wetland is High, despite the fact that its Huacarpay and Lucre lagoons have a Moderate Eutrophic state, the results show that the wetland area in only two years from 2017 to 2019 has reduced a 21.64% (71.55 hectares). It is concluded that the clogging caused by water erosion of the microbasin on the Wetland would be moderate, but due to the anthropic action of drainage of water to expand arable land, the level is High. Therefore, it is recommended that local authorities urgently implement an adequate Management Plan to prevent the Wetland from disappearing in ten years, leaving only the reduced water mirror of the Huacarpay lagoon as a vestige.

Keywords: clogging, erosion, micro-basin, water and wetland.

INTRODUCCIÓN

La microcuenca del río Lucre y el Humedal Huacarpay se encuentran ubicados a 27 km al Sur Este de la ciudad del Cusco; la microcuenca del río Lucre abarca una extensión superficial de 105.38 km², y se ubica al sur del Humedal Huacarpay, presenta una orientación NE – SW hasta la confluencia de los ríos Colcaque y Pacramayo donde cambia de orientación a NW – SE, está conformada por 2 quebradas principales y 45 quebradas secundarias que aportan sedimentos (gravas, arenas limos y arcillas) provenientes de la erosión hídrica de la microcuenca, así como nutrientes (fosfatos y nitratos) al río Lucre, el cual deposita sus aguas en la planicie del humedal produciendo la eutrofización y colmatación de sus cuerpos de agua.

El humedal Huacarpay en Setiembre del 2006 fue declarado como “Humedal de Importancia Internacional” por la Convención RAMSAR y se constituye en el 11avo Sitio Ramsar Peruano. A pesar de este reconocimiento a nivel mundial, como toda área natural cercana a un centro poblado, como es el caso de las poblaciones de Lucre ubicada al sur del humedal y Huacarpay ubicada al norte del humedal, éste se encuentra sometido a una serie de acciones que amenazan este valioso ecosistema, como son principalmente las actividades antrópicas de extracción indiscriminada de sus recursos, así como el desarrollo de actividades no sostenibles de ganadería, agricultura y pesca, acciones que sumadas a la erosión hídrica de la microcuenca, están incrementando el proceso de colmatación del Humedal.

La presente investigación ha sido desarrollada dentro del Programa de Extensión del Doctorado de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano teniendo como propósito realizar la evaluación de la erosión hídrica de la microcuenca Lucre en la colmatación del Humedal Huacarpay-Cusco, la cual se realizó mediante la cuantificación del grado de erosión hídrica de la microcuenca aplicando el Método USLE y determinando el nivel de colmatación que presenta el Humedal a través de su principal indicador que es la eutrofización de sus cuerpos de agua, así como la reducción de los espejos de agua y del área del pantano.

El desarrollo de la presente investigación se ha llevado a cabo desde marzo del 2017 a diciembre del 2019, la estructura del informe de investigación consta de cuatro capítulos. En el Capítulo I se desarrolla el marco teórico y los antecedentes de la investigación. En el Capítulo II se define el problema de la investigación, se menciona la justificación, se



define los objetivos y las hipótesis de investigación. En el Capítulo III se mencionan los materiales y métodos, en los cuales se describe el lugar donde se realizó la investigación con la georreferencia correspondiente, también se describen las características ambientales y socioeconómicas de la zona, resaltando su importancia. En el Capítulo IV se presentan los resultados encontrados para cada objetivo específico, desarrollando la interpretación de la información mediante tablas y mapas con sus respectivas discusiones con otros autores. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía consultada y los anexos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 La erosión hídrica

El suelo es considerado como un recurso natural no renovable y finito en escala de tiempo humana (FAO, 2017; Vanwalleghem *et al.*, 2017) y presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, como el de participar en los ciclos biogeoquímicos de elementos claves para la vida como carbono, nitrógeno y fósforo (Burbano, 2016). La erosión, en principio es un fenómeno natural que implica el desprendimiento de suelo y/o fragmentos de roca (Jorge y Guerra, 2014) y de acuerdo al agente erosionante (agua o viento) se diferencian dos tipos de erosión: hídrica y eólica.

La erosión hídrica del suelo es la pérdida selectiva, recurrente y progresiva de la capa superficial del suelo por la acción del agua, es decir la remoción de partículas de la superficie del suelo. (Dorronsoro, 2016). Los principales factores que controlan la erosión hídrica son la precipitación, la cobertura vegetal, la topografía y las propiedades del suelo (Camargo *et al.*, 2017) los efectos interactivos de estos factores determinan la magnitud y la tasa de erosión del suelo.

La erosión hídrica de los suelos en las microcuencas está directamente influenciada por el aspecto climático y los ecosistemas más susceptibles al cambio climático son los humedales (Uribe *et al.*, 2017) debido a que estos ecosistemas están integrados activamente con los ciclos hidrológicos y son particularmente importantes para la adaptación al cambio climático (Le Quesne, 2010).

Estos autores también resaltan que, para la gestión adaptativa de los humedales, basada en el carácter y funcionalidad ecosistémica, resulta insuficiente solo con conocer la magnitud o intensidad de la amenaza climática, es decir de la alteración de las variables climáticas. Es necesario, además, aproximar el grado de susceptibilidad del sistema a los efectos adversos del clima, es decir su vulnerabilidad (Bates, 2008).

En la literatura científica se encuentran muchos atributos y procesos que pueden, bajo determinada condición, operar como factores de vulnerabilidad de los humedales al cambio climático. Tales atributos y procesos deben conocerse, entenderse e incorporarse de manera explícita en la gestión de adaptación al fenómeno. De lo contrario, se corre el riesgo de incrementar en el largo plazo la vulnerabilidad de los humedales altoandinos (Franco *et al.*, 2013). Además, los problemas de erosión hídrica de suelos no solo están limitados a las zonas en las cuales la erosión toma lugar en este caso a las microcuencas, sino también a zonas aguas abajo donde los sedimentos transportados pueden causar la pérdida de capacidad de almacenamiento del agua (Herrero, 2016) y por tanto la colmatación de los embalses.

La degradación de los suelos bajo uso agrícolas y las altas tasas de producción de sedimentos asociados a éstos como resultado de la erosión constituye uno de los principales problemas ambientales (Valero *et al.*, 2010). Es así que la predicción de la erosión en parcelas experimentales y en pendientes de montaña o el modelamiento de la erosión de pequeñas cuencas a la misma escala de análisis, ha sido exitosa usando modelos físicos que requieren una medición detallada de parámetros y considerable cantidad de datos de entrada (Zhang *et al.*, 2004) .

Dentro de los planes de manejo integral de cuencas hidrológicas, la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) desarrollada por (Wishmeier & Smith, 1979) es recomendada como una herramienta muy útil en la estimación de la erosión hídrica (Chen, 2000). Este método ha sido ampliamente empleado para predecir la pérdida media anual de suelo por erosión bajo diferentes escenarios de manejo sirviendo como guía para la toma de decisiones en los planes de conservación.

Es así que dentro del manejo de cuencas es de particular importancia, identificar áreas de alto riesgo de erosión hídrica. Mediante la aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) acompañada de técnicas de información geo-referenciada (SIG) (Camargo *et al.*, 2017) y los resultados permiten simular la pérdida de sedimentos y contaminantes en áreas críticas bajo escenarios de uso alternativos, valorando la importancia de la vegetación ribereña y humedales como filtros al transporte de sedimentos y contaminantes (Orue, 2007).

A nivel mundial está ocurriendo una pérdida media de 0.3% del rendimiento anual de los cultivos debido a la erosión que si continúa podría llegar al 10% en el año 2050 (FAO - GTIS, 2015), siendo Asia, Latinoamérica y el Caribe, el Cercano Oriente y Norte de África las regiones que tienen mayor tendencia a dicho deterioro.

En Perú, en los últimos 20 años, se degradó más del 15% del territorio que afectó a casi 11% de la población, principalmente en las regiones de Apurímac, Piura, Lambayeque, Moquegua y Tacna. Si esta tendencia se mantiene, se calcula que al año 2100, el 64% del territorio peruano podría estar afectado por procesos de esta naturaleza. (MINAM., 2010). En el Perú la degradación del suelo representa un costo de entre 0,3% y 0,4% como porcentaje del PBI (Banco Mundial., 2005).

1.1.2 La colmatación

La colmatación es la acumulación de sedimentos en los fondos de los receptáculos de agua dulce como es el caso de los humedales, y cuando están “colmados” de sólidos llegan a convertirse en barrizales (Vega, 2012), por lo que sus ecosistemas no pueden desarrollarse normalmente. Es un fenómeno natural que se ha visto acelerado en los últimos años por los procesos causados por el ser humano principalmente por la extensión de los suelos agrícolas en aquellas superficies que anteriormente eran ocupadas por vegetación que impedía la colmatación (Fernandez, 2013). La mayoría de los procesos de colmatación de los vasos lacustres y de los humedales, son consecuencia de cambios en los usos del suelo, a lo que se añaden los previsibles cambios en las tendencias o patrones acompañados de un incremento de factores climáticos a corto y medio plazo (Rodríguez, 2005).

La colmatación junto con la eutrofización, son sin duda las dos principales afecciones ambientales de los embalses a nivel mundial y muy en especial en regiones donde la erosionabilidad de suelos es alta y la irregularidad de escorrentía natural muy notable (Palau, 2009). Los problemas generados por la erosión, sedimentación, colmatación y contaminación, como procesos naturales acelerados por las acciones antrópicas, expresan sus dañinos efectos y consecuencias al restar en los embalses capacidad de almacenaje de agua (Méndez y Montes, 2009) y de otro lado, al contaminar, enturbiar y reducir el oxígeno presente en las aguas, se alteran los ecosistemas.

Cabe resaltar que la sedimentación es un proceso natural de la hidráulica fluvial, para el caso específico de embalses se denomina colmatación y cuando la sedimentación es intensa se produce un proceso de colmatación acelerada del embalse o cuerpo de agua. (Rocha, 2006). El proceso de colmatación puede producir un incremento gradual de la carga de nutrientes, esta transformación lenta en la historia geológica de los ecosistemas es denominada como Eutrofización natural (Gomez y Tamia, 2017), esto implica que la entrada de nutrientes desde la cuenca es relativamente constante a lo largo del tiempo, ocurriendo oscilaciones temporales como consecuencia de los ciclos climáticos, el desarrollo y descomposición de la cubierta vegetal y la erosión (Wetzel, 2001). Otro efecto de la colmatación de los embalses es que la retención de los sedimentos puede generar problemas de estabilidad de las estructuras hidráulicas situadas aguas abajo produciendo incisión del cauce y problemas de erosión localizada (Herrero, 2016).

1.1.3 Definición de conceptos básicos

1.1.3.1 Suelo

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él (Crespo, 2005). Se define también como el medio natural para el crecimiento de las plantas, también como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua

(Lozano, 2014). El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), y materiales parentales (rocas y minerales originarios), que difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (FAO, 2016).

1.1.3.2 Microcuenca

Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; o sea que una subcuenca está dividida en varias microcuencas. Las microcuencas son unidades pequeñas y a su vez son áreas donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas. (Avendaño, 2016). La microcuenca también se define como una pequeña unidad geográfica donde vive una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación (FAO, 2011). Desde el punto de vista operativo, la microcuenca posee un área que puede ser planificada mediante la utilización de recursos locales y un número de familias que puede ser tratado como un núcleo social que comparte intereses comunes: agua, servicios básicos, Infraestructura, organización, entre otros. (FAO, 2016). La microcuenca como una parte de la cuenca es considerada la unidad de planeación y programación de acciones, donde se pueden desarrollar y coordinar los servicios integrados de las instituciones (FAO, 2011).

1.1.3.3 Humedal

Se define como humedales, a las extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, y que albergan comunidades biológicas características, que proveen servicios ecosistémicos (MINAM, 2015). Los humedales son zonas en donde el agua es el principal factor que controla el ambiente, así como la vegetación y fauna asociada. Existen en donde la capa freática se encuentra en o cerca de la superficie del terreno o donde el terreno está cubierto por agua (CONANP, 2016). Se trata de sitios cuyo suelo se encuentra saturado de agua, es decir, que existe una columna de agua sobre la superficie del suelo o ésta se encuentra a pocos

centímetros debajo de la superficie del mismo, en los humedales aparte del suelo y el agua otro de los componentes característicos de dichos sitios es la vegetación (Marín y Hernández, 2013). Por otra parte, la Convención Ramsar hace uso de una definición más amplia ya que además de considerar a pantanos, marismas, lagos, ríos, turberas, oasis, estuarios y deltas, también considera sitios artificiales como embalses y salinas y zonas marinas próximas a las costas cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros (Ramsar.org, 2014) los cuales pueden incluir a manglares y arrecifes de coral.

1.1.3.4 Convención de Ramsar

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (Ramsar, 1971) es un tratado intergubernamental cuya misión es “la conservación y el uso racional de todos los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo” (MINAM, 2015). Este tratado fue aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar, relativo a la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo. (ramsar.org, 2014). A pesar de que el nombre oficial de la Convención de Ramsar se refiere a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, con los años su enfoque se ha ampliado y actualmente se utiliza apropiadamente el nombre de Convención sobre los Humedales. La Convención entró en vigor en 1975 y en la actualidad más de 100 países de todo el mundo se han adherido a la misma (Partes Contratantes). El Perú ratificó la suscripción al Convenio relativo a Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas desde 1991, y a partir de setiembre de 2006 se declara al Humedal Huacarpay como el onceavo Sitio Ramsar.

1.1.3.5 Eutrofización

El término eutrofización se define como el enriquecimiento de nutrientes en sistemas acuáticos, el cual promueve el aumento en la densidad del fitoplancton. Este fenómeno provoca cambios en la diversidad del cuerpo de agua generando una pérdida de la calidad del agua, así como condiciones anóxicas (García, 2016). Es un proceso natural producido por la acumulación de sedimentos que, eventualmente, causa que las lagunas desaparezcan; sumado a esto, el impacto humano puede acelerar este proceso (Steinitz, 2017). Es el fenómeno referido al incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, que provoca un exceso de fitoplancton. Cuando la productividad orgánica es muy elevada, el medio se vuelve eutrófico y genera un déficit importante de oxígeno en las capas de aguas que no fueron agitadas por el viento y los sedimentos son reductores. Un río, un lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes (Arce, 2005).

1.1.3.6 Erosividad de la lluvia

Se le denomina como Factor R dentro de la Ecuación Universal de Pérdida del suelo, se define como la agresividad de la lluvia sobre el suelo, representa la energía con que las gotas de lluvia impactan el suelo a determinada intensidad para romper los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable; en este sentido, la precipitación constituye el agente activo del proceso de erosión, que actuará sobre el suelo o agente pasivo. Refleja la cantidad de energía cinética que tienen las gotas de lluvia que impactan sobre el suelo (Colotti, 2000).

1.1.3.7 Erodabilidad del suelo

Denominado como Factor K en la Ecuación Universal de Pérdida del suelo, es un índice que indica la vulnerabilidad o susceptibilidad a la erosión y que depende de las propiedades intrínsecas de cada suelo. Cuanto mayor sea la erodabilidad mayor porcentaje de erosión. Algunos suelos se erosionan con mayor facilidad que otros, aunque la cantidad de lluvia caída, la pendiente, la cobertura vegetal y las prácticas de manejo sean las

mismas (Mattos, 2000). La erodabilidad es dinámica, cambia durante una tormenta, durante el año o de año a año. Los suelos pueden variar en su contenido de humedad y con ello en su resistencia a la erosión. (FAO, 2017). El cálculo de este Factor se lleva a cabo mediante los nomogramas de erodabilidad.

1.2 Antecedentes

En el estudio de Conservación del Complejo Lagunar de la Albuera Extremadura España (LIFE-Naturaleza, 2006), se concluye que el proceso de colmatación del complejo lagunar es debido a las transformaciones antrópicas del hábitat que aceleran el proceso natural de acúmulo de limos. En los años de sequía, las lagunas son utilizadas como terreno de labor, provocando la reducción de la cota de llenado por el nivelado del terreno y el movimiento de tierras. La reducción de la capacidad de retención del agua disminuye el periodo productivo de las lagunas, actualmente las lagunas acumulan un 70% menos de agua que en condiciones naturales y aumenta el periodo en el que las lagunas carecen de agua de un modo no natural. En un estudio de los humedales del suroeste de España (Sousa, 2010) pone de manifiesto que los intensos cambios en los usos del suelo y el incremento de la irregularidad y erosividad de la precipitación, durante más de 40 años, contribuyen de forma sinérgica a la colmatación y retroceso de sus lagunas y arroyos.

Rodríguez *et al.* (2005), indicaron que las marismas del Parque Nacional de Doñana (España) en los últimos cincuenta años han experimentado una preocupante degradación como resultado de la intensa colmatación, que ha repercutido en la transformación de sus características ecológicas, analizó dicha colmatación, comparando las etapas de su evolución holocena (últimos 6000 años) con periodos actuales: últimas cinco décadas (1952-2002) y últimos cuatro años (2000-2004). Este estudio permitió establecer una comparación entre las tasas de sedimentación naturales y las antrópicas, observándose un aumento considerable en épocas recientes. Las causas se atribuyen principalmente a la alteración de su dinámica hídrica, como consecuencia de los encauzamientos y rectificaciones de los cauces de sus principales ríos.

Orue (2007), indicó que dentro del manejo de cuencas hidrográficas en Argentina era de particular importancia, identificar áreas de alto riesgo de erosión hídrica. Para ello, aplicó la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) mediante técnicas de información geo-referenciada (GIS). El mapa de riesgo de erosión de las principales cuencas sujetas a

expansión agrícola, mostró que el 17% y 32% de las cuencas analizadas presentan un riesgo alto-muy alto y moderado, respectivamente. Estos resultados permitieron simular la pérdida de sedimentos y contaminantes en áreas críticas bajo escenarios de uso alternativos, valorando la importancia de la vegetación ribereña y humedales como filtros al transporte de sedimentos y contaminantes.

Moreno *et al.* (2016), encontraron que las lagunas La Mancha y El Llano en Veracruz México, están en permanente proceso de colmatación debido principalmente a la eliminación de los bosques de mangles que las rodean y protegen sirviéndoles de trampas de sedimentos y al incremento de las áreas deforestadas de las partes altas y medias de los cerros próximos, lo cual aumenta la cantidad de sedimentos que ingresan a estas lagunas disueltos en las aguas de escorrentía.

Argueta (2010), concluyó que el impacto de la erosión sobre los recursos hídricos en la microcuenca del Río Negro, Chimaltenango. Guatemala, se manifiesta en el incremento de la carga de sedimentos sobre los cursos de agua, los cuales ofrecen condiciones desfavorables para su aprovechamiento. De igual manera, la erosión provoca alteraciones físico-químicas y bacteriológicas que afectan a la fauna y flora. La erosión no es solamente una "enfermedad" del suelo, sino también del paisaje porque influye en la vegetación, clima, etc. A raíz de esta situación, surge la importancia de aplicar metodologías para estimar los riesgos de erosión en las microcuencas, a fin de evitar pérdidas de suelo y establecer medidas para la protección del recurso.

Marín *et al.* (2014), definieron los suelos de los humedales de Veracruz México, como "suelos hídricos" formados en condiciones de saturación o inundación prolongada durante la estación de crecimiento de las plantas. El hecho de que el suelo se encuentre saturado de agua hace que pierda oxígeno, lo cual produce cambios en sus propiedades físicas y químicas. La importancia del suelo de humedales se debe a que es el medio en el cual se realizan muchas de las transformaciones químicas que dan lugar a algunos de los servicios ya mencionados. El suelo de humedales es también la matriz en la que se almacenan los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Los suelos hídricos pueden clasificarse en orgánicos y minerales; la diferencia está dada por las características de los materiales que lo componen.

Rienzi *et al.* (1998), aplicaron la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (EUPS) con el objeto de identificar las áreas en donde fuera posible atenuar los procesos erosivos con

prácticas sencillas de manejo de suelos y determinar las limitaciones que pueden presentarse en la aplicación de la ecuación en estas zonas áridas. Y concluyó que la complejidad de los aspectos relacionados con el factor de erodabilidad de los suelos, unido a la falta de información básica de las interrelaciones que podrían presentarse con los procesos erosivos, no consideradas en la ecuación, obliga a extremar los cuidados para su aplicación en las cuencas de zonas áridas.

Ares *et al.* (2014), analizaron la dinámica de la concentración de sedimentos generados por erosión hídrica y estableció relaciones con las precipitaciones, los escurrimientos y las condiciones de lluvia antecedente, en una microcuenca bajo agricultura en siembra directa. El análisis de la interacción lluvia-escurrimiento-concentración de sedimentos permitió identificar diferentes respuestas erosivas, las que se podrían asociar, alternativamente a erosión laminar o a erosión en surcos como procesos dominantes en la microcuenca, según la magnitud del evento considerado. El primer tipo se daría de manera más frecuente, y el segundo tipo, en una proporción de eventos menor. De acuerdo con los resultados obtenidos se requeriría mantener la elevada capacidad de infiltración natural de dichos suelos a la vez de implementar prácticas de control de los escurrimientos erosivos.

Castro (2013), encontró que uno de los factores que afectan el funcionamiento hidrológico de la microcuenca es la pérdida de suelo por erosión hídrica, lo cual disminuye la calidad y cantidad del recurso agua captado por la microcuenca y almacenado en la presa Madín. El cambio de uso de suelo, en detrimento de la cubierta vegetal, es la principal causa de erosión hídrica en la microcuenca. Se calcula que la tasa promedio anual de erosión actual es de 7.58 t/ha/año basándose en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), concentrándose en la parte media y baja de la microcuenca.

Santacruz (2011), analizó los efectos de las modificaciones en el uso de suelo de la cuenca del río Cahoacán, empleó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS). Los resultados revelaron que, en condiciones actuales de uso de suelo, las pérdidas van desde 16.270 ton/ha/año hasta valores de 20.000 ton/ha/año, presentándose valores mínimos de 13.317 ton/ha/año. Los valores encontrados son muy superiores a los reportados para el estado de Chiapas en la bibliografía consultada. Se concluye que, de seguir las alteraciones de los bosques, los valores actuales de pérdida de suelo pueden incrementarse hasta en un 900%. De modificarse la tendencia actual de deforestación y con buenas

prácticas agrícolas en las zonas donde se realiza agricultura de temporal y de riego, la pérdida de suelo se reduciría en un 60 % con respecto a la actual.

Saavedra y Mannaerts (2003), concluyeron que es necesario desarrollar un sistema operacional de evaluación y monitoreo de los procesos de erosión y sedimentación aplicables a la región andina, basado en datos de sensores remotos y modelación con SIG. Hasta este punto, cinco modelos de erosión (Rusle3D, Thornes, Barnes, Morgan, USPED) fueron aplicados a una escala regional en el departamento de Cochabamba, Bolivia. El modelamiento fue hecho en un entorno de SIG, usando un km² de resolución espacial y un intervalo de tiempo de un mes. Datos geográficos de dominio público y bases de datos de clima, topografía y cobertura de la tierra de nivel mundial fueron utilizados. Imágenes NOAA-AVHRR fueron usadas para dirigir la dinámica de la cobertura de la tierra en los modelos de erosión. El desempeño de estos modelos a escala regional, incluyendo la exactitud de los datos geográficos está siendo evaluada actualmente usando datos con una mayor resolución espacial en combinación con la modelación de la erosión a escala de cuenca.

Diaz (2015), aplicó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) y las técnicas de Geoprocesamiento, y encontró que el valor medio anual de la erosividad de las lluvias (EI₃₀), es de 4,76 y la erodabilidad de 0.03412. Por lo tanto, las pérdidas de suelo en la subcuenca del río Angasmarca- La Libertad- Perú, fueron estimadas por encima de 97.82 en micro cuencas de mayores pendientes y de 77.47 en terrenos con pendientes planas a moderadas. La sub-cuenca presenta en un 47% de su área un elevado riesgo de erosión y en consecuencia a degradación ambiental, vinculado principalmente a alta erosividad de las lluvias y a su relieve muy accidentado, por lo que se recomienda acciones mitigadoras para disminuir los impactos ambientales evitando el uso indiscriminado de estas tierras y el 53% del área restante deben implementarse labores agrícolas con medidas de conservación de suelos.

Portuguez (2015), estableció que los modelos de erosión conjuntamente con las aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen herramientas eficaces para los estudios de la pérdida de suelo por erosión, el mismo que constituye un problema medioambiental grave. Mostró el gran potencial de los SIG, a través de la implementación de una aplicación práctica, para el estudio de la erosión en la parte alta de la cuenca del río Siguas en Arequipa. Se utilizó el modelo USLE (Universal Soil Loss

Equation) como método para el cálculo de las tasas de pérdida de suelo, posibilitando la elaboración de una cartografía de estados erosivos, que permite la identificación de las áreas de especial sensibilidad a la erosión.

Huerta y Loli (2014), cuantificaron la escorrentía superficial y la pérdida de suelo bajo condiciones de uso del suelo en las microcuencas de Huangamarca y Pollo de la cuenca alta del río Moche. Para este efecto, se determinaron los caudales de los ríos y se utilizó el registro de lluvias de un período de 24 años (1988-2011) de la Estación Meteorológica del SENAMHI. Este dato permitió estimar el poder erosivo de las precipitaciones como factor determinante de la erosión en términos de degradación específica en t/ha/año mediante el método de Fournier, basado en la función fundamental del coeficiente p^2/P , siendo p la precipitación del mes más lluvioso y P la precipitación total anual. Se registró pérdidas de suelo por erosión hídrica, en Huangamarca y Pollo, en el orden de 7.29 y 33.40 t/ha/año, respectivamente. Estas pérdidas por erosión son consideradas valores altos, comparados con el rango permisible por la FAO (0.4-1.8 t/ha/año), que afectan los agroecosistemas (cultivos).

