

UNIVERSIDAD NACIONAL
"TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD
HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO
UTCUBAMBA, DEPARTAMENTO DE
AMAZONAS - PERÚ"

TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Bach. ELGAR BARBOZA CASTILLO

Bach. ALIN ELI RAMÍREZ TORRES

ASESOR: Ing. ROLANDO SALAS LÓPEZ

CO-ASESOR: Blgo. FERNANDO CORROTO DE LA FUENTE

CHACHAPOYAS - PERÚ

2015



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD
HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO
UTCUBAMBA, DEPARTAMENTO DE
AMAZONAS – PERÚ**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES

Bach. Elgar Barboza Castillo

Bach. Alin Eli Ramírez Torres

ASESOR

Ing. Rolando Salas López

COASESOR

Blgo. Fernando Corroto de la Fuente

CHACHAPOYAS - PERÚ

2015

DEDICATORIA

A mis padres Emiliano y María Ercila, por darme la vida y el apoyo incondicional para cumplir mi sueño.

A mis hermanos Elsa, Betty, Efraín, Edwin, Emérita y Violeta, quienes fueron mi principal motivación.

Elgar Barboza.

A mis padres Arnulfo y Angélica por su apoyo incondicional en mi formación profesional.

A mis hermanos quienes me motivaron para seguir adelante.

Alin Ramírez.

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarnos en el transcurrir de la vida, a nuestros padres quienes confiaron en nosotros y nos brindaron su apoyo constante y porque no decir para ejecutar la presente tesis.

Esta investigación se realizó como parte del proyecto “Desarrollo de Índices Biológicos para la Evaluación Espacio - Temporal de la Calidad Ecológica del Agua en la Cuenca del Río Utcubamba, Región Amazonas, Perú”; financiado por el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad - FINCyT (Contrato N° 221-FINCyT-IA-2013) y ejecutado por el Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva - INDES-CES de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - UNTRM.

Al asesor Ing. Rolando Salas López y coasesor Blgo. Fernando Corroto de la Fuente, quienes nos acogieron en el Área de Geomática y el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas, que al conocer la inquietud del tema a desarrollar, nos brindaron las facilidades para ejecutar la presente tesis, agradecer infinitamente por su amistad, confianza, paciencia y tiempo para dotar del conocimiento práctico y científico en este asombroso tema de hidrogeomorfología fluvial.

A los docentes miembros del jurado de tesis Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres, Dr. Ever Salomé Lázaro Bazán e Ing. Jorge Chávez Guivin, por sus aportes y recomendaciones al manuscrito inicial, dando la oportunidad de aclarar mejor las ideas y presentarlas en un lenguaje más fácil de comprensión para cualquier lector.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva - INDES-CES, que gracias al Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres, Ing. Jeimis Royler Yalta Meza, Mg.Sc. Elías Alberto Torres Armas, Bach. Cecibel Portocarrero Díaz y otros más que forman parte de este gran equipo, decidieron llevar adelante este interesante proyecto brindándonos todas las facilidades en la parte logística.

A Alfredo Ollero Ojeda de la Universidad de Zaragoza - España, por sus sugerencias y recomendaciones. A todos los amigos y familiares quienes en algún momento nos apoyaron en la ejecución de la presente, estamos seguros que muchos nombres se nos están olvidando pero sus aportes estuvieron presentes en cada línea que escribimos.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Ph. D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA
Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES
Vicerrector Académico

Dra. MARÍA NELLY LUJAN ESPINOZA
Vicerrectora de Investigación

✧

Dr. EVER SALOMÉ LÁZARO BAZÁN
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que he asesorado la realización de la tesis titulada **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO UTCUBAMBA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS – PERÚ”** de los tesisistas egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental:

Bach. ELGAR BARBOZA CASTILLO

Bach. ALIN ELI RAMÍREZ TORRES

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da el Visto Bueno al Informe Final de la tesis en mención, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndome a supervisar el levantamiento de observaciones para su posterior sustentación.

Chachapoyas, diciembre del 2015.



Ing. Rolando Salas López
Asesor de Tesis

VISTO BUENO DEL COASESOR

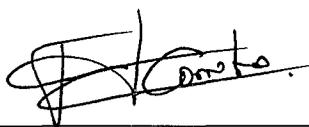
El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que he asesorado la realización de la tesis titulada **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO UTCUBAMBA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS – PERÚ”** de los tesisistas egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental:

Bach. ELGAR BARBOZA CASTILLO

Bach. ALIN ELI RAMÍREZ TORRES

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da el Visto Bueno al Informe Final de la tesis en mención, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndome a supervisar el levantamiento de observaciones para su posterior sustentación.

Chachapoyas, diciembre del 2015.



Blgo. Fernando Corroto de la Fuente
Coasesor de Tesis

JURADO EVALUADOR



Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES
PRESIDENTE



Dr: EVER SALOMÉ LÁZARO BAZÁN
SECRETARIO



Ing. JORGE CHÁVEZ GUIVIN
VOCAL

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA:.....	i
AGRADECIMIENTO:.....	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS:.....	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR:.....	iv
VISTO BUENO DEL COASESOR:.....	v
JURADO EVALUADOR:.....	vi
ÍNDICE :.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS:.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS:.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS:.....	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS:.....	xii
RESUMEN:.....	xiv
ABSTRACT:.....	xv
I. INTRODUCCIÓN:.....	1
1.1. Geomorfología fluvial o hidrogeomorfología:.....	3
1.2. Impactos en la calidad hidrogeomorfológica de los ríos:.....	6
1.3. Los Sistemas de Información Geográficas (SIG) y la Teledetección:.....	8
1.4. Cuenca hidrográfica:.....	8
1.5. Departamento de Amazonas:.....	10
a) Actividad agrícola:.....	11
b) Actividad ganadera:.....	11
c) Extracción de material de canteras:.....	11
II. MATERIAL Y MÉTODOS:.....	13
2.1. Material:.....	13
2.1.1. Material de investigación:.....	13
2.1.2. Material cartográfico y satelital:.....	13

2.1.3. Otros materiales y equipos:.....	13
2.1.4. Software:.....	13
2.2. Métodos:.....	14
2.3. Ubicación del área de estudio:.....	14
2.4. Diseño del estudio:.....	18
2.5. Etapas de la evaluación:.....	20
2.6. Análisis de datos:.....	25
2.6.1. Valorización final del IHG:.....	25
2.6.2. Análisis estadístico:.....	25
2.6.3. Difusión de resultados:.....	25
III. RESULTADOS:.....	26
3.1. Valoración por apartado del índice IHG:.....	26
3.1.1. Calidad funcional del sistema fluvial:.....	26
3.1.2. Calidad del cauce:.....	27
3.1.3. Calidad de las riberas:.....	28
3.2. Valoración por partes de la cuenca.....	29
3.2.1. Valoración para la cuenca alta del río Utcubamba:.....	29
3.2.2. Valoración para cuenca media del río Utcubamba:.....	29
3.2.3. Valoración para la cuenca baja del río Utcubamba:.....	30
3.3. Valoración final del Índice IHG:.....	30
3.4. Análisis estadístico:.....	31
3.5. Difusión de resultados:.....	32
IV. DISCUSIÓN:.....	34
V. CONCLUSIONES:.....	37
VI. RECOMENDACIONES:.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	40
ANEXOS:.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cuencas hidrográficas del departamento de Amazonas:.....	10
Tabla 2. Distribución de los sectores funcionales según las partes de la cuenca:.....	20
Tabla 3. Valoración por apartado (calidad funcional del sistema, calidad del cauce y calidad de riberas) del índice IHG:.....	24
Tabla 4. Puntuación y valoración total del Índice IHG:.....	25
Tabla 5. Resultados de la valoración hidrogeomorfológica para la calidad funcional del sistema fluvial:.....	27
Tabla 6. Resultados de la valoración hidrogeomorfológica para la calidad del cauce:.....	28
Tabla 7. Resultados de la valoración hidrogeomorfológica para la calidad de las riberas:.....	29
Tabla 8. Resultado final de valoración del Índice IHG:.....	31
Tabla 9. Análisis de varianza univariante para la calidad por apartado:.....	32
Tabla 10. Análisis de varianza univariante para las partes de la cuenca:.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Procesos geomorfológicos dentro de una cuenca hidrográfica:.....	4
Figura 2.	Características de los sistemas fluviales:.....	5
Figura 3.	Partes de una cuenca hidrográfica:.....	9
Figura 4.	División de la cuenca hidrográfica:.....	9
Figura 5.	Flujograma metodológico para evaluar la calidad hidromorfológica de la cuenca del río Utcubamba:.....	14
Figura 6.	Mapa de ubicación de la Cuenca del río Utcubamba en el departamento de Amazonas:.....	16
Figura 7.	Análisis de las imágenes satelitales del Google Earth, división de los sectores funcionales y elaboración del mapa base:.....	19
Figura 8.	Sectores funcionales en la cuenca del río Utcubamba:.....	21
Figura 9.	Porcentajes de la calidad hidromorfológica para la calidad funcional del sistema fluvial:.....	26
Figura 10.	Porcentajes de la calidad hidromorfológica para la calidad del cauce:.....	27
Figura 11.	Porcentajes de la calidad hidromorfológica para la calidad de las riberas:.....	28
Figura 12.	Porcentaje de la calidad hidromorfológica de los sectores funcionales para la cuenca alta del río Utcubamba:.....	29
Figura 13.	Porcentaje de la calidad hidromorfológica de los sectores funcionales para la cuenca media del río Utcubamba:.....	30
Figura 14.	Porcentaje de la calidad hidromorfológica de los sectores funcionales para la cuenca baja del río Utcubamba:.....	30
Figura 15.	Porcentaje final de la calidad hidromorfológica de la cuenca del río Utcubamba:.....	31

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ficha de aplicación del índice hidrogeomorfológico (IHG) para la cuenca del río Utcubamba:.....	45
Anexo 2. Tabla de ingreso de los resultados por cada apartado del Índice Hidrogeomorfológico (IHG) para la cuenca del río Utcubamba:.....	46
Anexo 3. Tabla de resultados de aplicación por apartado del índice IHG para la cuenca del río Utcubamba:.....	47
Anexo 4. Tabla de resultados del IHG para cada sector funcional de la cuenca del río Utcubamba:.....	48
Anexo 5. Figura de puntuaciones finales del IHG por cada sector funcional, evaluados en el cauce principal de la cuenca del río Utcubamba:.....	49
Anexo 6. Mapa de calidad funcional del sistema fluvial de la cuenca del río Utcubamba:.....	50
Anexo 7. Mapa de calidad del cauce de la cuenca del río Utcubamba:.....	51
Anexo 8. Mapa de calidad de las riberas de la cuenca del río Utcubamba:.....	52
Anexo 9. Mapa de valoración final del índice IHG para la cuenca del río Utcubamba:.....	53
Anexo 10. Matriz para la aplicación del análisis estadístico:.....	54
Anexo 11. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra y Levene por cada apartado del índice hidrogeomorfológico:.....	55
Anexo 12. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra y Levene para la cuenca baja, media y alta:.....	55
Anexo 13. Prueba Kruskal-Wallis y Levene para cada sector funcional de la cuenca del río Utcubamba:.....	56
Anexo 14. Sectores funcionales evaluados en el cauce principal de la cuenca del río Utcubamba:.....	57
Anexo 15. Impactos en el cauce principal de la cuenca del Río Utcubamba:.....	60
Anexo 16. Difusión de los resultados obtenidos de la calidad hidrogeomorfológica de la cuenca del río Utcubamba:.....	61
Anexo 17. Perfil longitudinal del cauce principal de la cuenca del río Utcubamba:..	61

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Sector funcional SFUT- 01:.....	57
Fotografía 2. Sector funcional SFUT- 02:.....	57
Fotografía 3. Sector funcional SFUT- 03:.....	57
Fotografía 4. Sector funcional SFUT- 04:.....	57
Fotografía 5. Sector funcional SFUT- 05:.....	57
Fotografía 6. Sector funcional SFUT- 06:.....	57
Fotografía 7. Sector funcional SFUT- 07:.....	57
Fotografía 8. Sector funcional SFUT- 08:.....	57
Fotografía 9. Sector funcional SFUT- 09:.....	58
Fotografía 10. Sector funcional SFUT- 10:.....	58
Fotografía 11. Sector funcional SFUT- 11:.....	58
Fotografía 12. Sector funcional SFUT- 12:.....	58
Fotografía 13. Sector funcional SFUT- 13:.....	58
Fotografía 14. Sector funcional SFUT- 14:.....	58
Fotografía 15. Sector funcional SFUT- 15:.....	58
Fotografía 16. Sector funcional SFUT- 16:.....	58
Fotografía 17. Sector funcional SFUT- 17:.....	59
Fotografía 18. Sector funcional SFUT- 18:.....	59
Fotografía 19. Sector funcional SFUT- 19:.....	59
Fotografía 20. Sector funcional SFUT- 20:.....	59
Fotografía 21. Sector funcional SFUT- 21:.....	59
Fotografía 22. Sector funcional SFUT- 22:.....	59
Fotografía 23. Sector funcional SFUT- 23:.....	59
Fotografía 24. Sector funcional SFUT- 24:.....	59
Fotografía 25. Sector funcional SFUT- 25:.....	60
Fotografía 26. Sector funcional SFUT- 01, con presencia de desbordamiento, por la eliminación total de las riberas:.....	60
Fotografía 27. Sector funcional SFUT- 08, tramo fluvial con procesos activos de erosión y sedimentación en las riberas:.....	60

Fotografía 28.	Sector funcional SFUT- 10, tramo fluvial que evidencia defensas ribereñas que dificultan la laminación natural del cauce:.....	60
Fotografía 29.	Sector Funcional SFUT- 14, tramo con presencia de dragado para la de material de cantera:.....	60
Fotografía 30.	Inicio del taller de capacitación resultados en la ONG Naturaleza y Cultura Internacional:.....	61
Fotografía 31.	Presentación de los resultados obtenidos de la aplicación del índice IHG en la cuenca del río Utcubamba:.....	61

RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó la calidad hidrogeomorfológica de la cuenca del río Utcubamba (Amazonas - Perú), se utilizó el Índice Hidrogeomorfológico (IHG) desarrollado en el Departamento de Geografía y Ordenamiento Territorial de la Universidad de Zaragoza - España. El estudio consistió en valorar los parámetros que propone el índice: calidad funcional del sistema fluvial, calidad del cauce y calidad de las riberas, para lo cual se realizó un análisis de imágenes satelitales históricas y actuales del Google Earth y a través del uso de la cartografía se dividió el cauce principal de la cuenca en 25 sectores funcionales de 10 Km cada uno.

En campo se aplicó la ficha del IHG obteniendo así la calidad para cada sector funcional y por tipo de cuenca: alta, media y baja. Del procesamiento de los datos de campo y gabinete se obtuvo que para la calidad funcional del sistema fluvial el 12% es deficiente, 68% es moderada y el 20% es buena; de la calidad del cauce se obtuvo que: el 16% es deficiente, 60% moderada y el 24 % es buena; de la calidad de las riberas: el 12% es muy mala, 52% es deficiente y el 36% es moderada. De la evaluación de la calidad hidrogeomorfológica por tipo de cuenca se determinó que la cuenca alta el 86% es moderada y el 14% es buena, la cuenca media el 12% es deficiente y el 88% es moderada y para la cuenca baja el 70% es deficiente y el 30% es moderada.

La calidad hidrogeomorfológica (valoración final) para la cuenca del río Utcubamba presenta que el 32% deficiente, 64 % moderada y solo el 4% es calidad buena, pues existe bajo porcentaje de calidad buena debido a que gran parte de la cuenca se encuentra fuertemente impactada por presiones antrópicas.

Palabras Claves: Índice Hidrogeomorfológico, Cuenca del río Utcubamba, Sector Funcional, Calidad funcional del sistema fluvial, calidad del cauce y calidad de las riberas.

