

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



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

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

**CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LOS RÍOS DE
LA MICROCUENCA JAÉN, CAJAMARCA**

**Autor : Bach. Guisela Madeleine Ruiz Cervera
Asesor : Mg. Nilton Beltrán Rojas Briceño**

Registro N°:

CHACHAPOYAS – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haber guiado cada uno de mis pasos y brindarme las fuerzas necesarias para no desfallecer y seguir firme con mis convicciones.

A mis padres Magna Cervera y Manuel Ruiz por ser los pilares fundamentales de mi vida, brindándome día a día su amor incondicional y su paciencia que me impulsaron a cumplir mis metas

A mi hermana Lety Yesenia, mi fiel compañera de vida, por ayudarme y aconsejarme para alcanzar mis objetivos.

A mis sobrinos, Manuel, Diego y Axel, mis pequeños que con sus ocurrencias y virtudes me motivan a salir adelante.

A Mael, Genoveva y Asunción, quienes ya no se encuentran en este mundo terrenal, pero sé que desde donde estén iluminan mi camino y siempre los tengo presente.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, por permitirme seguir avanzando en mi etapa de formación profesional y darme siempre la fortaleza y perseverancia para alcanzar mis metas.

A mis familiares, en especial a mis padres y hermana quienes estuvieron desde el día uno dándome consejos de fortaleza y perseverancia para superar obstáculos que se me presentan en esta etapa, por nunca abandonarme y siempre brindarme su amor pese a todo.

A mi asesor Mg. Nilton Beltrán Rojas Briceño por haberme guiado paso a paso en el desarrollo del proyecto de tesis, por su paciencia, comprensión, apoyo ante cualquier duda que surgía y sobre todo por toda la confianza depositada y su amistad.

A mi casa de estudios Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, quien me acogió durante varios años permitiéndome obtener conocimientos impuestos por mis docentes y así como también por permitirme conocer a grandes personas que se convirtieron en grandes amigos que también fueron parte de este proceso.

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

Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana

RECTOR

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. María Nelly Luján Espinoza

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Ph.D. Ricardo Edmundo Campos Ramos

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (X), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Calidad Hidrogeomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén, Cajamarca; del egresado Guisela Madeleine Ruiz Cervera de la Facultad de Ingeniería Ambiental Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 08 de Julio de 2024

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'Nilton Betrán Rojas Briceno'.

Firma y nombre completo del Asesor

Mg. Nilton Betrán Rojas Briceno

JURADO EVALUADOR



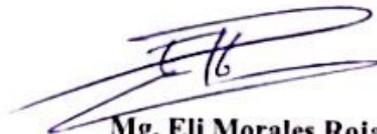
M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

PRESIDENTE



Dr. Erick Stevinsann Arellanos Carrión

SECRETARIO



Mg. Eli Morales Rojas

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Calidad hidrogeomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén, Cajamarca

presentada por el estudiante ()egresado (X) Guisela Madeline Ruiz Cervera

de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

con correo electrónico institucional 7477714371@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 12 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 08 de Julio del 2024

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
PRESIDENTE

[Signature]
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

REPORTE TURNITIN

CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LOS RÍOS DE LA MICROCUENCA JAÉN, CAJAMARCA

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	12%	5%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	www.revistas.usp.br Fuente de Internet	1%
4	zagan.unizar.es Fuente de Internet	1%
5	docplayer.es Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	estudiosgeograficos.revistas.csic.es Fuente de Internet	<1%
8	scielo.pt Fuente de Internet	<1%
9	doaj.org Fuente de Internet	

Gino Alfrech Vega Heclina

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 15 de julio del año 2024, siendo las 10:30 horas, el aspirante: Gisela Madeleine Ruiz Cervera, asesorado por Mg. Nilton Beltrán Rojas Briceno defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Calidad Hidromorfológica de los ríos de la Microcuenca Jaén, Cajamarca para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina
Secretario: Dr. Erick Stevinson Arellano Carrión
Vocal: Mg. Eli Morales Rojas

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.



Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 11:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS.....	v
JURADO EVALUADOR.....	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	vii
REPORTE TURNITIN.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.1. Hipótesis	21
2.2. Área de estudio	21
2.3. Proceso metodológico	22
2.4. Material cartográfico	23
2.5. Determinación de la tipología fluvial geomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén.....	24
2.5.1. Recorte de red hidrográfica a la cuenca y subdivisión en tramos	24
2.5.2. Parámetros y aspectos geomorfológicos.....	25
2.5.3. Índice de sinuosidad	26
2.5.4. Tipo de canal	27

2.5.5.	Pendiente del cauce	27
2.5.6.	Encajamiento	28
2.5.7.	Ancho de fondo de valle.....	29
2.6.	Diagnosticar las alteraciones antrópicas en la microcuenca Jaén mediante la aplicación del índice Hidrogeomorfológico	30
2.6.1.	Material cartográfico	30
2.6.2.	Evaluación de la calidad hidrogeomorfológica	30
2.6.3.	Cálculo del índice Hidrogeomorfológico (IHG)	32
III.	RESULTADOS.....	34
3.1.	Tipología fluvial geomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén.....	34
3.1.1.	Geomorfología del valle	34
3.1.2.	Geomorfología del cauce.....	34
3.1.3.	Tipología fluvial	35
3.2.	Alteraciones antrópicas en la microcuenca Jaén mediante la aplicación del índice Hidrogeomorfológico	37
3.2.1.	Calidad funcional del sistema.....	37
3.2.2.	Calidad del cauce.....	39
3.2.3.	Calidad de las riberas.....	40
3.2.4.	Calidad Hidrogeomorfológica	41
IV.	DISCUSIÓN.....	43
4.1.	Tipología fluvial geomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén.....	43
4.1.1.	Geomorfología del valle	43
4.1.2.	Geomorfología del cauce.....	43
4.1.3.	Tipología fluvial	44
4.2.	Alteraciones antrópicas en la microcuenca Jaén mediante la aplicación del índice Hidrogeomorfológico	45
4.2.1.	Calidad funcional del sistema.....	46
4.2.2.	Calidad funcional del cauce.....	46