Vásquez y Tapia (2011), cuantificaron la pérdida de suelo por erosión hídrica y el efecto de la construcción de zanjas de infiltración en el control de la misma. Los resultados encontrados muestran que la tasa promedio de erosión en las laderas de la sierra peruana es de 45.04 ton/ha-año, que representa una lámina de pérdida suelo de 3.20 mm/año. Asimismo, se encontró que la construcción de zanjas de infiltración, redujo la pérdida de suelo en 20.60 ton/ha-año lo que significa 1.47 mm/año. La región es semiárida, con una topografía accidentada, una precipitación promedio anual que varía entre 350- 1200 mm/año, con los más altos índices de pobreza y pobreza extrema del país y con altas tasas de erosión hídrica.

Aponte y Ramirez (2011), concluyeron que cada humedal presenta una estructura particular y compleja de sus comunidades vegetales, la cual guarda íntima relación con las actividades antrópicas de cada localidad. Identificaron a la ganadería y agricultura como una de sus principales amenazas de los Humedales de la Costa Central del Perú. Encontraron que la estructuración de las comunidades vegetales es un potencial bioindicador del estado de conservación a considerar dentro de los planes de manejo y monitoreo de estas áreas naturales.

Vilela (2010), concluyó que el recurso Humedales de Villa María, es un escenario natural frágil que se encuentra en un estado alarmante de conservación, tanto de su área física, integridad ambiental y por ende el deterioro y amenaza en contra de los recursos naturales de flora y fauna propias de la zona a causa del crecimiento urbano de la ciudad y los sectores vecinos al recurso, ya que el uso predominante en la zona es de vivienda y comercio.

Vega (2016), estimó la erosión Hídrica, generada por la precipitación en áreas sin cobertura vegetal y áreas con cobertura vegetal, las cuales se asemejan a cada zona de recarga en cuatro sectores de la provincia de Abancay, concluyó que, 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.

Escalante (2009), encontró que los problemas ambientales que se presentan en la microcuenca Kanchauran y la laguna de Urcos, tienen su origen en: los procesos erosivos hídricos y en la presencia del botadero de desechos sólidos ubicados en el sector de Patakancha, que aporta nutrientes (fosfatos y nitratos) a las aguas de la laguna incrementando su nivel de eutrofización, acelerando su proceso de colmatación.

Escalante *et al.* (2014), concluyeron que los problemas ambientales que generan mayor impacto e inciden en el deterioro ambiental son las actividades extractivas de los recursos del Humedal y que dadas las condiciones hidrológicas del Humedal, el principal peligro natural que se presenta en la zona es el peligro por inundaciones, es así que en el año 2010 se produjo una precipitación pluvial intensa con duración de varios días lo cual produjo la inundación del centro poblado de Huacarpay y causó el colapso de varias viviendas de adobe, debido a la erosión de las aguas y al transporte de materiales de fondo y lateral de las riberas del río Huatanay así como del río Lucre. El equipo técnico de la Gerencia Regional de Recursos Naturales del Cusco, GRRNGMA, 2017, realiza el Proyecto de Recuperación del Ecosistema Degradado del Humedal Huacarpay “Sitio Ramsar”. Los que realizan una evaluación diferencial en etapas del año 1930 al 1970 y de ahí al 2015, las cuales se dividen en periodos de 40 años, que existe una disminución acelerada en el Humedal Huacarpay; siendo las más afectadas la laguna de Huascar y las lagunas que se



habían conformado en el conjunto Huaton – Pumaorqo y en el conjunto Huaton – Muyna, con el 100% de la pérdida de la superficie del espejo de agua. Otro aspecto relevante es lo que sucede en las lagunas de Huacarpay (Muyna) y de Choquepuquio que también sufren impactos acelerados en la disminución de la superficie de agua aproximadamente en un 88% y 80% respectivamente. Igualmente, se observa que la extensión del espejo de agua se va reduciendo, como consecuencia de la consecuente presión antrópica que existe, en beneficio de seguir ampliando su frontera agrícola, actividad que no es un problema, que al contrario contribuye al desarrollo económico y social de la población.

De La Torre (2018), encontró que en 48 años la laguna de Huacarpay ha perdido 6.10 ha de espejo lacustre y 74.87 hectáreas de pantanos debido al avance del crecimiento poblacional de la tifa y la desecación de los pantanos para ser utilizados en actividades agropecuarias. Y que la contaminación por aguas servidas que llegan a la laguna todavía no ha sido resuelta, pues sigue influyendo decisivamente en el avance de la eutrofización, la cual se va incrementando por el aumento de factores contaminantes que contribuyen a que la laguna se encuentra en un estado de eutrofización moderada.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

El Humedal Huacarpay, está ubicado a 27 Km al Sur Este de la ciudad del Cusco, en la provincia de Quispicanchi, a una altitud de 3,020 m.s.n.m., está compuesto de cuatro lagunas permanentes, una laguna estacional, el humedal propiamente dicho y dos ríos: el río Lucre y el río Huatanay. Fue designado como Sitio Ramsar el 23 de septiembre del 2006 siendo declarado como “Humedal de Importancia Internacional” por la Convención RAMSAR y se constituye en el 11avo Sitio Ramsar del Perú. A pesar de este reconocimiento a nivel mundial, como toda área natural cercana a un centro poblado, como es el caso de las poblaciones de Lucre y Huacarpay está sometido a una serie de acciones que amenazan este valioso ecosistema, como son las actividades antrópicas de extracción indiscriminada de recursos del humedal, así como el desarrollo de actividades no sostenibles de ganadería, agricultura y pesca.

Estas actividades reducen drásticamente el tiempo natural de colmatación del humedal y ponen en riesgo la existencia del ecosistema. Debido a que el humedal es muy rico en nutrientes, presenta una productividad muy elevada; es un importante hábitat de aves acuáticas y se constituye en un sistema de regulación de las crecientes y estiajes, con lo cual contribuye al mantenimiento de la oferta hidrológica de la zona.

El deterioro ambiental del humedal se viene incrementado principalmente por un proceso acelerado de colmatación de los cuerpos de agua que constituyen el humedal, debido al continuo incremento de los aportes de sedimentos provenientes de la erosión hídrica de la Microcuenca del río Lucre que a su vez son producto de la deforestación, sobrepastoreo, pérdida de cobertura vegetal en toda el área de la microcuenca.

El impacto de la erosión sobre los recursos hídricos de la microcuenca del río Lucre se manifiesta principalmente en el incremento de la carga de sedimentos sobre los cursos de agua que alimentan el Humedal Huacarpay, De igual manera, la erosión provoca alteraciones físico-químicas y bacteriológicas que afectan a la fauna y flora del Humedal.

La erosión hídrica no afecta solamente al suelo, sino también al paisaje porque influye en la vegetación y el clima. A raíz de esta situación, surge la necesidad de evaluar el nivel de colmatación generado por la erosión hídrica en el área de la microcuenca Lucre sobre el Humedal Huacarpay a fin de cuantificar la pérdida de suelo en la microcuenca y así poder plantear medidas para la protección del Humedal.

2.2 Enunciados del problema

2.2.1 Pregunta general

¿Cómo influye la erosión hídrica de la microcuenca Lucre en la colmatación del Humedal Huacarpay?

2.2.2 Preguntas específicas

- a) ¿Cuál es el grado de erosión hídrica de la microcuenca del río Lucre?
- b) ¿Cuál es el nivel de colmatación que presenta el Humedal Huacarpay?

2.3 Justificación

La erosión del suelo es una amenaza grave para la seguridad y estabilidad socioeconómica, por ello es necesario conocer los procesos de erosión y sus consecuencias, en los últimos años se ha avanzado notablemente en el reconocimiento del valor que tienen los humedales altoandinos y en la importancia de su conservación, pero existen limitaciones en cuanto se refiere al conocimiento acerca de la influencia que ejercen los procesos de erosión hídrica sobre la colmatación de los Humedales; estos procesos se llevan a cabo en el área de las microcuencas cuyas aguas alimentan a los humedales altoandinos, aportando gran cantidad de sedimentos, y produciendo la colmatación de sus cuerpos de agua. Es el caso de la microcuenca del río Lucre que aporta sedimentos al Humedal Huacarpay.

De otro lado, este Humedal es muy importante porque es uno de los pocos ecosistemas alto andinos productivos de la Región Cusco, esto quiere decir que aquí se forma la base

de las redes alimentarias complejas capaces de albergar una gran biodiversidad. Así mismo en el humedal se desarrollan actividades de sustento para la población humana local como: agricultura, ganadería y actividades tradicionales como pesca y extracción de totora.

De ahí parte la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación que aportará información cuantitativa sobre la pérdida de suelo en la microcuenca Lucre, así como acerca del nivel de colmatación del Humedal, datos importantes que aportarán al gobierno local de Lucre una información valiosa para ser considerada en su programa de gestión y manejo ambiental del Humedal.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Evaluar la colmatación producida por erosión hídrica de la microcuenca Lucre sobre el Humedal Huacarpay-Cusco.

2.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el grado de erosión hídrica de la microcuenca del río Lucre
- b) Determinar el nivel de colmatación que presenta el Humedal Huacarpay.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

Si se incrementa la erosión hídrica de la microcuenca Lucre, entonces también se incrementará la colmatación del Humedal Huacarpay.

2.5.2 Hipótesis específicas

- a) El grado de erosión hídrica de la microcuenca Lucre se podrá conocer aplicando la Ecuación Universal de pérdida del suelo. (Método USLE).
- b) Mediante la medición del nivel de eutrofización de los cuerpos de agua del Humedal se podrá determinar el nivel de colmatación que presentan.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El área de estudio corresponde a la microcuenca del río Lucre y a la planicie donde se ubica el humedal Huacarpay, ambos se ubican a 27 km al sur este de la ciudad del Cusco, Hidrográficamente la zona de estudio forma parte de la microcuenca del río Lucre, Subcuenca del río Huatanay pertenecientes a la Cuenca del río Vilcanota; siendo sus coordenadas las siguientes:

Coordenadas geográficas: Latitud: 13°40'50" y 13°36'71" Sur

Longitud: 71°44'21" y 71°37'33" Oeste

Coordenadas UTM: Norte: 8486000 a 8495000

Este: 202000 a 208000

Altitud: Humedal Huacarpay: 3 020 msnm,

Microcuenca Lucre entre 3100 y 4200 msnm

Sus Límites son: Por el Norte: Distrito de Oropesa

Por el Sur: Distrito de Rondocan

Por el Este: Distrito de Andahuaylillas

Por el Oeste: Distrito de San Jerónimo

El acceso a la zona de estudio se realiza mediante dos vías principales: Primera la vía asfaltada de primer orden que une las ciudades de Cusco – Sicuani - Arequipa, que parte de la ciudad del Cusco distante a 27 km del Humedal Huacarpay. Y la segunda vía la constituye la vía de acceso a la capital del distrito de Lucre que ingresa por el sector de Anchibamba, por el ramal que parte de Huacarpay.

El clima en la parte media y baja de la microcuenca de Lucre así como en la planicie del Humedal se puede considerar como templado y en las partes altas de la microcuenca el clima es frío. De acuerdo a la interpretación de los datos climáticos de Lucre (climate-data.org, 2018) así como a los Registros Meteorológicos de la Estación de Ccatcca (Senahmi, 2017), se tienen tres periodos climáticos diferenciados en la zona de estudio: Una estación de sequía relativa entre los meses de mayo, junio, julio y agosto, es decir presenta en esos meses un periodo donde la precipitación está ausente y a su vez se registran las temperaturas más frías, existiendo un contraste notable en cuanto a variación de temperatura entre el día soleado y caluroso y la noche muy fría; lo cual incide desfavorablemente en la producción de cultivos alimenticios. Una estación relativamente húmeda entre los meses de septiembre a noviembre y marzo a mayo, durante los cuales la precipitación es escasa y no sobrepasa los 100 mm y la temperatura registra sus promedios más altos del año. Y Una estación de lluvias medias mensuales mayores a 100 mm entre los meses de noviembre a marzo, llegando a alcanzar 150 mm, es una estación donde se producen altas precipitaciones concentradas que son las que activan el régimen hidrológico de la zona del humedal Huacarpay, provocando por una parte la erosión hídrica en los relieves superficiales y por otra parte la recarga de los acuíferos.

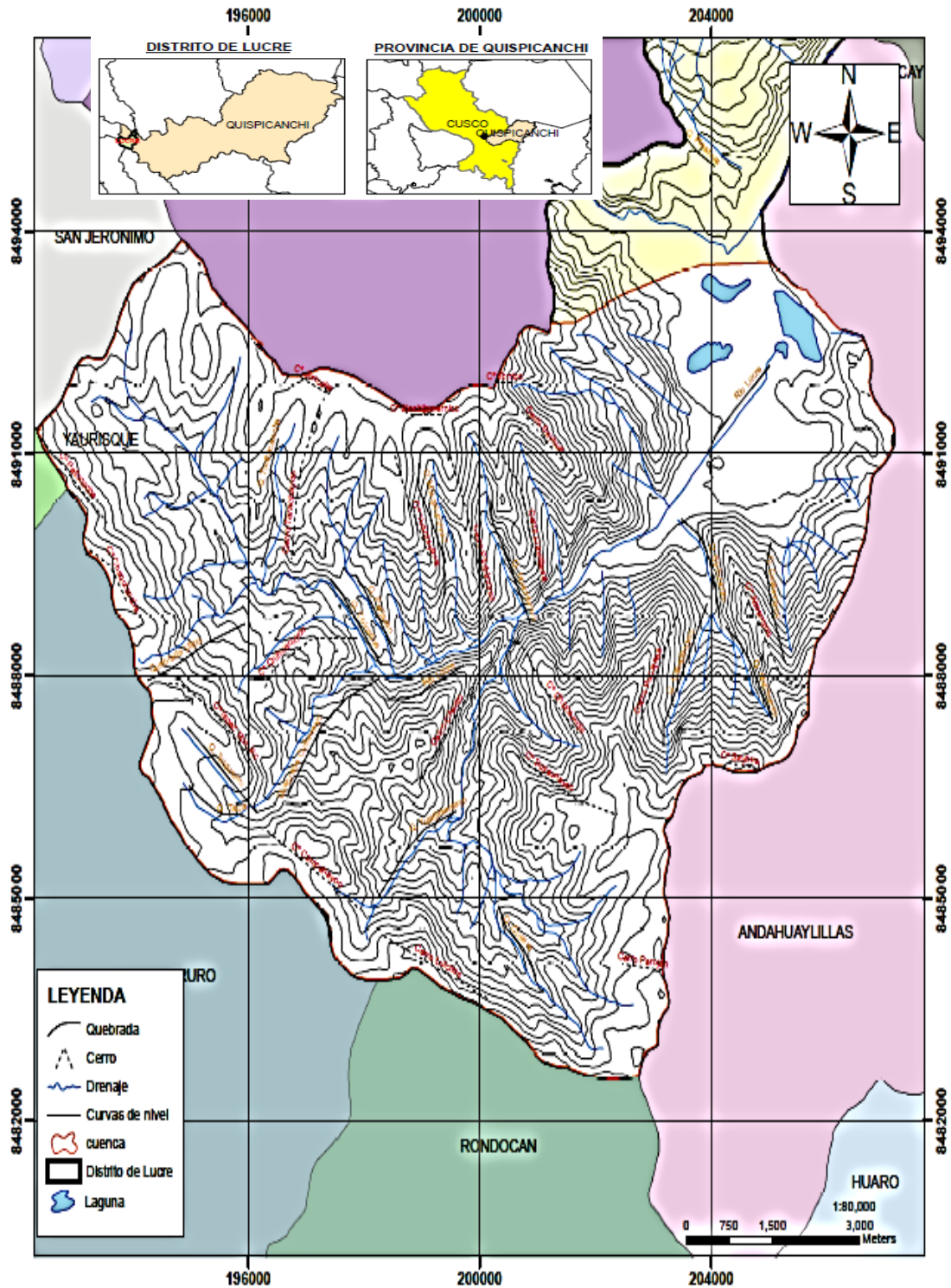


Figura 1. Ubicación de la Microcuenca Lucre y del Humedal Huacarpay.
Fuente: Mapas base del Programa ArcGIS. Abril 2019.

Las formas del relieve que se presentan en la zona de estudio, se han agrupado en tres conjuntos morfológicos, como son: la planicie de Lucre, las montañas de Lucre y de Condorsayana, y el valle de Lucre. La geología de la zona de estudio está constituida por

unidades litológicas de naturaleza sedimentaria y volcánica, cuyas edades varían desde el Mesozoico hasta el cuaternario reciente.

En cuanto se refiere al aspecto socio económico y ambiental, la zona de estudio se enmarca dentro del Distrito de Lucre, Provincia de Quispicanchi, Departamento del Cusco, en cuya jurisdicción se encuentra el Humedal Huacarpay. La población está representada básicamente por la población del área urbana del Distrito de Lucre incrementada por los habitantes del poblado de Huacarpay. La zona de estudio involucra un área rural que representa el 22% de su población, la misma que está asentada en la parte alta de la quebrada Lucre. Según lo registra el IV Censo Nacional Agropecuario 2012, el distrito de Lucre es principalmente agropecuario, el 73% de sus pobladores se dedica a esta actividad, como en los distritos vecinos, el maíz sigue siendo el cultivo más representativo, con variedades similares a las del Valle Sagrado de los Incas. El área cultivada con este producto es el 80% del total. Los cultivos de hortalizas y forrajes son menores, pero van en aumento.

La actividad pecuaria se sustenta en la crianza extensiva de ovinos y caprinos, seguido de los vacunos. Las familias también se dedican a la crianza de animales menores (cuyes y aves de corral), orientadas mayormente al autoconsumo. La tecnología que se utiliza en el distrito es tradicional. Otra actividad importante en el distrito es la actividad pesquera, ya que, la microcuenca de Lucre cuenta con abundantes recursos hídricos que sustentan el desarrollo de la piscicultura, a través del desarrollo de Piscigranjas o criaderos de peces como la trucha, pejerrey y otros, que sirven para el abastecimiento de los restaurantes campestres de la zona y los diferentes mercados locales.

Estas actividades agrícolas y pecuarias están entrando en conflicto, por su extensión con el espacio del humedal Huacarpay, produciéndose impactos negativos por la contaminación que generan. Siendo el impacto mayor el producido por la desecación o drenaje del humedal para ampliar la frontera agrícola. Esto conlleva a la alteración del régimen hídrico y pérdida de hábitat para las poblaciones de aves que utilizan el humedal.

Otro impacto es el producido por el pastoreo de ganado dentro del humedal, cuyas excretas contribuyen a la eutrofización, igualmente el humedal se utiliza como lavadero de ropa, coches, bicicletas y demás, usando jabones y detergentes no biodegradables en las márgenes de las lagunas, incrementando su eutrofización.

3.2 Población

En el presente trabajo de investigación la Población está constituida por la Microcuenca del río Lucre que abarca una extensión superficial de 105.38 km², y se ubica al S-SW del Humedal Huacarpay, presenta una orientación NE – SW hasta la confluencia de los ríos Colcaque y Pacramayo donde cambia de orientación a NW – SE, está conformada por 2 quebradas principales (Colcaque y Pacramayo) y 45 quebradas secundarias que aportan sedimentos (gravas, arenas limos y arcillas) provenientes de la erosión hídrica de la microcuenca, así como nutrientes (fosfatos y nitratos) al río Lucre, el cual deposita sus aguas en la planicie del humedal.

3.3 Muestra

El Diseño de Muestreo que se ha empleado en la presente investigación para la recolección de las muestras fue el de Muestreo intencional o por conveniencia. La Muestra está constituida por 12 puntos de muestreo cuya distribución se muestra en las tablas 1 y 2.

Tabla 1
Ubicación de las muestras de suelos

N°	Ubicación	Coordenadas UTM	
1	Sector de Huasanhuiray	199819	8486811
2	Sector de Huanllaran	200240	8487888
3	Sector de Chillcamojo	200200	8488742
4	Sector de Llaullijasa	201251	8489123
5	Sector de Pucajasa	201922	8489373
6	Sector de Yanamanchi	202815	8490049

Tabla 2
Ubicación de las muestras de aguas

N°	Ubicación	Coordenadas UTM	
1	Rio Lucre desembocadura	204752	8491818
2	Rio Lucre en el humedal	204872	8492409
3	Laguna Huacarpay en Urpicancha	205886	8492274
4	Laguna Huacarpay orilla norte	205201	8493218
5	Laguna Lucre orilla norte	204689	8492350
6	Laguna Lucre orilla sur	203593	8492069

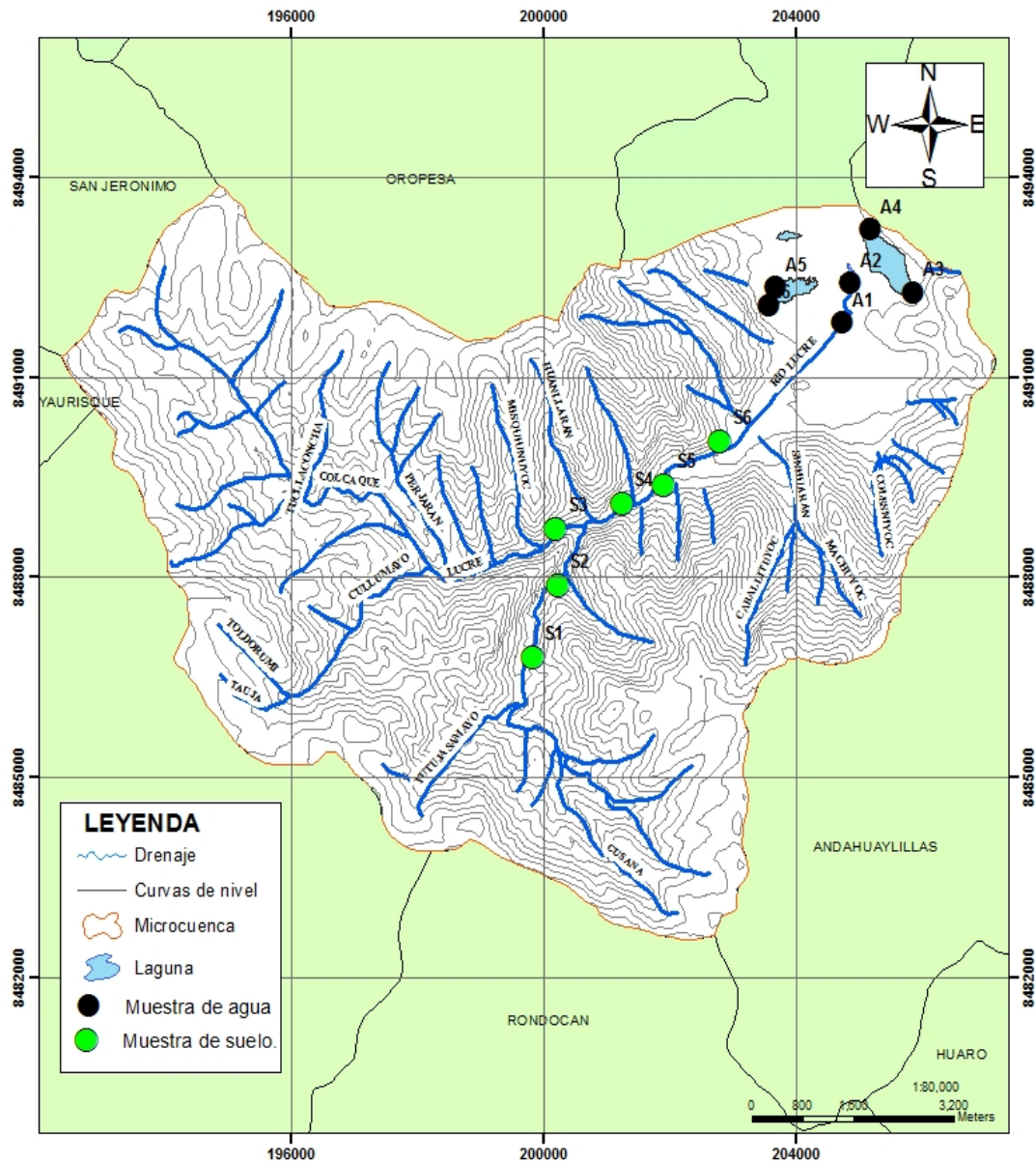


Figura 2. Ubicación de las muestras de aguas y de suelos.
Fuente: Mapas base del Programa ArcGIS. Abril 2019.

Las técnicas empleadas para el muestreo de los suelos se llevaron a cabo de acuerdo a la Guía para el muestreo de Suelos (MINAM, 2014) y el muestreo de aguas se realizó conforme al Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales (DIGESA, 2007).

3.4 Método de investigación

De acuerdo con la metodología de la FAO (2017), los métodos para la evaluación de la degradación de suelos pueden ser agrupados en varias categorías generales:

observaciones y mediciones directas, técnicas de teledetección, métodos paramétricos y modelos matemáticos.

La mayoría de las evaluaciones a diferentes escalas se basan en ecuaciones y modelos predictivos que relacionan las tasas de degradación con variables climáticas, topográficas, del suelo y del uso y manejo de la tierra (Camargo *et al.*, 2017).