ABSTRACT

This research evaluated the quality hidromorfológica basin Utcubamba (Amazonas - Peru) river, hydrogeomorphological Index (IHG) developed in the Department of Geography and Spatial Planning of the University of Zaragoza was used - Spain. The study was to assess the parameters proposed the index: functional quality of the fluvial system, channel quality and quality of the banks, for which an analysis of historical and current satellite images of Google Earth was made and through the use of cartography the main channel of the watershed was divided into 25 functional areas of 10 km each.

In the tab IHG field was applied obtaining quality for each functional area and type of basin: high, medium and low. Processing of field and laboratory data was obtained for the functional quality of the river system is 12% poor, 68% moderate and 20% is good; channel quality was obtained: 16% is poor, 60% moderate and 24% is good; quality of the banks: 12% is very bad, 52% are poor and 36% is moderate. In assessing the quality hidromorfológica type of basin was determined that the upper basin is 86% moderate and 14% is good, 12% average basin is poor and 88% is moderate and downstream 70 % is poor and 30% is moderate.

The hidromorfológica quality (final evaluation) for the basin of the river Utcubamba shows that 32% poor, 64% moderate and only 4% is good quality, as there is low percentage of good quality because much of the basin is strongly impacted by human pressure.

Key Words: Hydrogeomorphological Index, Utcubamba River Basin, Functional Sector, functional quality of the river system, channel quality and quality of the banks.

I. INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales han sido sometidos a un proceso acelerado de degradación, de tal manera que hoy en día es difícil considerar un país que no se encuentre inmerso en esta problemática. La degradación del suelo producto de las actividades agrícolas se incrementa con el pasar del tiempo y varía según el tipo de uso y la región donde se ubique (Cardona, 2003).

En las últimas décadas se ha discutido mucho acerca de los impactos derivados de las prácticas agrícolas, las cuales han ido extendiéndose y diversificándose en el mundo al mismo tiempo que los avances de la ingeniería y la biotecnología aplicada a los cultivos. A inicios del siglo pasado los principales problemas ambientales estaban relacionados con la canalización de ríos, extracción de material de cantera, uso ineficiente del agua, deforestación y erosión del suelo; con el desarrollo de la "revolución verde", éstos se han agudizado y aparecieron otros como agotamiento de acuíferos, salinización de suelos, pérdida de diversidad, uso excesivo de agroquímicos, e inadecuada disposición de los subproductos de esta actividad en los ecosistemas acuáticos (Lenat y Crawford, 1994; Davis *et al.*, 2003; Jergentz *et al.*, 2005 citado por Valcárcel, 2011). En este sentido, las descargas de aguas residuales de origen doméstico municipal e industrial no tratadas, son uno de los problemas responsables del actual deterioro de la mayoría de los cuerpos de agua (Cardona, 2003).

Frente a estos preocupantes impactos sobre las cuencas y ríos se han desarrollado protocolos rápidos e índices que permiten conocer el estado actual del sistema fluvial en cuestión (río o cuenca). El índice River Habitat Surver (RHS) que evalúa la calidad de los ríos, el cual se desarrolló en el Reino Unido desde 1993 y fue adaptado en Italia adicionándole a ello un módulo geomorfológico llamado GeoRHS (Environment Agency, 2003). En España desarrolló el protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos (HIDRI), incluyendo el índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR) y el Índice de Hábitat Fluvial (IHF), en concreto reúne ocho protocolos sucesivos que llevan a la determinación final de un nivel de calidad (Agencia Catalana de l'Aigua, 2006).

Siguiendo la línea anterior y mediante diversas adaptaciones de varios índices anteriormente propuestos, Acosta *et al.* (2008) propuso el protocolo de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA), que permite realizar una evaluación rápida de los ríos situados

por arriba de los 2000 m.s.n.m. desde los Andes del Norte hasta el Altiplano de los andes centrales (Bolivia).

Por otra parte, el índice hidrogeomorfológico (IHG) fue desarrollado en el Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza (España), el cual fue aplicado en toda la cuenca del Ebro permitiendo obtener la calidad hidrogeomorfológica de 330 masas de agua las que han sido valoradas, representando un total de 6 990 km (Ollero *et al.*, 2007).

Esta realidad no es ajena a nuestro país, por esta razón, como medida contra el daño ambiental en las cuencas de los ríos del departamento de Amazonas, fue conveniente desarrollar un estudio que permita valorar su estado actual mediante la aplicación del índice hidrogeomorfológico (IHG), a través del cual es posible determinar el grado de afectación de los cuerpos fluviales; asimismo, este índice evalúa la calidad funcional del sistema fluvial, calidad del cauce y calidad de las riberas, exponiendo soluciones en el ámbito de la recuperación y restauración del ecosistema (Ollero *et al.*, 2009).

La investigación tuvo como escenario la cuenca del río Utcubamba (Amazonas - Perú), lugar donde se desarrollan las principales actividades de agricultura, ganadería y extracción de material de cantera. Entre los principales problemas de impacto observados en la cuenca pueden citarse los relacionados con la inexistencia de un ordenamiento territorial, manifestados en la ocupación del área ribereña a favor de la agricultura, ganadería y actividades de infraestructura vial; además de modificaciones en el cauce y transporte de sedimentos producto de la extracción de material de canteras y vertidos contaminantes (residuos sólidos municipales, aguas no tratadas y fertilizantes).

Por otro lado, los trabajos desde una perspectiva de calidad hidrogeomorfológica son escasos a escala nacional, regional y local. La documentación base para la toma de decisiones es insuficiente y en algunos casos es nula, es por eso que el objetivo general de esta investigación y con carácter innovador en el área de estudio, fue evaluar la calidad hidrogeomorfológica de la cuenca del río Utcubamba; además se plantearon los siguientes objetivos específicos: a) determinar la calidad funcional del sistema fluvial del cauce principal de la cuenca del río Utcubamba, b) caracterizar la calidad del cauce principal de la cuenca del río Utcubamba y c) definir la calidad de las riberas del cauce principal de la cuenca del río Utcubamba.

1.1. Geomorfología fluvial o hidrogeomorfología

Es una ciencia de la tierra que se ocupa de estudiar e interpretar las formas de la superficie terrestre de origen fluvial (sistemas fluviales) y los procesos hidrogeomorfológicos que se determinan a partir de la acción del agua superficial (Gil *et al.*, 2013). La geomorfología es el subcampo de la geología que se ocupa de la estructura, evolución de la superficie de la tierra y aborda el origen y la morfología dinámica (cambiante estructura y forma) de la superficie terrestre. Además determina una gran variedad de hábitats muy variables en el tiempo, favoreciendo la biodiversidad y productividad de los ecosistemas acuáticos y ribereños (González del Tánago y García de Jalón, 2007).

La hidromorfología es una rama de la hidrología que trata de la estructura y evolución de los recursos hídricos de la tierra (evolución de los perfiles longitudinales, transversales y del trazado planimétrico), los orígenes y la morfología dinámica de los recursos hídricos (Vogel, 2011).

Los sistemas fluviales

Son una combinación significativa de cosas que conforman un conjunto complejo con conexiones interrelacionadas y transferencias de energía y materia entre ellos, conformado no solo por los canales fluviales, sino también por el conjunto de redes de drenaje y zonas de sedimentación de abanicos aluviales, también a las escorrentías y sedimentos de ladera (Piégay y Schumm, 2003). El sistema fluvial cambia con el tiempo debido a la actividad de los procesos erosivos de sedimentación y también responde a los cambios climáticos, modificaciones del nivel de base, tectónica cuaternaria y actividades humanas (Park, 1981 citado por Gutiérrez, 2008).

Los procesos hidrogeomorfológicos (Figura 1)

Son la base fundamental del correcto funcionamiento de los cursos fluviales como ecosistemas. La dinámica fluvial es la clave tanto del funcionamiento como del valor ecológico, paisajístico y ambiental de los sistemas fluviales (Ollero *et al.*, 2007). Los ríos cuentan con mecanismos de autorregulación de sus escorrentías extremas y con sistemas de autodepuración, llegando a regular también los procesos litorales.

Gutiérrez (2008) define a la **erosión fluvial** como un conjunto de procesos complejos de remoción física y química de los aluviones o del sustrato rocoso que conforman el cauce fluvial, se clasifican en lateral, lineal y remontante; también plantea la diferencia entre erosión rápida durante una crecida y erosión permanente a largo plazo, originada por procesos naturales o provocada por alguna acción humana.

De la misma manera expresa que el **transporte fluvial** es un proceso de movilización del caudal sólido a lo largo del sistema fluvial. El sedimento puede ser transportado en suspensión (sostenido por la turbulencia del flujo) o bien por el fondo (rodando, saltando o deslizándose).

Ollero *et al.* (2009) describe que la **sedimentación fluvial** son los procesos de detención y acumulación de los materiales transportados por el sistema fluvial. La sedimentación se produce dentro del propio curso fluvial, en sectores o ambientes donde la energía del flujo es inferior al umbral de competencia, imposibilitando que los materiales puedan seguir siendo movilizados.

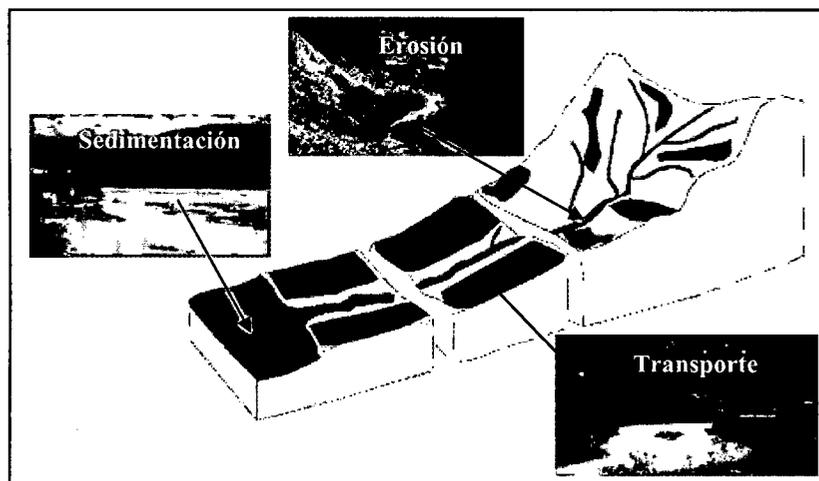


Figura 1. Procesos geomorfológicos dentro de una cuenca hidrográfica.

Fuente: Modificado de Gutiérrez, 2008.

Las características de los cauces fluviales

El cauce desde un punto de vista físico es el aspecto en planta, sección y perfil que tiene una corriente de agua. Suelen ser curvos, siendo los cauces rectos una rareza generalmente debida a la tectónica, también se considera como una corriente continua o discontinua y es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias, la determinación de este terreno se realizará atendiendo a sus características

geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan así como las referencias históricas disponibles (Ballarín y Rodríguez, 2013). Se tipifica el tramo en rectilíneo, sinuoso, meandriforme o trenzado, según las tipologías de forma del canal de la Figura 2.

La llanura de inundación o cauce mayor es recinto de disipación de energía de las aguas desbordadas y de almacenamiento de caudal a lo largo del proceso, efecto laminador que repercute en la reducción del caudal-punta aguas abajo. Es también un recinto de decantación, responsable del crecimiento vertical de los depósitos y de la fertilidad de los materiales finos que la corriente transportaba en suspensión (Agencia Catalana del I´Aigua, 2006).

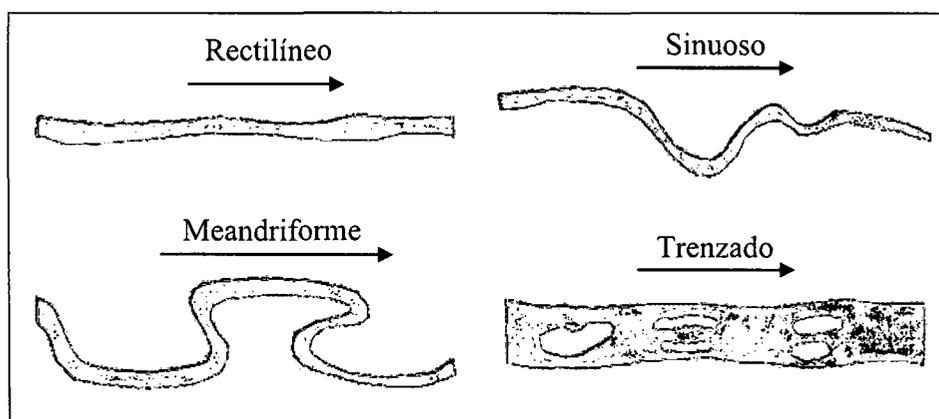


Figura 2. Características de los cauces fluviales.

Fuente: Agencia Catalana del I´Aigua, 2006.

Según Ballarín y Rodríguez (2013) se pueden diferenciar tres tipos de caudales y se detallan a continuación:

El caudal hídrico, es la cantidad o volumen de agua que pasa en un tiempo dado por una sección concreta de un cauce y se mide en m^3/s . Además de los caudales medios, los caudales extremos son muy importantes, tanto en periodos de crecida como de sequía, pues constituyen el motor de los procesos de cambio del cauce y son limitantes para el desarrollo de determinadas especies.

El caudal sólido, el curso fluvial es un medio con un flujo trifásico de agua, sedimentos y seres vivos o partes de éstos. El flujo de sedimentos o conjunto de materiales sólidos transportados (que incluye partes de seres vivos, como ramas, troncos, hojas, semillas, etc.) constituye el caudal sólido que puede medirse con

diferentes técnicas y puede expresarse del mismo modo que el caudal líquido, en m^3/s o en unidades de masa/s. El caudal sólido juega un papel fundamental en los procesos pluviales de transporte y sedimentación. Si no fuera porque los ríos transportan ingentes cantidades de caudal sólido que depositan en las zonas aluviales, éstas no tendrían unas características tan propicias para la agricultura y la ganadería.

Caudal geomórfico, dominante o formativo, se compone de una parte líquida (caudal hídrico) y otra sólida (caudal sólido). Es el caudal responsable de la forma y las dimensiones del cauce, necesario para que se produzcan cambios en los cursos fluviales, es decir, para que sea un sistema funcional. Suele corresponderse con el caudal que se produce en momentos de crecida, el que circula a máxima velocidad ocupando todo el cauce (caudal a cauce lleno), a partir del cual se produce el desbordamiento por la llanura de inundación (Gutiérrez, 2008).

1.2. Impactos en la calidad hidrogeomorfológica de los ríos

Los ríos son sistemas naturales extraordinariamente dinámicos y complejos, dentro de sus funciones principales está el transporte de agua, sedimentos, nutrientes y seres vivos, pero además conforman corredores de gran valor ecológico, paisajístico, bioclimático y territorial que enlazan montañas y tierras bajas. Por tanto, la red fluvial constituye un elemento clave en la dinámica ambiental y en la planificación territorial, de ahí su carácter único, singular, excepcional, dominando un espacio estrecho y alargado con personalidad propia y una franja de territorio muy valiosa (Ollero y Romeo, 2007).

La deforestación, vertido de aguas servidas y urbanizaciones incrementan el volumen del caudal, pero en su mayoría estos casos de modificaciones antrópicas generan reducción del mismo y con ello el decrecimiento de su dinámica, reducción en la erosión natural de los márgenes, reducción de la movilidad de sedimentos y transporte del caudal sólido. Este último debería llegar a cada sector funcional del sistema fluvial sin retención alguna de origen antrópico, ejerciendo sin problemas la movilización y transporte de sedimentos. Sin embargo en muchos ríos hay marcados déficit sedimentarios derivados de la presencia de represas, derivaciones, obstáculos laterales y locales en el propio cauce (Ollero *et al.*, 2009).

El papel hidrogeomorfológico de la vegetación de la ribera es de filtro de los procesos fluviales, disminuyendo la velocidad de la corriente, favoreciendo la sedimentación y estabilizando las orillas (Ollero *et al.*, 2010). Un corredor ribereño natural, continuo, ancho y bien interconectado con el cauce, ejerce una función de control en el sistema fluvial y en todos los procesos geomorfológicos; si se deteriora la vegetación las aguas penetran con mayor facilidad, generando depósitos de material grueso. Además la inexistencia de vegetación propicia que los materiales finos sedimenten con mayor dificultad, incrementándose la turbidez de la corriente, erosión de las orillas, favoreciendo que troncos y ramas se incorporen a la corriente e intervengan en los procesos de sedimentación.