4.2.3.	Calidad funcional de las riberas.....	47
4.2.4.	Calidad Hidrogeomorfológica	47
V.	CONCLUSIONES.....	49
VI.	RECOMENDACIONES.....	50
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros y aspectos geomorfológicos.....	25
Tabla 2. Puntuaciones finales	33
Tabla 3. Porcentajes de las tipologías fluviales en la microcuenca Jaén.....	36
Tabla 4. Calidad hidrogeomorfológica de la microcuenca Jaén.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la microcuenca Jaén	21
Figura 2. Proceso metodológico del estudio.....	22
Figura 3. Portal web SIGMED	23
Figura 4. Tramos de río de la microcuenca Jaén	24
Figura 5. Esquema para índice de sinuosidad	26
Figura 6. Esquema para pendiente de cauce.....	27
Figura 7. Líneas transversales	28
Figura 8. Medición del ancho de valle	29
Figura 9. Puntos tomados en el recorrido en campo	31
Figura 10. Geomorfología del valle	34
Figura 11. Geomorfología del cauce	35
Figura 12. Tipología fluvial de la Microcuenca Jaén.....	37
Figura 13. Calidad funcional del sistema	38
Figura 14. Calidad del cauce	39
Figura 15. Calidad de las riberas	40
Figura 16. Calidad hidrogeomorfológica de la microcuenca Jaén	42
Figura 17. Toma de puntos de referencia, inicio del recorrido	58
Figura 18. Evaluación sectores funcionales (SF), aplicación del IHG.....	58
Figura 19. Canalización del SF para el desarrollo de un arco peatonal	58
Figura 20. Reducción del corredor ribereño, presencia de muros de contención para fines agrícolas.....	59
Figura 21. Extensión de cultivos arrozales en los valles de los cauces.....	59
Figura 22. Puente y defensa ribereña	59
Figura 23. Puente y acumulación de sedimentos por crecidas en temporada de lluvia y arrojado de basura; disminución del cauce.....	59
Figura 24. Extracción masiva de áridos por parte de chancadoras de la zona	60
Figura 25. Reducción de las llanuras de inundación, presencia de muros de contención y construcciones aledañas.....	60
Figura 26. Acumulación de sedimentos y problemas de inmovilización.....	60
Figura 27. Canalización del cauce para uso agrícola	61
Figura 28. Cabecera de cuenca, camino lateral	61
Figura 29. Encajamiento del valle, cauce con limitado acceso	61

Figura 30. Acumulación de restos vegetales en los pilares del puente	62
Figura 31. Reducción del margen ribereño por presencia de muros de contención.....	62
Figura 32. Problemas de inmovilización por acumulación de escombros, basura.	62
Figura 33. Urbanización al margen del cauce	62
Figura 34. Puente e insiccion lateral	63
Figura 35. Presa de agua en sector funcional.	63
Figura 36. Reducción de las riberas por presencia de muros y del cauce por la sedimentación	63
Figura 37. Desplazamiento de la vegetación pionera	63
Figura 38. Vertido de aguas residuales al cauce natural	63
Figura 39. Ficha de evaluación del IHG.....	64

RESUMEN

La microcuenca Jaén pertenece a la vertiente del Atlántico y está ubicada en la provincia de Jaén. Los ríos que comprenden la microcuenca tienen una extensión longitudinal de 336101.42 km, abarcando una gran biodiversidad y paisajes. Sin embargo, a lo largo de los ríos y sus llanuras de inundación se vienen desarrollando actividades de extracción, agrícolas, así como también existe la presencia de zona urbana en crecimiento y obras civiles (puentes) que generan alteraciones y modificaciones. El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad hidrogeomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén, Cajamarca. Para lo cual, (i) se determinó la tipología fluvial de los ríos usando parámetros geomorfológicos de cauce y valle; luego, (ii) se diagnosticaron las alteraciones antrópicas existentes mediante recorridos en campo y la aplicación del Índice Hidrogeomorfológico (IHG). Se obtuvieron 65 tipologías fluviales (N-S-P-E-A) en los ríos de la microcuenca Jaén, una tipología de canal único (N1), 14 tipologías de cauce (S-P) y 13 tipologías de valle (E-A). La aplicación del IHG determinó las calidades de los ríos según las condiciones en las que estos se encontraban; los valores que se obtuvieron oscilan entre los 30 a 76 puntos (de un máx. de 90 puntos), que van desde una calidad hidrogeomorfológica deficiente a buena, respectivamente. Se encontró que en los ríos de la microcuenca Jaén existen tres calidades predominantes; calidad hidrogeomorfológica buena (59.38%), la calidad hidrogeomorfológica moderada (38.12%) y la calidad Hidrogeomorfológica deficiente el 2.5%. Esta investigación permite conocer las calidades hidrogeomorfológicas de los ríos de la microcuenca Jaén y la relación que tienen con el nivel de impacto antrópico causado por la intervención humana.

Palabras clave: IHG, calidad hidrogeomorfológica, parámetros geomorfológicos, tipología fluvial, ríos, sectores funcionales.

ABSTRACT

The Jaén micro-basin belongs to the Atlantic slope and is located in the province of Jaén. The rivers that comprise the micro-basin have a longitudinal extension of 336101.42 km, encompassing great biodiversity and landscapes. However, along the rivers and their flood plains, extraction and agricultural activities are being carried out, as well as the presence of a growing urban area and civil works (bridges) that generate alterations and modifications. The objective of the present study was to evaluate the hydrogeomorphological quality of the rivers of the Jaén micro-basin, Cajamarca. For which, (i) the fluvial typology of the rivers was determined using geomorphological parameters of the channel and valley; Then, (ii) the existing anthropic alterations were diagnosed through field tours and the application of the Hydrogeomorphological Index (HHI). 65 river typologies (N-S-P-E-A) were obtained in the rivers of the Jaén micro-basin, a single channel typology (N1), 14 channel typologies (S-P) and 13 valley typologies (E-A). The application of the IHG determined the qualities of the rivers according to the conditions in which they were found; The values obtained range from 30 to 76 points (out of a maximum of 90 points), ranging from poor to good hydrogeomorphological quality, respectively. It was found that in the rivers of the Jaén micro-basin there are three predominant qualities: good hydrogeomorphological quality (59.38%), moderate hydrogeomorphological quality (38.12%) and poor hydrogeomorphological quality 2.5%. This research allows us to know the hydrogeomorphological qualities of the rivers of the Jaén micro-basin and the relationship they have with the level of anthropic impact caused by human intervention.

Keywords: IHG, hydrogeomorphological quality, geomorphological parameters, fluvial typology, rivers, functional sectors.

I. INTRODUCCIÓN

Las diferentes agrupaciones de vertientes y/o desembocaduras de ríos componen sistemas complejos multidimensionales, denominados sistemas fluviales, que poseen funciones enfocadas a la preservación de la dinámica natural de los ríos y los servicios que estos brindan a las poblaciones de influencia (Zina, et al., 2021). La preservación de los rasgos biológicos e hidrogeomorfológicos de los ríos, tiene como principal efecto mantener un equilibrio entre el estado natural de los cauces de agua y su potencial fisicoquímico y ecológico con el fin de salvaguardar la diversidad de su medio (Marín, 2019). Cuando los sistemas fluviales se encuentran en un estado de equilibrio desarrollan funciones como transporte de agua, sedimentos, nutrientes y organismos, a su vez facilitan los procesos hidrogeomorfológicos de erosión, transporte y sedimentación (Gunawardana, et al., 2021).

En las últimas décadas, las ciudades (como Jaén en Cajamarca) a nivel mundial han intensificado el desarrollo de actividades relacionadas con la explotación y/o utilización de los recursos hídricos, para fines de transporte, alimentación, actividades extractivas, recreación, entre otros (Uday Kumar & Jayakumar, 2020). En consecuencia, se han generado cambios medioambientales que se ven reflejados también en los sistemas fluviales, en su naturalidad y su caracterización hidrogeomorfológica (Briceño et al., 2020). Las alteraciones hidrogeomorfológicas que acarrear los sistemas repercuten en ciertas características fisicoquímicas y algunas concentraciones de ciertos elementos químicos (Barboza, et al., 2017).