Conforme a los objetivos planteados en la presente investigación el estudio corresponde a un Nivel Básico y es de Tipo Descriptivo ya que consiste en la recolección de datos de campo directamente de la realidad donde se presentan los fenómenos observados.

La metodología empleada en el presente trabajo de investigación consta de las siguientes etapas:

- 1. Etapa de Pre campo.** En la cual se realiza la revisión de documentos y publicaciones existentes en materia de erosión hídrica en las microcuencas, colmatación y eutrofización de aguas de los humedales.
- 2. Etapa de acopio de información en el campo.** Se realizó mediante la observación directa para identificar los problemas de erosión hídrica y colmatación presentes en la zona; así como el cartografiado de mapas base de la zona y la realización de toma de muestras de suelos en la microcuenca del río Lucre y la toma de muestras de agua en las aguas del Humedal.
- 3. Etapa de procesamiento de los datos.** Se llevó a cabo mediante el trabajo de gabinete con la elaboración de mapas, secciones y tablas utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) e imágenes satelitales y el trabajo de Laboratorio con los análisis de muestras de suelos y aguas. Para finalizar con la elaboración del informe final.

Las variables analizadas en los objetivos específicos son:

- **Variable independiente:**

Erosión hídrica de la microcuenca del río Lucre.

- **Variable dependiente:**

Nivel de colmatación del Humedal.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Erosión Hídrica de la microcuenca del río Lucre

Para el análisis de la erosión hídrica en la microcuenca del río Lucre se ha aplicado el Método USLE (Universal Soil Loss Equation) elaborado por (Wishmeier & Smith, 1979) es un modelo matemático que desarrolla una ecuación universal para el análisis de la erosión de suelos, a partir de su aplicación se le han hecho modificaciones y revisiones, así tenemos la RUSLE (Pal y Shit, 2017; Renard, *et al.*, 1993; Xu *et al.*, 2008). Básicamente la ecuación toma la forma de un simple producto:

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

Donde:

- **A** es la cantidad de material erodado calculado o medido expresado en toneladas por hectárea para una duración de lluvia específica. **A** representa la pérdida del suelo en toneladas por hectárea por año.
- **R** es el factor erosividad, que es medido por el poder erosivo de la lluvia expresado en milímetros.
- **K** es el factor de erodabilidad del suelo, es erosión estándar en tonelada por hectárea por unidad de erosividad **R**, para un suelo específico con una pendiente uniforme, es una medida de la susceptibilidad inherente de la partículas del suelo a la erosión;
- **L** es el factor longitud de pendiente, expresa la relación de pérdida de suelo de una pendiente expresada en metros lineales.
- **S** es el factor de gradiente de pendiente, expresada en porcentaje.
- **C** es el factor combinado de vegetación y manejo, expresa relación de pérdida de suelo de un área con cobertura y manejo específicos a una área similar pero en barbecho continuamente labrado; y **P** es el factor práctica de conservación de suelo que expresa la relación de pérdida de suelo de un área con cobertura y manejo específico como cultivo en contorno, cultivo en bandas o terrazas a esa con labranza a favor de la pendiente.

3.5.1.1 Determinación del Factor R.

Como base para determinar la erosividad se utilizan los datos promedios de precipitaciones mensuales. El índice R modificado de Fournier, desarrollado por (Arnoldus, 1978) se obtiene de la fórmula:

$$R = \frac{\sum p_i^2}{P}$$

Donde:

p representa la precipitación mensual en centímetros

i representa el mes correspondiente

P representa la precipitación promedio anual en centímetros

3.5.1.2 Factor erodabilidad del suelo (K)

Algunos suelos erosionan más rápidamente que otros bajo idénticas condiciones. Los suelos altos en limo o arena muy fina erosionan más rápidamente. La Erodabilidad disminuye a medida que el contenido de partículas de arcilla o arena (excluyendo arena muy fina) incrementan. La materia orgánica del suelo mejora la estructura, infiltración y agregación y disminuye la erodabilidad, pero agregados grandes pueden aun ser transportados por escorrentía de alta velocidad. La permeabilidad del perfil es importante debido a su influencia en la escorrentía.

Valores más exactos de K pueden ser obtenidos usando el nomograma de erodabilidad. el Nomograma gráficamente calcula K para un suelo dado en función de:

- La distribución de tamaño de las partículas,
- Contenido de materia orgánica,
- Estructura y
- Permeabilidad del perfil.

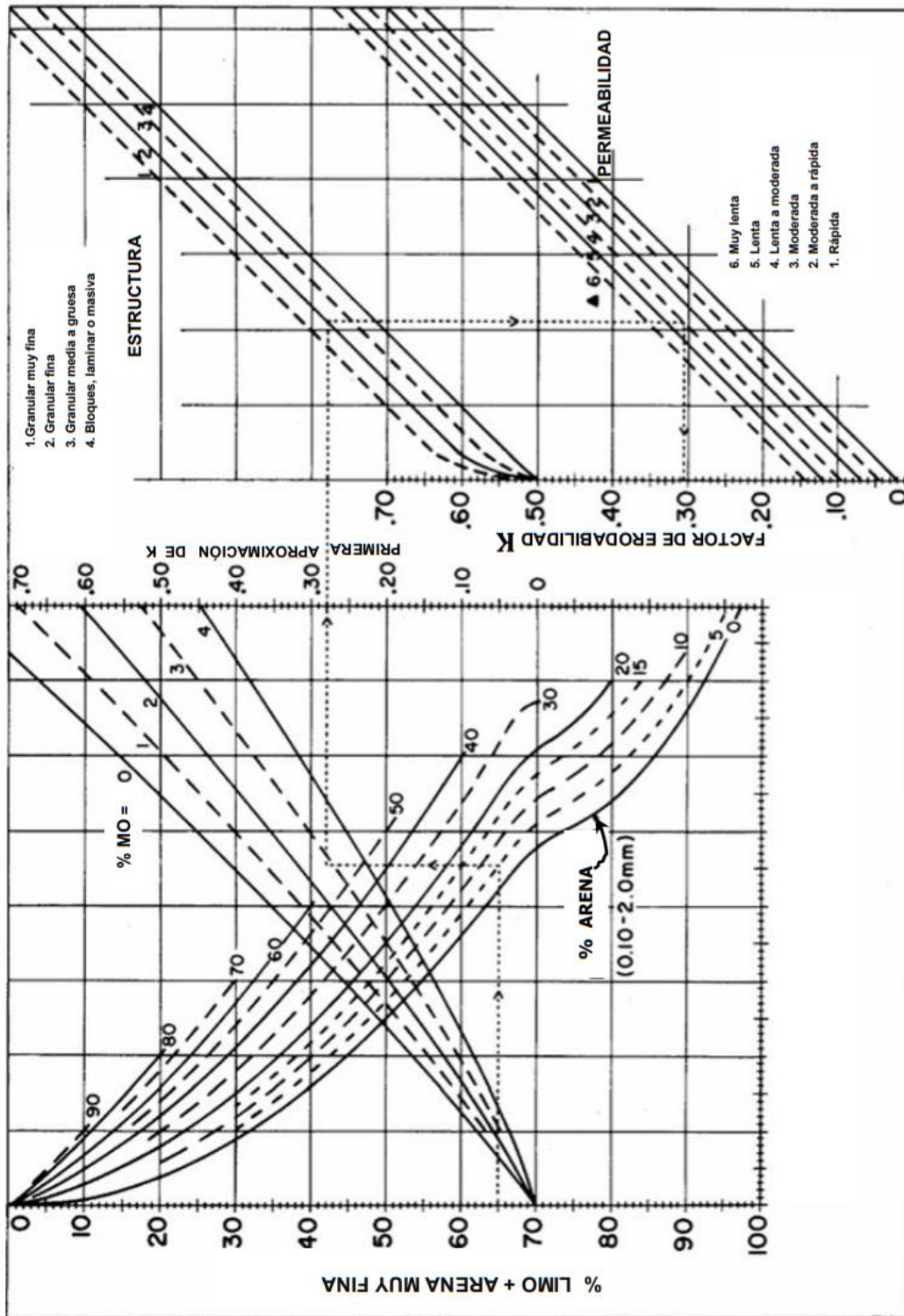


Figura 3. Nomogramas de erodabilidad para el cálculo del Factor K
Fuente: (Wishmeier y Smith, 1978).

Para determinar el valor de K se ha tomado muestras de suelos para ser analizadas en el laboratorio. Los parámetros a determinar son:

- Porcentaje de limo y arena muy fina (diámetros de partículas entre 0.002 y 0.10 mm).
- Porcentaje de arena excluyendo la arena muy fina (diámetros de partículas entre 0.10 y 2.00 mm).
- Porcentaje de materia orgánica.
- Estructura: tipo y clase. (Fig.3)
- Permeabilidad del perfil. (Fig.4)

Las muestras de suelo para análisis se extraen de la parte superficial del suelo, hasta una profundidad de 15 a 20 cm.

Las clases de estructuras en la Fig.1, son:

1. Granular muy fino, diámetro menor a 1 mm
2. Granular fino, diámetro entre 1 y 2 mm
3. Granular medio a grueso, agregados entre 5 a 10 mm de diámetro
4. Blocosa, laminar, masiva. Agregados muy gruesos.

Las clases de permeabilidad en la Fig.4 son:

1. Rápida a muy rápida: Suelo muy arenoso por toda su profundidad
2. Medianamente rápida: todos los demás suelos
3. Moderada: suelos de capa arable moderadamente profunda y permeable, sobre un subsuelo de textura gruesa.

4. Moderadamente lenta: suelos de poca profundidad de la capa arable moderadamente estructurados de arcilla limosa o arcilla franco limosa
5. Lenta: suelos de poca profundidad de la capa arable sobre estratos de arcilla masiva a arcilla limosa masiva.
6. Muy lenta: suelos muy arcillosos o con estratos impermeables debajo de la superficie.

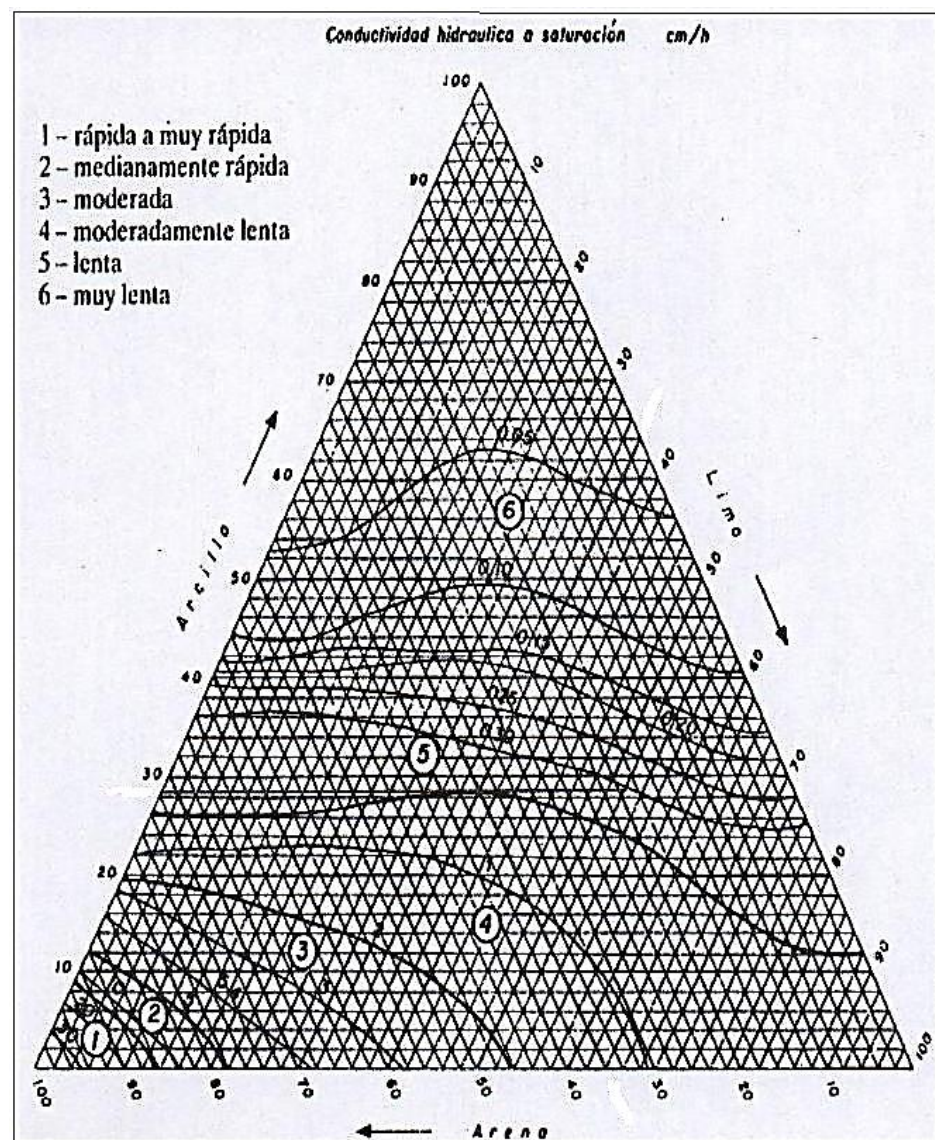


Figura 4. Triángulo textural adaptado a valores de permeabilidad

3.5.1.3 Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)

A medida que la escorrentía se acumula en una pendiente alargada, su capacidad de desprender y transportar se incrementa. La longitud de la pendiente y su inclinación se mide in situ, es decir en el lugar en que se intenta calcular la pérdida de suelos. El valor de los factores LS (combinados) para la microfrecuencia, se obtuvo a partir de la Fig.5.

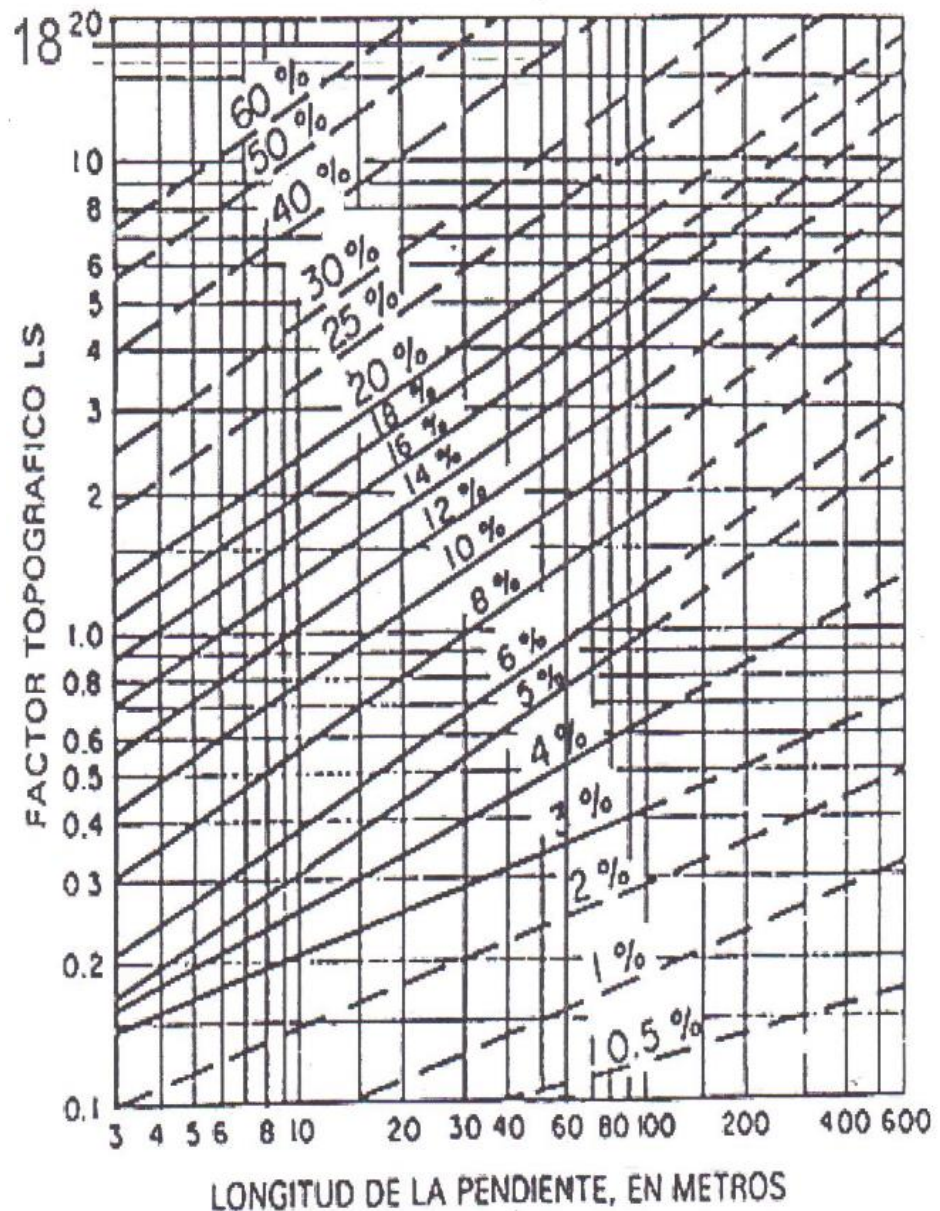


Figura 5. Cuadro logarítmico para cálculo del Factor Topográfico LS

3.5.1.4 Factor cobertura vegetal (C).

El valor del Factor Cobertura Vegetal (C) determina las tasas de erosión al reducir el impacto de las gotas de lluvia y facilitar la infiltración. Además, una vez originada la escorrentía superficial, ésta cubierta será la que reduzca la velocidad de la arroyada y su capacidad erosiva, favoreciendo con ello la infiltración. Por todo ello es un factor crítico en la retención del suelo. El factor C varía su valor entre 0 (mayor cobertura vegetal) y 1 (sin cobertura vegetal). Se ha calculado el valor de C a partir de los valores medios propuestos en la siguiente tabla:

Tabla 3
Valores medios del Factor C

Tipo de cubierta	Factor "C"
Arbolado forestal denso	0,01
Arbolado forestal claro	0,03
Matorral con buena cobertura	0,08
Matorral ralo y eriales	0,02
Cultivos arbóreos y viñedos	0,4
Cultivos anuales y herbáceos	0,25
Cultivos en regadío	0,04

Fuente: (ICONA, 1982)

3.5.1.5 Factor prácticas de conservación de suelos (P)

Este parámetro introduce directamente en la ecuación USLE, las medidas correctoras que el ser humano puede introducir en la planificación del territorio y usos del suelo, especialmente en el uso agrícola, para incrementar la retención de suelo y minimizar de este modo los efectos de la erosión. Las prácticas incluidas en este término son: cultivos en faja (cultivos alternados sobre contornos), y terrazas. El factor P se calcula como la razón entre las pérdidas de suelo con dichas prácticas y aquellas que ocurren cuando se cultiva en el sentido de la pendiente. Su valor varía entre 0 (medidas eficaces) y 1 (sin medidas).

3.5.2 Colmatación del Humedal Huacarpay

El nivel de colmatación del humedal ha sido calculado mediante la aplicación del programa ARCGIS con imágenes satelitales, tomando en cuenta los siguientes

parámetros: la eutrofización de las aguas, batimetría de las lagunas, superficie de los cuerpos de agua y la reducción del área de pantanos. Los nutrientes que más influyen en el proceso de eutrofización de los cuerpos de agua son los fosfatos y los nitratos (García, 2016).

Para nuestro estudio vamos a determinar el grado de eutrofización haciendo uso de tablas predeterminadas, aplicando los valores de los parámetros analizados con los que contamos. Las tablas empleadas son las siguientes:

Tabla 4
Características generales de los lagos eutróficos y oligotróficos de los países europeos.

Carácter	Eutróficos	Oligotróficos
Forma del lago	Extenso y poco profundo*	Estrecho y profundo
Sustrato del lago	Sal fina orgánica	Piedras y sales
Orilla del lago	Herbácea*	inorgánicas*
Penetración de la luz hasta	-20 *	Pedregosa
Valor 1% de la superficie(m)	Amarillo y verde*	20– 120
Color del agua		Verde o Azul*
Producción primaria neta (g/m ² /año)	150 - 500	15-50
Concentración de clorofila(g/l)	-15+	0,3 – 2,5
Rango de alcalinidad (anual) (meq/l)	1+ 10 – 30 *	Hasta 0,59
P total (ppb) ug/L	300 – 650 *	< 1 – 5
N total (ppb) ug/L	Alto en la superficie, escaso	<1- 200
Oxígeno	bajo el hielo o termoclina *	Elevado
Macrófitas	Muchas especies abundan en zonas poco profundas *	Pocas especies, algunas en aguas profundas.
Fitoplancton	Pocas especies, número Elevado *	Muchas especies, número bajo
Zooplancton	Pocas especies, número Elevado *	Muchas especies, número bajo
Macroinvertebrados	Muchas especies, número elevado	Número de especies moderado, número bajo.
Peces	Muchas especies	Pocas especies *

Fuente: (Kiely, 1999; Maitland, 1997)

En estas tablas se podrá realizar la comparación de las características que presentan las lagunas del Humedal.

Tabla 5

Valores límites para un Sistema Completo de Clasificación Trófica

Categoría Trófica del lago	Fosforo Total µg P/L	Valor medio Clorofila -a µg /L	Valor Máximo Clorofila a µg /L	Profundidad media de Secchi m	Profundidad mínima de Secchi m
Ultraoligotrofico	<1	<10	<2.5	>12	>6
Oligotrófico	<10	<2.5	<8	>6	>3
Mesotrófico	10-35	2.8 – 8	9 – 25	6 – 3 *	3 – 1.5 *
Eutrófico	35-100 *	8 – 25	25 – 75	3 – 1.5	1.5 – 7
Hipertrofico	750-1200	>25	>75	<1.5	< 0.7

Fuente: (Olmos, 2000)

Tabla 6

Versión modificada del esquema de clasificación de la OCDE basado en los valores de las concentraciones anuales máximas de clorofila-a, indicadores relacionados con la calidad del agua y probabilidad de contaminación

Categoría trófica del lago	Nivel máximo de clorofila-a- mg/m3	Crecimiento de algas	Grado de desoxigenación Hipolimnion	Probabilidad de contaminación	Consecuencias negativas para el uso multifuncional del lago
Ultraoligotrofico	<8	Bajo	Bajo	Muy baja	Ninguna
Oligotrofico					
Mesotrofico	8-25	Moderado	Moderado	Baja	Muy poca
Eutrófico:					
-Moderado m-E	26-35	Sustancial *	Elevado *	Importante *	Apreciable *
	36-55		Elevado	Fuerte	Apreciable
-Fuerte s-E	56-75	Elevado	Total	Elevado	Elevado
-Elevado h-E		Elevado			
	>75		Total	Muy elevado	Muy elevado
Hipertrofico		Muy elevado			

Fuente: (Kiely, 1999)

Vollenweider (1968) establece la clasificación de lagos europeos por su estado trófico tomando como base la cantidad de fósforo total y recomienda que tales concentraciones pueden ser aplicadas a lagos neotropicales como es el caso de las lagunas del Humedal.

Tabla 7

Concentración de fósforo total con relación al estado trófico de los lagos

Estado Trófico	Fósforo Total µg/L
Ultraoligotrófico	Menor de 5
Oligomesotrófico	5 – 10
Mesoeutrófico	10 - 30
Eupolitrofico	30 - 100
Politrofico	Mayor de 100

Fuente: (Vollenweider, 1968)

Dillon y Rigler (1975), reportan para lagos oligotróficos $P < 0.01 \text{ mg/l}$ ($P < 10 \text{ ug/l}$) y para la concentración límite de eutrofización $P > 0.01 \text{ mg/l}$. ($P > 10 \text{ ug/l}$)

Margalef (1983), manifiesta que 0.03 ppm (mg/l) ya es el límite de la eutrofización de lagos.

En base a los referidos autores, hemos resumido los indicadores de fósforo total de lagunas en la tabla 8.

Tabla 8

Concentración de Fósforo Total (ug/L) y estado trófico de lagos

Autores	Oligotrófico	Meso trófico	Eutrófico
Vollenwider, 1968	Entre 5 y 10	Entre 10 y 30	Entre 30 y 100
Dillon y Rigler, 1975	Menor de 10	-----	Mayor de 10
Margalef, 1983	-----	-----	Mayor de 30
Maitland, 1997	Menor de 1.5	-----	Entre 10 y 30
Kiely, 1999	Menor de 10	Entre 0 y 20	Mayor de 20
Olmos, 2000	Menor de 10	Entre 10 y 35	Entre 35 y 100

3.5.3 Procedimiento, materiales y equipos

Se realizó el mapeo y cartografiado en toda el área de la microcuenca generando mapas a diferentes escalas con ayuda del programa ARCGIS y luego se tomaron muestras de suelos en los sectores de Huasanhuiray, Huanllaran, Chillcamojo, Llaullijasa, Pucajasa y Yanamanchi, las cuales fueron analizadas en el laboratorio del Departamento de Química de la UNSAAC, obteniendo resultados acerca del contenido de materia orgánica y la granulometría contenido de arena, limo y arcilla de cada una de las muestras, los resultados se muestran en los anexos.

Para el análisis del nivel de colmatación de los cuerpos de agua del Humedal, se ha considerado el estudio del grado de eutrofización que presentan los cuerpos de agua, para lo cual se tomaron muestras en la desembocadura del río Lucre, dentro del humedal, en la laguna de Huacarpay, sector de Urpicancha y en la orilla norte, en la laguna Lucre en las orillas norte y sur, obteniéndose resultados de la Turbiedad (NTU), de contenido de Nitratos (ppm) y de Fosfatos ($\mu\text{g/L}$). Ver anexos.