Así pues, los procesos hidrogeomorfológicos son la base fundamental del correcto funcionamiento de los cursos fluviales como ecosistemas. La dinámica fluvial es la clave tanto del funcionamiento como del valor ecológico, paisajístico y ambiental de los sistemas fluviales (Ollero *et al.*, 2007), en consecuencia los indicadores hidrogeomorfológicos son clave para determinar el estado ecológico de los ríos, puede hablarse por lo tanto de una “calidad hidrogeomorfológica”.

La calidad hidrogeomorfológica evalúa el grado de naturalidad en que se encuentra en un sistema fluvial, teniendo como base algunos indicadores como:

- Caudales geomórficos.
- El estilo fluvial que representa el curso fluvial a largo del tiempo.
- La continuidad longitudinal del sistema, hace referencia a un curso natural sin barreras antrópicas con una continuidad de arriba abajo.
- La conectividad transversal y vertical del sistema, es la conexión del curso fluvial superficial de forma natural con el corredor ribereño y el resto de la llanura de inundación (conectividad transversal), así como con la zona hiporreica y con el freático (conectividad vertical).
- Vegetación, es un indicador especial muy útil en la evaluación, se comporta como el principal freno de la dinámica fluvial, que será el resultado de la interacción de los caudales (acelerador) con los elementos que estabilizan.

Para realizar la evaluación hidrogeomorfológica se divide el cauce en sectores funcionales (tramo dividido de la red hídrica y donde se evaluará la calidad funcional del sistema, la calidad del cauce y la calidad de las riberas) (Díaz y Ollero 2005).

1.3. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Teledetección

Los SIG es un sistema de computadora constituido por hardware, software, datos, metodología y recurso humano, diseñado para integrar, manejar, modelar, analizar y presentar, generalmente en forma de mapas, información que está relacionada a una localización geográfica o espacial (Martínez, 2008). Por otra parte la teledetección implica obtener información a través de imágenes satelitales de la superficie de nuestro planeta a distancia, sin entrar en contacto directo con la misma, para posteriormente realizar un procesamiento, clasificación e interpretación de una determinada zona de estudio (Labrador *et al.*, 2012).

El uso del SIG es muy útil para trabajar con parámetros referentes a la cuenca, geología, llanura aluvial y la geomorfología del canal (pendiente, sinuosidad, etc.) Los resultados de la evaluación pueden ser validados posteriormente en el muestreo de campo (Agencia Catalana del I'Aigua, 2006). Para aplicar el índice IHG a situaciones pretéritas, es muy importante utilizar fotografías aéreas históricas más el apoyo del SIG y la cartografía para evaluar procesos de cambio y comparar niveles de deterioro, además los SIG son de gran utilidad al momento de mostrar los resultados obtenidos a través de la presentación de mapas y base de datos (Ollero *et al.*, 2009).

1.4. Cuenca hidrográfica

Es el espacio del territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, en la cual se desarrolla un sistema hídrico superficial, formando una red de cursos fluviales con una corriente natural fluctuante en el tiempo, a veces efímera de agua y materiales sólidos que circulan por un cauce con orillas bien definidas que concentran caudales hasta formar un río principal que lleva sus aguas a un lago o mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas (Villón, 2011 y Gutiérrez, 2008).

Word Vision (2010), plantea que a partir de la altitud se podrían distinguir la parte alta, media y baja de una cuenca, sucesivamente, en función de los rangos de altura. Si la diferencia de altura es significativa y varía de 0 y mayor que 2 500 m.s.n.m., es factible diferenciar las tres partes, si esta diferencia es menor, por ejemplo de 0 a 1 000 m.s.n.m., posiblemente sólo se distingan dos partes y si la cuenca es casi plana será menos probable establecer partes. Generalmente este criterio de la altura, se relaciona con el clima y puede ser una forma de establecer las partes de una cuenca.

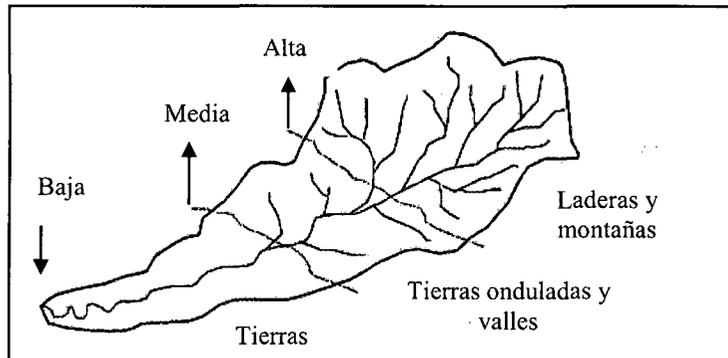


Figura 3. Partes de una cuenca hidrográfica.

Fuente: Word Vision, 2010.

Asimismo, las cuencas hidrográficas pueden dividirse en espacios definidos por la relación entre el drenaje superficial y la importancia que tiene con el curso principal; el trazo de la red hídrica es fundamental para delimitar los espacios en que se puede dividir la cuenca. A un curso principal llega un afluente secundario, este comprende una subcuenca, luego al curso principal de una subcuenca, llega un afluente terciario, este comprende una microcuenca, además están las quebradas que son cauces menores (Faustino, 2010).

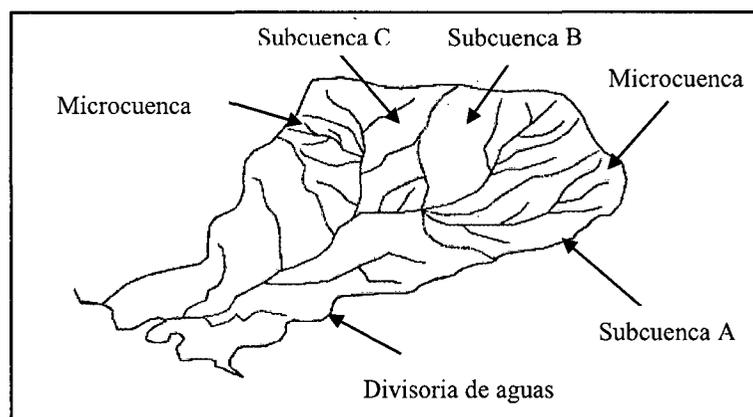


Figura 4. División de la cuenca hidrográfica.

Fuente: Word Vision, 2010.

1.5. Departamento de Amazonas

Amazonas es un departamento del Perú ubicado en la parte Norte del país, limita por el Norte con la república del Ecuador, por el Este con Loreto, por el Sur con La Libertad y San Martín y por Oeste con Cajamarca. Abarca 39 249 mil km² de agreste territorio, en su mayoría, cubierto por la Amazonía, con algunas zonas altas al sur, donde se emplaza la capital, Chachapoyas, a una altitud de 2 335 m.s.n.m (IIAP/GRA, 2010).

Según el INEI (2007), el departamento de Amazonas está dividido en siete provincias Bagua, Bongará, Condorcanqui, Chachapoyas, Luya, Rodríguez de Mendoza y Utcubamba; además de los 84 distritos que lo conforman, tiene una población de 375 993 habitantes donde el 44,15 % se ubican en la zona urbana y el 55,85 % en la zona rural siendo la provincia de Utcubamba con mayor densidad poblacional. Dentro de sus actividades principales encontramos la actividad agrícola, ganadera y extracción de material de canteras.

La red hidrográfica del departamento de Amazonas, está constituida por nueve cuencas (Tabla 1). Los afluentes principales del río Marañón, por la margen izquierda son los ríos Comaina, Cenepa y Santiago y por la margen derecha los ríos Utcubamba, Imaza-Chiriaco y Nieva. Asimismo, parte del departamento pertenece a un pequeño sector de la parte alta de la cuenca del río Mayo, confluyendo en las cuencas del río Huayabamba y Salas cuyas aguas drenan principalmente a territorios del departamento de San Martín (APECO, 2009).

Tabla 1. Cuencas hidrográficas del departamento de Amazonas.

N°	Cuenca Hidrográfica	Área (km ²)
1	Río Santiago	7 984,94
2	Río Marañón	7 929,78
3	Río Utcubamba	6 650,07
4	Río Comaina	3 925,33
5	Río Nieva	3 911,74
6	Río Imaza - Chiriaco	3 559,74
7	Río Cenepa	2 889,10
8	Río Huayabamba	1 955,63
9	Río Salas	870,53
Total		3 9676,87

Fuente: APECO, 2009.

a) Actividad agrícola

La agricultura es una de las principales actividades económicas del departamento, la mayor parte de área está ocupada por cultivos de arroz, café y cacao, principalmente en la parte baja de la cuenca (Limachi, 2010). La FAO (1993), considera que la agricultura es la actividad que consume el mayor volumen de agua dulce disponible, otorgándole un bajo costo y como consecuencia de esto un uso deficiente, generando contaminación sobre la calidad del agua principalmente por el empleo de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas).

Las malas prácticas agrícolas y la tala de bosques para la instalación de nuevos cultivos, hacen que la oferta del recurso hídrico se reduzca y se incremente la erosión de los suelos.

b) Actividad ganadera

La actividad ganadera en el departamento de Amazonas es la segunda más importante después de la agricultura. El INEI en su IV censo agropecuario realizado en el año 2012 reporta que la provincia de Utcubamba cuenta con 6 252 cabezas de ganado vacuno, seguido por las provincias de Chachapoyas con 3 924 y la provincia de Luya 3 671 respectivamente, a ello se suman una gran cantidad de superficie de pastos que demandan para su alimentación.

En la actualidad a nivel de todo el departamento no se utilizan prácticas tecnificadas para la cría de ganado, trayendo consigo el problema de erosión de suelos, afectando con la sedimentación la capacidad de almacenamiento de los cuerpos. Además, la falta de manejo del estiércol, está provocando problemas de contaminación de las aguas, constituyendo un riesgo para la salud humana y deteriorando la calidad del recurso hídrico.

c) Extracción de material de canteras

Es un conjunto de labores que se llevan a cabo con la finalidad de explotar el material no metálico útil para uso de obras civiles. En el departamento de Amazonas esta actividad se realiza principalmente en las riberas y orillas del cauce principal de la cuenca del río Utcubamba.

Estas extracciones alteran la forma del cauce modificando todos los procesos geomorfológicos en el tramo afectado y también aguas abajo; generalmente se tiende a reducir la complejidad natural del trazado, transformando el cauce en un canal de desagüe, incidiendo en el incremento de la pendiente y de los procesos de corte lineal en el fondo del lecho, de tal manera que los sedimentos se evacúan con mayor facilidad aguas abajo por el centro del canal, pero pueden quedar colgados depósitos laterales (Ollero *et al.*, 2010).

El dragado supone la excavación en el propio lecho fluvial o en depósitos de grava laterales, así como eliminación de islas en el cauce, incluyendo la limpieza de la vegetación que las ha colonizado, todo ello con el fin de lograr mayor capacidad de drenaje. También se recortan superficies de gravas suavizando curvaturas. Debe considerarse siempre una medida temporal y no puede extraerse más de lo que aporta el río en sedimentos (Martin Vide, 2006), de hecho un problema habitual en los dragados es la rapidez con que pueden llenarse de nuevo de acarreos las zonas dragadas, a raíz de cualquier crecida.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material

2.1.1 Material de investigación

En el presente informe de investigación, el material de estudio fue la cuenca del río Utcubamba con sus propias características biofísicas.

2.1.2 Material cartográfico y satelital

Se utilizó el material cartográfico que a continuación se detalla:

- Cartas Nacionales del Instituto Geográfico Nacional, a escala 1: 100 000 (12f, 12g, 12h, 13g, 13h y 14h).
- Capa vectorial de Cuencas Hidrográficas de la Autoridad Nacional del Agua.
- Capa vectorial de límites distritales, límites provinciales y límites departamentales del Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Mapa base de la cuenca del río Utcubamba, a escala 1: 250 000
- Mapa político del Departamento de Amazonas, a escala 1: 500 000

El material satelital consultado fue del software Google Earth v. 5.2

2.1.3 Otros materiales y equipos

- Ficha del índice hidrogeomorfológico (IHG)
- Libreta de campo
- GPS Garmin Montana 650, precisión $\pm 3\text{m}$
- Proyector multimedia
- Cámara fotográfica
- Laptop procesador i5
- Impresora HP Laser Jet 500

2.1.4 Software

- ArcGIS v. 10.1
- Google Earth v. 5.2
- MapSource v. 6.3
- Microsoft Office v. 2013

2.2. Métodos

Para la evaluación de la calidad hidrogeomorfológica de la cuenca del río Utcubamba aplicando el índice hidrogeomorfológico, la metodología usada se presenta en el siguiente flujograma metodológico (Figura 5).

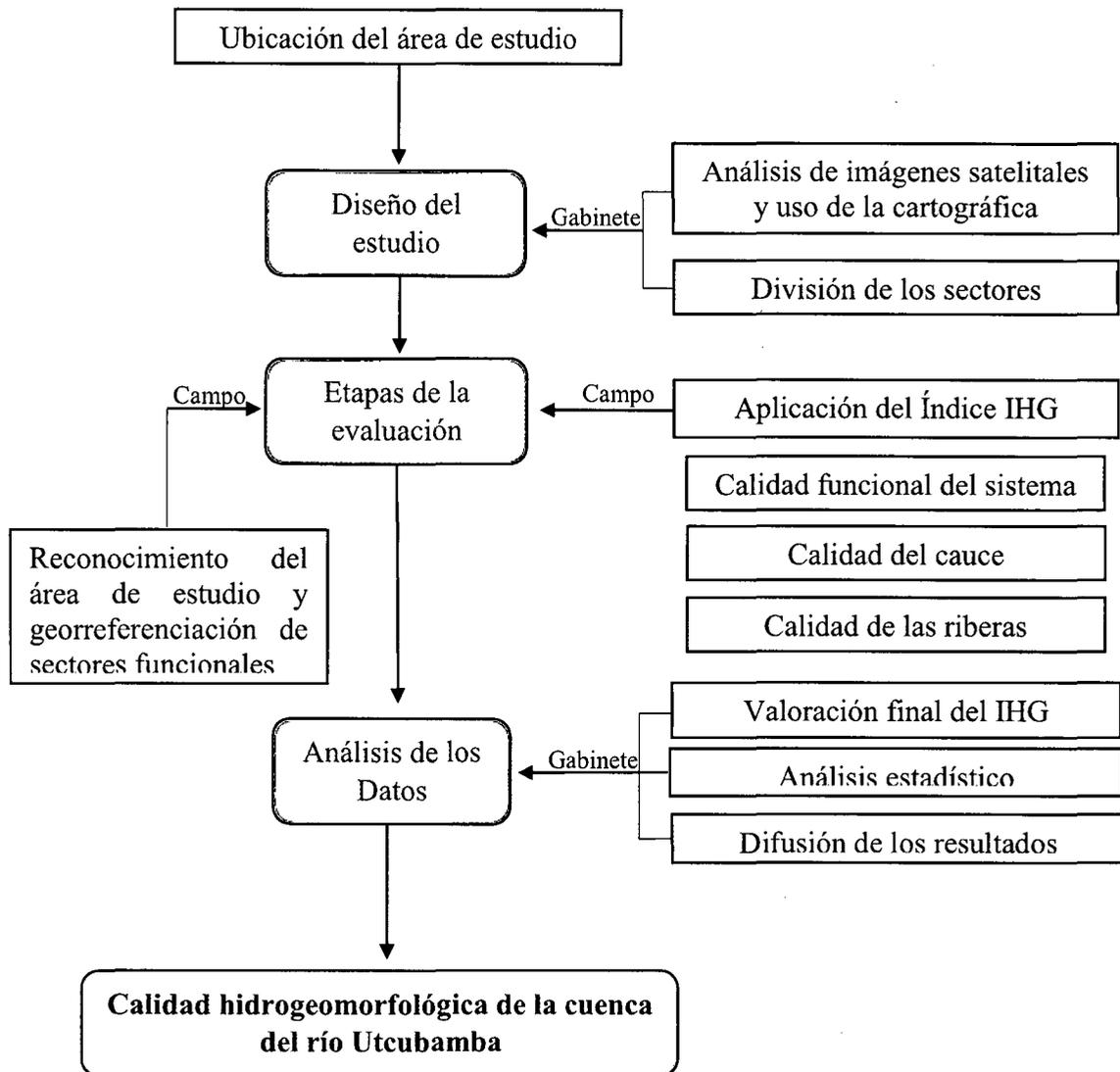


Figura 5. Flujograma metodológico para evaluar la calidad hidrogeomorfológica de la cuenca del río Utcubamba.