Asimismo, la pérdida de naturalidad hidrogeomorfológica de los ríos afecta el cumplimiento de sus funciones principales, conducción de agua, sedimentos, nutrientes y especies de flora y fauna, que son la clave tanto del funcionamiento de los sistemas fluviales (Villamarín et al., 2014). La conservación de la dinámica natural de los sistemas fluviales contribuye al buen funcionamiento de los ríos, así como también, permite la preservación del valor paisajístico, ecológico y ambiental que albergan estos sistemas fluviales (Ojeda et al., 2007).

Las alteraciones presentes en los recursos hídricos han motivado generar índices de calidad en diversos estudios previos (George, et al., 2021; Belletti, et al., 2014). Se requiere un método que se adapte a las condiciones del sistema fluvial a evaluar; es por ello, que se han planteado varios métodos que pretenden evaluar el estado actual de los

sistemas fluviales (Barboza, et al., 2018). En la aplicación de índices, la integración de los Sistemas de Información geográfica (SIG) y la Teledetección como una herramienta de análisis ha facilitado identificar ciertas alteraciones presentes en sistemas fluviales de manera práctica y rápida (Otto, et al., 2017).

Para la evaluación de la naturalidad de los diferentes ríos, en su mayoría se opta por la aplicación del Índice Hidrogeomorfológico (IHG) (Ollero, et al., 2007), debido a que su aplicación es más factible en cauces fluviales con extensiones medianas, permitiendo identificar y cuantificar el alcance de los procesos antropogénicos en el funcionamiento natural de los mismos (Volonté y Gil, 2021).

El IHG se diferencia de otras metodologías porque este mediante la combinación de factores biológicos, hidrogeomorfológicos, fisicoquímicos, permite diagnosticar el estado actual de los ríos para la posterior gestión y aplicación de medidas de restauración para un sistema fluvial a fin de reducir el impacto ambiental (Ollero et al., 2021).

El IHG fue diseñado hace más de 15 años y su campo de aplicación principalmente fue Europa, sin embargo, debido a las diversas modificaciones que recibió ha podido ser aplicado en Iberoamérica desde el año 2007 en más de 60 casos de estudio (Ballarin, 2021). La aplicación del IHG en Perú es escasa, pese a que es considerado un índice muy adaptable, que puede ser aplicable a diferentes tipos de cauces fluviales, sean estos de latitudes bajas o altas (Volonté & Gil, 2021). Este índice fue aplicado en Perú en microcuencas ganaderas altoandinas del norte del Perú (Briceño et al., 2020; Barboza, et al., 2018), en la cuenca del Utcubamba (Barboza, et al., 2017) y la cuenca del Alto Mayo (Julón y Maldonado, 2018). Sin embargo, aún no existen aplicaciones en ecosistemas de bosque seco, como la microcuenca Jaén.

Existen escasos estudios hidrogeomorfológicos realizados a nivel del departamento de Cajamarca, a pesar de que los recursos hídricos superficiales que posee esta región juegan un rol importante en el desarrollo de sus actividades de supervivencia. Se consideró que la microcuenca Jaén es una potencial área de estudio, debido a que la zona de influencia ha evidenciado un crecimiento demográfico acelerado, procesos de erosión, deforestación (Huaccha, 2017), que están generando efectos negativos en la zona. Asimismo, la zona presenta variedad tipos de suelo, los cuales tienen diferentes usos, que van desde un uso agrícola hasta uso urbano intensivo, además tiene coberturas naturales como bosque y herbazal seco, y es importante evaluar el efecto de cada uso en los recursos hídricos.

Es por ello, que el área de estudio se basó en la microcuenca Jaén, la cual pertenece a la vertiente del Atlántico (Vasquez, 2011). Debido a su variedad geomorfológica y topográfica presenta, varios pisos altitudinales y contribuye al mantenimiento y regulación de los recursos hídricos de sus principales afluentes (Buguña y Quispe, 2011).

En ese sentido, el estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad hidrogeomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén, Cajamarca, para ello se i) determinó la tipología fluvial geomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén y se ii) diagnosticó las alteraciones antrópicas en la microcuenca Jaén mediante la aplicación del índice hidrogeomorfológico.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Hipótesis

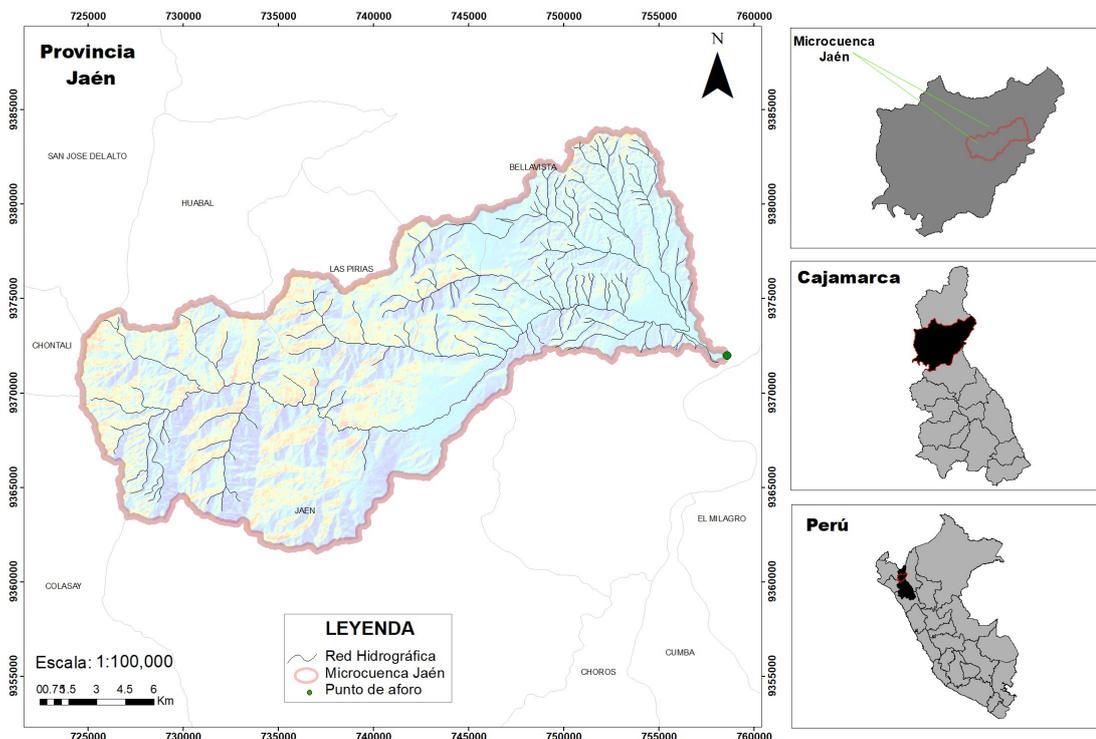
El 50% de los ríos de la microcuenca Jaén presentan calidad hidrogeomorfológica deficiente.