Los materiales empleados fueron planos topográficos considerados como planos base a la escala de $1/25000$, mapas geológicos a escala de $1/25000$ de la zona de estudio obtenidos del Boletín 138-A del cuadrángulo de Cusco, publicado por

INGEMMET el año 2011, imágenes satelitales del distrito de Lucre obtenidas de Google Earth, que se emplearon para realizar el cartografiado de las áreas con pérdida de cobertura vegetal y con deslizamiento de suelos dentro de la microcuenca.

Los equipos empleados fueron una brújula de geólogo tipo Brunton para medir rumbos y buzamientos de los afloramientos rocosos, GPS marca Garmin para realizar la geo referenciación de los puntos mapeados, picota para obtener muestras de rocas, palas para obtener muestras de suelos, flexómetros de 3 y 5 metros para medir los estratos, winchas de 20 y 30 metros para medir las distancias y ubicar puntos de muestreo, balanza digital para pesar las muestras de suelos hasta 1 kg, bolsas de polietileno para transportar las muestras de suelos, recipientes de vidrio de 1 litro, para toma de muestras de aguas; cajas de cartón para transportar estas muestras. También se contó con una cámara fotográfica para el registro de imágenes en la zona de estudio.

3.5.4 Diseño Estadístico

El diseño estadístico que se ha empleado en la presente investigación está basado en los estudios observacionales, aplicándose la Estadística Descriptiva que es la rama de la estadística que recolecta, analiza y caracteriza un conjunto de datos con el objetivo de describir las características y comportamientos de este conjunto mediante medidas de resumen, tablas o gráficos (Ojeda *et al.*, 2014). Por lo que el análisis estadístico fue de naturaleza descriptiva y exploratoria; esto implicó la aplicación de una serie de procedimientos de conteo, y la obtención de tablas de frecuencias y porcentajes para tener la información sobre los patrones y la variabilidad.

La secuencia fue la siguiente: Primero se llevó a cabo la recopilación, organización y presentación de los datos que fueron recopilados mediante la observación y medición directa en el campo, luego fueron ordenados, tabulados, compilados y presentados mediante tablas y gráficos.

Seguidamente se realizó el análisis de las variables mediante el estudio de las muestras. Aplicando el modelo matemático de la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo USLE y Utilizando el Sistema de Información Geográfica SIG, para



luego realizar la interpretación mediante la cual se obtuvieron conclusiones válidas en base a los resultados del análisis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Erosión Hídrica de la microcuenca del río Lucre

La erosión hídrica en el área de la microcuenca del río Lucre se manifiesta principalmente con la presencia de la erosión laminar, erosión por surcos que producen cárcavas y erosión por remoción en masa que origina deslizamientos. Se ha realizado la medición de la pérdida de suelos en la microcuenca Lucre utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, más conocida como Método USLE por sus siglas en inglés.

4.1.1 Determinación de la Erosividad Factor R.

La erosividad se puede medir por mes, por periodos al año o para todo el año. Se ha tomado en cuenta el registro de precipitaciones de la estación meteorológica de Qatqa para el año 2017, por la similitud altitudinal con la microcuenca de Lucre ya que se encuentra a 3729 msnm.

Tabla 9

Cálculo del Factor R = Erosividad de la lluvia

Meses i	Precipitación media mensual mm Qatqa	Precipitación Media mensual p cm	(pi) ² cm ²
Enero	118.1 ± 0.5	11.81	139.47
Febrero	156.3 ± 0.6	15.63	244.29
Marzo	109.5 ± 0.6	10.95	119.90
Abril	88.4 ± 0.6	8.84	78.14
Mayo	25.2 ± 0.5	2.52	6.35
Junio	8.4 ± 0.0	0.84	0.70
Julio	0	0	0
Agosto	3.2 ± 0.0	0.32	0.10
Septiembre	6.4 ± 0.1	0.64	0.40
Octubre	23.9 ± 0.5	2.39	5.71
Noviembre	75.3 ± 0.8	7.53	56.70
Diciembre	83.0 ± 0.6	8.30	68.89
Total	697.7	P = 69.77	Σpi ² =720.65

Fuente: Registros Senamhi 2017.

En la Tabla 9, se ha calculado el error por el número de lecturas para cada mes, así tenemos: n=20 para Enero, n=19 para Febrero, n=23 para Marzo, n=15 para Abril, n=7 para Mayo y Octubre, n=1 para Junio y Agosto, n=2 para Setiembre, n=13 para Noviembre, n= 11 para Diciembre.(ver anexo 1)

Reemplazando: $R = \frac{\sum p_i^2}{P}$ tenemos: $R = 720.65 / 69.77 = 10.328 \text{ cm}$

$$R = 103.28 \text{ mm}$$

4.1.2 Determinación del Factor Erodabilidad del suelo K.

La erodabilidad de un suelo disminuye a medida que el contenido de arcilla o arena se incrementa., para determinar este valor se ha tomado muestras de suelos para ser analizadas en laboratorio. Las muestras de suelos empleadas fueron tomadas en los sectores siguientes: Ver Lám.04.

- Suelo 1 : Sector de Huasanhuiray.- Arena limosa
- Suelo 2 : Sector de Huanllaran.- Arena con algo de limo
- Suelo 3 : Sector de Chillcamojo.- Arena limosa
- Suelo 4 : Sector de Llaullijasa.- Arena limosa
- Suelo 5: Sector de Pucajasa.- Areana limosa
- Suelo 6: Sector de Yanamanchi.- Arena con algo de limo

Tabla 10
Análisis de las muestras de suelos

Suelos	1	2	3	4	5	6
Materia Orgánica %	3.20	7.22	5.30	6.10	3.00	7.40
Textura:						
Arena %	75	81	73	60	56	88
Limo %	22	17	25	36	39	11
Arcilla%	03	02	02	04	05	01

Fuente: Informe del Responsable del Laboratorio de Análisis Químico-Unidad de Prestaciones de Servicio de Análisis Químico-D.A. Química-UNSAAC- Dic. 2017 (ver anexo 3)

Con la información obtenida de los análisis de suelos se procedió a llevar estos valores a los nomogramas de erodabilidad.

Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 11

Cálculo del Factor K = Erodabilidad del suelo

Suelo	Limo + Arc %	Rest. Aren %	M.O %	Estructura	Permeabilidad	Factor K (1ra aprox)	Factor K
1.Huasanhuiray	25	75	3.20	Clase 2	Clase 3	0.135	0.14±0.01
2.Huanllaran	19	81	7.22	Clase 2	Clase 2	0.6	0.60±0.0
3.Chillcamojo	27	73	5.30	Clase 2	Clase 3	0.95	0.90±0.02
4.Llaullijasa	40	60	6.10	Clase 2	Clase 3	0.14	0.14±0.0
5.Pucajasa	44	56	3.00	Clase 2	Clase 3	0.25	0.24±0.02
6.Yanamanchi	12	88	7.40	Clase 2	Clase 1	0.3	0.30±0.0

Fuente: en base a los nomogramas de erodabilidad, ver cálculo en el anexo 5.

Se ha calculado el error en el Factor K para n=2.

4.1.3 Cálculo del Factor Longitud y Gradiente de la pendiente LS.

La longitud de la pendiente y su inclinación se ha medido en los lugares donde se ha tomado las muestras de suelos y se presentan en la tabla 12:

Tabla 12

Cálculo del Factor LS

Suelo	Longitud de la pendiente	% de la pendiente	Factor LS
1.Huasanhuiray	60 m±0.06	40±0.2	18
2.Huanllaran	50 m±0.06	35±0.2	16
3.Chillcamojo	45 m±0.06	40±0.2	17
4.Llaullijasa	55 m±0.06	35±0.2	16
5.Pucajasa	45 m±0.06	25±0.2	07
6.Yanamanchi	50 m±0.06	20±0.2	06

Fuente: en base al cuadro logarítmico para cálculo del Factor LS del anexo 7.

Se ha calculado el error con n=3 para la longitud de la pendiente y n=2 para % de la pendiente.

4.1.4 Determinación del Factor Cobertura Vegetal C.

Para la microcuenca de Lucre basados en las observaciones de campo y en el cartografiado de los mapas se ha elaborado la siguiente tabla para los valores del Factor C:

Tabla 13
Cálculo del Factor C = cobertura vegetal

Sector	Suelo/cubierta vegetal	Factor C
Huasanhuiray	1: Matorral ralo	0.02
Huanllaran	2: Matorral ralo	0.02
Chillcamojo	3: Matorral ralo	0.02
Llaullijasa	4: Matorral ralo	0.02
Pucajasa	5: Matorral bueno	0.08
Yanamanchi	6: Matorral bueno	0.08

Fuente: en base a valores establecidos por ICONA, 1982.

4.1.5 Determinación del Factor Prácticas de Conservación de suelos P.

El factor P se calcula como la razón entre las pérdidas de suelo con dichas prácticas y aquellas que ocurren cuando se cultiva en el sentido de la pendiente. Su valor varía entre 0 (medidas eficaces) y 1 (sin medidas). En nuestro caso, en los sectores mencionados no se han realizado ninguna medida para protección de la erosión, por lo que tomaremos el valor de $P = 1$.

4.1.6 Cálculo de la Pérdida del Suelo en la microcuenca del río Lucre:

A es la cantidad de material erodado calculado o medido expresado en toneladas por hectárea para una duración de lluvia específica. Representa la pérdida del suelo en toneladas por hectárea por año.

Tabla 14
Cálculo de la pérdida del suelo "A" = R x K x L x S x C x P

Suelo	R	K	LS	C	P	A tn/ha/año
1	103.28	0.14	18	0.02	1	5.21
2	103.28	0.60	16	0.02	1	19.83
3	103.28	0.90	17	0.02	1	31.61
4	103.28	0.14	16	0.02	1	4.63
5	103.28	0.24	07	0.08	1	13.89
6	103.28	0.30	06	0.08	1	14.88
Promedio						15.01

Tenemos como resultado que la Pérdida del suelo en la microcuenca del río Lucre en promedio es de: **15.01 Tn/ha/año**.

4.1.7 Discusión de los resultados obtenidos.

En las Tablas 14 y 15 se aprecia claramente que la pérdida del suelo dentro de la microcuenca del río Lucre está totalmente diferenciada, tenemos como valor máximo el del sector de Chillcamojo que es de 31.61 Tn/ha/año, esto se debe a que presenta un valor alto del Factor de Erodabilidad o Factor K, es decir ha influido la distribución del tamaño de las partículas que son en un 73% de tamaño de arena, el contenido de materia orgánica que es de 5.30 %, la estructura del suelo es Granular fina y la permeabilidad es moderada, por lo que estos suelos erosionan más rápidamente. En cambio, en el sector de Llaullijasa se presenta el valor mínimo que es de 4.63 Tn/ha/año, esto es resultado de que el suelo tiene un 40% de Limo más arcilla y un 6.10 % de materia orgánica, el contenido de arcilla y materia orgánica mejora la estructura, infiltración, agregación del suelo y por lo tanto disminuye la erodabilidad y consecuentemente disminuye la pérdida del suelo.

Tabla 15
Pérdida del suelo por sectores

Sector de la microcuenca	Pérdida del suelo Tn/ha/año
Huasnhuiray	5.21±0.05
Huanllaran	19.83±0.20
Chillcamojo	31.61±0.20
Llaullijasa	4.63±0.05
Pucajasa	13.89±0.03
Yanamanchi	14.88±0.03

Fuente: en base a la Tabla 14. Se ha calculado el error para n=2

Para tener una mejor idea de la intensidad de la pérdida del suelo en la microcuenca del río Lucre, tomamos en cuenta las siguientes tablas de referencia:

Tabla 16
Valoración del tipo de pérdidas del suelo

Tipo de pérdidas: (Grado de erosión hídrica)	Valor en Tn/ha/año Pérdida del Suelo
Ninguna o ligera	< 10
Moderada	10-50
Alta	50-200
Muy Alta	> 200

Fuente: (FAO, Erosión de suelos en América Latina, 1993)

De acuerdo a esta tabla tenemos que la pérdida del suelo en la microcuenca del río Lucre se encuentra en el Tipo de pérdidas MODERADA, es decir que necesita prácticas conservacionistas culturales, estructurales y vegetativas para mantener las pérdidas de suelo en un nivel tolerable en un sistema agrícola.

Por otro lado, la tabla 17 presenta los rangos para la zonificación de los niveles de intensidad de la erosión:

Tabla 17
Niveles de intensidad de erosión o pérdida de suelo adaptados de criterios internacionales

Intensidad de Amenaza	Pérdida de suelo (Tn/ha/año)	Pérdida de suelo en mm
BAJA	5 - 12	0.4 - 2
MEDIA	12 -25	2 - 5
ALTA	> 25	> 5

Fuente: (Wishmeier & Smith, 1979) por la FAO en 2004.

Como vemos en esta tabla la erosión tolerable o pérdida de suelo tolerable, es entre 5-12 ton / ha / año, en nuestro caso el nivel de intensidad de amenaza es MEDIA, con una pérdida de lámina de suelo entre 2 a 5 mm.

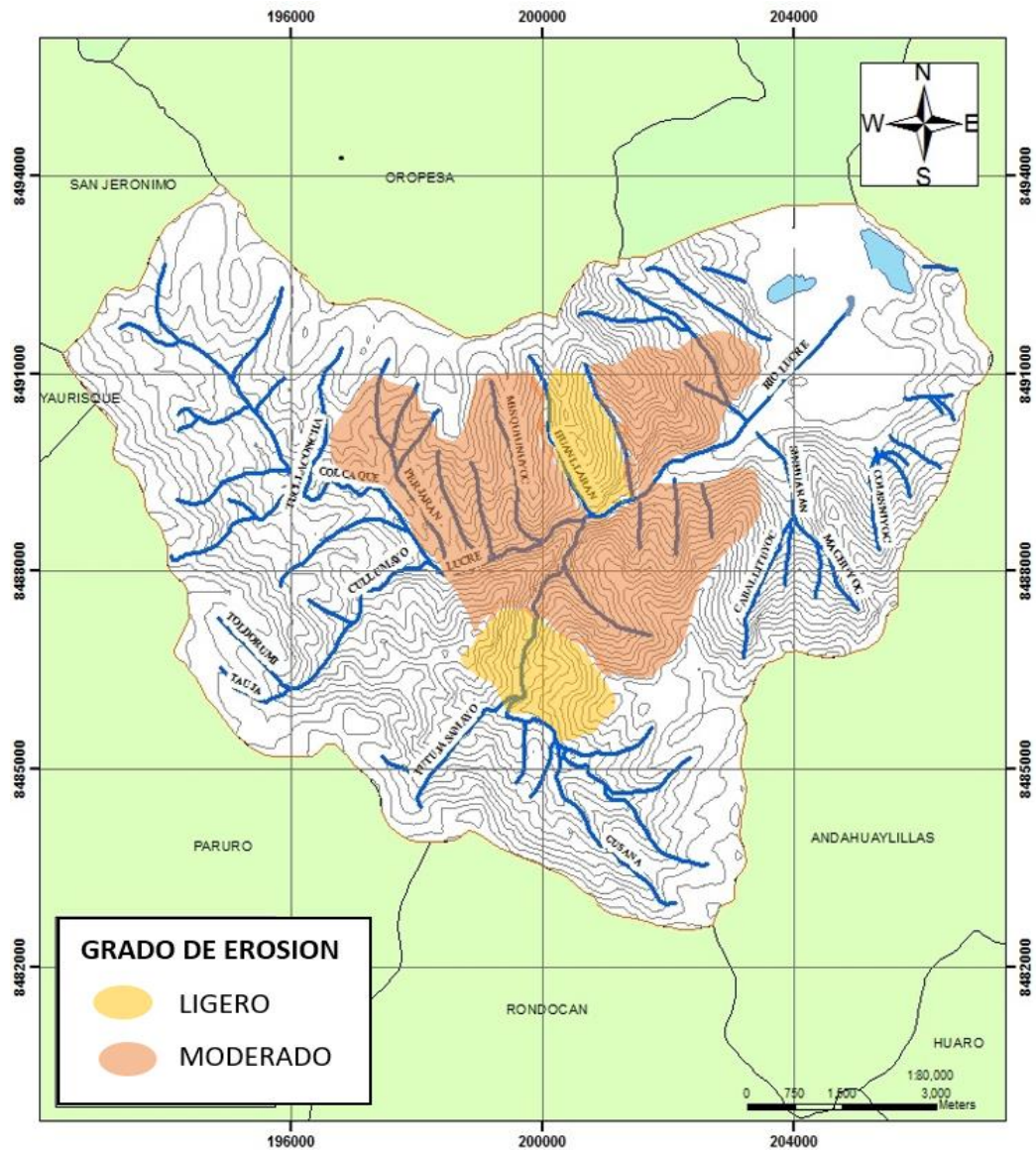


Figura 6. Grado de erosión hídrica en la microcuenca del río Lucre.

Por otra parte, tal como mencionan (Ares *et al.*, 2014) de acuerdo al análisis de la interacción lluvia-escorrimento-concentración de sedimentos se puede identificar diferentes respuestas erosivas, las que se podrían asociar, alternativamente a erosión laminar o a erosión en surcos como procesos dominantes en las microcuencas. Es así que la erosión hídrica en el área de la microcuenca del río Lucre se manifiesta principalmente con la presencia de la erosión laminar y erosión por surcos que producen cárcavas como se observa en las figuras 7 y 8.



Figura 7. Erosión laminar en el cerro Llaullijasa, margen izquierda del río Lucre, parte alta de la microcuenca.



Figura 8. Cárcavas en el sector de Yanamanchi. Parte media de la microcuenca. Margen izquierda del río Lucre. En la siguiente Tabla, se realiza la comparación de los resultados obtenidos con los resultados de otros autores:

Tabla 18
Comparación de resultados con otros autores

Autor/Año	Valor Tn/ha/año	Grado de erosión hídrica
FAO 1993	10 – 50	Moderado
Vargas y Tapia 2011	45.04	Moderado
Santacruz 2011	13.31 – 20	Moderado
Castro 2013	7.58	Ligero
Huerta y Loli 2014	7.29 – 33.40	Moderado
Díaz 2015	77.47 – 97.82	Alto
Escalante 2017	4.63 - 31.61	Moderado

Fuente: en base a la Tabla 16.

Como vemos, Diaz (2015), encuentra que en la sub-cuenca del río Angamarca, las pérdidas de suelo fueron estimadas por encima de 97.82 en microcuencas de mayores pendientes y de 77.47 en terrenos con pendientes planas a moderadas, lo que representa un Alto nivel de pérdidas de suelo, que no es el caso de nuestra microcuenca ya que la pérdida de suelo es de 15.01 que implica un nivel moderado o medio.

Igualmente, Huerta y Loli (2014), registran pérdidas de suelo por erosión hídrica, en las microcuencas de Huangamarca y Pollo, con valores entre 7.29 y 33.40 Tn/ha/año, respectivamente que al igual que el valor encontrado en la microcuenca Lucre se consideran como Moderado. Castro (2013), menciona una tasa promedio anual de erosión de 7.58 tn/ha/año en la microcuenca de la presa Madín.

Vásquez y Tapia (2011), encuentran que la tasa promedio de erosión en las laderas de la sierra (de 22 microcuencas altoandinas) es de 45.04 ton/ha-año, con una lámina de pérdida del suelo de 3.20 mm/año. Asimismo, se encontró que la construcción de zanjas de infiltración, redujo la pérdida de suelo en 20.60 ton/ha-año lo que significó la reducción de la pérdida de lámina del suelo a 1.47 mm/año. Por lo que esta medida de protección es la más recomendable para los suelos de la microcuenca de Lucre, sobre todo en los sectores de Chillcamojo y Huallaran que presentan las mayores pérdidas de suelo.

4.2 Colmatación del Humedal Huacarpay

El nivel de colmatación del humedal ha sido calculado tomando en cuenta los siguientes parámetros: la eutrofización de las aguas, batimetría de las lagunas, superficie de los cuerpos de agua y la reducción del área de pantanos.

4.2.1 Eutrofización de las aguas del Humedal.

Los nutrientes que más influyen en el proceso de eutrofización de los cuerpos de agua son los fosfatos y los nitratos. Para el presente estudio se ha realizado el análisis de las muestras que se indican y cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 19
Análisis físico químicos de las aguas del Humedal.

Muestra N°	Lugar de Muestreo	Turbiedad NTU	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L
1	Rio Lucre desembocadura	4.03	43.10	0.16
2	Rio Lucre delta en Humedal	3.55	28.80	0.16
3	Laguna Huacarpay- Urpicancha	10.55	61.80	0.25
4	Laguna Huacarpay orilla norte	4.11	98.10	0.23
5	Laguna Lucre orilla Norte	1.94	155.60	0.24
6	Laguna Lucre orilla sur	4.78	170.70	0.23

Fuente: Informe del Responsable del Laboratorio de Análisis Químico-Unidad de Prestaciones de Servicio de Análisis Químico-D.A. Química-UNSAAC-Dic. 2017 (ver anexo 4)

La Turbiedad es la característica que mide el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada suspendida como se aprecia en la Tabla 19, la turbiedad es mayor en la muestra N° 3 debido a que se encuentra próxima al centro recreacional de Urpicancha.

En cuanto se refiere a los valores del Fósforo Total que también es un indicador importante para la determinación del estado trófico de los lagos; tenemos como referencia el muestreo realizado en las aguas de la laguna de Huacarpay por la Autoridad Nacional del Agua el año 2016, así como el muestreo realizado por De La Torre en el año 2017. Que nos dan valores medidos en $\mu\text{g/L}$ (microgramos por litro), siendo el límite máximo permisible el de $35 \mu\text{g/L}$ conforme lo establece el D.S. N°004-2017-MINAM.

Tabla 20
Valores de Fósforo Total en la Laguna de Huacarpay por autores y año

Autor/Año	Fósforo Total $\mu\text{g/L}$
A.N.A, 2016	35
De La Torre, 2017	22
De La Torre, 2018	36

A continuación, presentamos en la Tabla 21 los valores que consideran diferentes autores acerca del contenido de Fosforo Total en las aguas de un lago o laguna, y que son los que determinan su clasificación trófica; como tenemos valores que fluctúan entre 22 y $36 \mu\text{g/l}$ en la laguna de Huacarpay, consideramos que se encuentra en un estado Eutrófico.

Tabla 21

Fósforo Total ($\mu\text{g/L}$) y estado trófico de lagos por autores y año

Autor/ año	Lago Eutrófico Fósforo Total $\mu\text{g/L}$
Vollenwider, 1968	Entre 30 y 100
Dillon y Rigler, 1975	Mayor de 10
Margalef, 1983	Mayor de 30
Maitland, 1997	Entre 10 y 30
Kiely, 1999	Mayor de 20
Olmos, 2000	Entre 35 y 100

Con referencia a los valores de nitratos y fosfatos hacemos una comparación con los valores encontrados por otros autores en la zona de estudio en la tabla 22. Como se aprecia en la Tabla, se cuenta con valores de fosfatos y nitratos a partir del año 2004, cabe resaltar que estos valores presentan una fluctuación considerable dependiendo de la época del año en que se tomó la muestra y su profundidad, ya que los fosfatos y nitratos presentan concentraciones tendientes al incremento en la columna de agua desde la superficie hacia la profundidad por lo que las muestras tomadas en el mes de diciembre presentan los menores valores por haberse tomado cercanos a la superficie y encontrarse diluidas por el agua de lluvia.

Tabla 22

Comparación de valores de Nitratos y Fosfatos por autores y año

Autor/año	Lugar de Muestreo/ Profundidad	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L	
(Acuña, 2004)	Río Lucre/ 2m	Altura Yanamanchi	8.7	0.10
		Altura Plaza Lucre	14.1	0.13
		desembocadura	16.4	0.10
(Escalante, 2017)	Río Lucre/ 0.5m	Desembocadura	43.1	0.16
		Delta en humedal	28.8	0.16
(Acuña, 2004)	Laguna Lucre/ 2m	Orilla sur	29.4	0.27
		centro	41.5	0.30
(Escalante, 2017)	Laguna Lucre/ 0.5m	Orilla norte	155.6	0.24
		Orilla sur	170.7	0.23
(Rojas, 2011)	Laguna Huacarpay/ 2m	Orilla norte	17.5	0.41
		Orilla sur	21.1	0.27
		centro	19.4	0.42
(Escalante, 2012)	Laguna Huacarpay/ 1m	Orilla norte	90.52	0.32
		Orilla oeste	112.84	0.78
(ANA, 2016)	Laguna Huacarpay/ 5m	Desembocadura	--	0.30
		desembocadura	--	0.20
(Escalante, 2017)	Laguna Huacarpay/ 0.5m	Altura Urpicancha	61.8	0.25

Orilla norte	98.1	0.23
--------------	------	------

El valor de los fosfatos en el río Lucre y en la laguna Lucre se ha mantenido por debajo de 0.4 mg/L que es el límite máximo permitido por el D.S. N°002-2008-MINAM; en cambio en la laguna de Huacarpay alcanzó un valor alto de 0.78 mg/L en el año 2012, disminuyendo a 0.23 mg/L en el año 2017.