2.3. Ubicación del área de estudio

Esta investigación se realizó en el cauce principal de la cuenca del río Utcubamba, se encuentra ubicada entre la cota mínima de 340 y la cota máxima de 3 560 m.s.n.m., ocupando las provincias de Bagua, Bongará, Chachapoyas, Luya y Utcubamba, representando el 15,32 % del territorio departamental.

La cuenca limita al Norte con las intercuenas Alto marañón I, II y III, por el Este con la cuenca del Mayo, por Sur con la cuenca Huayabamba y por el Oeste con la intercuenca Alto marañón IV. Geográficamente los extremos de la cuenca se hallan entre los puntos de coordenadas 6°54'48,72" Sur y 77°43'36,62" Oeste, en las nacientes del cerro Punta de Arena cercanos al caserío Atuen y 5°31'51,39" Sur, 78°33'7,56" Oeste, en la afluencia al río Marañón y pertenece a la vertiente del Atlántico (Maicelo *et al.*, 2011).

El acceso al área de estudio son las carreteras que unen a las ciudades de Rentema, El Milagro, Bagua, Bagua Grande, Pedro Ruiz, Leymebamba y Atuen. Las actividades de agricultura, ganadería y la extracción de material de cantera son las más representativas. El tipo de agua predominante es el agua clara, sólo mostrándose turbia en la cuenca baja, próximo a su confluencia con el río Marañón y en la época lluviosa; en ambos casos por la gran cantidad de sedimentos arrastrados (Valcárcel, 2011).

La cuenca del río Utcubamba, es la tercera más grande del departamento, nace en el distrito de Leymebamba (localidad de Atuen), avanzando en sentido de Sur a Norte, para luego tomar la dirección Noreste y ampliarse en la parte baja del valle del Utcubamba, hasta su desembocadura en el río Marañón, en la provincia de Bagua; siendo esta última la zona más productiva y donde se concentran la mayoría de centros poblados del departamento (Garayar *et al.*, 2005).

Características biofísicas de la cuenca del río Utcubamba

La zona de estudio presenta dos estaciones climatológicas bien marcadas, la seca y lluviosa, las cuales se diferencian notablemente por los cambios en el volumen de agua transportada por el río Utcubamba y sus tributarios. Las precipitaciones en la cuenca baja son escasas de 500 a 1 000 mm, mostrando en todos los meses un déficit hídrico que se ve compensado por los excedentes hídricos de las partes más altas de 1 000 a 3 000 mm. La temperatura en la parte baja se caracteriza por presentar temperaturas de 20 - 26 °C; en la parte media y alta de la cuenca presenta temperaturas entre 9 - 17 °C (Vargas, 2010).

Zonas de vida

Las zonas de vida presentes en la parte baja de la cuenca es Monte Espinoso Tropical (mte-T), Monte Seco muy Tropical (bms-T) y Bosque Seco Premontano Tropical (bs-PT); en la parte media Bosque Seco Premontano Tropical (bs-PT), Bosque Seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT), Bosque Humedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT) y en la parte alta Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT), Bosque muy Húmedo Montano Bajo Tropical (bmh-MBT) y Bosque Pluvial Montano Tropical (bp-MT) (IIAP/GRA, 2010).

Geomorfología

El área de estudio geomorfológicamente se caracteriza por presentar montañas altas calcáreas mesozoicas, valles sinclinales, montañas altas estructurales de la Cordillera Interandina, montañas detríticas paleozoicas, montañas bajas estructurales de la cordillera Ventilla - Quinguiza, montañas altas de esquistos y gneis, mesetas estructurales, colinas altas, planicies aluviales e islas por migración y sedimentación fluvial (Castro, 2010).

La vegetación

La cuenca alta exhibe bosques subandinos de montañas altas empinadas y comunidades alto andinas mixtas de matorrales, herbazales y pajonales. La cuenca media muestra bosques andinos y subandinos con árboles medianos y grandes en montañas altas empinadas y la cuenca baja está representada por bosques andinos con árboles medianos y grandes en montañas altas y áreas intervenidas producto de la deforestación (Encarnación y Zarate 2010).

Fisiografía

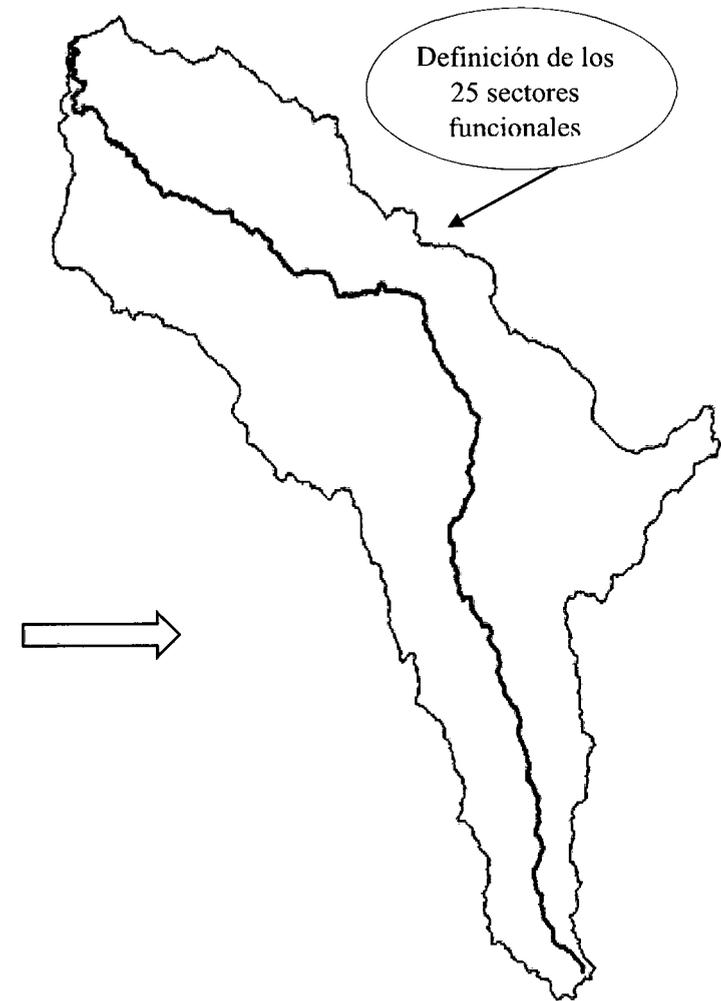
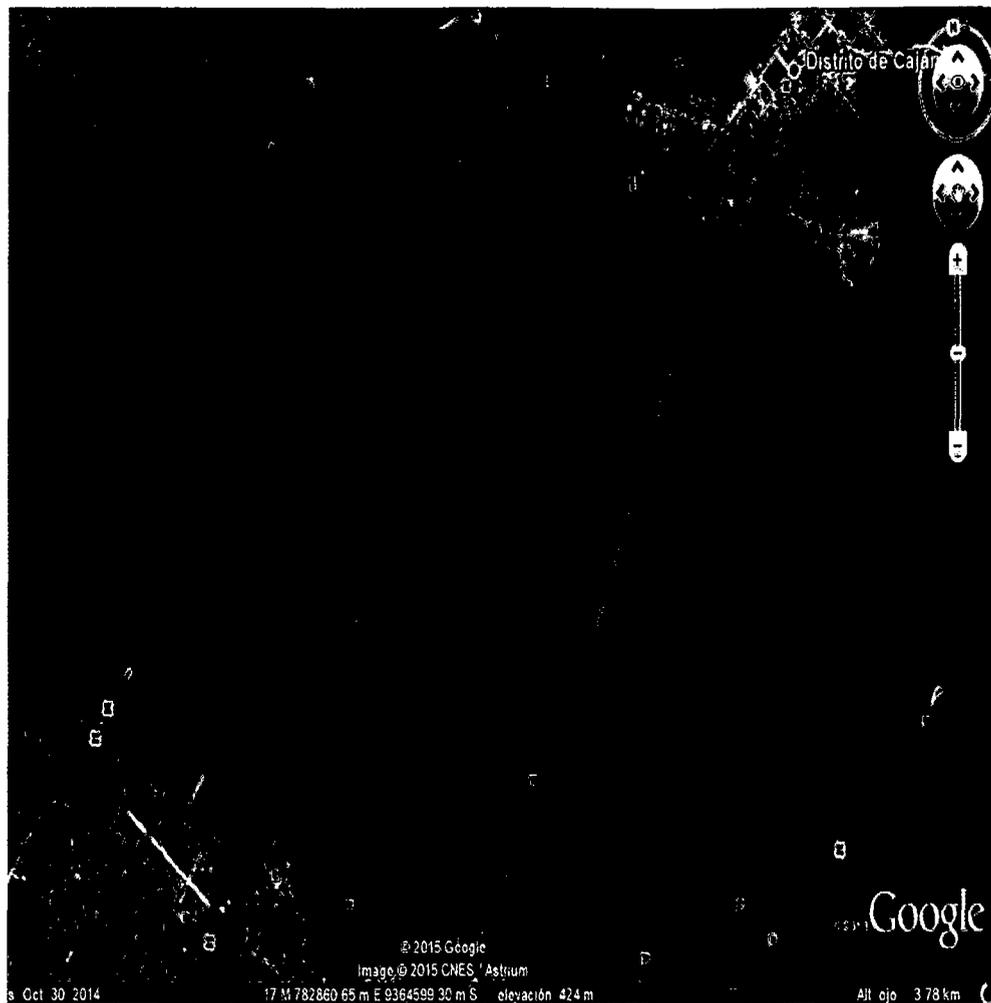
Como se describe en Escobedo (2010), la fisiografía de la cuenca alta se caracteriza por evidenciar montañas altas de laderas extremadamente empinadas, muy empinadas y empinadas en tierras cálidas subhúmedo con relieve montañoso en la Cordillera Oriental. La cuenca media denota montañas altas de laderas extremadamente empinadas, muy empinadas y empinadas en tierras cálidas templadas con relieve montañoso en la Cordillera Subandina y la cuenca baja muestra montañas bajas con laderas muy empinadas, moderadamente empinadas y empinadas en tierras cálidas áridas de llanura aluvial de terrazas bajas con drenaje bueno a moderado y colinozo.

Uso actual del suelo

En la cuenca alta es de predominio de cultivos andinos y producción ganadera asociados a tierras de conservación; en la cuenca media el mayor uso del territorio es el de frente productivo de predominio de cultivos andinos y en menor porcentaje las tierras son destinadas para la conservación y protección; la cuenca baja está caracterizada por ser frente productivo de predominio arrocero, agricultura de subsistencia, cafetalero y ganadero, en las provincias de Bagua y Utcubamba (Ramírez, 2010).

2.4. Diseño del estudio

Para realizar la evaluación hidrogeomorfología se analizaron imágenes satelitales históricas y actuales del software Google Earth, además se utilizó las Cartas Nacionales del Instituto Geográfico Nacional (IGN) para la elaboración del mapa base y presentación de los resultados finales, con el software ArcGIS v. 10.1.



Mapa Base

Figura 7. Análisis de las imágenes satelitales del Google Earth, división de los sectores funcionales y elaboración del mapa base.

El cauce principal de la cuenca del Utcubamba se dividió en 25 sectores funcionales de muestreo siguiendo la metodología de clasificación de Díaz y Ollero (2005) y la metodología F.E.M. (Freshwater Ecology and Management) (Prat *et al.*, 2012), los cuales fueron georreferenciadas según el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) (Datum WGS 84, Zona 18 Sur), distribuidos en la Tabla 2. El tramo de estudio correspondiente al cauce principal de la cuenca se extendió en un trayecto de 250 km lineales. El estudio se contempló a través del análisis de los impactos y afectaciones antrópicas por las actividades que se desarrollan dentro del área.

Tabla 2. Distribución de los sectores funcionales según las partes de la cuenca.

	Cuenca alta		Cuenca media		Cuenca baja	
Sector Funcional	1-2	SFUT-01	8-9	SFUT-08	16-17	SFUT-16
	2-3	SFUT-02	9-10	SFUT-09	17-18	SFUT-17
	3-4	SFUT-03	10-11	SFUT-10	18-19	SFUT-18
	4-5	SFUT-04	11-12	SFUT-11	19-20	SFUT-19
	5-6	SFUT-05	12-13	SFUT-12	20-21	SFUT-20
	6-7	SFUT-06	13-14	SFUT-13	21-22	SFUT-21
	7-8	SFUT-07	14-15	SFUT-14	22-23	SFUT-22
			15-16	SFUT-15	23-24	SFUT-23
				24-25	SFUT-24	
				25-26	SFUT-25	

2.5. Etapas de la evaluación

Para realizar la evaluación de la calidad hidrogeomorfológica se dividió en dos etapas de campo:

Primera etapa: Consistió en reconocer el área de estudio iniciando en la parte alta de la cuenca y finalizando en la parte baja de la cuenca, donde se georreferenciaron los 25 sectores funcionales de todo el cauce principal.

Segunda etapa: Consistió en la evaluación hidrogeomorfológica ubicando en campo los sectores funcionales los cuales fueron fijados previamente en gabinete y georreferenciados en campo, para luego recorrer dicho sector y aplicar el índice IHG; el procedimiento anterior se repitió para para cada uno de los sectores siguientes, dicha evaluación se inició en la cuenca alta (provincia de Chachapoyas) y finalizó en el Pongo Rentema (provincia de Bagua). En la Figura 8, se muestra los sectores funcionales en el cauce principal de la cuenca del río Utcubamba.

El índice IHG comprende tres apartados que son los siguientes:

a) Calidad funcional del sistema fluvial

Para evaluar la calidad funcional del sistema fluvial se aborda tres parámetros que permiten establecer una valoración general del sistema fluvial.

La evaluación de la **naturalidad del régimen del caudal**, se realizó teniendo en cuenta el comportamiento del caudal hídrico presente en relación a la cantidad del caudal circulante y su distribución temporal por cada sector responden a la dinámica natural cumpliendo perfectamente la función de transporte hidrológico en función a la existencia de actuaciones humanas como embalses, derivaciones, vertidos, urbanizaciones, extracción de material de cantera, repoblaciones, los cuales modifican la cantidad del caudal circulante y su distribución temporal.

Para valorar la **disponibilidad y movilidad de sedimentos**, se realizó teniendo en cuenta que la función básica de un sistema fluvial es, junto con el transporte hídrico, la movilización de sedimentos aguas abajo. Se evaluó tanto los déficits sedimentarios derivados de la presencia de represas aguas arriba, síntomas locales de dificultades de movilización y aportes sólidos a través de los procesos de vertiente o de procesos fluviales de afluentes que desembocan en el sector.

La estimación de la **funcionalidad de la llanura de inundación**, se realizó considerando que la llanura de inundación pueda ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecidas y laminación de caudales punta por desbordamientos.

Para valorar la calidad funcional del sistema fluvial se utilizó la clasificación expuesta en la Tabla 3, con una valoración mínima de 0 puntos y una máxima de 30 puntos.

b) Calidad del cauce

El segundo apartado del IHG se evaluó el cauce como elemento clave del sistema fluvial natural (Tabla 3). El cauce posee una geomorfología construida por el río, por lo que constituye un indicador fundamental de la salud del mismo. Un cauce

natural con su dinámica geomorfológica propia garantiza un sistema fluvial sano con unos ecosistemas en buen estado (Ollero *et al.*, 2009).