2.2. Área de estudio

La zona de estudio pertenece a la región Cajamarca, que está ubicada al norte del Perú, limita departamentalmente con Piura, Lambayeque, La Libertad y Amazonas. Asimismo, el departamento posee una topografía diversa, y variadas elevaciones de terreno que oscilan entre 150 y 4,496 msnm (Quispe, 2017). La presencia de la Cordillera de los Andes en el territorio hace que este se divida y exista una vertiente del Pacífico y una del Atlántico. La microcuenca Jaén pertenece a la vertiente del Atlántico y está localizada en la provincia de Jaén (Figura 1). Tiene una extensión de 355.12 km² aproximadamente y un perímetro de 1156.32 km, y representa un importante capital natural (suelo, agua, bosque y biodiversidad) para la región (Ancca et al., 2008).

Figura 1

Ubicación de la microcuenca Jaén



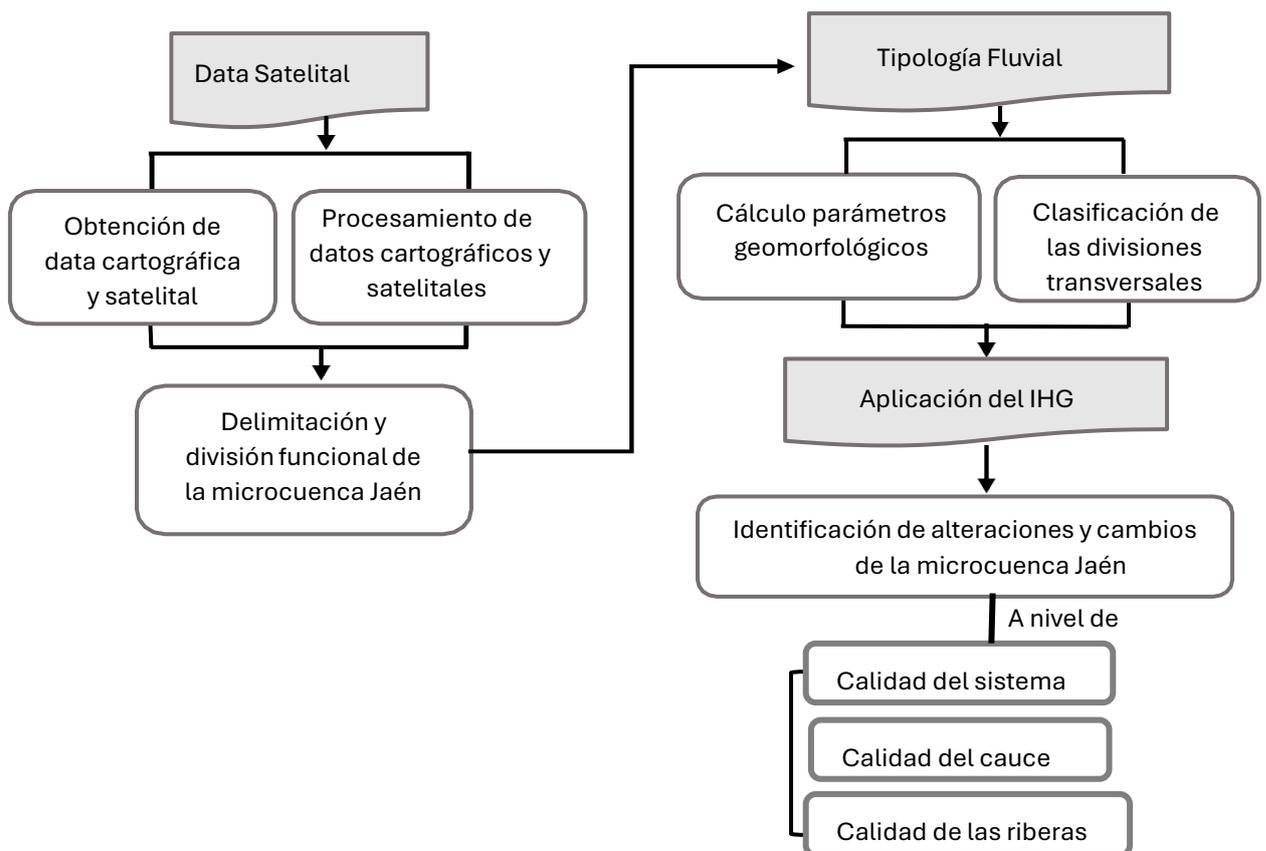
La delimitación el área de estudio Microcuenca Jaén, partió desde el DEM con resolución de 12.5 m, el cual se transformó de un formato ráster a un formato polígono, para ello se utilizó el Software ArcGIS en la versión 10.5. El proceso se inició con la asignación del sistema de referencia espacial al DEM según la ubicación, en este caso se trabajó con WGS 1984 UTM ZONA 17S correspondiente a la ubicación de la Microcuenca en la provincia de Jaén. Luego, a través de la herramienta Hidrology, parte de la caja herramientas *ArcToolbox*, se identificó el punto de aforo, la dirección y puntos de acumulación de la red hídrica, que permitieron la delimitación de la Microcuenca Jaén.

2.3. Proceso metodológico

Para la evaluación de la calidad Hidrogeomorfológica de la Microcuenca Jaén en Cajamarca, se siguió el siguiente flujograma.