Con respecto a los Nitratos, podemos apreciar que los valores máximos para el río Lucre fluctúan entre 16.4 y 43.10 mg/L, en el caso de la laguna Huacarpay sus valores máximos están entre 21.1 y 98.10 mg/L, y en la laguna Lucre los valores máximos están entre 41.5 y 170.70 mg/L, valores que consideramos como Muy Altos ya que para los ríos y las lagunas el valor permitido de los Nitratos sólo es de 13 mg/L. De acuerdo con los límites máximos permisibles considerados que corresponden a la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático. Norma Legal: “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas”. D.S. N° 004-2017-MINAM.

Tomando como referencia los valores estandarizados que se aprecian en las Tablas 4 al 8 mencionadas en la metodología, haciendo la comparación con los valores encontrados en los análisis de las aguas de las lagunas del Humedal con la Tabla 22, podemos decir que la categoría trófica de las lagunas es Eutrófica moderada. Pero este estado eutrófico se ve incrementado debido a que el río Lucre aporta nutrimentos, provenientes de 12 piscigranjas que utilizan alimentos balanceados para la crianza de truchas, de otro lado los fertilizantes inorgánicos y el excremento del ganado vacuno y ovino y la descomposición de la materia orgánica en los cuerpos de agua genera nitratos, los que favorecen el crecimiento estacional de algas y macrófitas. Luego el fondo de las lagunas se halla cubierto de un sedimento rico en materia orgánica fácilmente putrescible, la parte del bento evidencia un agotamiento de oxígeno. En tales condiciones se crea un ambiente reductor con formación de compuestos amoniacales y sulfurosos. Estos últimos y otros compuestos dan un color negro al fondo.

4.2.2 Batimetría de las lagunas del Humedal

En cuanto se refiere a la disminución de la columna de agua de las lagunas del humedal se tiene referencia de estudios de batimetría que se han realizado en las lagunas del Humedal, los cuales mencionamos en la siguiente tabla.

Tabla 23

Batimetría de las lagunas del Humedal por autores y año

Autor y año	Laguna Huacarpay	Laguna Lucre	Laguna Moina	Laguna Huáscar
	Permanente	Permanente	Temporal	Temporal
	Prof. Máx. metros	Prof, máx.m.	Prof. Máx. m	Prof. Máx.m
(Ihue, 1992)	8.20	---	2.00	---
(Hidromap, 2007)	7.10 a 8.60 en la zona de Falla	---	----	----
(Molina, 2009)	-----	3.50	0.50	0.50
(Escalante, 2019)	-----	2.50	0.30	0

También contamos con el perfil batimétrico de la laguna Huacarpay, realizado por la Empresa Hidromap en el año 2007, quienes utilizaron imágenes de sonar para determinar la profundidad de esta laguna, en la cual se aprecia la presencia de una falla geológica en cuyas inmediaciones es donde se registra la mayor profundidad.

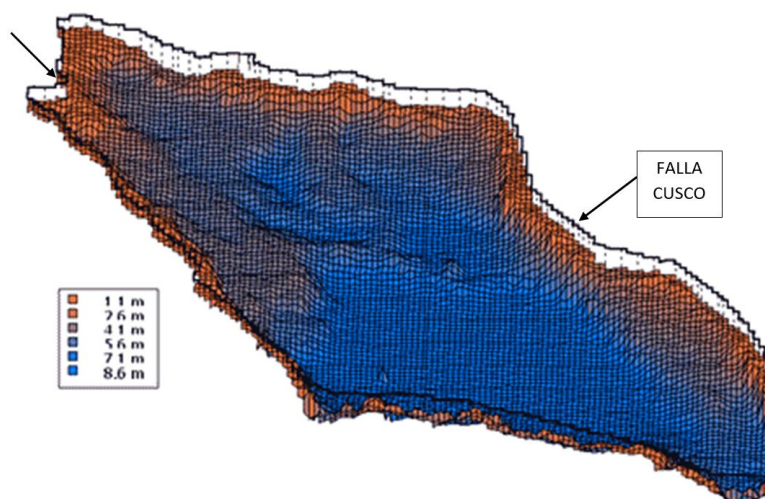


Figura 9. Perfil Batimétrico Laguna Huacarpay
Fuente: (Hidromap, 2007)

Como se aprecia en la Tabla 23, la disminución de la profundidad de las lagunas es muy evidente, así tenemos que en menos de diez años la laguna Huáscar ha desaparecido y la laguna Moina está en proceso de desaparecer.

4.2.3 Reducción de la superficie de las lagunas del Humedal

En cuanto se refiere a la superficie del espejo de agua de las lagunas haremos un análisis en base a la información cartográfica que recopilamos.

Tabla 24

Superficie de las lagunas del humedal por autores y año

Autor y Año	Laguna Huacarpay	Laguna Lucre	Laguna Moina
(Thue, 1992)	40.00 has		12.00 has
(De La Torre, 2018)	39.71 has		---
(Escalante, 2019)	39.09 has	17.73 has	2.90 has
Diferencia	0.91 has		9.10 has

Como vemos la superficie de agua de estas lagunas se ha reducido notablemente, debido principalmente al proceso de eutrofización y al crecimiento excesivo de la población de tifas que rodea a los cuerpos de agua.

En la Figura 10 se observa en una imagen satelital que el espacio dejado por la laguna Huáscar, que se ubicaba al sur de la laguna Huacarpay, ha sido ocupado por los terrenos de cultivo de los pobladores de la zona que han desplazado también la vegetación propia del humedal. También se evidencia que la laguna Moina debido a la coloración que presenta está en proceso de desecación.



Figura 10. Imagen Satelital del Humedal.
Fuente Google Earth, abril, 2019.

En la figura 11, utilizando las herramientas del Programa ARCGIS, se ha realizado la cuantificación de las áreas de las lagunas y del humedal propiamente dicho.

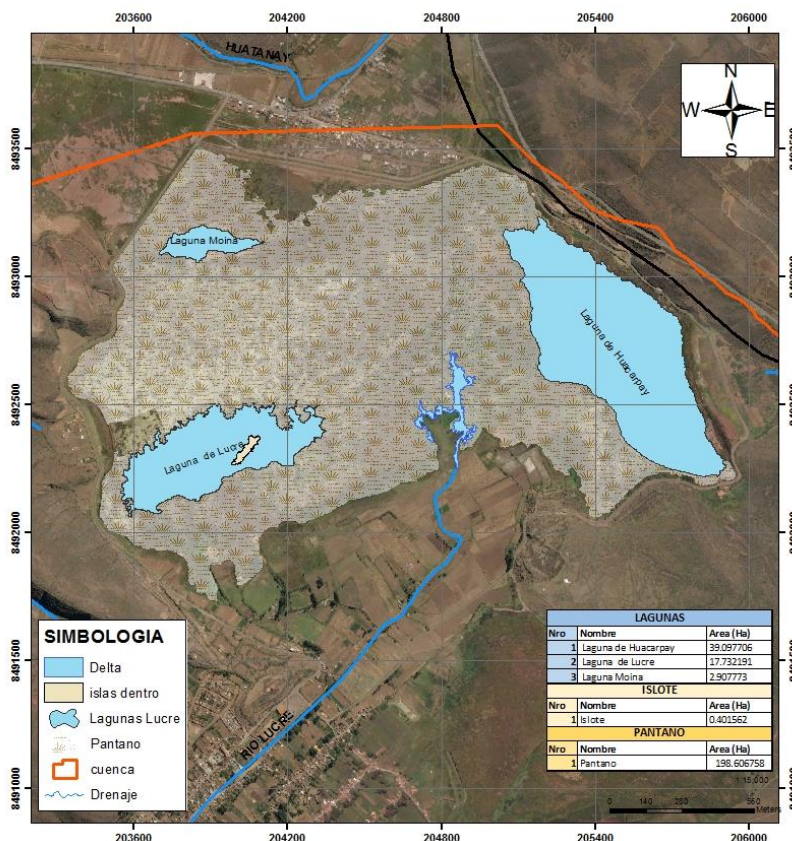


Figura 11. Medición de las áreas del humedal.

4.2.4 Reducción del área de pantanos del Humedal

Para la determinación de la reducción del área de pantanos del humedal, tomamos como referencia el valor obtenido. (De La Torre, 2018).

Tabla 25

Reducción de la superficie del Humedal por autores y año

Autor	Año	Superficie del Humedal	Reducción	%
De La Torre	2017	330.27 has		
Escalante	2019	258.72 has	71.55 has	21.64%

En la Tabla 25 y en las figuras 11, 12 y 13 hacemos la comparación cartográfica del área de estudio y observamos que el área del humedal se ha reducido en 2 años el 21.64% de su superficie. Lo cual nos evidencia que el proceso de colmatación del Humedal está siendo incrementado aceleradamente y en unos pocos años se desecaría completamente el área del Humedal quedando solamente como un vestigio el espejo de agua reducido de la laguna de Huacarpay.

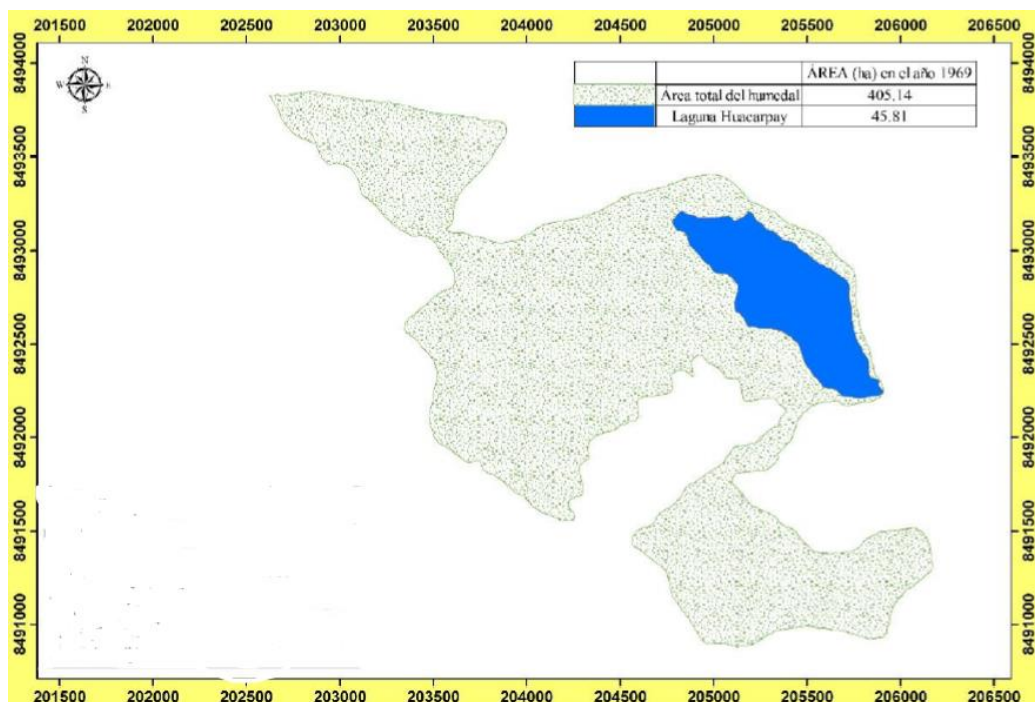


Figura 12. Área del Humedal cartografiada el año 1969. Fuente: De La Torre, 2018

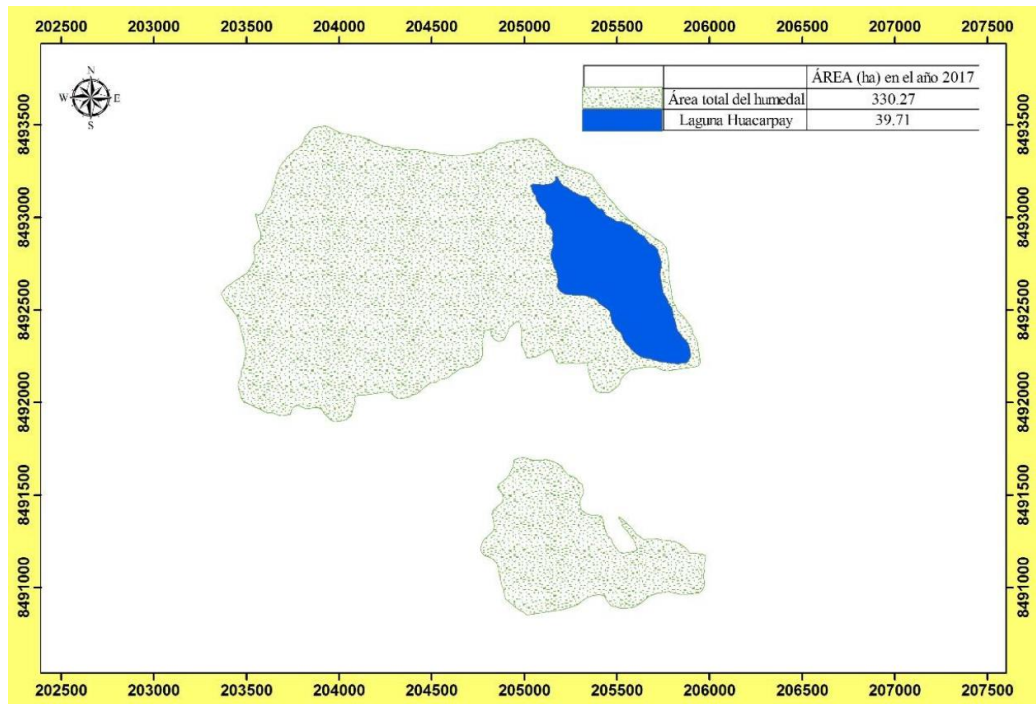


Figura 13. Área del humedal cartografiada
Fuente: De La Torre en el 2017.

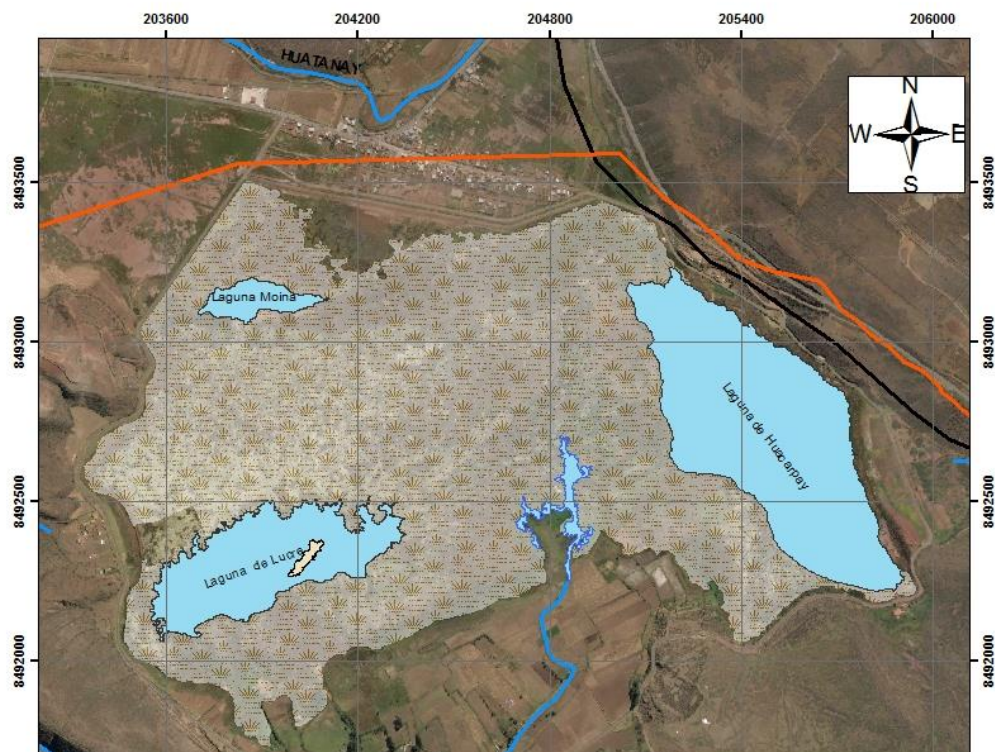


Figura 14. Área cartografiada del humedal en 2019

4.3 Discusión de resultados

La disminución del área del humedal es un proceso que viene desde el siglo pasado ya que se realizaron rellenos de material para la construcción de la línea férrea y las carreteras que bordean al humedal, así como para la carretera que ingresa al centro poblado de Lucre, también se construyeron diques para elevar el nivel del agua para el Proyecto del Plan Maestro del Agua y se drenan continuamente las tierras para el uso agrícola.

El equipo técnico del AFEP del Gobierno Regional del Cusco en el año 2017, realizó una evaluación visual de imágenes aéreas e imágenes satelitales en el Sitio Ramsar que abarca a todo el humedal, y reportaron que 200.47 hectáreas que representa el 10.13% del total, se encuentra en condición de áreas degradadas y 79.02 hectáreas que representan el 3.99% del área total, se encuentran en proceso de degradación por los procesos de eutrofización y pérdida de la biomasa vegetal en la zona de pantanos. También indica que la presión antrópica va reduciendo el área del humedal en beneficio de seguir ampliando la frontera agrícola, esto se evidencia claramente en el sector de Huáscar.

El mayor deterioro del humedal es realizado por la acción antrópica, es así que el drenaje de aguas para ampliar los terrenos de cultivo en la zona de Huáscar, ha causado que el espejo de agua de esta laguna haya desaparecido, igualmente la laguna Moina se ha reducido en 9.10 hectáreas y presenta una profundidad máxima de 0.50 cm.

Como señalan Aponte y Ramirez (2011) la ganadería y la agricultura son las principales amenazas de los humedales. Pero también existe otra amenaza (Vilela, 2010) que es el crecimiento urbano de los sectores vecinos al humedal, como es en nuestro caso el crecimiento de las poblaciones de Lucre y Huacarpay, precisamente la reducción del área del Humedal se debe a la desecación de los pantanos (De La Torre, 2018) para ser utilizados en las actividades agropecuarias, acción que realizan los pobladores de Lucre y Huacarpay.

Por otra parte, el Humedal Huacarpay recibe cada año en la temporada de lluvias (diciembre a marzo), sedimentos (gravas, arenas, limos y arcillas) y nutrientes (como nitratos y fosfatos), que son aportados por el río Lucre que canaliza las aguas de escorrentía superficiales provenientes de toda la microcuenca, siendo la tasa de erosión de suelos en la microcuenca del río Lucre calculada en el presente trabajo de 15 Tn

/ha/año. Estos sedimentos se van depositando en el fondo y los nutrientes contribuyen a la eutrofización de las aguas en forma continua provocando el crecimiento de algas y otros seres vivos que, cuando mueren, van al fondo.

La acumulación de sedimentos procedentes de la microcuenca del río Lucre que son producto de la erosión hídrica de los suelos y que son transportados y depositados en la planicie donde se emplaza el humedal Huacarpay, está produciendo la disminución de la profundidad de los cuerpos de agua de las lagunas que se reducen en favor de los pantanos, convirtiéndose en zonas de aguas poco profundas cubiertas de vegetación y con el paso del tiempo estos pantanos se van convirtiendo en terrenos secos o inundables como sucedió con el espejo de agua de la zona de Huáscar que en la actualidad es una zona de cultivo, pudiendo llevar este proceso a la desecación de toda el área del humedal.

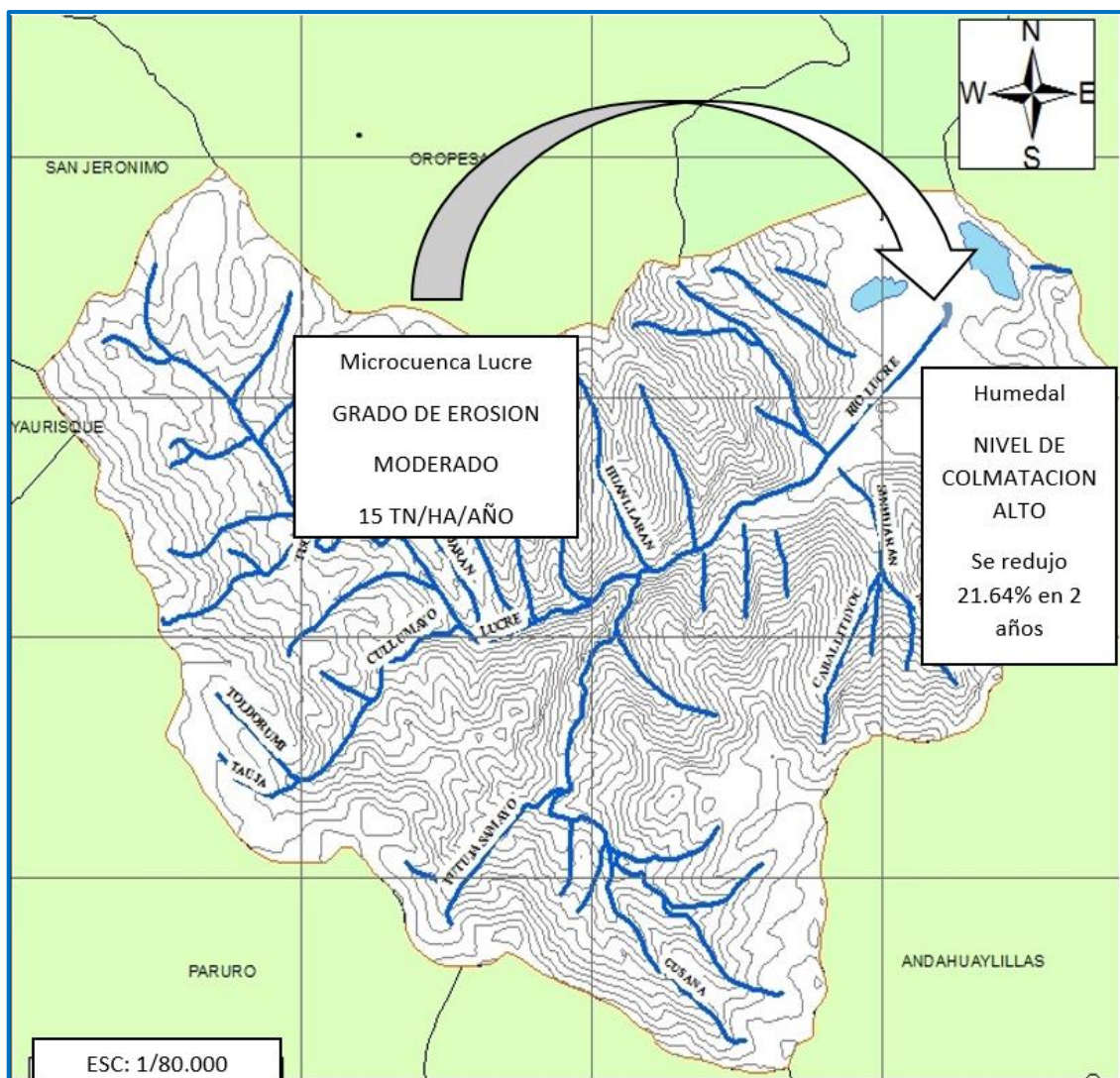


Figura 15. Resumen grafico de los resultados.

Realizando una Proyección de la reducción del área del humedal, tomando en cuenta que se ha reducido un 21.64% sólo en 2 años, se tendría que en 10 años se podría desecar completamente el humedal, y quedaría solamente como un vestigio de este, el espejo de agua de la laguna de Huacarpay reducido en 3.10 Ha. Los cálculos se presentan en las Tablas 26 y 27 y se ha realizado una simulación de cómo quedaría el Humedal en la Fig. 15, utilizando el Programa ArcGis.

Tabla 26

Proyección a 10 años de la reducción de la superficie del humedal

Años	% de Reducción	Condición
2017 - 2019	21.64	Reducido
2020-2022	43.28	Proyectado
2023-2025	64.92	Proyectado
2026-2028	86.56	Proyectado
2029-2030	100.00%	Proyectado

Si en dos años de 2017 a 2019 se ha reducido el área de pantanos del Humedal un porcentaje del 21.64%, realizando la proyección tomando en cuenta este valor como referencia, tendremos que en diez años es decir en el año 2030 se habría desecado totalmente esta área y por lo tanto habría desaparecido el Humedal.

Tabla 27

Proyección a 10 años reducción de la superficie de la laguna de Huacarpay

Años	Cantidad en Ha	Condición
2017-2019	0.62	Reducida
2020-2022	1.24	Proyectada
2023-2025	1.86	Proyectada
2026-2028	2.48	Proyectada
2029-2030	3.10	Proyectada

De igual modo tomando en cuenta que la superficie del espejo de agua de la Laguna de Huacarpay en dos años de 2017 a 2019 se ha reducido en 0.62 Hectáreas, en base a este valor se ha realizado la proyección para 10 años y se tiene que se reducirá en 3.10 Hectáreas y estará rodeada por una amplia franja de Totora.

Para una mejor visualización de esta reducción provocada principalmente por el factor humano es decir por los pobladores del distrito de Lucre así como del centro poblado de Huacarpay ubicados al Sur y al Nor Oeste de la laguna en su afán de ampliar su frontera agrícola, se ha realizado una simulación utilizando el Programa ArcGis, en base a la

imagen satelital de Google Earth , de cómo se vería el Humedal dentro de diez años, y se presenta en la Fig.15.