Las evaluaciones se centran en el componente del cauce, con especial interés en impactos como extracción de material de cantera, recanalizaciones, puentes, represas y defensas duras en las orillas, que dejan una huella significativa. La calidad del cauce se compone de tres parámetros a analizar:

La naturalidad del trazado y morfología en planta, se valoró considerando que el trazado del cauce se mantenga natural, inalterado y que la morfología en planta presente los caracteres y dimensiones acordes con las características de la cuenca, considerando cambios de trazados artificiales, desvíos simplificación de brazos, rectificación y retranqueo de márgenes.

La continuidad y naturalidad del lecho de los procesos longitudinales y verticales, se tuvo en cuenta que el cauce sea natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales sean naturales, se consideró la presencia de presas, puentes, construcciones transversales, modificación de la topografía del fondo del lecho por extracciones y limpieza de cauce.

Naturalidad de los márgenes y la movilidad lateral, se valoró considerando si el cauce es natural tiene la capacidad de movilizarse lateralmente sin obstáculos, considerando la presencia de canalizaciones, infraestructuras de margen como viviendas, vías de comunicación y muros que estén adosados a los márgenes.

c) **Calidad de las riberas**

Las riberas y su calidad fue el último de los tres apartados valorados. El corredor ribereño es el espacio donde se ha movido el cauce menor en las últimas décadas, quedando conformado en muchas ocasiones por masas de vegetación sobre depósitos sedimentarios de granulometría variada y por canales de crecida, cauces abandonados, etc. (Ollero *et al.*, 2009). Así, la calidad de las riberas se obtiene a partir de la suma de los tres parámetros siguientes:

La **continuidad longitudinal**, se evaluó teniendo en cuenta si el corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional, considerando usos de suelo permanente como las urbanizaciones, graveras, puentes, defensas ribereñas y usos de suelo no permanentes como cultivos, zonas taladas y bosque secundario.

Anchura del corredor ribereño, se valoró considerando que todas las riberas naturales conserven toda su anchura potencial en todo el cauce principal, a través del uso de imágenes satelitales y el recorrido a lo largo y ancho de todo el sector funcional evaluado.

Estructura, naturalidad y conectividad lateral, se analizó el estado de tres parámetros fundamentales de la calidad interna de las riberas. La estructura hace referencia tanto a la distribución en estratos (herbáceos, arbustivos, arbóreos) de la vegetación de ribera como a su distribución en bandas en función de la distancia al cauce y al freático. La naturalidad se refiere a la adecuación de las especies vegetales al medio ribereño, siendo contraria, por tanto, a la presencia de especies alóctonas o invasoras y en tercer término, la conectividad entre hábitats o ambientes dentro del corredor ribereño y en sentido fundamentalmente transversal es un valor ecológico relevante.

Tabla 3. Valoración por apartado (calidad funcional del sistema, calidad del cauce y calidad de riberas) del índice IHG

Puntuación	Calidad hidrogeomorfológica
0 – 6	Muy Mala
7 – 13	Deficiente
14 – 19	Moderada
20 – 24	
25 – 30	Muy Buena

Fuente: Modificado de Ollero *et al.*, 2009.

2.6. Análisis de datos

2.7.1 Valoración final del IHG

Con los resultados obtenidos en campo se procesó los datos por separado para cada sector funcional y luego se determinó la puntuación final para todo el cauce principal sumando la puntuación de cada sector. Se valoró utilizando las Tablas 3 y 4 propuestas por Ollero *et al.* (2009) que nos indicaron las calidades parciales por cada sector y la calidad total del cauce principal.

Tabla 4. Puntuación y valoración total del IHG

Puntuación	Calidad hidrogeomorfológica
0 – 20	Muy Mala
21 – 41	Deficiente
42 – 59	Moderada
60 – 74	
75 – 90	Muy Buena

Fuente: Modificado de Ollero *et al.*, 2009.

2.7.2 Análisis estadístico

Como parte del análisis estadístico se utilizó el software SPSS v. 15, aplicando pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas (Kolmogorov-Smirnov, análisis de varianza univariante y la prueba de Kruskal-Wallis). Las variables analizadas fueron calidad por apartado del índice IHG (calidad funcional del sistema, calidad del cauce y calidad de las riberas), partes de la cuenca (alta, media y baja) y los 25 sectores funcionales, como se muestra en la matriz del Anexo 10.

2.7.3 Difusión de los resultados

Se realizó una presentación de los resultados obtenidos con la finalidad de difundir el estudio y mostrar la metodología utilizada para evaluar la calidad hidrogeomorfológica de las cuencas hidrográficas.

III. RESULTADOS

El análisis final de resultados se estructura en cuatro partes. En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos según los tres apartados del índice: calidad funcional del sistema fluvial, calidad del cauce y calidad de las riberas; en segundo lugar se muestran los resultados por partes de la cuenca (alta, media y baja), en tercer lugar se manifiestan los resultados generales a nivel de todo el cauce principal de la cuenca del río Utcubamba; finalmente se muestran los resultados de la aplicación de la pruebas estadísticas, los cuales permitieron precisar cuál de los tres apartados definió al índice IHG y en consecuencia la calidad hidrogeomorfológica de la cuenca del río Utcubamba.

3.1. Valoración por apartado del índice IHG

3.1.1 Calidad funcional del sistema fluvial

Los resultados de la valoración de la calidad de sistema fluvial respecto a los 25 sectores funcionales del cauce principal de la cuenca del río Utcubamba se muestran en la Figura 9 y Anexo 6, donde se observa que el 68% del sistema fluvial su calidad es moderada, el 20% es de calidad buena y el 12% de calidad deficiente, lo cual significa que los impactos sobre estos componentes son notables (Fotografía 26).

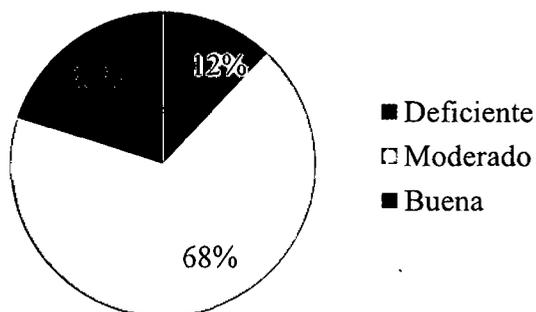


Figura 9. Porcentajes de la calidad hidrogeomorfológica para la calidad funcional del sistema fluvial.

Valorada la calidad funcional del sistema fluvial se obtuvo que, tres sectores funcionales son de calidad deficiente haciendo un total de 30 km, 17 sectores funcionales son de calidad moderada haciendo un total de 170 km y solo cinco

sectores funcionales son de calidad buena que representa un total de 50 km del cauce principal (Tabla 5 y Anexo 6).

Tabla 5. Resultados de la valoración hidrogeomorfológica para la calidad funcional del sistema fluvial.

Valoración	Longitud en km	Sectores funcionales
Deficiente	30	3
Moderada	170	17
Buena	50	5

3.1.2 Calidad del cauce

La distribución de los porcentajes para la calidad del cauce se puede ver en la Figura 10 y Anexo 7; donde la calidad del cauce respecto a los 25 sectores funcionales indica que el 60% es de calidad moderada, el 24% con calidad buena y 16% de calidad deficiente, lo cual significa que las zonas con menor calidad en este apartado se localizan en general en los entornos urbanos (ciudades de Pedro Ruiz, Cajaruro, Bagua Grande, Bagua y el Milagro), modificados por la acción humana y las zonas que presentan una mejor calidad se localizan en la parte alta de la cuenca, donde las alteraciones son menores (Fotografía 29).

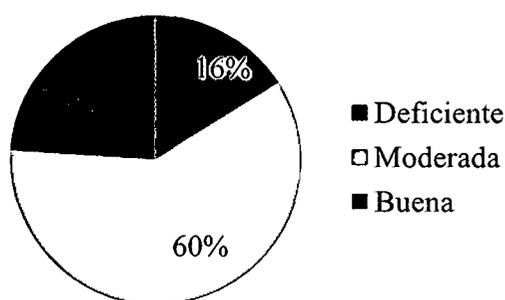


Figura 10. Porcentajes de la calidad hidrogeomorfológica para la calidad del cauce.

Valorada la calidad del cauce (Tabla 6 y Anexo 7), cuatro sectores funcionales muestran calidad deficiente con un total de 40 km, 15 presentan calidad moderada haciendo un total de 150 km y solo seis demuestran calidad buena haciendo un total de 60 km del cauce principal.

Tabla 6. Resultados de la valoración hidrogeomorfológica para la calidad del cauce.

Valoración	Longitud en km	Sectores funcionales
Deficiente	40	4
Moderada	150	15
Buena	60	6

3.1.3 Calidad de las riberas

Como se puede ver en la Figura 11 y Anexo 8, la calidad de las riberas respecto a los 25 sectores funcionales del cauce principal de la cuenca del río Utcubamba muestra que el 52% es de calidad deficiente, el 36% de calidad moderada y 12% de calidad muy mala. En general, las riberas están modificadas pero mantienen un bajo valor de naturalidad, persistiendo un corredor ribereño discontinuo a lo largo de los cursos fluviales, siendo muy modificado en los entornos urbanos.

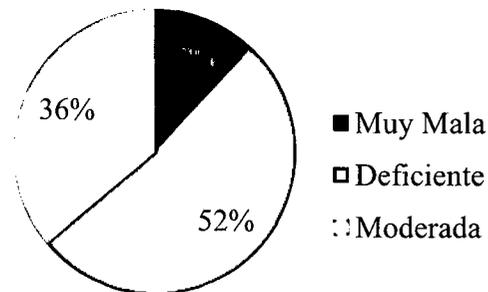


Figura 11. Porcentajes de la calidad hidrogeomorfológica para la calidad de las riberas.

Valorada la calidad de las riberas (Tabla 7), tres sectores funcionales muestran calidad muy mala haciendo un total de 30 km, nueve sectores funcionales demuestran calidad moderada haciendo un total de 90 km y 13 sectores funcionales presentan calidad deficiente haciendo un total de 130 km del cauce principal (Anexo 8).

Tabla 7. Resultados de la valoración hidrogeomorfológica para la calidad de riberas.

Valoración	Longitud en km	Sectores funcionales
Muy Mala	30	3
Deficiente	130	13
Moderada	90	9

3.2. Valoración por partes de la cuenca

3.2.1 Valoración para la cuenca alta del río Utcubamba

La parte alta de la cuenca del río Utcubamba abarca las dos provincias de Chachapoyas y Luya. En la Figura 12, se puede observar que el 86% se encuentra con calidad moderada debido a la presión antrópica por las diferentes actividades que se realiza y solo el 14% es de calidad buena, siendo evidente la baja intervención y el alto grado de naturalidad de las riberas, cauce y funcionalidad del sistema fluvial (Fotografías 19 a la 25).

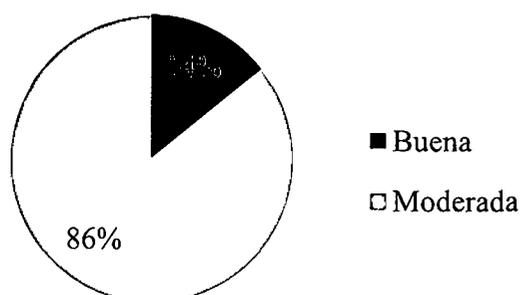


Figura 12. Porcentaje de la calidad hidrogeomorfológica de los sectores funcionales para la cuenca alta del río Utcubamba.

3.2.2 Valoración para la cuenca media del río Utcubamba

Las provincias de Bongará, Luya y Chachapoyas forman parte de la cuenca media del río Utcubamba, se caracteriza por presentar partes encañonadas, presencia de rápidos, vertidos de aguas residuales, vías transporte a lo largo de todo el cauce principal. Tiene como afluentes principal al río Sonche. En la Figura 13 se muestra que el 88% es de calidad moderada y el 12% es de calidad deficiente evidenciada por la represa Caclic y la erosión constante de las partes ribereñas (Fotografías 11 a la 18).

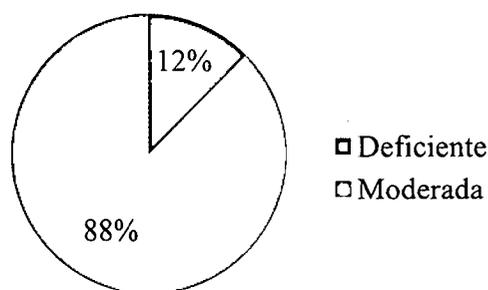


Figura 13. Porcentaje de la calidad hidrogeomorfológica de los sectores funcionales para la cuenca media del río Utcubamba.

3.2.3 Valoración para la cuenca baja del río Utcubamba

Las provincias de Utcubamba y Bagua conforman la parte baja de la cuenca del río Utcubamba, se caracteriza por presentar valles, vertidos de aguas residuales, deposición de sedimentos, vertidos de fertilizantes y vías transporte a lo largo de todo el cauce principal (Fotografía 1 al 10). Tiene como afluentes principales al río Magunchal, quebrada Honda y la quebrada Corralitos. De acuerdo en la Figura 14, se muestra los resultados de la calidad hidrogeomorfológica donde el 30% con calidad moderada y el 70% es deficiente.

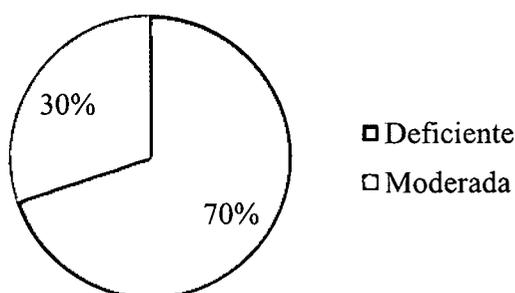


Figura 14. Porcentaje de la calidad hidrogeomorfológica de los sectores funcionales para la cuenca baja del río Utcubamba.

3.3. Valoración final del Índice IHG

La situación de los cursos fluviales a nivel de todo el cauce principal de cuenca del río Utcubamba, se muestran en función de los kilómetros valorados. El cual se determinó a través de la suma de los tres apartados (calidad funcional del sistema,

calidad del cauce y calidad de las riberas) y la evaluación de los 250 km del cauce principal, el cual evidencia que el 64% con calidad moderada, el 32% de calidad deficiente y solo el 4% de calidad buena como se muestra en la Figura 15.

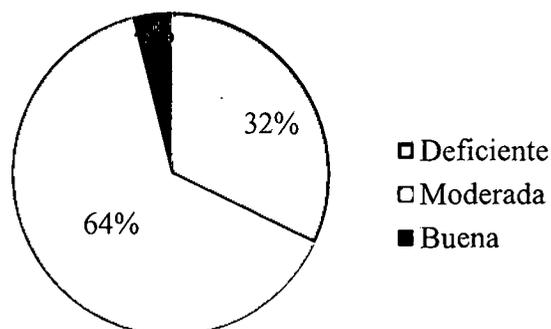


Figura 15. Porcentaje final de calidad hidrogeomorfológica para la cuenca del río Utcubamba.

De los 25 sectores funcionales evaluados (Anexo 9) ocho presentan calidad deficiente que representa una longitud de 80 km, 16 muestran una calidad moderada con 160 km y solo uno de los sectores presenta calidad buena con 10 km de longitud de todo el cauce principal de la cuenca del río Utcubamba (Tabla 8).

Tabla 8. Resultado final de valoración del Índice IHG

Valoración	Longitud km	Sectores funcionales
Deficiente	80	8
Moderado	160	16
Bueno	10	1

3.4. Análisis estadístico

La prueba de Kolmogorov-Smirnov (Anexo 11), la calidad de las riberas sigue significativamente una distribución normal ($p > 0,05$) en la calidad del sistema fluvial, calidad del cauce y calidad de las riberas. La prueba de Levene reporta que existe homogeneidad de varianzas a lo largo del cauce en los tres apartados (sistema fluvial, calidad del cauce y calidad de las riberas) ($p > 0,05$). El análisis de varianza univariante (Tabla 9), se encontró que existen diferencias significativas entre la calidad del sistema fluvial, calidad del cauce y calidad de las riberas ($p = 0,000 < 0,05$).