Figura 2

Proceso metodológico del estudio



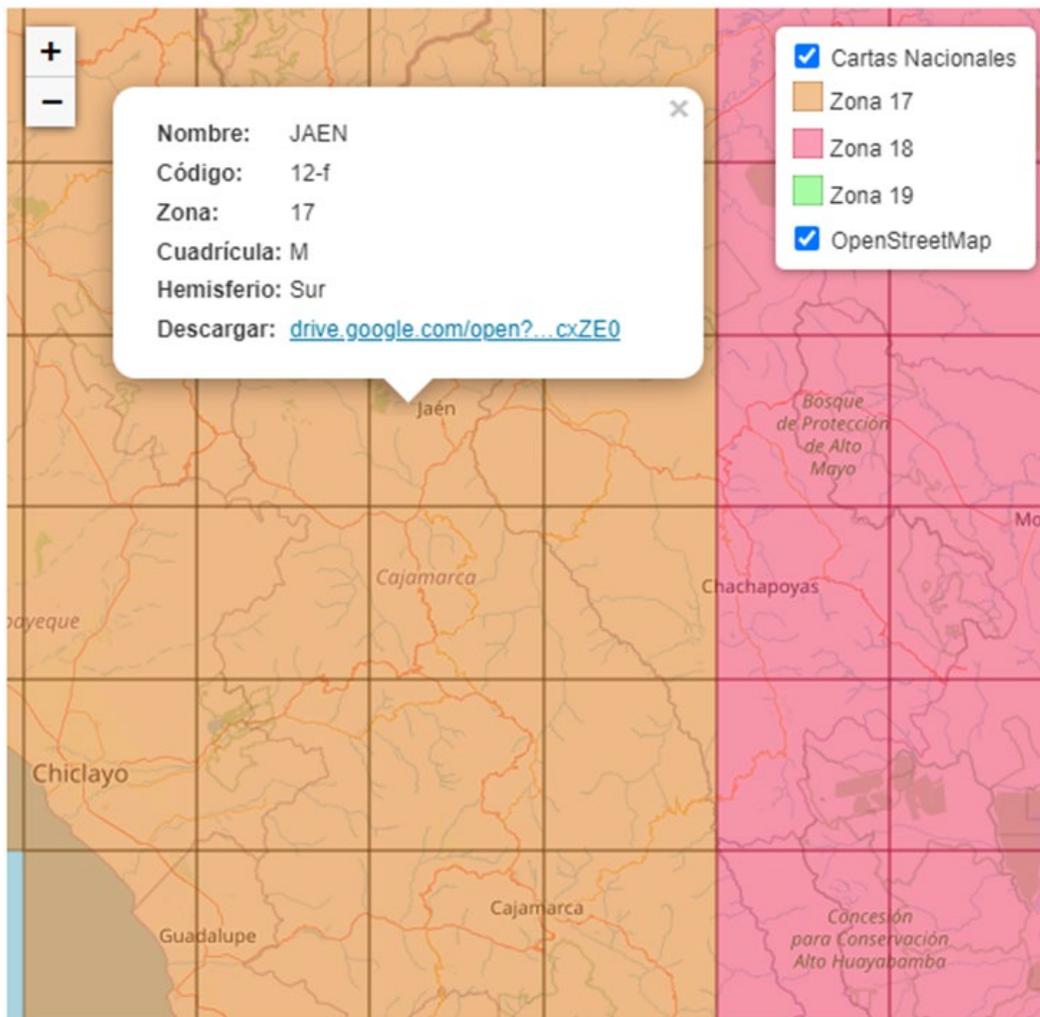
Nota. Adaptado de Díaz & Ollero (2005); Ollero et al. (2009)

2.4. Material cartográfico

Para la determinación de la tipología fluvial de los ríos pertenecientes a la microcuenca Jaén, se utilizó la carta nacional del cuadrante (12-f) de la zona 17 sur, descargado de la plataforma SIGMED del Ministerio de Educación (<https://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>) (Figura 3). La escala de 12-f es 1:100 000, en formato shapefile y contiene la red hidrográfica perteneciente al área del estudio (Microcuenca Jaén). Asimismo, se descargó el modelo de elevación digital (DEM) Alos Palsar de la JAXA (Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial) a una resolución de 12.5 metros, del sitio web ASF Data Search Vertex (<https://search.asf.alaska.edu/#/>).

Figura 3

Portal web SIGMED



2.5. Determinación de la tipología fluvial geomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén

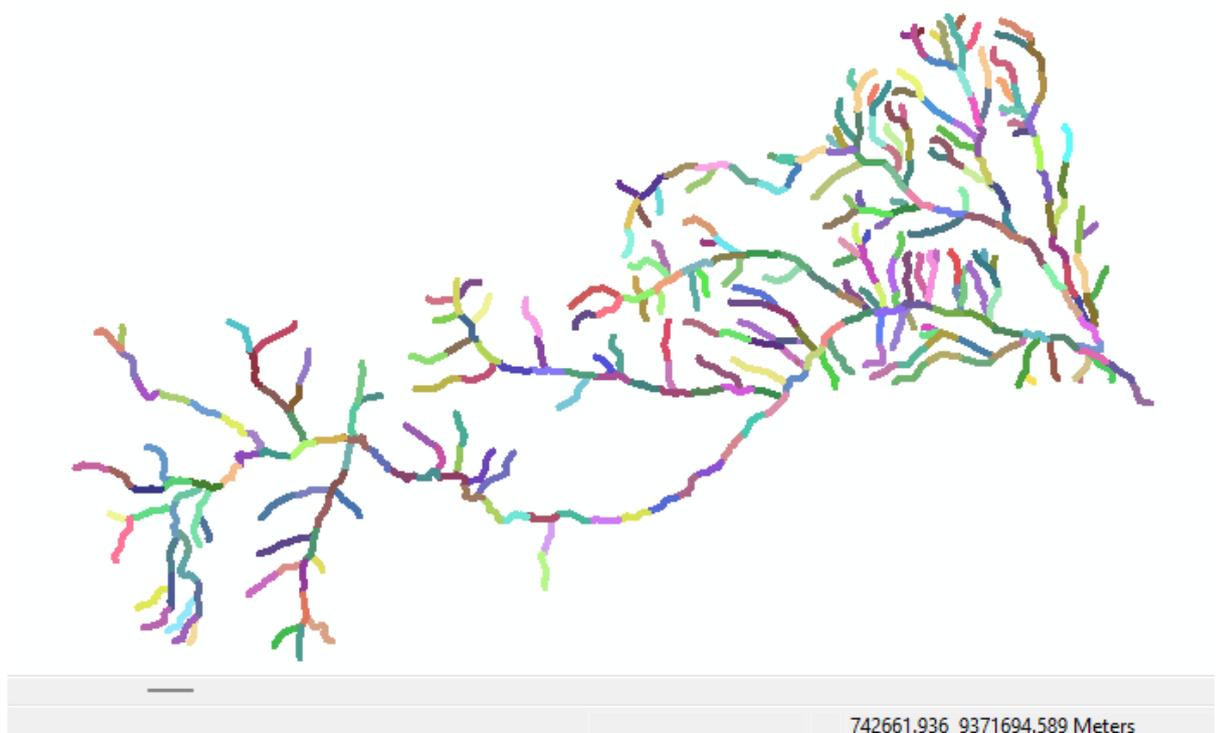
2.5.1. Recorte de red hidrográfica a la cuenca y subdivisión en tramos

Se hizo un recorte a la red hidrográfica general parte de la carta nacional del cuadrante (12-f) de la zona 17 sur, para lo cual se empleó la herramienta *Clip* de la ventana del *Geoprocessing* del Software ArcGIS 10.5. Se generó una nueva capa de ríos formato shapefile (Shp) la cual contiene únicamente los ríos que están ubicados dentro del área de la Microcuenca Jaén delimitada anteriormente.

La capa de ríos en formato shapefile (Shp) de la Microcuenca Jaén se dividió en tramos con una extensión aproximada de 1 km cada uno. Los ríos tributarios de primer orden que tienen una longitud menor a 1km se quedaron con su extensión inicial. La división permitió identificar 310 tramos que cumplen con la extensión de ~1km (Figura 4). En esta capa se realizó el cálculo de los parámetros geomorfológicos establecidos.

Figura 4

Tramos de río de la microcuenca Jaén



2.5.2. Parámetros y aspectos geomorfológicos

La clasificación de la tipología fluvial de los ríos de la microcuenca Jaén se basó en criterios geomorfológicos, que permitieron identificar la variabilidad de los cursos de agua que conforman la red fluvial. La clasificación fluvial se basó en tres aspectos geomorfológicos, como son: la geomorfología del cauce, pendiente del cauce y la geomorfología de valle (García y Ojeda, 2011).