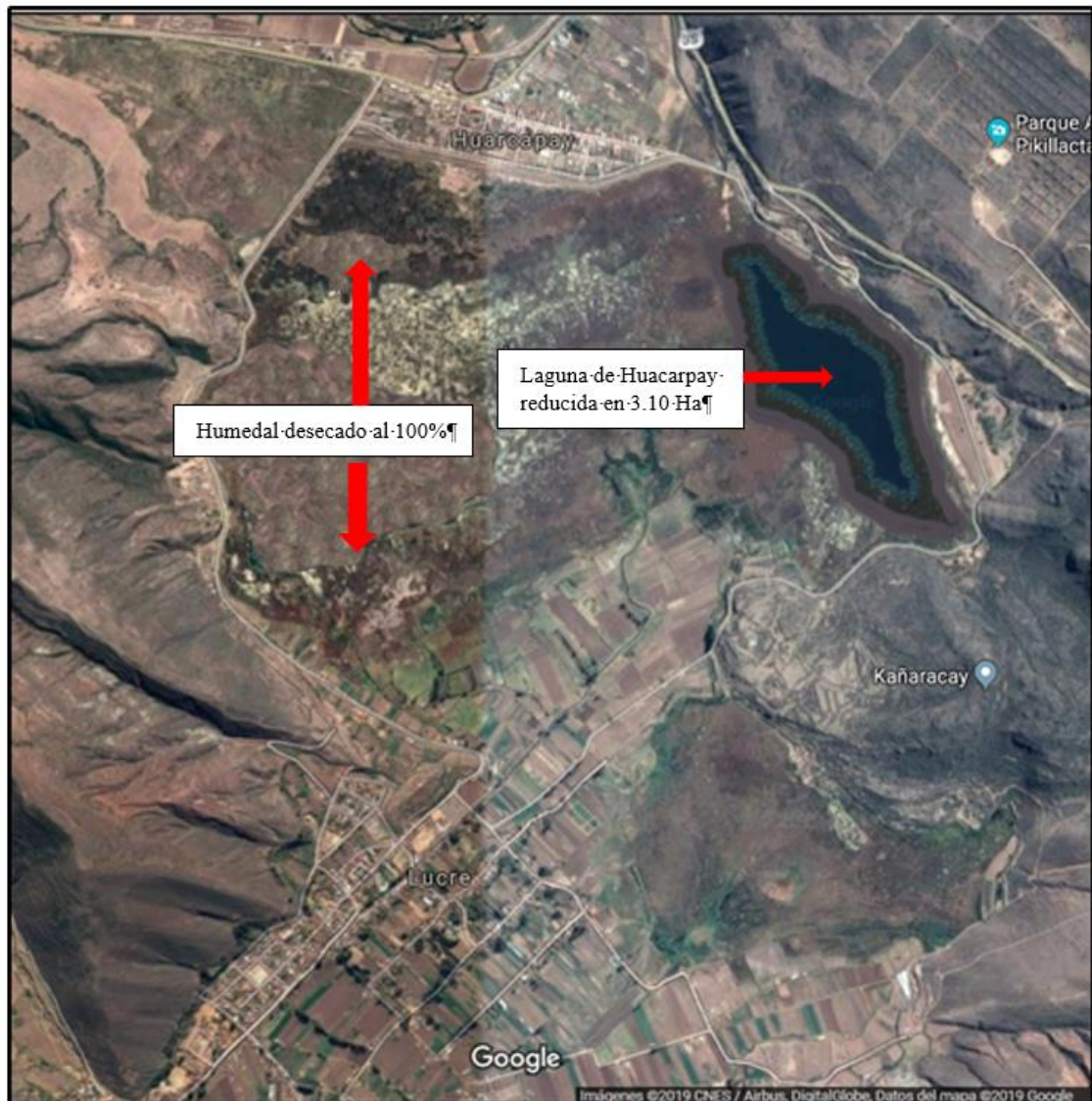


Figura 16. Simulación de cómo se vería el Humedal Huacarpay dentro de 10 años (2030).

Nota: Utilizando el Programa ArcGIS, en base a la imagen satelital de Google Earth. 2020.

CONCLUSIONES

- **Primera:** Se ha realizado la medición de la pérdida de suelos en la microcuenca del río Lucre utilizando el Método USLE o Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, teniendo como resultado que el factor de erosividad pluvial R es de 103.28 mm, el factor de erodabilidad del suelo K varía entre 0.14 a 0.90, el factor topográfico LS varía entre 06 a 18, el factor de cobertura vegetal C varía de 0.02 a 0.08 y el factor de prácticas de conservación de los suelos es de 1. La Pérdida de suelos en la microcuenca del río Lucre es en promedio de: 15.01 Tn/ha/año, con una pérdida de lámina de suelo entre 2 a 5 mm, el nivel de intensidad de la erosión se considera como moderado o medio. Los procesos erosivos hídricos dominantes son los de erosión laminar, en surcos y en cárcavas.
- **Segunda:** Utilizando el Sistema ARCGIS e imágenes satelitales, se determinó que el nivel de colmatación del Humedal es Alto, a pesar que sus lagunas Huacarpay y Lucre presentan un estado Eutrófico Moderado, los resultados muestran que el área de pantanos del Humedal sólo en dos años de 2017 a 2019 se ha reducido un 21.64% (71.55 has). Esto se debe a que el nivel de colmatación producida por la erosión hídrica de la microcuenca sobre el Humedal sería moderado, pero por la acción antrópica de drenaje de aguas para ampliar terrenos de cultivo, el nivel es Alto, y se tiene en la zona de Huáscar, que el espejo de agua de esta laguna ha desaparecido, y la laguna de Moina se ha reducido en 9.10 has y su profundidad apenas es de 0.30 m. Por lo que consideramos que en unos 10 años el Humedal se desecaría completamente quedando solamente como un vestigio el espejo de agua reducido de la laguna de Huacarpay.

RECOMENDACIONES

- **Primera:** Se recomienda a las autoridades locales que implementen con urgencia un adecuado Plan de Manejo del Humedal que considere en primer lugar restringir la utilización de áreas del Humedal como terrenos de cultivo, luego la prohibición total del pastoreo de ganado dentro del Humedal, e implementar un Plan de Reforestación y restauración de la vegetación con especies nativas en la microcuenca del río Lucre para evitar el impacto de la erosión hídrica en los suelos de la microcuenca.
- **Segunda:** También se recomienda la construcción de sedimentadores o desarenadores ubicados antes del delta del río Lucre cuya función sería reducir la acumulación de sedimentos sobre todo de arenas y limos en la planicie del Humedal.
- **Tercera:** Es muy importante incluir en el Plan de Manejo del Humedal la participación activa y consciente de los habitantes de los poblados de Lucre y de Huacarpay, que son las personas directamente involucradas de cuyo grado de participación y conciencia ambiental dependerá asegurar la sostenibilidad a largo plazo del ecosistema lacustre y del Humedal y al mismo tiempo que se beneficien estas poblaciones locales del uso sostenible de los recursos del humedal.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, R. (2004). *Indicadores del Impacto Ambiental en la microcuenca del río Lucre*. Cusco: Biblioteca Biología UNSAAC.
- ANA. (2016). *Resultados del Monitoreo Participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Lucre*. Cusco: Autoridad Administrativa del Agua. XII Urubamba- Vilcanota.
- Aponte, H., y Ramirez, D. (2011). Humedales de la costa central del Perú: estructura y amenazas de sus comunidades vegetales. *Ecología Aplicada*, 10(1).
- Arce, O. (2005). *Eutrofización de los cuerpos de agua*. La Paz: UMSS.
- Ares, M. G., Varni, M. R., y Chagas, C. I. (2014). Erosión hídrica en una microcuenca agrícola bajo siembra directa del centro de la provincia de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo*, 32(2), 259–270.
- Argueta, J. (2010). *Estimación de los riesgos y niveles de erosión hídrica en la microcuenca del río Negro, Chimaltenango. (Tesis de grado)*. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2572.pdf
- Arnoldus, H. (1978). *An approximation of the rainfall in the Universal soil loss equation*. Gran Bretaña: Wiley y Sons.
- Avendaño, R. (2016). *La cuenca hidrográfica como espacio y territorio*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/kimberlynveronica/cuenca-hidrología-e-hidrografía>.
- Banco Mundial. (2005). *Análisis Ambiental del Perú*. Recuperado de documentos.bancomundial.org.
- Bates, B. Z. (2008). *Climate change and water*. Ginebra: IPCC- WMO-UNEP.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Ciencias Agrícolas*, 33, 117–124.
- Camargo, C., Pacheco, C., y López, R. (2017). Erosión Hídrica, fundamentos, evaluación y representación cartográfica. . . *Revista Gestión y Ambiente*, 20, 265–280.
- Castro, I. (2013). Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 3–16.
- Castro, Itzel. (2013). Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. *ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 34(2), 3–16. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382013000200001&lng=es&tlng=es.
- Chen, Y. (2000). Using GIS for calculating soil erosion in Toutunhe River Basin of arid Xin-jian. *Soil erosion and dry land Farming CRC Press*, 15–27.

- Colotti, E. (2000). La erosividad: cualidad de la lluvia poco conocida. *Terra Nueva Etapa*, XV(24).
- CONANP. (2016). *Los Sitios Ramsar de México*. Recuperado de <http://www.ramsar.org/es/humedal/mexico>
- Crespo, L. (2005). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. (5ta ed.). México: LIMUSA.
- De La Torre, F. (2018). *Impacto ambiental de la colmatación de la laguna de Huacarpay - Cusco. (Tesis de doctorado)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Díaz, J. (2015). Diagnóstico del potencial de erosión hídrica mediante técnicas de geoprosesamiento en la sub-cuenca del río Angasmarca, La Libertad, Perú. *Anales Científicos*, 76(2), 283–293.
- DIGESA. (2007). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos superficiales*. Lima: Ministerio de Salud.
- Dillon, P. J., y Rigler, L. H. (1975). The phosphorus - chlorophyll relationship in lakes. *Limnology - Oceanography*, (19), 767–773.
- Dorronsoro, C. (2016). *Edafología*. Granada: Universidad de Granada.
- Escalante, G. F., Cáceres, A. I., Flores, P. T., y Pechuga, M. J. (2014). Geología Ambiental del Humedal Lucre-Huacarpay-Cusco. *Vademécum de Resúmenes de Investigación FEDU 2011- 2012 UNSAAC*.
- Escalante, J. (2009). *Implicancias Ambientales de la erosión hídrica y colmatación de la laguna de Urcos- Cusco. (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco, Cusco.
- FAO. (2017). *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe*. Roma.
- FAO. (2011). *Guía para la elaboración de planes para la protección y manejo sostenible y productivo de microcuencas*. Honduras.
- FAO. (2016). *Estado Mundial del Recurso Suelo*. Roma: FAO.
- FAO - GTIS. (2015). *Estado mundial del recurso suelo. (Resumen Técnico)*. Roma.
- Fernández, E. (2013). Los procesos colmatantes en dispositivos de gestión de la recarga de acuíferos y empleo de la termografía para su detección y estudio. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65, 51–69.
- Franco, L., Delgado, J., y Andrade, G. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. *Cuadernos de geografía / revista colombiana de geografía*, 22(2), 69–85.
- García, M. (2016). Eutrofización: una visión general. *Ciencia Abierta*, (47). Recuperado

- de <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>
- Gomez, R., y Tamia, G. (2017). *Biorremediación de lagos tropicales eutrofizados. Estudio del lago San Pablo. Ecuador. (Tesis de maestría)*. Universidad Politécnica de Catalunya., Barcelona.
- Herrero, R. (2016). Sedimentación de embalses. Un tema de poco interés?. *Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO*.
- Hidromap. (2007). *Batimetría de la laguna Huacarpay*. Lima: Hidromap Peru EIRL.
- Huerta, P., & Loli, O. (2014). Erosión hídrica en la cuenca alta del río Moche. *Ecología Aplicada*, 13(1).
- ICONA. (1982). *Valores Medios del Factor C*. Madrid: Ministerio de Agricultura de España.
- Ihue, E. (1992). *Estudio Geológico de la cuenca Huacarpay Lucre Quispicanchis Cusco*. Cusco: Fac. de Ing. Geológica. - UNSAAC.
- Jorge, M., & Guerra, A. (2014). *Erosión de suelos y movimientos de masa, recuperación de áreas degradadas con técnicas de bioingeniería y prevención de accidentes*. Sao Paulo: Oficina de textos.
- Kiely, G. (1999). *Ingeniería Ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Le Quesne, T. J. (2010). *Flowing Forward: Freshwater Ecosystem Adaptation to Climate Change*. *World Wild Life Fund*.
- LIFE-Naturaleza, P. (2006). *Junta de Andalucía*. Recuperado de <http://www.juntadeandalucia.es>
- Lozano, L. (2014). *Desarrollo de estructura laminar del suelo en siembra directa. (Tesis de doctorado)*. Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Maitland, P. M. (1997). *Conservation and Management of Freshwater habitats: lakes, Rivers and Wetlands*. New York: Chapman & Hall.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Omega.
- Marín, J., Hernández, E., y Ruiz, R. (2014). Si piso me hundo: los humedales. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*, XXVI(1).
- Marín, J., y Hernández, M. (2013). *Los Humedales, sus funciones y su papel en el almacenamiento de carbono atmosférico*. Recuperado de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/172-los-humedales-sus-funciones-y-su-papel-en-el-almacenamiento-del->

carbono

- Mattos, R. (2000). *Erosión y transporte de sedimentos. En pequeñas obras hidráulicas*. Ginebra: UNESCO.
- Méndez, R., y Montes, G. (2009). Evaluación espacio temporal de la sedimentación en el embalse Burro Negro Zulia, Venezuela. *Rev. Geofocus*, (9), 209–231.
- MINAM. (2010). *Calidad y Degradación del Suelo*. Lima: Publicaciones Ambientales-MINAM.
- MINAM. (2014). *Guía para muestreo de suelos*. Lima: Dirección General de Calidad Ambiental.
- MINAM. (2015). *La Estrategia Nacional de Humedales*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/nuestras-lineas-de-intervencion/direccion-de-conservacion-sostenible-de-ecosistemas-y-especies/ecosistemas/>
- Molina, E. (2009). *Geografía Turística: nuestra localidad y Región*. Cusco: UNSAAC.
- Moreno, P., Rojas, J. L., Zárate, D., Ortiz, M. A., Lara, A. L., y Saavedra, T. (2016). Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y Bosques*, 8, 61–88. <https://doi.org/10.21829/myb.2002.801292>
- Ojeda, M., Díaz, J., Apodaca, C., y Trujillo, I. (2014). *Metodología del Diseño Estadístico*. México: Universidad Veracruzana.
- Olmos, C. (2000). *Eutrofización en Embalses de altura Incachaca - Jampaturi*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Orue, E. P. (2007). *Expansión de la Frontera Agrícola en Argentina Y Erosion Hídrica, mapas de riesgo utilizando el Modelo USLe co apoyo de SIG*. Argentina: Martin. Balcarce.
- Pal, S., y Shit, M. (2017). Application of RUSLE Model for soil loss estimation of Jaipanda watershed, west Bengal. *Spatial Inform. Res.*, 25(3), 399–409.
- Palau, A. (2009). Embalses y cambio climático. *Ingeniería del Agua*, 16(4), 311–324.
- Portuguez, D. (2015). Estimación De La Pérdida De Suelos Por Erosión Hídrica En La Cuenca Del Río Siguas Utilizando Geoinformatica. *Anales Científicos*, 76(2), 324–329. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.797>
- Ramsar.org. (2014). *Ramsar*. Recuperado de <http://www.ramsar.org>
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., y Yoder, D. C. (1993). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised

- universal soil loss equation RUSLE. *Agriculture Handbook*, (703).
- Rienzi, E., Maggi, A., Navone, S., y Movia, C. (1998). Factores que regulan la erosión hídrica en la cuenca del río Santa María, provincia de Catamarca, Argentina. *Revista Terra Latinoamericana*, 17(1), 45–50.
- Rocha, A. (2006). La Problemática de la Sedimentación de Embalses en el Aprovechamiento de los ríos Peruanos, Aplicada al Embalse de Poechos. I. *I Congreso Internacional de Hidráulica, Hidrología, Saneamiento y Medio Ambiente. Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG)*.
- Rodríguez, A. (2005). Colmatación natural y antrópica de las marismas del Parque Nacional de Doñana: Implicaciones para su manejo y conservación. *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 19, 39–48.
- Rodríguez, A., Yañez, C., Gascó, C., Salas, C., y Antón, M. (2005). Colmatación natural y antrópica de las marismas del Parque Nacional de Doñana: Implicaciones para su manejo y conservación. *Rev. C. & G*, 19(2005), 37–48.
- Rojas, H. (2011). *Recursos Hídricos e Hidrobiológicos del sur oriente peruano*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Saavedra, C., y Mannaerts, C. (2003). Evaluación y monitoreo de modelos de erosión y sedimentación a escala regional usando sensores remotos y SIG. Caso de estudio en la región Andina, Cochabamba, Bolivia. *3 ra Conferencia Latinoamericana sobre Manejo de cuencas: “Desarrollo Sostenible en Cuencas*.
- Santacruz, G. (2011). Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso del suelo de la cuenca del río Cahocan, Chiapas, México. *Aqua-Lac*, III, 45–54.
- Sousa, A. G. (2010). El efecto acumulado de los impactos climático y antropogénicos sobre los humedales del SW de España. *Clima, Ciudad y Ecosistemas. Asociación Española de Climatología*, 283–293.
- Steinitz, M. (2017). *Lakes of Ecuador: sentinels of Global Climate Change*. Kentucky: Northern Kentucky University.
- Uribe, D., Vera, C., Paicho, M., y Espinoza, G. (2017). Observatorio ecosocial para el seguimiento del cambio climático en ecosistemas de altura en la región de Tarapacá. *Rev. Diálogo Andino*, 54.
- Valero, L., Delgado, F., y López, R. (2010). Planificación del uso de la tierra en cuencas altas con base en el riesgo de erosión y la productividad del suelo. *Revista Geográfica Venezuela*, 51, 93–111.
- Vanwallegem, T., Gómez, J., Infante, A., y Gonzales, M. (2017). Impact of historical

- land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. *Rev. Anthropocene*, 17, 13–29.
- Vásquez, A., y Tapia, M. (2011). Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la Sierra Peruana. *Revista INGENIERÍA UC*, 18(3), 42–50.
- Vega, A. (2012). *Qué es la colmatación*.
- Vega, W. (2016). *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 de grado)*. Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay.
- Vilela, R. (2010). Estudio del recurso natural humedales de villa maría y su importancia en el desarrollo urbano, ambiental y turístico en la ciudad de Chimbote –Perú. *UCV -Scientia*, 2(1), 81–90.
- Vollenweider, R. (1968). *Water Management Reseach: Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters*. Paris: Organización para la cooperación económica y el desarrollo.
- Wetzel, R. (2001). *Limnología: ecosistemas de lagos y ríos*. Carolina del Norte: Elsevier Ltd.
- Wishmeier, W., y Smith, J. (1979). *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. Washington: USDAAH.
- Xu, Y., Xiaomei, S., y Kong, X. (2008). Adapting the RUSLE and GIS to model soil erosion risk in a mountains karst watershed, Guizhou Province, China. *Environ. Monit. Asses*, 141(1–3), 275–286.
- Zhang, X., Drake, N. A., y Wainwright, J. (2004). Scaling issues in environmental modelling. En *Environmental modelling: finding simplicity in complexity*. New Jersey: John Wiley & Sons.



ANEXOS

Anexo 1. Registros meteorológicos Estacion Ccatcca

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)						Temperatura Bulbo Humedo (°c)						Precipitación (mm)			Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			13		19		07		13		19		07		19				
			07	13	19	07	13	19	07	13	19	07	13	19					
01-Ene-2017	16	5	6.4	12.6	9.8	5.8	9.4	8.2	0	0	0	0	0	0	0	NW	2		
02-Ene-2017	13.5	6.5	9.4	8.2	8.2	8.6	7.8	7.6	0	0	0	0	0	0	0	NW	4		
03-Ene-2017	13	5.5	7.4	9.8	9.4	6.8	8.4	7.4	2.3	2.1	0	0	0	0	0	NW	6		
04-Ene-2017	14.5	4	7.4	12	9.2	7	9.4	7.2	0	0	0	0	0	0	0	NW	6		
05-Ene-2017	15.5	7	7.8	13.4	9.6	7.4	9.8	7.2	0	0	0	0	0	0	0	NW	4		
06-Ene-2017	14.6	5.5	7	13.4	8.6	6.4	10.2	7.4	7.3	0	0	0	0	0	0	NW	6		
07-Ene-2017	15.5	6.5	7	14.8	8.6	6.8	10.8	7.4	3.2	5.7	0	0	0	0	0	W	2		
08-Ene-2017	12.6	7.5	8.2	11	7.8	7.8	8.6	6.4	0	0	0	0	0	0	0	E	6		
09-Ene-2017	16.5	6.5	7.2	12	7.6	6.8	8.6	6.4	2.5	0	0	0	0	0	0	NW	4		
10-Ene-2017	15.2	7	8.2	13.2	8.4	7.8	9.4	7.2	0	0	0	0	0	0	0	NW	14		
11-Ene-2017	14	6.5	8	13.6	10.2	7.2	9.4	8	0	0	0	0	0	0	0	NW	6		
12-Ene-2017	15.5	5.5	8.4	13.2	8.2	7	9.6	6.8	0	0	0	0	0	0	0	NW	8		
13-Ene-2017	16	6	7.2	14.4	10.4	6.4	10.2	8.6	0	0	0	0	0	0	0	NW	6		
14-Ene-2017	15	6.5	8.2	13.2	7.2	7	10.8	6.4	7	1	0	0	0	0	0	NW	6		
15-Ene-2017	14	5.5	6.8	11.4	8.6	6	9	7.4	7.2	0	0	0	0	0	0	NW	4		
16-Ene-2017	14.5	7	8.6	12	8.2	7.4	9.2	6.4	2.3	1	0	0	0	0	0	NW	4		
17-Ene-2017	15	4.6	6.4	13.4	8.2	5.8	9.2	6.4	0	0	0	0	0	0	0	NW	4		
18-Ene-2017	14.2	6.5	8.2	14	9.2	7.4	10.2	7.8	1.7	1	0	0	0	0	0	NW	6		
19-Ene-2017	16	7	7.8	15.2	6.4	7.4	9.2	5.8	0	0	0	0	0	0	0	E	2		
20-Ene-2017	14	4	5.4	13	9.2	5	9.6	7.4	0	0	0	0	0	0	0	NW	8		
21-Ene-2017	12.6	6.2	7	10.8	6.8	6.8	8.2	6	3.1	3.5	0	0	0	0	0	NW	4		
22-Ene-2017	11.5	6	7.8	8	7.6	7.6	7	6.4	0	5	0	0	0	0	0	E	4		
23-Ene-2017	16.2	5.5	7.8	15.6	10.2	6.4	10.4	7.4	0	0	0	0	0	0	0	NW	8		
24-Ene-2017	14.5	4.5	6.8	12.4	8.2	6.2	9.4	7.2	10.5	0	0	0	0	0	0	NW	6		
25-Ene-2017	13.2	4.5	5.4	12.8	9.2	5	9.4	7.2	4	4.5	0	0	0	0	0	NW	2		
26-Ene-2017	14.5	5	6.8	13.4	8.2	6.2	9.4	7	1.5	0	0	0	0	0	0	NW	2		
27-Ene-2017	14.5	5.5	7.4	12.8	7.6	6.4	10.6	6.2	1.5	0	0	0	0	0	0	NW	4		
28-Ene-2017	14.2	6	7.2	13.8	8.6	6.4	10.2	7.2	0	0	0	0	0	0	0	NW	6		
29-Ene-2017	15.5	6	7.8	14.8	9.4	6.8	10	7.4	0	0	0	0	0	0	0	NW	8		
30-Ene-2017	16	6	7.2	15.8	9.4	6.4	10.2	7.8	3	0	0	0	0	0	0	NW	8		
31-Ene-2017	18.5	5.5	8.6	18.2	11.2	7.4	10.2	8.2	0	4	0	0	0	0	0	NW	6		

Departamento : CUSCO Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica Distrito : CCATCA Ir : 2017-01
 Latitud : 13° 36' 36" Provincia : QUISPICANCHI Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : CUSCO Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Ir : 2017-02 ▼
 Latitud : 13° 36' 36" Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Dia/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)		Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07		
01-Feb-2017	17	2.5	4.8	16.6	9.4	3.8	11.6	8.2	0	NW	6
02-Feb-2017	16.5	5	8.4	15.4	9.4	7	10.2	7.4	0	NW	8
03-Feb-2017	16.5	3	6.4	15.8	9.4	5.4	10.8	7.2	0	NW	8
04-Feb-2017	18	3	7.2	17.2	8.4	6.4	11.8	7.2	0	NW	4
05-Feb-2017	15.2	3	7	13.6	8.4	5.4	9.8	6.4	0	NW	8
06-Feb-2017	16.2	2.5	5	14.4	11.2	4.8	9.8	10.2	0	NW	6
07-Feb-2017	14.5	6.5	7.4	13.8	10.4	6.8	10.4	8.6	8.2	NW	6
08-Feb-2017	15.5	5.5	7.4	13.2	8.6	7	10.2	7.8	1.3	NW	8
09-Feb-2017	17	6	7.2	15.8	11	6.8	10.8	9.2	2.7	NW	6
10-Feb-2017	16.5	7.5	8.4	13.2	11.6	8	9.4	10.2	0	NW	6
11-Feb-2017	17.5	7	9	15.8	9.2	7.8	10.2	8	0	NW	6
12-Feb-2017	18	6	7.8	17.2	9.4	7	11.8	8.4	2.5	NW	8
13-Feb-2017	11	6.2	7	9.4	7.6	6.8	7.8	6.4	1	NW	6
14-Feb-2017	13.5	5	6.4	13.2	9.2	6	9.4	6.4	0	NW	6
15-Feb-2017	15.5	4.5	7.2	14.4	8.4	6.4	9.8	7.6	0	NW	6
16-Feb-2017	12	6.5	7.8	9.8	7.4	7	8.6	6.8	2.5	NW	4
17-Feb-2017	14	6.5	8	11.8	8.4	7.2	9	7.6	3.1	NW	6
18-Feb-2017	16.5	5.5	8.4	15.6	9.8	7.2	10.8	7.8	0	NW	4
19-Feb-2017	16.5	5	9	15.4	9.2	7.8	10.8	7.6	0	NW	6
20-Feb-2017	17	6.5	7.2	15.8	9.2	6.8	10.8	7.2	4.4	NW	2
21-Feb-2017	15.5	7	8.6	11.6	7.2	7.8	9.6	6.2	7	NW	8
22-Feb-2017	10.5	5	6.2	9.8	6.8	5.8	7.8	6	1	NW	11
23-Feb-2017	12.5	6.5	7.4	11.8	8.2	7	9.2	7.4	0	NW	6
24-Feb-2017	12.5	6	7	11	8.2	6.2	9	7	2	NW	6
25-Feb-2017	13.5	4	5.6	11.6	7.4	4.8	8.6	6.4	21.5	NW	8
26-Feb-2017	14.5	5	7	14	9.4	6.2	10.4	7.4	1.2	NW	6
27-Feb-2017	14.5	4.5	5.6	12.8	7.2	4.8	9.6	6.8	10.2	NW	8
28-Feb-2017	14.2	6.5	7	13	8.2	6.8	9.8	7	1	NW	8

Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : CUSCO Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Ir : 2017-02 ▾
 Latitud : 13° 36' 36" Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Dia/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Feb-2017	17	2.5	4.8	16.6	9.4	3.8	11.6	8.2	0	0	NW	6
02-Feb-2017	16.5	5	8.4	15.4	9.4	7	10.2	7.4	0	0	NW	8
03-Feb-2017	16.5	3	6.4	15.8	9.4	5.4	10.8	7.2	0	0	NW	8
04-Feb-2017	18	3	7.2	17.2	8.4	6.4	11.8	7.2	0	7.3	NW	4
05-Feb-2017	15.2	3	7	13.6	8.4	5.4	9.8	6.4	0	0	NW	8
06-Feb-2017	16.2	2.5	5	14.4	11.2	4.8	9.8	10.2	0	0	NW	6
07-Feb-2017	14.5	6.5	7.4	13.8	10.4	6.8	10.4	8.6	8.2	0	NW	6
08-Feb-2017	15.5	5.5	7.4	13.2	8.6	7	10.2	7.8	1.3	1	NW	8
09-Feb-2017	17	6	7.2	15.8	11	6.8	10.8	9.2	2.7	0	NW	6
10-Feb-2017	16.5	7.5	8.4	13.2	11.6	8	9.4	10.2	0	0	NW	6
11-Feb-2017	17.5	7	9	15.8	9.2	7.8	10.2	8	0	1	NW	6
12-Feb-2017	18	6	7.8	17.2	9.4	7	11.8	8.4	2.5	2.7	NW	8
13-Feb-2017	11	6.2	7	9.4	7.6	6.8	7.8	6.4	1	0	NW	6
14-Feb-2017	13.5	5	6.4	13.2	9.2	6	9.4	6.4	0	0	NW	6
15-Feb-2017	15.5	4.5	7.2	14.4	8.4	6.4	9.8	7.6	0	0	NW	6
16-Feb-2017	12	6.5	7.8	9.8	7.4	7	8.6	6.8	2.5	6.3	NW	4
17-Feb-2017	14	6.5	8	11.8	8.4	7.2	9	7.6	3.1	0	NW	6
18-Feb-2017	16.5	5.5	8.4	15.6	9.8	7.2	10.8	7.8	0	0	NW	4
19-Feb-2017	16.5	5	9	15.4	9.2	7.8	10.8	7.6	0	4.3	NW	6
20-Feb-2017	17	6.5	7.2	15.8	9.2	6.8	10.8	7.2	4.4	0	NW	2
21-Feb-2017	15.5	7	8.6	11.6	7.2	7.8	9.6	6.2	7	2.2	NW	8
22-Feb-2017	10.5	5	6.2	9.8	6.8	5.8	7.8	6	1	4	NW	11
23-Feb-2017	12.5	6.5	7.4	11.8	8.2	7	9.2	7.4	0	2	NW	6
24-Feb-2017	12.5	6	7	11	8.2	6.2	9	7	2	2.1	NW	6
25-Feb-2017	13.5	4	5.6	11.6	7.4	4.8	8.6	6.4	21.5	0	NW	8
26-Feb-2017	14.5	5	7	14	9.4	6.2	10.4	7.4	1.2	0	NW	6
27-Feb-2017	14.5	4.5	5.6	12.8	7.2	4.8	9.6	6.8	10.2	7	NW	8
28-Feb-2017	14.2	6.5	7	13	8.2	6.8	9.8	7	1	0	NW	8

Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : CUSCO Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Ir : 2017-04 ▼
 Latitud : 13° 36' 36" Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Abr-2017	15.5	7	8	13.8	9.6	7.4	9.8	8.2	1	0	NW	4
02-Abr-2017	16.2	4.5	5.8	15.6	7.4	5.2	11.8	7	16.5	4	NW	4
03-Abr-2017	15.5	3.5	5.2	15	7.2	4.8	11.8	6.4	0	12.5	NW	6
04-Abr-2017	16	5.5	7.8	14.8	8	7	11.4	7.2	1	1.5	NW	2
05-Abr-2017	16.5	4.2	6.2	16.2	7.6	5.8	11.8	6.4	0	9.8	NW	6
06-Abr-2017	16	4	6.2	14.8	9.4	6	10.4	7.8	0	0	NW	6
07-Abr-2017	18.5	6.5	7.4	17.8	8.8	7	10.2	7.4	0	0	NW	6
08-Abr-2017	15.5	5.5	7.6	13.2	8.6	7	9.2	7.2	5.2	0	NW	2
09-Abr-2017	16	1.5	4	15.6	8.2	3.8	10.4	7.2	0	0	NW	4
10-Abr-2017	16	5.5	7.4	11	9.6	6.8	9.2	7.8	0	0	NW	4
11-Abr-2017	13.5	7	7.8	10.2	8.6	6.8	8.4	7.6	3.5	1	NW	4
12-Abr-2017	12.5	6.5	7	11.2	7.4	6.8	9	6.4	0	0	NW	8
13-Abr-2017	14	6	7	13.8	7.4	6.4	10.2	6.8	0	1	NW	6
14-Abr-2017	15.5	3	6.2	15	9	5.8	9.8	7.2	0	0	NW	6
15-Abr-2017	15	5	5.8	14.2	9.2	5.4	10	7.2	13.4	0	NW	8
16-Abr-2017	14.6	4.5	6	13.8	8.4	5.8	9.2	6.4	0	0	NW	6
17-Abr-2017	15.5	5	7.8	14.4	8.2	6.4	9.8	7.2	5.4	0	C	
18-Abr-2017	13.5	6	8.2	11	8.4	7	9	7.4	0	0	NW	11
19-Abr-2017	18.6	5	7.6	17.4	10.2	7	11.6	8.6	0	0	C	
20-Abr-2017	19	3	6.4	17.2	10.2	4.8	11.4	7.8	0	0	N	4
21-Abr-2017	16.5	3.5	6.4	16	6	6	10.2	5.4	0	0	NW	6
22-Abr-2017	16.5	1.5	2.6	15.6	8.2	2	10.2	6.4	0	0	NW	4
23-Abr-2017	14.5	5.5	7	12.8	7.2	6.4	9.2	6.8	0	2.1	NW	4
24-Abr-2017	14.5	5	6.8	13.8	9	6	9.8	8.6	0	1.2	NW	4
25-Abr-2017	17.2	4	6.4	16	9	5.8	9.6	7.4	0	0	C	
26-Abr-2017	15	4	7.4	12.2	8.6	6.4	9	6.8	0	0	NW	6
27-Abr-2017	13.5	4	6.4	11.6	7.2	5.8	8.4	6.8	0	2	NW	4
28-Abr-2017	14	5.5	7.4	12.8	7	6.8	10	6.4	2.3	4	NW	4
29-Abr-2017	13.5	4.5	5.8	10.8	8.2	5	8.2	6.8	0	2	NW	6
30-Abr-2017	14.5	5.2	7.4	13.8	7.6	6.8	9.4	6.2	0	0	NW	8

Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : CUSCO Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Ir : 2017-05 ▼
 Latitud : 13° 36' 36" Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Dia/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-May-2017	16.5	2	4.2	16.4	6.2	3.6	10.2	6	0	0	NW	8
02-May-2017	16.6	1.5	3.4	16.2	7.6	2.8	11.4	6.4	0	0	NW	4
03-May-2017	16	2.5	6.8	15.4	9	6.2	10	7.2	0	0	NW	6
04-May-2017	17.5	3.5	4.6	16.4	7.6	4	10.2	6.4	0	0	NW	4
05-May-2017	16	3	6.2	15.8	7	5.8	11.6	6.4	0	0	NW	6
06-May-2017	15	2	6.8	13.2	7.8	6	9.2	6.2	0	0	NW	8
07-May-2017	17.2	2	4.6	16.6	7.4	4	9.8	6.2	0	0	E	4
08-May-2017	18.5	1	1.6	18	8.2	1.4	10.2	7.2	0	0	NW	2
09-May-2017	13	1	4.2	9.4	7	3.6	7	5.8	0	0	NW	4
10-May-2017	14	3	5.2	13.6	8.2	4.8	9.8	7.2	0	0	NW	4
11-May-2017	18	5.5	7	17	8.2	6	10.8	7.2	0	0	C	
12-May-2017	19.5	4	6	17.6	9.6	5.4	10.6	8.4	0	0	N	2
13-May-2017	18.5	5	6.2	17.4	8.4	5.6	10.4	7.8	0	0	W	2
14-May-2017	16.5	4.5	5.8	14.8	8.2	5	9.8	6.8	7.5	0	NW	4
15-May-2017	17.5	1	2.8	16.2	8.2	2	10.4	6.8	0	4.2	W	2
16-May-2017	13	4	7.2	11.2	6.2	7	8.6	5.4	0	0	NW	2
17-May-2017	15	3.2	4.6	14	9.2	4	9.4	7.4	0	0	NW	2
18-May-2017	17.2	3.5	4.2	16.4	8.6	4	9.2	7.6	0	0	W	4
19-May-2017	17.2	5.5	6.2	15.4	7.4	5.8	10.2	6.8	0	0	C	
20-May-2017	15.5	-5	1.4	15	7.4	1	9.8	6.2	0	0	NW	6
21-May-2017	16	2	3	15.6	8.4	2.8	10.4	7.2	0	0	NW	6
22-May-2017	13.5	4.5	5.4	8.6	5.6	4.8	7.8	5	0	3.5	NW	6
23-May-2017	11.5	3.5	4.2	10.8	5.2	3.8	8.6	4.6	0	2	NW	4
24-May-2017	11.6	5	6.8	9.2	6.6	6	8.2	6	0	1.8	NW	2
25-May-2017	13	2.5	5.6	11.8	6.8	5	8.4	5.8	0	.5	NW	6
26-May-2017	16	.5	1	15.2	5.6	.8	10.8	4.8	0	5.7	NW	8
27-May-2017	15.2	1.5	5.4	14.8	6.4	5	10.4	5.2	0	0	NW	6
28-May-2017	15.5	3.5	5.8	14.4	7.2	5.2	9.2	6.2	0	0	NW	6
29-May-2017	15	5.5	6.4	13.4	7.8	6	9.2	6.8	0	0	NW	8
30-May-2017	16	1.6	3.6	15.4	4.8	2.8	8.6	4.2	0	0	C	
31-May-2017	17.6	-5	4.8	16.8	8.2	3.4	9.2	6.4	0	0	NW	2

Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : CUSCO Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Ir : 2017-06 ▾
 Latitud : 13° 36' 36" Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Dia/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)		Temperatura Bulbo Humedo (°c)		Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)		
			07	13	19	07	13	19			07	19
01-Jun-2017	16.5	5	2.4	14.8	8.4	2	8.4	6.8	0	0	NW	2
02-Jun-2017	18	.5	2	17.4	8.2	1.6	9.8	5.4	0	0	NW	6
03-Jun-2017	16.5	-1.5	-1	12.8	5.4	-1.4	7.6	4.8	0	8.4	W	2
04-Jun-2017	16.5	-1.5	-1	15.4	7.6	-1.2	9.4	6.4	0	0	NW	8
05-Jun-2017	15.5	-1.5	-1	14	6	-1.2	8.2	5.4	0	0	NW	6
06-Jun-2017	16.5	-2	-1.6	15	6.4	-1.8	8.6	5.2	0	0	NW	4
07-Jun-2017	16.5	1.5	3.4	13.6	7.2	2.8	8.4	6.2	0	0	NW	4
08-Jun-2017	18.2		.8	17.2	7.6	.4	9.4	6.2	0	0	NW	2
09-Jun-2017	17	-5	.8	16.8	8.2	.4	10	6.8	0	0	NW	6
10-Jun-2017	17.5	2	2.8	16.4	7.2	2.4	10.6	6.2	0	0	NW	6
11-Jun-2017	18.5	.2	1	15.6	8.4	.8	9.2	7.2	0	0	C	
12-Jun-2017	18	-2	-1.2	17.6	7.2	-1.8	7.8	6.2	0	0	W	2
13-Jun-2017	18.5	-1	-1.4	17.2	6.4	-1.8	8.2	5.6	0	0	NW	4
14-Jun-2017	16.5	-1	.4	14.2	6.8	-.4	9.2	5.8	0	0	NW	4
15-Jun-2017	16.2	.5	6.2	14.8	7.2	5.8	9.2	6	0	0	NW	2
16-Jun-2017	18.6	3.5	5.2	17.6	6.4	4.4	9.6	5.4	0	0	W	6
17-Jun-2017	20.5	-3	-1	18.8	7.2	-2.8	8.4	6.2	0	0	NW	2
18-Jun-2017	20.6	-5	.8	18.6	8.4	.2	9.2	5.8	0	0	S	2
19-Jun-2017	14	-1	.8	12	6.2	.2	8.4	5.4	0	0	NW	4
20-Jun-2017	16.2	4	5.2	14.8	7.2	4.8	8.6	5.8	0	0	NW	2
21-Jun-2017	17	4	6	16	7.4	5	9.8	6.4	0	0	NW	4
22-Jun-2017	16.5	1	1.8	14.6	7.6	1.2	7	5.4	0	0	W	2
23-Jun-2017	18	-3	-2	15	6.8	-2.8	7.2	3.2	0	0	SW	4
24-Jun-2017	18.2	-3.5	-2.4	16	6.4	-3	7.6	5.2	0	0	NW	4
25-Jun-2017	18	-3	-2.2	16.4	6.8	-2.4	7.2	5.4	0	0	NW	4
26-Jun-2017	19	-2.5	-1.6	16.6	7.2	-2	7.8	6.2	0	0	NW	6
27-Jun-2017	18	2	2.8	17.4	7.6	2.4	9.2	5.4	0	0	NW	8
28-Jun-2017	17	.5	1	16.4	7.8	.8	8.6	5.6	0	0	NW	4
29-Jun-2017	17.5	5.5	6.2	15.6	7.2	5.4	8.4	5.6	0	0	NW	2
30-Jun-2017	15.5	.5	1.4	13.6	6.4	.8	8.4	5.2	0	0	NW	4

Departamento : CUSCO Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica Distrito : CCATCA Ir : 2017-07 ▾
 Provincia : QUISPICANCHI Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729
 Latitud : 13° 36' 36"

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)	Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19			
01-Jul-2017	13.5	.5	5	13	6.4	4.6	9.2	4.2	0	NW	6
02-Jul-2017	16	4.5	5.2	15.2	6	4.8	9.6	5	0	NW	4
03-Jul-2017	16.5	-5	3.4	16	5.6	2.8	10.4	3.4	0	N	8
04-Jul-2017	17.5	-3	-2	16.8	9.2	-2.8	9.4	5	0	NW	6
05-Jul-2017	18	-3.5	-2.8	17.4	9.4	-2.8	9.4	4	0	NW	4
06-Jul-2017	17.4	-3.5	-2	15.4	7.2	-2.8	8.4	3.4	0	NW	6
07-Jul-2017	17.5		.8	17.2	6.8	.2	9.8	5	0	NW	6
08-Jul-2017	18	-3.5	-2.6	16.8	7	-3	10	4	0	S	2
09-Jul-2017	16.5	.8	2.4	15.8	8.2	1.6	10.2	5.4	0	NW	8
10-Jul-2017	16	-3	-2.4	15	6.8	-2.8	9	3.6	0	NW	8
11-Jul-2017	14.5	1.5	2	12.6	7.6	1.8	9	5.2	0	NW	4
12-Jul-2017	17	2	5	15.8	5.6	3	9.2	3	0	NW	4
13-Jul-2017	18.5	-4	-3.6	18.2	7.8	-3.8	9.8	5.4	0	NW	6
14-Jul-2017	20	-5	-3.2	18.6	8.4	-4	10.8	5.6	0	W	2
15-Jul-2017	20	-5	-4	18.6	9	-4.4	10.6	6.8	0	NW	4
16-Jul-2017	18.5	-3.5	-2.8	18.2	7.4	-3.2	10.6	6	0	NW	6
17-Jul-2017	16.5	-1.2	3.6	15	8	2.8	9.2	6.8	0	NW	8
18-Jul-2017	20	.5	1.4	17.8	9.4	1	9.4	6.2	0	N	4
19-Jul-2017	21	.5	2	19.8	9.4	1	11.6	6	0	SW	2
20-Jul-2017	20	-4.5	-3	19.8	8.8	-4	9.4	5.8	0	NW	4
21-Jul-2017	19	-5	-3.8	18.6	8.8	-4.4	10.6	6.2	0	NW	4
22-Jul-2017	17	-6.5	-5.4	16.4	9	-6	7.4	6.4	0	NW	8
23-Jul-2017	19.5	-5.5	-4	17.8	9.2	-4.8	10.2	6.8	0	SW	2
24-Jul-2017	16.5	-4.5	-4	16	8.6	-4.2	9.4	5.4	0	NW	6
25-Jul-2017	16.5	-5.5	-4	15.8	8.6	-4.4	9.6	6.2	0	NW	8
26-Jul-2017	17	-5	-4	16.4	9	-4.4	9.2	6.6	0	NW	8
27-Jul-2017	16		3	14.8	8	2.4	9	6.4	0	NW	8
28-Jul-2017	17	3.5	5.4	16.8	9	4	9	7	0	NW	8
29-Jul-2017	16		1	15.2	9.2	.8	9.4	7.4	0	NW	8
30-Jul-2017	19	1.5	2.6	16.4	9.8	2	10	7.6	0	NW	6
31-Jul-2017	19	-5.5	-4	17.2	8.6	-4.8	9	6.4	0	NW	4

Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : CUSCO Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Ir : 2017-08 ▾
 Latitud : 13° 36' 36" Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Dia/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)		Temperatura Bulbo Humedo (°c)		Precipitacion (mm)	Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)			
			07	13	19	07				13	19	
01-Ago-2017	20	-3	-2	18.4	9	-2.8	10.4	7.2	0	0	SW	2
02-Ago-2017	20.5	-3	-2	19.8	7.4	-2.4	8.2	5.4	0	0	NW	4
03-Ago-2017	16.5	-1	2	15	8.6	1.8	9.6	6.4	0	0	NW	8
04-Ago-2017	21	-1	-4	19	9.2	-8	9.6	7.2	0	0	NW	2
05-Ago-2017	20	-5	1	19.8	8.2	.8	9.4	5.2	0	0	NW	4
06-Ago-2017	20.2	-4.5	-3.6	19.4	7.8	-4	9.8	5.8	0	0	NW	4
07-Ago-2017	20.5	-4.5	-3.4	19.4	8.2	-3.8	7.2	5.6	0	0	NW	2
08-Ago-2017	19.5	-3.5	-2.8	17.6	7.4	-3	9.4	6.2	0	0	NW	8
09-Ago-2017	17.5	-1.5	-2	16	7.2	-8	9.4	5.2	0	0	NW	6
10-Ago-2017	18.5	-2.5	-2	17.8	6.8	-2.4	7.4	4.6	0	0	W	6
11-Ago-2017	18.5	-2	-1	16.8	8	-1.6	6	7.4	0	0	NW	6
12-Ago-2017	17.5	-3	-2.4	16.4	7	-2.8	9	5	0	0	SW	2
13-Ago-2017	17	-3.5	-6	16	9	-2	8.4	6.4	0	0	NW	4
14-Ago-2017	15.5	-5	.4	13.4	7.8	.2	8	6.2	0	0	NW	8
15-Ago-2017	16.5	2.6	3.4	15.2	8.2	3	7.8	6.4	0	0	NW	6
16-Ago-2017	17		3.2	15.4	8.4	2.4	8.2	6.4	0	0	NW	4
17-Ago-2017	15.5	2	3.6	14.8	6.8	2.8	9.2	5.4	0	0	NW	6
18-Ago-2017	10.5	3.5	4.2	8.2	6.4	4	5.4	4.6	3.2	0	NW	4
19-Ago-2017	17.5	-1	.8	16.2	8.4	.4	6.2	5.8	0	0	S	4
20-Ago-2017	17	-3.5	-2.4	15.4	7.4	-2.4	7.6	5.2	0	0	NW	8
21-Ago-2017	18	1	1.8	16.6	6.8	1.8	6.8	4.8	0	0	E	4
22-Ago-2017	18	-1.5	.4	17.4	7.2	-8	9.2	5.2	0	0	NW	6
23-Ago-2017	19.5	-2	.8	18	7.6	-1	9.2	5.4	0	0	NW	2
24-Ago-2017	15	-1	3.6	14.4	7.2	2.8	8.6	4.8	0	0	NW	6
25-Ago-2017	16.2	1	4.8	15	7.8	3.6	7.8	6	0	0	NW	4
26-Ago-2017	16.5	2.5	6.2	15.4	8.2	4.6	9.2	5.6	0	0	NW	8
27-Ago-2017	16	2	4.6	15.8	8.4	3.8	8.6	6.4	0	0	NW	6
28-Ago-2017	16.5	3.5	6.8	15.2	8.2	5.2	9.4	5.6	0	0	NW	8
29-Ago-2017	16.5	2.5	5.2	15.6	8.2	4.2	8.8	6.4	0	0	NW	6
30-Ago-2017	16	6	7.6	15.6	7.4	6.2	9	4.8	0	0	NW	8
31-Ago-2017	15.5	4.5	6.2	14.6	7.6	5	8.2	5.6	0	0	NW	6

Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : CUSCO Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Ir : 2017-09 ▼
 Latitud : 13° 36' 36" Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Sep-2017	17.5	.5	3	17	8.4	2.4	10.2	6.2	0	0	NW	8
02-Sep-2017	16.5	1	5.4	15.8	8.2	4.6	8.6	6.2	0	0	NW	8
03-Sep-2017	17	3.2	6	16.2	9.2	4.8	8.2	6.4	0	0	NW	6
04-Sep-2017	18	2.5	4.8	17.4	8.6	3.8	9.6	6.2	0	0	NW	8
05-Sep-2017	17.5	1.5	2	16.8	6.4	1.8	8.6	4.6	0	0	NW	8
06-Sep-2017	16.5	3.6	5.2	15.2	8.2	4.2	8.6	5.4	0	0	NW	20
07-Sep-2017	16	1.2	5.2	14.4	7.6	4.8	8.6	5.8	0	0	NW	14
08-Sep-2017	12.5	2.5	6.2	10.4	6.8	4.6	6	3.8	0	0	NW	4
09-Sep-2017	16.5	2.5	5	14.2	8.2	3.4	8	6.2	0	0	NW	6
10-Sep-2017	17.5	1.5	4.8	17.2	8	4.2	9.8	6.2	0	0	NW	14
11-Sep-2017	16.2	.5	4.2	14.6	9.2	3.4	8.4	6.2	0	0	NW	8
12-Sep-2017	9.5	6	7.4	7	5	6.2	6.2	4.6	0	3.2	NW	2
13-Sep-2017	15.5	1.5	4.8	11	7.4	4.2	6.4	6.2	0	5	W	4
14-Sep-2017	15.5	4	7.8	13.8	7.4	6.4	9.4	5.8	0	0	NW	14
15-Sep-2017	10	6	7	8.8	6.4	6.4	6.8	5.2	0	0	NW	6
16-Sep-2017	15.5	6.2	7.2	14.6	7.8	6.8	8.6	6.2	0	0	NW	8
17-Sep-2017	17	5.5	7	15	7.2	6	9.2	5.4	0	0	NW	14
18-Sep-2017	15.5	6.5	7.2	13.6	8.2	6.8	9.2	5.8	0	0	NW	11
19-Sep-2017	17.5	1.5	5.8	16.2	7.6	4.8	9	6	0	0	NW	14
20-Sep-2017	19	-.5	5.8	18.2	9.2	4	8.6	6.8	0	0	NW	8
21-Sep-2017	16.5	2.5	4.8	13.2	7.8	4.2	9.4	6.2	0	0	NW	20
22-Sep-2017	16.5	5	7.4	14.4	8	6	8.2	6.2	0	0	NW	11
23-Sep-2017	15	6.5	8.2	11.6	7.2	6.8	7.6	5.4	0	0	NW	14
24-Sep-2017	17	3	7.8	15.6	6.4	6.4	9.2	5.6	0	5	NW	8
25-Sep-2017	15.2	5	7.6	13.6	7.4	6.2	8.6	6	0	0	NW	11
26-Sep-2017	14.5	2.5	7	14.4	8.4	5.8	9.6	6.8	0	0	NW	8
27-Sep-2017	16.5	4.5	8.4	16	6.4	7.4	9.6	5.8	0	3.2	NW	8
28-Sep-2017	16.5	6	7	14.4	6.8	6.4	8.6	5.4	0	0	NW	6
29-Sep-2017	17.5	4.5	7.8	17.4	9	6.4	9.4	7.2	0	0	NW	8
30-Sep-2017	17.5	2	8.4	16.4	9.2	6.6	8.6	6.8	0	0	NW	20