Tabla 9. Análisis de varianza univariante, para la calidad por apartado

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Calidad por apartado	415,760	2	207,880	16,759	0,000
Error	893,120	72	12,404		
Total corregida	1308,880	74			

La prueba de Kolmogorov-Smirnov (Anexo 12), no existe diferencia significativa entre la cuenca media (15,63) y cuenca alta (17,1), pero la cuenca baja (13,13), es diferente que las otras dos y su puntuación es más baja. La prueba de Levene reporta que existe homogeneidad de varianzas a lo largo del cauce en las tres partes de la cuenca (baja, media y alta) ($p > 0,05$).

Del análisis de varianza univariante (Tabla 10), se encontró que existen diferencias significativas entre las puntuaciones promedio en uno de las tres partes de la cuenca.

Tabla 10. Análisis de varianza univariante, para las partes de la cuenca

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Partes de la cuenca	205,979	2	102,989	6,723	0,002
Error	1102,901	72	15,318		
Total corregida	1308,880	74			

De la prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 13) se reportó que existen diferencias significativas entre las puntuaciones de los sectores funcionales ($p = 0,120$). Siendo los sectores funcionales SFUT-25 y SFUT-24 los que poseen menor puntuación, y el sector funcional SFUT-2 mayor puntuación.

3.5. Difusión de los resultados

La presentación de resultados se desarrolló en el auditorio de la Organización No Gubernamental “Naturaleza y Cultura Internacional” (NCI) en la ciudad de Chachapoyas, teniendo como participantes a los profesionales de dicha institución, quienes mostraron interés por el uso e importancia del índice IHG. (Fotografías 30 y 31).

Se realizó un análisis de la cuenca baja, donde indicaron que se encuentra fuertemente afectada por las actividades antrópicas (agricultura, extracción de material de canteras, vertido aguas residuales, pérdida del bosque ribereño, ganadería) concluyendo que estas acciones impactan negativamente en el sistema fluvial, resultados que coinciden con los obtenidos por la aplicación del índice IHG.

IV. DISCUSIÓN

El índice IHG es una herramienta de valoración de la calidad hidrogeomorfológica de los sistemas fluviales, simplificando o completando, según los casos a otros índices preexistentes y llenando un vacío metodológico en el departamento de Amazonas, donde existe escasos antecedentes de otros índices, pero no específicamente hidrogeomorfológicos, es un índice basado en las presiones e impactos antrópicos sobre los elementos, procesos y funciones hidrogeomorfológicas del sistema fluvial. Puede ser utilizado de forma completa o bien parcialmente para evaluar en exclusiva la funcionalidad, calidad del cauce o calidad de la ribera. Puede ser adaptado a otros criterios u objetivos. Los esquemas de valoración que se emplean en cada uno de los nueve parámetros pretenden aportar suficientes criterios como para ejecutar de forma rápida y directa el índice. No obstante, es necesario un conocimiento previo notable del sistema fluvial, siendo imprescindibles las observaciones y mediciones sobre imágenes satelitales actuales, así como la consulta de documentación sobre la cuenca, cartografía, imágenes satelitales antiguas y datos hidrológicos (Ollero *et al.*, 2008). En campo requiere recorridos longitudinales para llenar la ficha del IHG, mediciones y observaciones de detalle de los indicadores de procesos, sedimentos, vegetación, restos de crecidas. Los casos concretos en los que se ha aplicado el índice IHG a lo largo de su proceso de definición han dado resultados esperables, perfectamente acordes con los obtenidos en trabajos anteriores (Ballarin y Mora, 2011).

La calidad funcional del sistema fluvial evaluado en la cuenca del río Utcubamba reporta una calidad deficiente y moderada; según Ollero *et al.* (2009) esto se debe a la presencia de actuaciones humanas (vertidos, urbanizaciones, represas y construcciones puntuales en las orillas cauce) que impactan directamente sobre el cauce. Además se muestra que la calidad funcional tiene cierto porcentaje de calidad buena en donde el grado de intervención es mínimo. Dichos resultados (calidad buena a moderada) son similares a los obtenidos por Maicelo *et al.* (2011) quien aplicó el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) en la la cuenca del río Utcubamba.

De la valoración de la calidad del cauce para la cuenca del río Utcubamba se presenta un mayor porcentaje de calidad moderada seguida de calidad buena y en menor proporción una calidad deficiente. Ballarín y Rodríguez (2013) expresan que el cauce es el elemento clave del sistema fluvial, construido por el propio río el cual garantiza un sistema fluvial sano con

unos ecosistemas en buen estado. La calidad deficiente del mismo es causada por la intervención antrópica a través de la construcción de infraestructuras como puentes, extracciones, desvíos, represas y canalizaciones; ocasionando la pérdida de la naturalidad y geodiversidad, poniéndose en peligro la dinámica fluvial y el buen estado ecológico (Ollero *et al.*, 2008).

Dentro de la valoración de la calidad de las riberas a lo largo y ancho del cauce principal, el mayor porcentaje es de calidad deficiente, seguido de calidad moderada y por último calidad muy mala, resultados que se asemejan a los encontrados por Maicelo *et al.* (2011) en su estudio de evaluación de la calidad ecológica del agua en la cuenca del río Utcubamba, donde aplicó el índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR), al igual que Palma *et al.* (2009) evaluó la condición ecológica de la parte alta del sistema hidrográfico del estero Nonguén aplicando el índice (QBR) hallando un estado natural, calidad buena y calidad aceptable permitiéndole establecer una tendencia a la degradación de la ribera a medida que descendemos de la parte alta del cauce.

La cuenca alta muestra que el 86% es de calidad hidrogeomorfológica moderada, dicha valoración está determinada por las presiones antrópicas de la ganadería y agricultura en las riberas, presentando en su mayoría discontinuidades longitudinales en las riberas; lo que no ocurre en un 14% que ha mantenido su naturalidad, siendo este de moderada calidad. El 88% de los sectores evaluados en la cuenca media son de calidad moderada y el 12% es de calidad deficiente, Arévalo *et al.* (2008) considera que se debe al impacto negativo generado por la carretera que degrada fuertemente el paisaje e influencia humana por la actividad agrícola, lo cual se nota en el atributo de uso de suelo rural. Además la masa de agua se encuentra represada ocasionando una desnaturalización de la fluidez del cauce principal (represa Claclic) complementado de la extracción de material de cantera en lugares puntuales. El 70% es de calidad deficiente para la cuenca baja, el cual se debe a la gran intervención antrópica desarrollada en esta zona; a partir del trabajo realizado en campo durante el levantamiento de la información, se evidencia que existen extracciones de material de cantera y bombas de extracción de agua para uso agrícola. El bosque de ribera de estos sectores se encuentra fuertemente destruido por la presencia de numerosos y diversos cultivos en las riberas. Además en épocas lluviosas existe desbordamiento del río afectando fuertemente la naturalidad del cauce, y todo esto provoca que esta parte de la cuenca tenga una calidad ecológica deficiente.

La valoración hidrogeomorfológica final para la cuenca del río Utcubamba, muestra que los intervalos de calidad se encuentra de moderada, deficiente y buena, siendo este un resultado relativamente similar a los resultados encontrados en otras cuencas hidrográficas como del Ebro por Ollero *et al.*, (2009) y a los resultados en un intervalo de calidad buena de las microcuencas Chinata y Gocta reportados por Yalta *et al.* (2013). Además solo un sector (SFUT-24) tiene calidad buena, pues con el transcurrir de los años ha mantenido su naturalidad en el sistema fluvial, cauce y riberas; en consecuencia este sistema realiza todas sus funciones (erosión, transporte y sedimentación) de forma natural (Gil *et al.*, 2013).

La prueba de Kolmogorov-Smirnov, reporta una homogeneidad de varianza para la calidad del sistema fluvial, calidad del cauce y calidad de las riberas, sin embargo el análisis de varianza univariante, reportó que existen diferencias significativas entre los tres apartados del IHG, lo cual es evidente que en cada sector funcional evaluado las alteraciones e impactos son diferentes en cada apartado del índice IHG. A nivel de partes de la cuenca, esta misma prueba, plantea que no existe diferencia significativa entre la cuenca media y alta, pero si en la cuenca baja. De la prueba de Kruskal-Wallis, encontró que existen diferencias significativas entre las puntuaciones de los sectores funcionales. Ollero *et al.* (2009) plantea que un sector funcional con calidad mala es producto de las presiones e impactos que se realizan en el propio cauce; pero un sector funcional con calidad buena a muy buena es porque los procesos geomorfológicos ocurren de manera natural y su funcionamiento fluvial cuenta con los cauces naturales, las crecidas, mecanismos y elementos de autorregulación, por tanto si el funcionamiento hidromorfológico es correcto todo lo demás es correcto.

Por último, decir que el IHG, fue una herramienta de mucha importancia, ya que nos permitió conocer el estado actual de la cuenca con respecto a las presiones e impactos sobre los elementos, procesos y funciones hidrogeomorfológicas de este sistema fluvial. En este sentido, cabe destacar, la facilidad de adaptación que ha mostrado el índice en el área de estudio en cuestión, algo que en un inicio era una incógnita, sin embargo, la presente investigación ha demostrado la sencillez con que se puede aplicar el mismo, así como la validez de los resultados obtenidos para esta cuenca del río Utcubamba. Asimismo, la aplicación del IHG nos permite proyectar un horizonte para definir acciones de restauración fluvial, ordenamiento territorial a nivel de la cuenca e involucrar a la población, estudiantes y autoridades locales.

V. CONCLUSIONES

- La calidad hidrogeomorfológica a nivel de la cuenca del río Utcubamba presenta que el mayor porcentaje es de calidad moderada, seguida de calidad deficiente y en menor porcentaje de calidad buena, lo que implica que a menor calidad mayor impacto antrópico.
- La calidad funcional del sistema fluvial desciende con la altura, es decir de la cuenca alta a la baja, la calidad se va reduciendo de buena a deficiente respectivamente.
- La calidad del cauce va descendiendo de la parte alta con una calidad buena a deficiente en la parte baja, producto de las derivaciones realizadas en el valle de topografía llana.
- La calidad de bosque de ribera a lo largo y ancho del cauce principal de la cuenca del río Utcubamba ha sufrido grandes modificaciones, es así que su calidad se encuentra en un rango de moderada a deficiente, debido a la conversión de estas áreas a usos urbanos y agrícolas.
- De acuerdo a los resultados se propone las siguientes estrategias para la mejora de la calidad hidrogeomorfológica por cada apartado del índice IHG:

Calidad funcional de sistema fluvial. Se debe incidir en el mantenimiento de sistema fluvial con la mayor naturalidad posible, evitando derivaciones y represamientos del caudal que vayan más allá de los usos y límites establecidos. Se debe evitar en lo posible en el futuro la construcción de represas, las cuales reducen la naturalidad de las aportaciones de materiales al cauce. Repoblar los márgenes laterales con bambú y especies forestales donde existan desbordamientos de las riberas, para que de esta manera evitar las construcciones sólidas de defensas ribereñas.

Calidad del cauce. Realizar la vigilancia permanente del cauce principal del río Utcubamba. Se recomienda a las municipalidades que utilicen instrumentos legales (Ordenanzas Municipales) declarando áreas vulnerables e intangibles, para los sectores funcionales que presenten una gran sensibilidad y vulnerabilidad.

Los sectores funcionales que no presenten sensibilidad o vulnerabilidad, le corresponde a la municipalidad previa opinión técnica de la Autoridad Local del Agua (ALA), evaluar los instrumentos de Gestión Ambiental para la extracción de material de cantera.

Vigilar el cumplimiento de los Instrumento de Gestión Ambiental por parte de las entidades correspondientes (Autoridad Regional Ambiental, Dirección Regional de Energía y Minería, Autoridad Local del Agua, Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Salud Ambiental y Municipalidades) para las construcciones puentes, represas y carreteras que se ejecuten adosadas a los márgenes del cauce, para evitar daños que alteren su naturalidad.

Calidad de las riberas. Se debe ejecutar proyectos de forestación para mejorar la continuidad longitudinal, anchura del corredor ribereño y la conectividad transversal de ambas márgenes del cauce del río Utcubamba, enmarcados en la renaturalización de las riberas que permitirá mejorar las condiciones ecológicas y paisajísticas del sistema fluvial.

VI. RECOMENDACIONES

Las acciones para la mejora de la calidad hidrogeomorfológica de las masas fluviales de la cuenca del río Utcubamba deberán centrarse en la restauración fluvial de cauces, caudales y bosque de rebera.

Para tener un estudio completo y detallado de la calidad hidrogeomorfológica, se debe continuar con la aplicación del índice IHG a nivel de subcuencas y microcuencas del río Utcubamba, este índice permite conocer el estado actual de la calidad de los sistemas fluviales.

Se debe difundir e implementar esta metodología en las universidades y gobiernos locales para seguir evaluando los sistemas fluviales y en base a los resultados poder continuar con la gestión integral de las cuencas.

Las municipalidades deben realizar el tratamiento de las aguas residuales y el manejo adecuado de los residuos sólidos, evitando de esta forma el vertimiento directo sobre las masas de agua.

Es recomendable contar con un ordenamiento territorial a nivel de toda la cuenca del río Utcubamba con el objetivo de ocupar ordenadamente y hacer un uso sostenible del territorio, promocionando la localización y desarrollo sostenible de los asentamiento humanos, de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial sobre la base de identificación de potencialidades y limitaciones, teniendo en cuenta los criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradewall, y Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28 (1), 35-64.
- Agencia Catalana del I´Aigua. (2006). Protocolo para la valoración de la calidad hidrogeomorfológica de los ríos. España.
- Arévalo, W., Guadalupe, E., y Pacheco, R. (2008). Valoración de los paisajes naturales y del impacto paisajístico de las cataratas en la cuenca media del río Utcubamba. *Investig. Fac. minas metal cienc. geogr*, 11(21), 68-75.
- APECO (Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza). (2009). Plan estratégico regional del recurso hídrico de Amazonas. Grupo Técnico de Gestión de Cuencas “Ríos Limpios” Amazonas. Chachapoyas, Perú.
- Ballarín, D., y Rodríguez, I. (2013). Hidromorfología fluvial: Algunos apuntes aplicados a la restauración de ríos en la cuenca del Duero. Valladolid, España: Edit. Confederación Hidrográfica del Duero.
- Ballarín, D. y Mora, D. (2011). Aplicación del índice RHS (River Habital Survey) a la cuenca del Ebro. Zaragoza, España.
- Castro, W. (2010). Zonificación Ecológica Económica del departamento de Amazonas: Geomorfología. Iquitos, Perú.
- Cardona, A. J. (2003). Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en al microcuenca del río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*. Turrialba, Costa Rica.
- Díaz, E. y Ollero, A. (2005). Metodología para la clasificación geomorfológica de los cursos fluviales de la cuenca del Ebro. *Geographicalia*, 47, 23-45.
- Encarnación, F. y Zarate, R. (2010). Zonificación Ecológica Económica del departamento de Amazonas: Vegetación. Iquitos – Perú.
- Environment Agency. (2003). A refined geomorphological and floodplain component. River Habitat Survey FD 1921, GeoRHS fieldwork survey form and guidance

- manual.DEFRA/EA Joint R&D – Project 11793, prepared by University of Newcastle, 51 p., Warrington.
- Escobedo, R. (2010). Zonificación Ecológica Económica del departamento de Amazonas: Fisiografía. Iquitos – Perú.
 - Escobedo, R. (2010). Zonificación Ecológica Económica del departamento de Amazonas: Suelo y capacidad de uso mayor de la tierra. Iquitos – Perú.
 - FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1993). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. (Visitado 10-05-2015), disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/t0800s/t0800s09.htm>.
 - Faustino, J. (2010). Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
 - Garayar, C., H. Vallenas y G. Coronado. (2005). Gran Atlas del Perú. Lima: Ediciones Peisa. 352 p.
 - Gil, V., Gentili, J.O. y Campo, A.M. (2013). La carta hidrogeomorfológica como herramienta para identificar elementos de la geodiversidad. Parque Provincial Ernesto Tornquist, Buenos Aires. Universidad Nacional del Sur – CINICET. Buenos Aires Argentina.
 - González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007) Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 318 p.
 - Gutiérrez, M. (2008). Geomorfología. España: Edit. Pearson Educación.
 - IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana) / GRA (Gobierno Regional de Amazonas). (2010). Zonificación Ecológica Económica del departamento de Amazonas. Lima. Perú.
 - INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2012). Resultados del IV censo agropecuario. Lima, Perú.
 - INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2007). Resultados de la población y vivienda de 2007. Dirección de Demografía y Censos. Lima, Perú.