Tabla 1

Parámetros y aspectos geomorfológicos

Aspectos geomorfológicos	Parámetros geomorfológicos	Clasificación	Rangos	Simbología
Geomorfología del cauce	Índice de sinuosidad	Recto	<1.05	S1
		Sinuoso	1.05 – 1.3	S2
		Ameandramiento moderado	1.3 – 1.5	S3
		Meandriforme	>1.5	S4
	Tipo de canal	Canal único	-	N1
		Canal múltiple	-	N2
		En transición	-	N3
Pendiente del cauce	Pendiente	Baja	<0,5%	P1
		Moderada – baja	0,5-2%	P2
		Moderada alta	2–10%	P3
		Alta	> 10%	P4
Geomorfología de valle	Encajamiento	Escarpe	<3	E1
		Muy encajado	3-12	E2
		Moderadamente encajado	12-22	E3
		Suavemente encajado	22–40	E4
		Abierto	> 40	E5
	Ancho del fondo del valle	Nulo	-	A1
		Estrecho	<50 m	A2
		Medio	50–250 m	A3
		Ancho	250–1000 m	A4
		Muy ancho	> 1000 m	A5

Nota. García & Ollero (2011)

2.5.3. Índice de sinuosidad

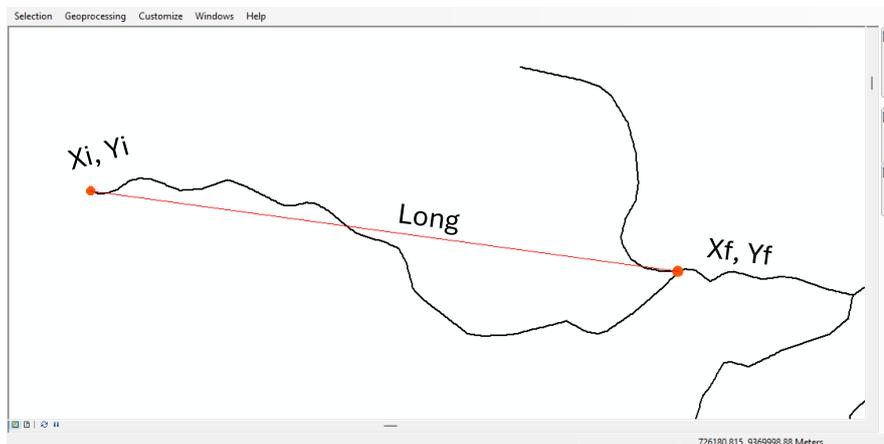
El coeficiente de sinuosidad es un parámetro que permitió ver la forma del cauce denominado también sector funcional, el cual, representa la relación entre la dinámica de los meandros y la capacidad de erosión, acumulación y transporte de los sedimentos en los cauces (Martínez & Madrid, 2022).

El índice de Sinuosidad se obtuvo tras la división de la longitud en línea recta y la longitud en línea curva desde el punto inicial y final del tramo de ~1km. Para ello, se extrajo las coordenadas de los puntos (Xi, Yi) y (Xf, Yf) del inicio y final de la línea curva respectivamente de cada sector funcional (Ollero et al., 2003).

Los valores obtenidos tras el cálculo del índice de Sinuosidad fueron clasificados según los rangos de sinuosidad que oscilan entre $>1.05 - 1.5>$, y se les colocó una codificación (Tabla 1) (García & Ollero, 2011) según el valor calculado, todo este proceso se realizó en la tabla de atributo de la capa de la red hidrográfica (Shp) para cada tramo, en el software ArcGIS.

Figura 5

Esquema para índice de sinuosidad



▪ **Cálculo de índice de sinuosidad**

$$IS = Long / [(Xf - Xi)^2 + (Yf - Yi)^2]^{0.5}$$

Donde:

- Long: Longitud en línea recta
- Xi: Coordenada X de inicio de la línea curva
- Xf: Coordenada Y de inicio de la línea curva

- Yi: Coordenada X del final de la línea curva
- Yf: Coordenada Y del final de la línea curva

2.5.4. Tipo de canal

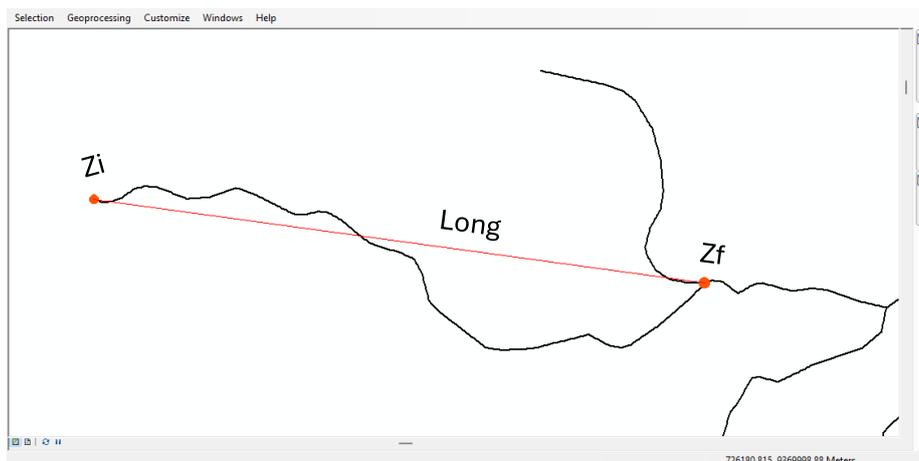
Para determinar el tipo de canal predominante se analizó cada sector funcional de la Microcuenca Jaén teniendo en cuenta el número de canales (Tabla 1) (García & Ollero, 2011) que posee cada río ; donde se identificó que en red hidrográfica existen ríos de canal único (N1) y canal múltiple (N2), siendo, los ríos de canal único (N1) los más predominantes dentro de la red con más del 90% del total de los ríos, por lo que se optó por discriminar los ríos de canal múltiple (N2), y en consecuencia se consideró que todos los ríos son tipo canal único (N1).

2.5.5. Pendiente del cauce

Para el cálculo del parámetro morfométrico de pendiente del cauce, primero, se realizó la extracción de los datos altimétricos (altitudes) del DEM, para asignarlos a la capa de tramos en formato shapefile de la microcuenca Jaén. Luego, en la tabla de atributos de la misma capa (Shp) con la calculadora geométrica del ArcGIS se extrajeron las coordenadas de los puntos (Zi) del inicio y (Zf) del final de la línea curva de cada sector funcional (García & Ollero, 2011). Con lo que se logró determinar las pendientes que luego fueron clasificadas según los valores de la Tabla 1.