Departamento : CUSCO Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica Ir : 2017-10 ▾
 Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Precipitación (mm) : 19
 Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Oct-2017	21.5	1	7.4	19.8	9.6	5.2	7.8	7.4	0	0	NW	2
02-Oct-2017	19.5	1	5.2	19.2	8.6	4.6	6.4	5.8	0	0	W	6
03-Oct-2017	19.5	-5	4.8	19.4	7.8	3.6	7.4	6.2	0	0	S	2
04-Oct-2017	18.5	1	6	16.4	8.6	4.8	8.4	5.4	0	0	NW	11
05-Oct-2017	20	-2	3.6	17.2	7.2	1.8	10.2	4.8	0	0	NW	14
06-Oct-2017	15.5	1	4.2	14.8	8.2	3	8.2	6.4	0	0	NW	8
07-Oct-2017	16.2	1.5	5.8	15.6	8.2	4.6	9	6.8	0	0	NW	11
08-Oct-2017	17.5	.5	5	11.4	6	4.4	8.2	5.2	0	4	NW	4
09-Oct-2017	18.2	-.2	4	13.8	8.6	3.8	9	5.2	0	0	NW	6
10-Oct-2017	15.5	.5	4.4	14.6	7.6	4	8.6	5.8	0	0	NW	11
11-Oct-2017	15.5	4.5	8.2	13.8	8.4	5.4	8.6	6.2	0	0	NW	14
12-Oct-2017	17	1	7.8	14.2	9	5.2	8.6	6.8	0	0	NW	8
13-Oct-2017	17	7	8.8	15.6	9.2	7.8	8.6	7.2	0	0	NW	8
14-Oct-2017	14.5	5.5	7.8	11.8	8.2	6.2	8.4	6.4	0	0	NW	8
15-Oct-2017	10.5	6	7.8	8.6	7.6	6.4	6.8	6.2	1.6	4.3	NW	6
16-Oct-2017	16	7	8	15	7.2	7.2	9.2	6.4	1	0	NW	8
17-Oct-2017	17.5	6.5	9.8	15.2	9.4	6.8	9	6.4	0	0	NW	8
18-Oct-2017	17.2	2	5.6	15.8	7.2	4.2	8.6	5.8	0	5.3	NW	6
19-Oct-2017	18.5	1.5	7	17.2	9.2	5.8	9.8	7.6	0	0	NW	8
20-Oct-2017	19	2	6.8	18.2	8.6	5.2	10.2	6.8	0	0	NW	6
21-Oct-2017	19	4.5	6.2	17.4	8.6	5.6	9.4	7.2	1.6	0	NW	6
22-Oct-2017	15.5	4.5	9	14.8	7.8	7.4	9.6	6.4	0	0	NW	8
23-Oct-2017	16.5	5	7.2	6	7	6.2	5.2	5.6	0	5.4	E	2
24-Oct-2017	20	2	6	19.8	9.6	4.8	11	8.2	0	0	NW	4
25-Oct-2017	18	1.5	7.8	17	7.2	6	9.8	5.4	0	0	NW	8
26-Oct-2017	17	1.5	4.2	16.4	9.2	3.8	10.4	7.4	4.1	0	NW	8
27-Oct-2017	18	2	6	17.4	7.6	5.4	9.8	6.2	0	.6	NW	8
28-Oct-2017	17	6.5	9	15.4	9.8	7.2	9.4	8.2	0	0	NW	6
29-Oct-2017	16.5	2	9.6	13.8	10.2	7.8	9.4	8.2	0	0	NW	8
30-Oct-2017	19.5	4.5	8	18.2	10.8	6.8	10.4	8.4	0	0	S	2
31-Oct-2017	20	3.5	9.2	17.4	9.6	7.2	11.6	7.2	0	0	NW	8

Estación : CCATCCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : CUSCO Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Ir : 2017-11 ▾
 Latitud : 13° 36' 36" Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)	Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19			
01-Nov-2017	13	5	6.2	12	7.8	5.4	8.2	6.4	0	NW	4
02-Nov-2017	18.5	1.5	8.6	16.8	10.2	6.8	10.2	7.6	0	NW	4
03-Nov-2017	19	1.2	7.2	18	10.2	4.8	10.6	8.2	0	NW	6
04-Nov-2017	16	1.5	9.8	14.6	9.2	7.2	9.4	7.4	0	NW	20
05-Nov-2017	14	4.5	6.2	10.4	9.4	5.4	8.6	7.2	7.6	NW	2
06-Nov-2017	17	7	8.8	16.4	9	7.8	10.2	7.6	0	NW	4
07-Nov-2017	20	4.5	6.4	18.6	9.4	5.8	10.4	8.2	16.6	NW	4
08-Nov-2017	19.5	5.5	7.4	18.2	9.2	6.2	9	7.2	5.2	NW	8
09-Nov-2017	16.5	7.2	8	15.4	8.4	7.8	9.4	7.2	0	NW	6
10-Nov-2017	15.5	7	8.6	14.2	9	7.8	9.6	7.2	0	NW	4
11-Nov-2017	15	6.5	8.2	10.6	9.4	7.4	8.2	7.6	2.3	NW	8
12-Nov-2017	12	6	7	10	9.6	6.4	9	7.4	9	C	
13-Nov-2017	13	7	8	12.8	8.2	7.4	9.6	6.4	0	NW	6
14-Nov-2017	16.5	5.5	7.8	15	9.8	6.8	10.2	8.4	0	NW	8
15-Nov-2017	16	6	9.2	15.8	11.2	8.2	10.8	9	1.7	NW	8
16-Nov-2017	16.5	4.5	9.2	14.8	8.6	7.4	10.2	7.6	0	NW	14
17-Nov-2017	18	3	9.4	17.8	7.4	7	10.6	6.8	0	NW	8
18-Nov-2017	16.2	5	8	14.6	7.4	7.2	10.2	5.2	9.5	NW	8
19-Nov-2017	15.5	2.5	4.2	14.4	8.6	3.8	10.2	7.4	0	NW	6
20-Nov-2017	18.5	4	8.6	17.2	9.2	6.8	11	7.2	1.2	NW	4
21-Nov-2017	19.5	6.5	8	18.2	9.6	6.8	9.8	7.6	0	NW	6
22-Nov-2017	16	1.5	4	13.6	10.2	3.4	9	7.2	0	NW	4
23-Nov-2017	15	5.5	7.8	12.8	8.2	6.8	8.6	7	0	NW	11
24-Nov-2017	18.5	1.5	6.8	16.8	11	5.6	10	6.8	0	NW	11
25-Nov-2017	20	2	7.6	19.6	9.4	6.2	9.4	7.2	0	NW	4
26-Nov-2017	18	2.5	4.6	17.2	10.2	4	9.6	8	0	NW	8
27-Nov-2017	17.5	4.5	9.2	14	9.6	7.6	9.8	7.2	0	NW	14
28-Nov-2017	14.5	6.5	8.6	11	9.6	7.4	8.2	7.6	0	NW	4
29-Nov-2017	15.5	7.5	9.4	14.8	7.6	7.8	9.6	6.8	0	NW	4
30-Nov-2017	18.5	4.5	9.8	12.4	10	7.8	10.2	6.8	0	NW	11

Estación : CCATCCA, Tipo Convencional - Meteorológica


Departamento : CUSCO Provincia : QUISPICANCHI Distrito : CCATCA Ir : 2017-12 ▾
 Latitud : 13° 36' 36" Longitud : 71° 33' 37" Altitud : 3729

Dia/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Dic-2017	20.2	4.5	8	15.4	9.2	6.4	9.6	7.8	0	0	NW	8
02-Dic-2017	17	3.5	7.8	13.8	9.2	6	9.6	7.4	0	0	E	4
03-Dic-2017	14.5	5	7.2	13.4	7.6	5.6	8.6	6.4	4.5	0	NW	6
04-Dic-2017	14.5	5.2	7	12.2	8.2	6.4	9.8	7.6	3.3	2	E	2
05-Dic-2017	15	4.5	7.6	10.4	7.2	7	8.2	6.4	4.2	5	NW	6
06-Dic-2017	14.5	5.5	7.8	13.6	9	6.2	8	7.6	2	0	E	2
07-Dic-2017	16.2	6	10.2	16	9.8	8.6	10.8	8.4	0	0	NW	8
08-Dic-2017	15.5	6.5	8.2	14	10.2	7.2	9.8	8.6	0	1	NW	4
09-Dic-2017	18	4	7	17	8	6.2	10.2	7	0	0	NW	4
10-Dic-2017	20	5.5	9.8	19.6	11.2	6.8	10.2	8.6	0	0	C	8
11-Dic-2017	15	7.5	10.2	13.8	8.4	7.8	9.6	6.8	0	0	NW	8
12-Dic-2017	15	6.5	7.8	14.4	8.6	7	9.8	7.2	0	0	NW	11
13-Dic-2017	17	3	8	16.2	9.6	6.8	9.8	7	0	0	NW	14
14-Dic-2017	17.5	4	8.8	16.4	9.6	7.4	10.2	8.4	0	0	NW	14
15-Dic-2017	15.2	6	7	12.6	8.6	6.4	8.6	6.8	0	0	NW	8
16-Dic-2017	16.2	6.5	9	14.2	10.2	7.2	9.4	7.4	0	0	NW	8
17-Dic-2017	17	6	7.8	13.2	9.6	6.8	8.6	8.2	0	0	NW	6
18-Dic-2017	14.5	7.5	9.8	11.6	7	8.2	7.8	6.2	0	0	NW	6
19-Dic-2017	11	5.5	6.8	10.4	9	5.8	8.6	6.4	7.8	0	NW	6
20-Dic-2017	16.5	4	6.4	15.4	9.8	5.8	10.4	7.8	0	0	W	8
21-Dic-2017	14	7.6	9.4	13.2	9.2	8.4	10.4	7.8	0	3	NW	8
22-Dic-2017	17	6	7.2	13.8	9.6	6.4	10.2	8.6	8	0	NW	4
23-Dic-2017	17.5	4.5	7.4	15.2	10.8	6.8	10.2	9.6	0	0	NW	4
24-Dic-2017	17.5	3.5	8.6	12.6	7.4	7.8	10.4	6.6	4.5	18.1	NW	4
25-Dic-2017	14.5	6	8	13.4	9.2	7.2	9.2	7.6	2.3	0	NW	4
26-Dic-2017	12.5	6.5	7.6	9.2	9.4	7.2	8.2	7.6	0	0	NW	6
27-Dic-2017	15	6	8.6	13.4	10.2	6.4	10	8.2	0	0	NW	8
28-Dic-2017	14	6.5	7.8	12.2	9.8	6.8	8.6	8	0	0	NW	2
29-Dic-2017	12.5	7	8	11.8	7	7.2	9.6	6.4	5	4.6	NW	14
30-Dic-2017	14.2	6.5	8.2	13	8.4	7	9.6	7.4	0	0	NW	6
31-Dic-2017	15.2	7.4	9.8	13.6	8.8	8.4	10.4	7.8	3.7	9	NW	8

Anexo 2. Normas legales MINAM. Conservación del Ambiente Acuático

18

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 /  El Peruano

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						

Anexo 3. Análisis fisicoquímicos de los suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0780-17-LAQ

SOLICITANTE: JOSEFINA ESCALANTE GUTIERREZ

MUESTRA : SUELOS

DISTRITO : LUCRE

PROVINCIA : QUISPICANCHI

REGION : CUSCO

FECHA A. : C/18/12/2017

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	Materia Orgánica	Arena	Limo	Arcilla
	%	%	%	%
Sector de Huasanhuiray	3.20	75	22	3
Sector de Huanllaran	7.22	81	17	2
Sector de Chillcamojo	5.30	73	25	2
Sector de LLauillijasa	6.10	60	36	4
Sector de Pucajasa	3.00	56	39	5
Sector de Yanamanchi	7.40	88	11	1

*

Cusco, 28 de Diciembre 2017

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Análisis
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 4. Análisis fisicoquímicos de las aguas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0779-17-LAQ

SOLICITANTE: JOSEFINA ESCALANTE GUTIERREZ

MUESTRA : AGUAS

DISTRITO : LUCRE

PROVINCIA : QUISPICANCHI

REGION : CUSCO

FECHA A. : 0/18/12/2017

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	Turbiedad NTU	Nitratos ppm	Fosfatos ug/L
Rio Lucre Desembocadura	4.03	43.10	16.40
Rio Lucre Humedal	3.55	28.80	15.90
Laguna Moina-Urpicancha	10.55	61.80	25.16
Laguna Moina orilla Norte	4.11	98.10	22.97
Laguna Lucre orilla Norte	1.94	155.60	24.07
Laguna Lucre orilla Sur	4.78	170.70	22.97

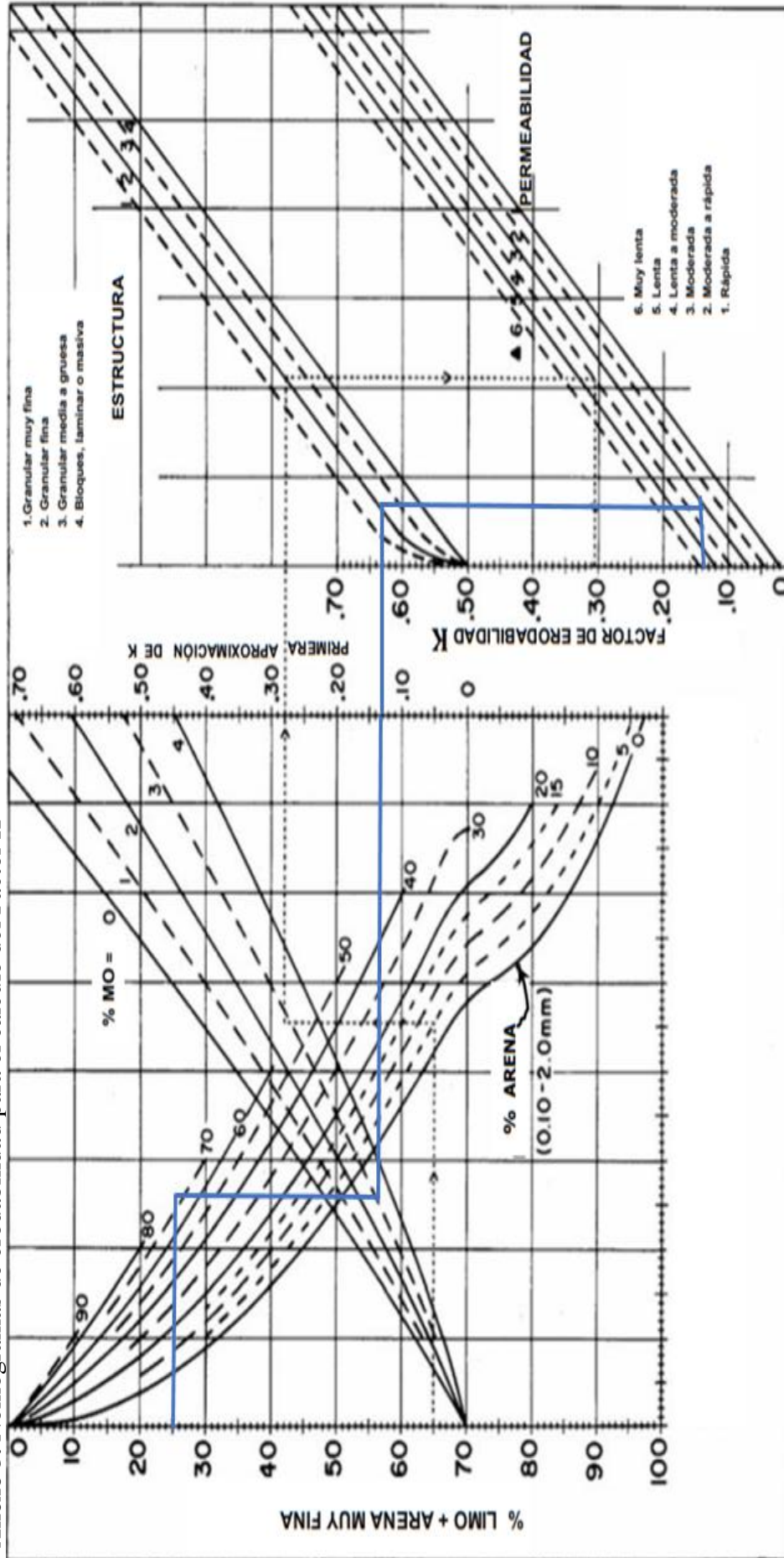
*

Cusco, 28 de Diciembre 2017

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Analíticos

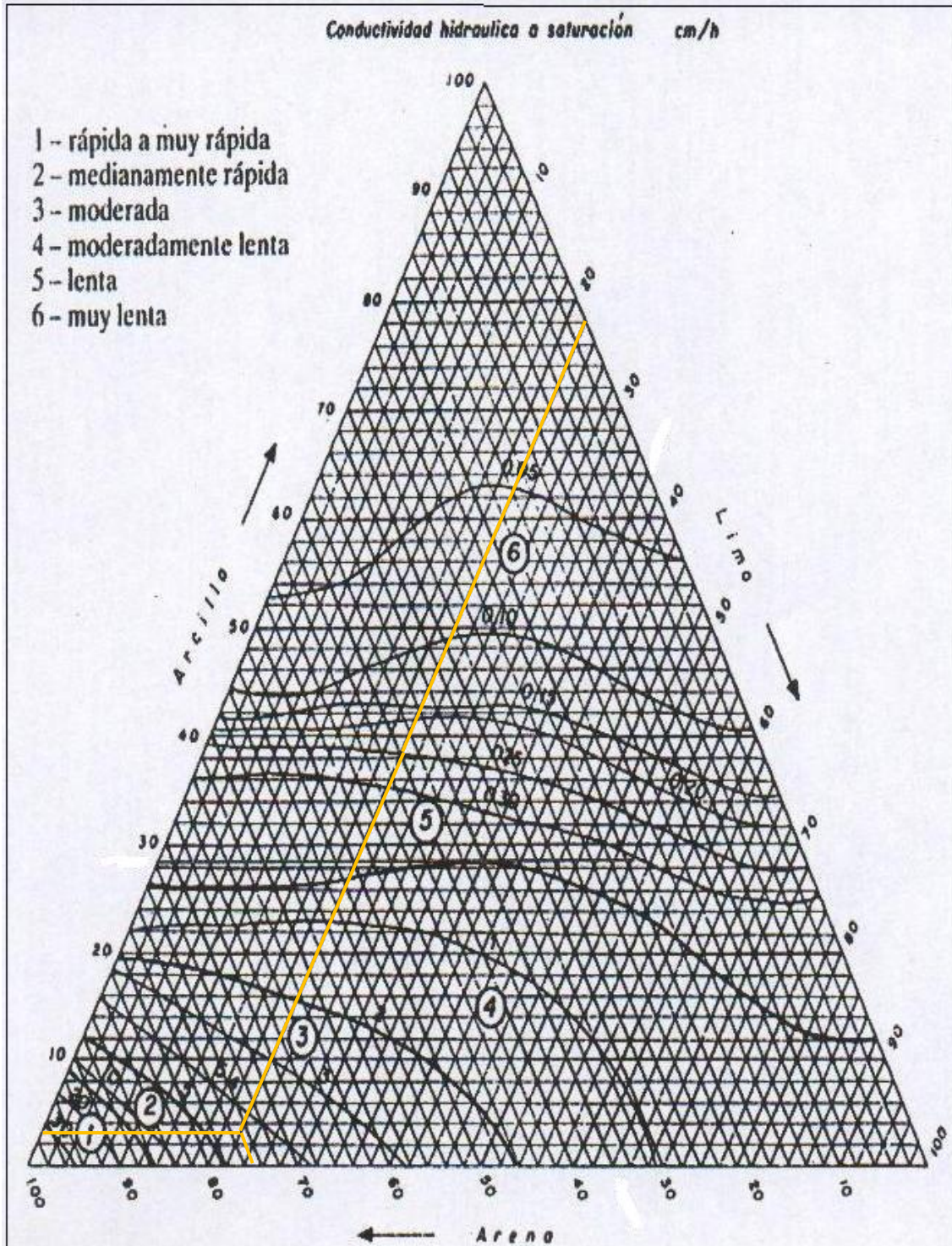
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 5. Nomogramas de erodabilidad para el cálculo del Factor K



Cálculo del Factor K para el suelo 1. Sector Huasahuiray
 Datos: Limo más arcilla 25%, resto de arenas 75%, Materia orgánica 3.20%, Estructura Clase 2, Permeabilidad Clase 3
 Resultados: Primera Aproximación: Factor K 0.135
 Factor K = 0.14

Anexo 6. Triángulo Textural adaptado a valores de Permeabilidad

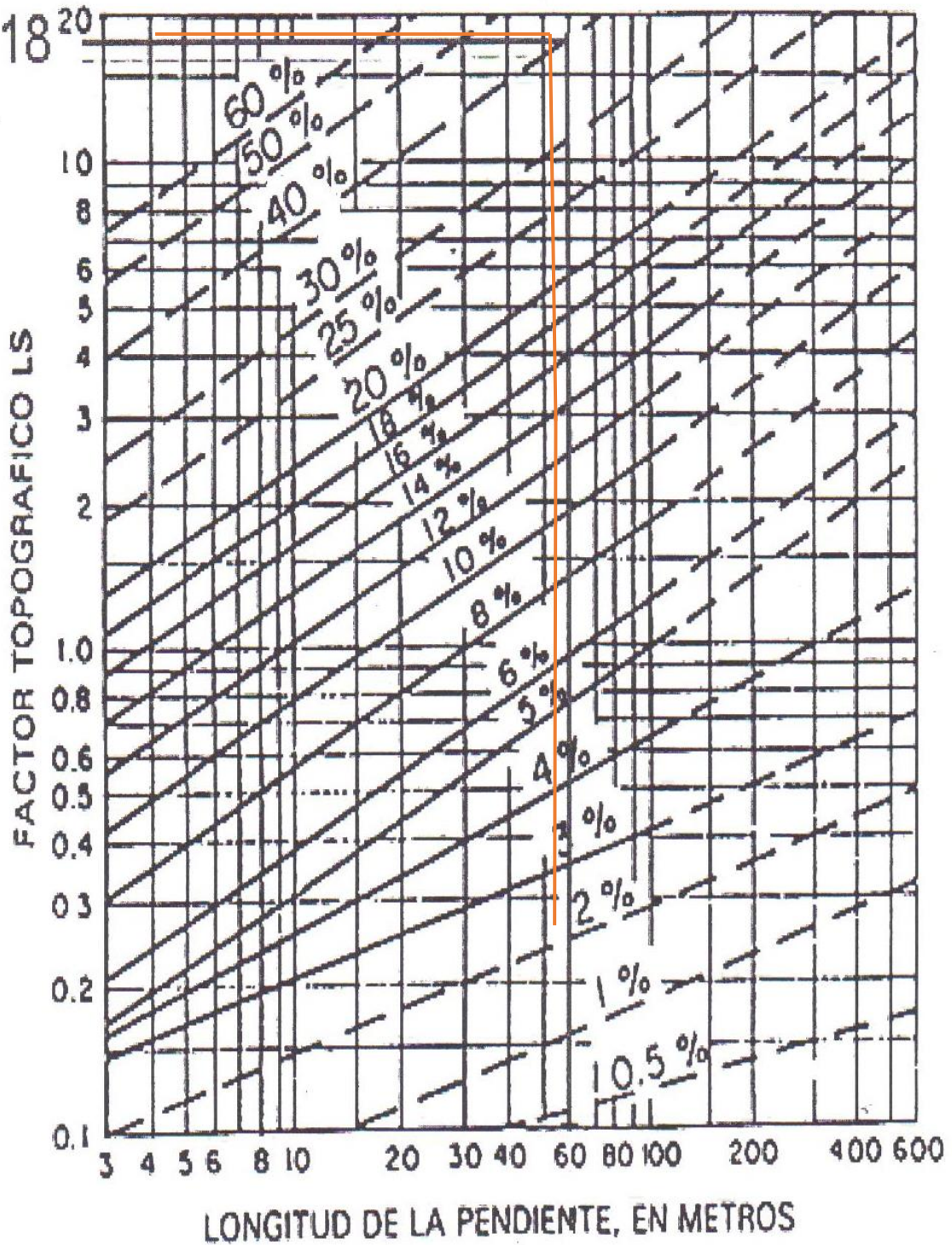


Cálculo de la Permeabilidad para el suelo 1: Huasanhuiray

Datos: Arena 75%, Limo 22%, Arcilla 03%

Resultado: Clase 3: Permeabilidad Moderada

Anexo 7. Cuadro logarítmico para cálculo del Factor Topográfico LS



Cálculo del Factor Ls, para el suelo 1: Huasanhuiray

Datos: Longitud de la pendiente: 60 metros, porcentaje de la pendiente: 40%

Resultado: Factor LS = 18