- Labrador, M., Évora, J. A., y Arbelo, M. (2012). Satélites de Teledetección para la gestión del territorio. *La Laguna, Spain*: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias.
- Limachi, L. (2010). Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas: Socioeconomía. Iquitos, Perú.
- Maicelo, J.L., Gamarra, O.A., Yalta, J.R., Salas, R. y Alvarado, L.I. (2011). Evaluación de la calidad ecológica del agua en la cuenca del río Utcubamba. Chachapoyas, Perú. *Indes*.
- Martín Vide, J.P. (2006). Ingeniería de ríos., 2a ed. Barcelona, España: Edit. UPC.
- Martínez, J.I. (2008). Sistema de información geográfica y su uso en geotermia: Breves técnicas. México.
- Ollero, A., Durán, C., Navarro, P. y Pardos, M. (2010). Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG del cuenca del Ebro. Zaragoza, España: *Mastergeo*.
- Ollero, A., Ballarin, D. y Mora; D. (2009). Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro: Guía metodológica. Zaragoza, España: *Confederación Hidrográfica del Ebro*.
- Ollero, A., Ballarin, D., Díaz Bea, E., Mora, D., Sánchez; M., Acín; V., et al. (2008). IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *Limnetica*, 27 (1), 171-188).
- Ollero, A. y Romero, R. (2007). Estrategia nacional de restauración: Las alteraciones geomorfológicas de los ríos. Madrid, España.
- Ollero, A., Ballarin, D., Díaz Bea, E., Mora, D., Sánchez; M., Acín; V., et al. (2007). Un índice para la valoración hidrogeomorfológica (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. *Geographicalia*, (52), 113-142.
- Palma, A., Figueroa, R. y Ruiz, V.H. (2009). Evaluación de la ribera fluvial a través de los índices QBR e IHF. Chile. *Gayana*. Chile, 73(1),57-63.
- Prat, N., Rieradevall, M. y Fortuño, P. (2012). Metodología F.E.M. para la evaluación del estado ecológico de los ríos mediterráneos. Universidad de Barcelona. Departamento de Ecología. España.

- Piégay, H., y Schumm, S. A. (2003). System approaches in fluvial geomorphology. *Tools in fluvial geomorphology*, 103-134.
- Ramírez, J. (2010). Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas: Uso actual de la tierra. Iquitos, Perú.
- Valcárcel, Q.R. (2011). Evaluación de la degradación de ecosistemas dulceacuícolas en la cuenca baja del río Utcubamba (Amazonas - Perú) mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos. Lima, Perú.
- Vargas, J. (2010). Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas: Clima. Iquitos, Perú.
- Villón, M. (2011). *Hidrología*. 3a. ed. Lima, Perú: Edit. Villón
- Vogel, R. M. (2011). Hydromorphology. *Journal of Water Resources Planning and Management*.
- Word Vision. (2010). Manual de manejo de cuencas. Canadá.
- Yalta, J.R., Salas, R. y Alvarado, L.I. (2013). Evaluación del calidad ecológica del agua en las microcuencas de Chinata y Gocta, cuenca media del río Utcubamba, región Amazonas. *Indes* 1 (1), 14-28.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de aplicación del Índice Hidrogeomorfológico (IHG) para la cuenca del río Utcubamba

CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA

Naturalidad del Régimen de Caudal

Tanto la cantidad de caudal circulante por el sector como su distribución temporal y sus procesos extremos responden a la dinámica natural, por lo que el sistema fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico	10
En el sector funcional hay alteraciones muy importantes del caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal ambiental estable	-10
Si hay alteraciones marcadas en la cantidad de caudal circulante, al menos durante algunos periodos, lo cual conlleva inversiones en el régimen estacional de caudales	-8
Si hay variaciones en la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas	-6
Si hay algunas variaciones en la cantidad de caudal circulante pero se mantiene bien caracterizado el régimen estacional de caudal	-4
Si hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circulante	-2

Disponibilidad y Movilidad de Sedimentos

El caudal sólido llega al sector funcional sin retención alguna de origen antrópico y el sistema fluvial ejerce sin obstáculos de movilización y transporte de esos sedimentos	10
Si más de un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos	-5
Hay presas, barreras de contención con capacidad de retener sedimento en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial	-4
Si entre un 50% y 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos	-3
Si entre un 25% y 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos	-2
Si hay presas que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector	-1
En el sector hay síntomas o indicios de dificultades de movilidad de los sedimentos (embalses, alteraciones de la potencia específica, crecimiento de ciertas especies vegetales) y pueden atribuirse a factores antrópicos	Notables -2 Leves -1
Las variaciones del valle y los pequeños afluentes que desembocan en el sector cuenta con alteraciones antrópicas que afectan la movilidad de sedimentos, o bien su conexión con el valle, la llanura de inundación o el propio lecho fluvial no es continua	Alteraciones y/o conexión muy importante -3 Alteraciones y/o desconexiones significativas -2 Alteraciones y/o desconexiones leves -1

Funcionalidad de la Llanura de Inundación

La llanura de inundación puede ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecida, laminación de caudales-punta por desbordamiento y decantación de sedimentos	10
La llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen las funciones naturales de laminación, decantación y disposición de energía	Si son defensas continuas -5 Si son discontinuas el 50% de la longitud de la llanura de inundación -4 Si alcanza menos del 50% de la longitud de la llanura de inundación -3
Si predominan defensas directamente adosadas al cauce menor	-5
Si están separadas del cauce pero restringen más del 50% de la anchura de llanura de inundación	-4
Si sólo hay defensas alejadas menos del 50% de la anchura de la llanura de inundación	-3
La llanura de inundación tiene obstáculos (defensas, vías de comunicación elevadas, edificios, acequias), generalmente transversales, que alteran los procesos hidrogeomorfológicos de desbordamiento e inundación y los flujos de crecida.	Si hay abundantes obstáculos -2 Si hay obstáculos puntuales -1
La llanura de inundación presenta usos del suelo que reducen su funcionalidad natural o bien ha quedado colgada por dragados o canalización del cauce	Si el terreno sobre elevado o impermeabilizado superan el 50% de su superficie -3 Si los terrenos sobre elevados o impermeabilizados constituyen entre el 15% y el 50% de su superficie -2 Si hay terrenos sobre elevados o impermeabilizados aunque no alcanzan el 15% de su superficie -1

Valoración de la Calidad Funcional del Sistema

Modificado de Ollero et al., (2009).

CALIDAD DEL CAUCE

Naturalidad del Trazado y de la Morfología del Planta

El trazado del cauce se mantiene natural, inalterado, y la morfología en planta presenta los caracteres y dimensiones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del sistema	10
Se han registrado cambios de trazado artificiales y modificaciones antrópicas directas de la morfología en planta del cauce	Si afectan más de 50% de la longitud del sector -8 Si afectan a una longitud entre el 25% y el 50% -7 Si afecta una longitud entre el 10% y el 25% -6 Si afecta a menos del 10% de la longitud del sector -5
Si hay cambios drásticos como desvíos, extracción de material de relleno de cauces abandonados, simplificación de brazos, etc.	-8
Si, no habiendo cambios drásticos, si se registran cambios como retraqueo de márgenes, pequeñas rectificaciones	-6
Si, no habiendo cambios recientes drásticos o menores si hay combos antiguos que el sistema fluvial ha renaturalizado parcialmente	-4
En el sector observan cambios retrospectivos y progresivos en la morfología en planta derivados de actividades humanas en la cuenca o del efecto de infraestructuras	Notables -2 Leves -1

Continuidad y Naturalidad del Lecho y de los Procesos Longitudinales y Verticales

El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales, naturales y acordes con las características de la cuenca y del valle, del sustrato, de la pendiente y del funcionamiento hidrológico	10
En el sector funcional hay infraestructuras transversales al cauce que rompen la continuidad del mismo	Si embalsan más del 50% de la longitud del sector -5 Si embalsan del 25% al 50% de la longitud del sector -4 Si embalsan menos del 25% de la longitud del sector -3
Si hay al menos una presa sin bypass para sedimentos	-5
Si hay varias construcciones trasversales o al menos una presa con bypass para sedimentos	-4
Si hay solo construcciones transversales	-3
Hay puentes, vados u otros obstáculos menores que alteran la continuidad longitudinal del cauce	Más de 1 por cada km de cauce -2 Menos de 1 por cada km de cauce -1
La topografía del fondo del lecho, la sucesión de resaltes y remansos, la granulometría morfoimetría de los materiales o la vegetación acuática o pionera del lecho muestran síntomas de haber sido alterados por dragados, extracciones, solados o limpiezas	En más del 25% de la longitud del sector -3 En un ámbito de entre el 5 y el 25% de la longitud del sector -2 De forma puntual -1

Naturalidad de las Márgenes y de la movilidad Lateral

El cauce es natural y tiene capacidad de movilizarse lateralmente sin obstáculos, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con los procesos hidrogeomorfológicos de erosión y sedimentación	10
El cauce ha sufrido una canalización total o hay defensas de margen no continuas o infraestructuras (viviendas, vías de comunicación, acequias, etc.) adosadas a los márgenes	En más del 75% de la longitud del sector -6 Entre un 50% y un 75% de la longitud del sector -5 Entre un 25% y un 50% de la longitud del sector -4 Entre un 10% y un 25% de la longitud del sector -3 Entre un 5% y un 10% de la longitud del sector -2 En menos de un 5% de la longitud del sector -1
Las márgenes del cauce presentan elementos no naturales, escombros o intervenciones que modifican su morfología natural	Notables -2 Leves -1
En el sector se observan síntomas de que la dinámica lateral está limitada o no hay un buen equilibrio entre márgenes de erosión y de sedimentación, pudiendo ser efecto de actuaciones en sectores funcionales aguas arriba	Notables -2 Leves -1

Valoración de la Calidad del Cauce

VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA

CALIDAD DE LAS RIBERAS

Continuidad Longitudinal

El corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional y en márgenes del cauce menor, siempre que el marco geomorfológico del valle lo permita	10
La continuidad longitudinal de las riberas naturales puede estar interrumpida bien por usos del suelo permanente (urbanización, naveas, granjas, graveras, edificios, carreteras, puentes, defensas, acequias, etc.) o bien por superficies con usos del suelo no permanentes (choperas, cultivos, zonas taladas, caminos, etc.)	Si más del 70% de las discontinuidades son permanentes -10 Si entre un 30% y un 70% de las discontinuidades son permanentes -10 Si menos del 30% de las discontinuidades son permanentes -10
Si las riberas están totalmente eliminadas	-10
Si la longitud de las discontinuidades superan el 80% de la longitud total de las riberas	-9
Si la longitud de las discontinuidades superan el 80% de la longitud total de las riberas	-7
Si la longitud de las discontinuidades suponen entre el 60% y el 80% de la longitud total de las riberas	-5
Si la longitud de las discontinuidades suponen entre el 40% y el 60% de la longitud total de las riberas	-3
Si la longitud de las discontinuidades suponen entre el 40% y el 20% de la longitud total de las riberas	-2
Si las discontinuidades suponen menos del 20%	-1

Anchura del Corredor Ribereño

Las riberas naturales conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen perfectamente su papel en el sistema hidrogeomorfológico	10
La anchura de la ribera superviviente ha sido reducida por ocupación antrópica	Si la anchura media del corredor ribereño actual es inferior al 40% de la potencial -8 Si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 40% y el 60% de la anchura potencial -6 Si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 60% y el 80% de la anchura potencial -4 Si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 80% de la potencial -2
Si la continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera eliminada)	-10
Si la continuidad longitudinal ha resultado 1	-2
Si la continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3	-1
Si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo valorar 0	

Estructura, Naturalidad y Conectividad Transversal

En las riberas supervivientes se conserva la estructura (orillas, estratos, hábitats), la naturalidad de las especies y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún obstáculo antrópico interno que separe o desconecte los distintos hábitats o ambientes que conforman el corredor	10
Hay presiones antrópicas (pastoreo, desbroce, talas, incendios, explotación del acuífero, recogida de madera muerta, relleno de brazos abandonados, hasuras, uso recreativo, etc.) que alteren su estructura, o bien la ribera.	Si se extienden en más del 50% de la superficie de la ribera actual -4 Si se extienden entre el 25% y el 50% de la superficie de la ribera actual -3 Si se extiende en menos del 25% de la superficie de la ribera actual -2
Si las alteraciones son importantes	-4
Si las alteraciones son leves	-3
La naturalidad de la vegetación ribereña ha sido alterada por invasiones o repoblaciones	Si las alteraciones son significativas -2 Si las alteraciones son leves -1
En el sector hay infraestructuras lineales, generalmente longitudinales o diagonales (carreteras, pistas, defensas, acequias, caminos, etc.) que alteren la conectividad transversal del corredor	Si se distribuye por todo el sector funcional y la suma de sus longitudes supera el 100% de la longitud de las riberas -4 Si la suma de sus longitudes de un valor entre el 100% y el 75% de la longitud de las riberas -3 Si la suma de sus longitudes da un valor entre el 50% y el 25% de la longitud de las riberas -2 Si la suma de sus longitudes es inferior el 25% de la ribera -1
Si la continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada)	-10
Si la continuidad longitudinal ha resultado 1	-2
Si la continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3	-1
Si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0	

Valoración de la Calidad de las Riberas

Anexo 2. Tabla de ingreso de los resultados por cada apartado del Índice Hidrogeomorfológico (IHG) para la cuenca del río Utcubamba.

Sector	Calidad Funcional			Calidad de Cauce			Calidad de Ribera		
	Naturalidad del Régimen de Caudal	Disponibilidad y Movilidad de Sedimentos	Funcionalidad de la Llanura de Inundación	Naturalidad del Trazado y de la Morfología en Planta	Continuidad y Naturalidad del Lecho y de los Procesos Longitudinales y Verticales	Naturalidad de los Márgenes y de la Movilidad Lateral	Continuidad Longitudinal	Anchura del Corredor Ribereño	Estructura, Naturalidad y Conectividad Transversal
SFUT - 01	8	6	7	8	7	7	3	5	1
SFUT - 02	7	8	6	8	8	6	7	5	5
SFUT - 03	6	5	7	8	7	7	7	3	4
SFUT - 04	8	5	7	6	6	5	9	3	2
SFUT - 05	4	5	6	4	6	4	7	6	2
SFUT - 06	6	6	5	7	4	3	5	4	4
SFUT - 07	6	7	7	7	7	4	6	6	4
SFUT - 08	6	5	5	7	7	2	4	4	4
SFUT - 09	4	4	3	5	5	3	5	6	4
SFUT - 10	8	4	6	7	4	5	8	4	4
SFUT - 11	6	2	7	8	6	6	6	4	2
SFUT - 12	4	5	5	5	6	6	5	4	4
SFUT - 13	4	5	5	7	8	5	3	3	4
SFUT - 14	8	4	7	7	7	5	6	4	2
SFUT - 15	8	5	6	6	7	6	7	6	6
SFUT - 16	8	6	7	7	7	4	4	4	1
SFUT - 17	8	5	6	7	6	6	6	7	6
SFUT - 18	4	5	6	7	6	7	3	5	3
SFUT - 19	8	3	4	2	5	6	3	3	3
SFUT - 20	6	5	5	2	7	6	2	2	3
SFUT - 21	5	5	3	4	6	5	1	3	2
SFUT - 22	4	5	5	7	6	4	2	3	2
SFUT - 23	4	4	7	4	5	3	2	3	4
SFUT - 24	4	5	5	8	1	1	1	3	2
SFUT - 25	2	5	4	4	6	5	1	2	3

Anexo 3. Tabla de resultados de aplicación por apartado del IHG para la cuenca del río Utcubamba.