Figura 6

Esquema para pendiente de cauce



▪ Cálculo de pendiente cauce

$$P = [(Zi - Zf) / Long] \times 100$$

Donde:

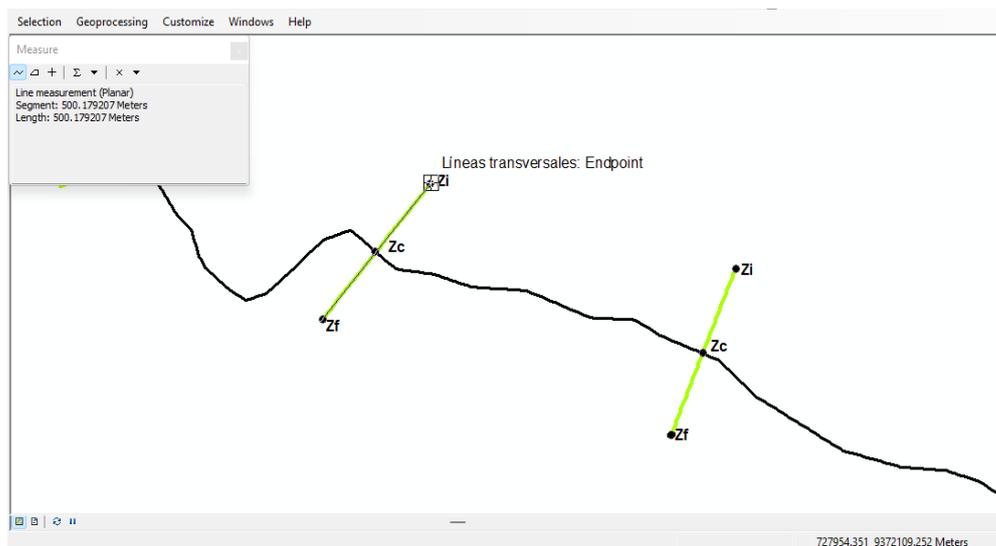
- P: Pendiente de cauce
- Long: Longitud de línea curva
- Zi: Coordenada X de inicio de la línea curva
- Zf: Coordenada Y del final de la línea curva

2.5.6. Encajamiento

Para la determinación del encajamiento del valle, se trazaron líneas transversales en cada tramo de la capa de ríos (Shp), para lo cual se empleó el software ArcGIS Pro-10.3 generando así una capa (Shp) que contiene las líneas transversales, las cuales fueron ubicadas cada 1000 metros, es decir, una línea transversal por cada sector funcional con una longitud de 500 metros (250 metros a cada lado); esta capa de líneas fue exportada al software ArcGIS 10.5 donde se interpoló con el DEM, con la finalidad de extraer los datos de altitud de este; seguido a ello con la calculadora geométrica se asignó los valores de los puntos (Z_i , Z_f , Z_c) de la línea transversal como se observa en la figura 7 (García & Ollero, 2011).

Figura 7

Líneas transversales



Una vez obtenidos los valores de los puntos (Z_i , Z_f , Z_c) se procedió a calcular el encajamiento con la siguiente ecuación, los resultados se clasificaron según la Tabla 1.

▪ Encajamiento

$$E = Long / \{[(Z_i - Z_c) + (Z_f - Z_c)]/2\}$$

Donde:

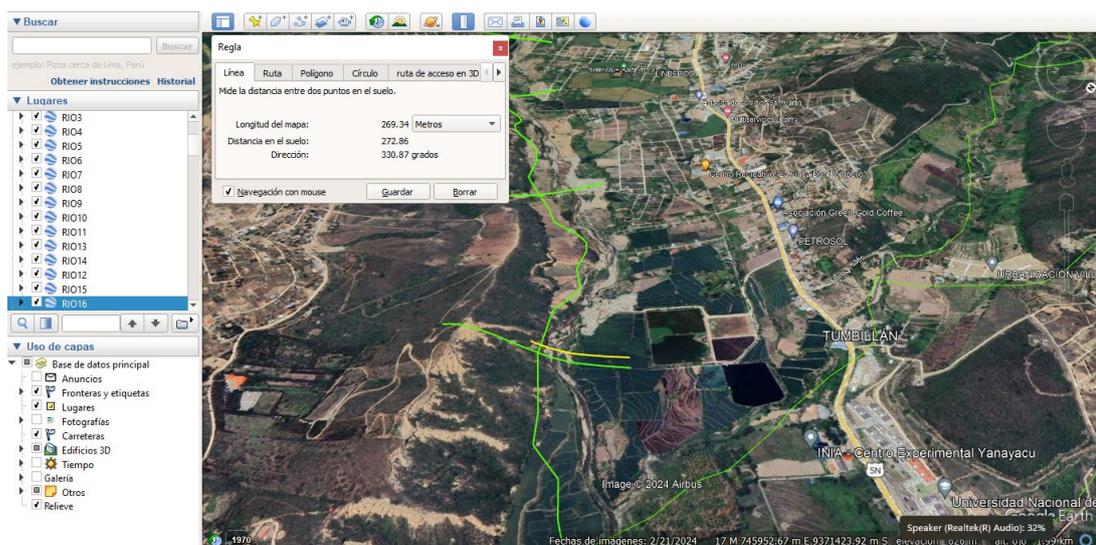
- Long: Longitud de línea transversal
- Zi: Coordenada Z de inicio de la línea transversal
- Zf: Coordenada Z de inicio de la línea transversal
- Zc: Coordenada Z del punto medio de la línea transversal

2.5.7. Ancho de fondo de valle

Para el ancho de valle de los diferentes tramos, lo que se hizo fue transformar la capa de ríos y líneas transversales de su formato shapefile a un formato Layer To Kml el cual es compatible con Google earth, para ellos se empleó el software ArcGIS 10.5, unas ves transformadas las capas se exportaron de manera individual a la plataforma de Google Earth donde mediante la herramienta regla (Figura 8) se midió el ancho de valle, dichos valores fueron clasificados según la Tabla 1 (García & Ollero, 2011 , y asignados a un nuevo campo de la tabla de atributos de los tramos en formato shapefile.

Figura 8

Medición del ancho de valle



Terminada la clasificación de los 310 tramos de río según la Tabla 1, se procedió a duplicar la capa (shapefile), a fin de agrupar aquellos tramos que tienen la misma combinación de los parámetros (N-S-P-E-A), para lo cual se emplearon las herramientas del ArcGIS 10.5 como son, el Dissolve y Multipart to Singlepart. La nueva capa generada (shapefile) resultó en 160 sectores funcionales finales, que fueron evaluados de manera individual como parte del proceso de diagnóstico en el siguiente objetivo específico.

2.6. Diagnosticar las alteraciones antrópicas en la microcuenca Jaén mediante la aplicación del índice Hidrogeomorfológico

2.6.1. Material cartográfico

Para el diagnóstico de las alteraciones antrópicas en la microcuenca Jaén, se recopilaron datos e información que permitieron hacer una comparación cualitativa y cuantitativa de los cambios que presenta la microcuenca Jaén en la actualidad.

Los datos espaciales se obtuvieron de la plataforma del ANA (Estructura de datos espaciales - SNIRH), se descargó información de infraestructuras hidráulicas dentro de las cuales están las obras de arte como: pozos, bocatomas, canales de derivación, canales laterales; obras de almacenamiento como: reservorios, presas; y en cuanto a la calidad de los cauces se recopiló información de fuentes contaminantes y vertimientos; también se consideró información en cuanto a la gestión de riesgo básicamente puntos críticos, dicha información corresponde a trabajos de descolmatación de ríos, protección de las riberas, entre otros.