Sectores Funcionales Evaluados en la Cuenca del Río Utcubamba	Calidad Funcional del Sistema Fluvial	Calidad de Cauce	Calidad de Ribera
SFUT - 01			9
SFUT - 02			17
SFUT - 03	18		14
SFUT - 04		17	14
SFUT - 05	15	14	15
SFUT - 06	17	14	13
SFUT - 07		18	16
SFUT - 08	16	16	12
SFUT - 09	11	13	15
SFUT - 10	18	16	16
SFUT - 11	15		12
SFUT - 12	14	17	13
SFUT - 13	14		10
SFUT - 14	19	19	12
SFUT - 15	19	19	19
SFUT - 16		18	9
SFUT - 17	19	19	19
SFUT - 18	15		11
SFUT - 19	15	13	9
SFUT - 20	16	15	7
SFUT - 21	13	15	6
SFUT - 22	14	17	7
SFUT - 23	15	12	9
SFUT - 24	14	10	6
SFUT - 25	11	15	6

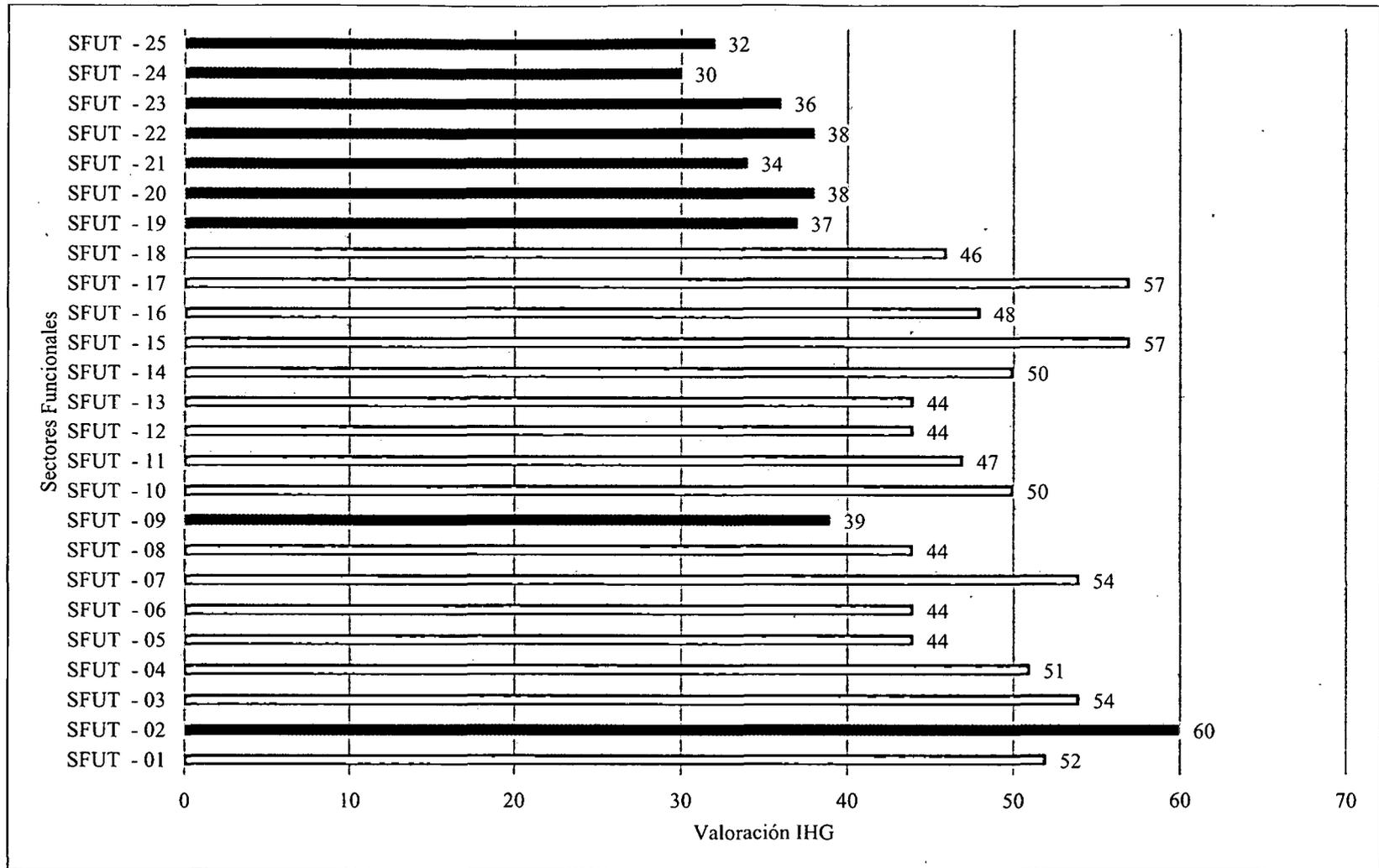
Puntuación: 0 – 20, Calidad Muy Mala; 21 – 41, Calidad Deficiente; 42 – 59, Calidad Moderada; 60 – 74, Calidad Buena Y 75 – 90, Calidad Muy Buena

Anexo 4. Tabla de resultado del IHG por cada sector funcional de la cuenca del río Utcubamba.

Sectores Funcionales Evaluados en la Cuenca del Río Utcubamba	Calidad Funcional del Sistema Fluvial	Calidad de Cauce	Calidad de Ribera	Calidad por Cada Sector Funcional
SFUT - 01	21	22	9	52
SFUT - 02	21	22	17	60
SFUT - 03	18	22	14	54
SFUT - 04	20	17	14	51
SFUT - 05	15	14	15	44
SFUT - 06	17	14	13	44
SFUT - 07	20	18	16	54
SFUT - 08	16	16	12	44
SFUT - 09	11	13	15	39
SFUT - 10	18	16	16	50
SFUT - 11	15	20	12	47
SFUT - 12	14	17	13	44
SFUT - 13	14	20	10	44
SFUT - 14	19	19	12	50
SFUT - 15	19	19	19	57
SFUT - 16	21	18	9	48
SFUT - 17	19	19	19	57
SFUT - 18	15	20	11	46
SFUT - 19	15	13	9	37
SFUT - 20	16	15	7	38
SFUT - 21	13	15	6	34
SFUT - 22	14	17	7	38
SFUT - 23	15	12	9	36
SFUT - 24	14	10	6	30
SFUT - 25	11	15	6	32

Puntuación: 0 – 20, Calidad Muy Mala; 21 – 41, Calidad Deficiente; 42 – 59, Calidad Moderada; 60 – 74, Calidad Buena y 75 – 90, Calidad Muy Buena.

Anexo 5. Figura de puntuaciones finales del IHG por cada sector funcional, evaluados en el cauce principal de la cuenca del río Utcubamba.



Anexo 10. Matriz para la aplicación del análisis estadístico.

Sector Funcional	Partes de la Cuenca	Calidad por Apartado	Puntuación	Sector Funcional	Partes de la Cuenca	Calidad por Apartado	Puntuación
1	1	1	21	14	2	1	19
1	1	2	22	14	2	2	19
1	1	3	9	14	2	3	12
2	1	1	21	15	2	1	19
2	1	2	22	15	2	2	19
2	1	3	17	15	2	3	19
3	1	1	18	16	2	1	21
3	1	2	22	16	2	2	18
3	1	3	14	16	2	3	9
4	1	1	20	17	2	1	19
4	1	2	17	17	2	2	19
4	1	3	14	17	2	3	19
5	1	1	15	18	2	1	15
5	1	2	14	18	2	2	20
5	1	3	15	18	2	3	11
6	1	1	17	19	3	1	15
6	1	2	14	19	3	2	13
6	1	3	13	19	3	3	9
7	1	1	20	20	3	1	16
7	1	2	18	20	3	2	15
7	1	3	16	20	3	3	7
8	1	1	16	21	3	1	13
8	1	2	16	21	3	2	15
8	1	3	12	21	3	3	6
9	1	1	11	22	3	1	14
9	1	2	13	22	3	2	17
9	1	3	15	22	3	3	7
10	1	1	18	23	3	1	15
10	1	2	16	23	3	2	12
10	1	3	16	23	3	3	9
11	2	1	15	24	3	1	14
11	2	2	20	24	3	2	10
11	2	3	12	24	3	3	6
12	2	1	14	25	3	1	11
12	2	2	17	25	3	2	15
12	2	3	13	25	3	3	6
13	2	1	14				
13	2	2	20				
13	2	3	10				

Partes de la cuenca / Calidad por apartado

1= Alta / Calidad funcional del sistema

2 = Media / Calidad del cauce

3= Baja / Calidad de las riberas

Anexo 11. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra y Levene por cada apartado del índice hidrogeomorfológico.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para Calidad por Apartado		Puntuación
	Normalidad	25
Calidad del sistema	Parámetros Normales (Media)	16,48
	Sig. Asintót. (bilateral)	0,467
	Normalidad	25
Calidad del cauce	Parámetros Normales (Media)	16,92
	Sig. Asintót. (bilateral)	0,968
	Normalidad	25
Calidad de las riberas	Parámetros Normales (Media)	11,72
	Sig. Asintót. (bilateral)	0,961

Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadística de Levene	gl 1	gl 2	Sig.
1.638	2	72	0,202*

* Diferencia significativa.

Anexo 12. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra y Levene para la cuenca alta, media y baja.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov por partes de la Cuenca		Puntuación
	Normalidad	21
Alta	Parámetros Normales (Media)	17,1
	Sig. Asintót. (bilateral)	0,888
	Normalidad	24
Media	Parámetros Normales (Media)	15,63
	Sig. Asintót. (bilateral)	0,599
	Normalidad	30
Baja	Parámetros Normales (Media)	13,13
	Sig. Asintót. (bilateral)	0,467

Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadística de Levene	gl 1	gl 2	Sig.
2.732	2	72	0,072*

* Diferencia significativa

Anexo 13. Prueba Kruskal-Wallis y Levene para cada sector funcional de la cuenca del río Utcubamba.

Sectores Funcionales		N	Rango promedio
Puntuación	SFUT-01	3	50,83
	SFUT-02	3	65
	SFUT-03	3	51,83
	SFUT-04	3	48
	SFUT-05	3	33
	SFUT-06	3	32,67
	SFUT-07	3	55,33
	SFUT-08	3	35,17
	SFUT-09	3	23,33
	SFUT-10	3	47,83
	SFUT-11	3	39,83
	SFUT-12	3	32,67
	SFUT-13	3	34,83
	SFUT-14	3	45,83
	SFUT-15	3	60,5
	SFUT-16	3	44,33
	SFUT-17	3	60,5
	SFUT-18	3	38,67
	SFUT-19	3	21,5
	SFUT-20	3	28,33
	SFUT-21	3	19,83
	SFUT-22	3	27,17
	SFUT-23	3	20
	SFUT-24	3	15,83
	SFUT-25	3	17,17
Total		75	

Prueba de homogeneidad de varianzas

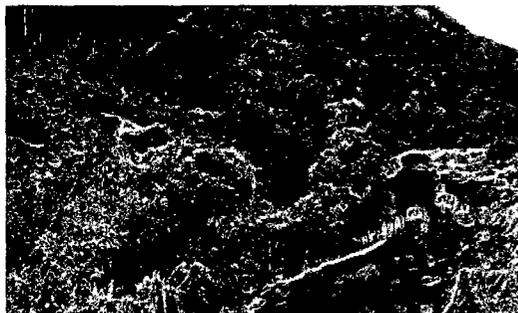
Estadística de Levene	gl 1	gl 2	Sig.
2.012	24	50	0,019*

*Diferencia significativa.

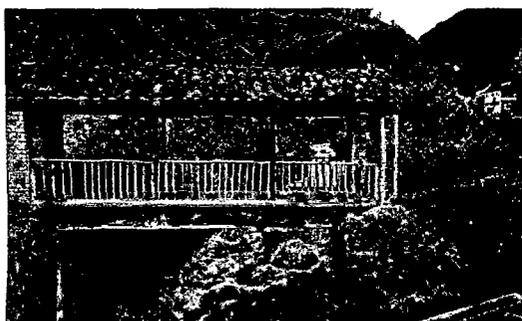
Anexo 14. Sectores funcionales evaluados en el cauce principal de la cuenca del río Utcubamba



Fotografía 1. Sector Funcional SFUT- 01



Fotografía 2. Sector Funcional SFUT- 02



Fotografía 3. Sector Funcional SFUT- 03



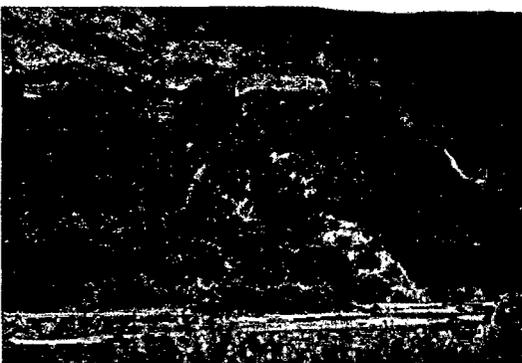
Fotografía 4. Sector Funcional SFUT- 04



Fotografía 5. Sector Funcional SFUT- 05



Fotografía 6. Sector Funcional SFUT- 06



Fotografía 7. Sector Funcional SFUT- 07



Fotografía 8. Sector Funcional SFUT- 08



Fotografía 9. Sector Funcional SFUT- 09



Fotografía 10. Sector Funcional SFUT- 10



Fotografía 11. Sector Funcional SFUT- 11



Fotografía 12. Sector Funcional SFUT- 12



Fotografía 13. Sector Funcional SFUT- 13



Fotografía 14. Sector Funcional SFUT- 14



Fotografía 15. Sector Funcional SFUT- 15



Fotografía 16. Sector Funcional SFUT- 16



Fotografía 17. Sector Funcional SFUT- 17



Fotografía 18. Sector Funcional SFUT- 18



Fotografía 19. Sector Funcional SFUT- 19



Fotografía 20. Sector Funcional SFUT- 20



Fotografía 21. Sector Funcional SFUT- 21



Fotografía 22. Sector Funcional SFUT- 22



Fotografía 23.: Sector Funcional SFUT- 23

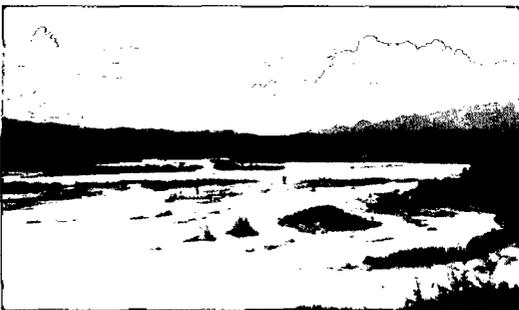


Fotografía 24. Sector Funcional SFUT- 24



Fotografía 25. Sector Funcional SFUT- 25

Anexo 15. Impactos en el cauce principal de la cuenca del río Utcubamba.



Fotografía 26. Sector funcional SFUT-25, tramo fluvial con presencia de desbordamiento, por la eliminación total de las riberas.



Fotografía 27. Sector funcional SFUT-17, tramo fluvial con procesos activos de erosión y sedimentación en las riberas.



Fotografía 28. Sector funcional SFUT- 10, tramo fluvial que evidencia defensas ribereñas que dificultan la laminación natural del cauce.



Fotografía 29. Sector Funcional SFUT- 14, tramo con presencia de dragado de material de cantera.

Anexo 16. Difusión de los resultados obtenidos de la calidad hidrogeomorfológica de la cuenca del río Utcubamba.



Fotografía 30. Inicio del taller de capacitación resultados en la ONG Naturaleza y Cultura Internacional.



Fotografía 31. Presentación de los resultados obtenidos de la aplicación del índice IHG en la cuenca del río Utcubamba.

Anexo 17. Perfil longitudinal del cauce principal de la cuenca del río Utcubamba.