Asimismo, se descargaron datos espaciales de la plataforma implementada por el MTC, datos correspondientes a la red vial nacional (carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito Regional), red vial vecinal (carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local), puentes (puentes, obras de arte igual o mayor a 10 m) e imágenes satelitales Sentinel 2 perteneciente al presente año, así como también de años anteriores, a una resolución espacial de 10 metros.

2.6.2. Evaluación de la calidad hidrogeomorfológica

La evaluación de la naturalidad Hidrogeomorfológica permitió determinar el estado ecológico en el que se encuentra la microcuenca Jaén, a través de la aplicación del IHG a fin dar solución y/o reducción de alteraciones y problemas ambientales

encontrados la microcuenca, para así mejorar y conservar su funcionalidad y naturalidad (Bea et al., 2007).

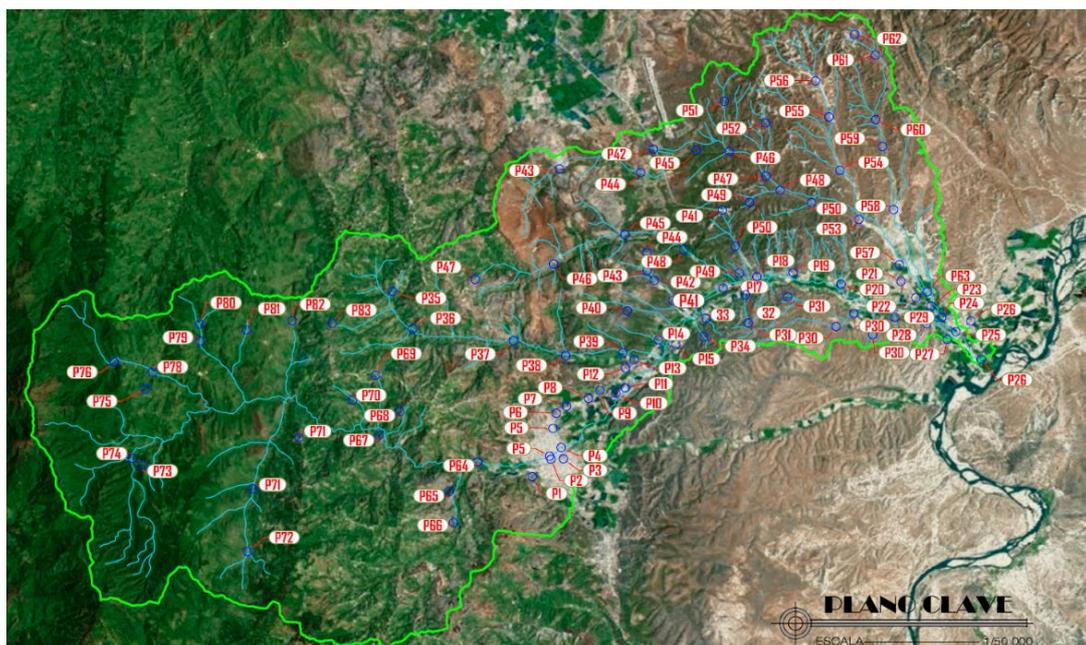
El proceso consistió en un trabajo articulado, es decir, se realizó un trabajo en gabinete y en campo, donde:

Se importó toda la información y datos espaciales descargados de las plataformas mencionadas con anterioridad al software ArcGIS donde se analizó la ubicación de las diversas estructuras hidráulicas, obras de arte, redes viales, en función del cauce natural de los sectores funcionales, es decir, se evidenció como estos han influido en las modificatorias de dirección y cantidad de los cauces naturales. También se importaron las imágenes satélites que fueron empleadas para la evaluación de aquellos sectores funcionales donde no se podía acceder.

Asimismo, se empleó el portal de Google Earth Pro (v. 7.3.0.3832) donde se analizó los sectores funcionales y la proximidad de estos con referencia a la ciudad de Jaén, de modo que este fue el inicio del recorrido en campo. El recorrido en campo consistió en la evaluación de todos los sectores funcionales que comprende la microcuenca Jaén a través de la aplicación del IHG, para lo que se tomó puntos de referencia con un GPSMAP 64sx manual de la marca Garmin, dichos puntos fueron tomados como base de apoyo para una mejor referenciación de los sectores funcionales.

Figura 9

Puntos tomados en el recorrido en campo



2.6.3. Cálculo del índice Hidrogeomorfológico (IHG)

El Índice Hidrogeomorfológico (IHG), permitió identificar las presiones e impactos antrópicos y naturales que presentan los diferentes sectores funcionales de la microcuenca Jaén (Ollero et al., 2009).

A los sectores funcionales clasificados anteriormente según los valores obtenidos Tabla 1, se les realizó un recorrido en campo y en paralelo se aplicó la encuesta del IHG (Figura 39), en donde se evaluó tres parámetros importantes: calidad funcional del sistema fluvial, calidad del cauce y calidad de las riberas para cada sector funcional (Ojeda et al., 2008).

En el parámetro de calidad funcional del sistema fluvial se evaluó tres subcriterios: Naturalidad del régimen de caudal, la disponibilidad y movilidad de sedimentos y la funcionalidad de la llanura de inundación (Figura 39).

Para determinar de calidad del cauce (Figura 39), evaluó la naturalidad del trazado y de la morfología en Planta, continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales fondo o lecho; la naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral.

De igual manera, para la diagnosticar la calidad de las riberas (Figura 39), se analizó la continuidad longitudinal, la anchura del corredor ribereño y su estructura, naturalidad y conectividad transversal de cada ribera de los sectores funcionales.

La aplicación de la encuesta del IHG (Figura 39), consistió en evaluar cada criterio (calidad funcional del sistema fluvial, calidad del cauce, calidad de las riberas) en función de sus puntuaciones, es decir, según (Ollero et al., 2009) cada criterio alcanza una puntuación de 30 puntos y cada subcriterio una puntuación de 10 puntos. A dicha puntuación se le fue restando puntos de su valor inicial, debido que al momento de realizar el recorrido en campo se encontró que los sectores funcionales mostraban condiciones diferentes respecto a su estado inicial a causa impactos y presiones antrópicas (Ollero et al., 2011).

Finalmente, tras la obtención de los puntajes por cada parámetro: calidad funcional del sistema, calidad del cauce, calidad de las riberas, se realizó la clasificación de los parámetros en función de los puntajes del IHG (Tabla 2) que permitieron determinar la calidad Hidrogeomorfológica para cada sector funcional.

Tabla 2*Puntuaciones finales*

Puntuación de calidades parciales	Puntuación de Índice Hidrogeomorfológico	Calidad Hidrogeomorfológica
0 a 6 puntos	0 a 20 puntos	Muy mala
7 a 13 puntos	21 a 41 puntos	Deficiente
14 a 19 puntos	42 a 59 puntos	Moderada
20 a 24 puntos	60 a 74 puntos	Buena
25 a 30 puntos	75 a 90 punto	Muy Buena

Nota. Ollero., et al. (2009)

III. RESULTADOS

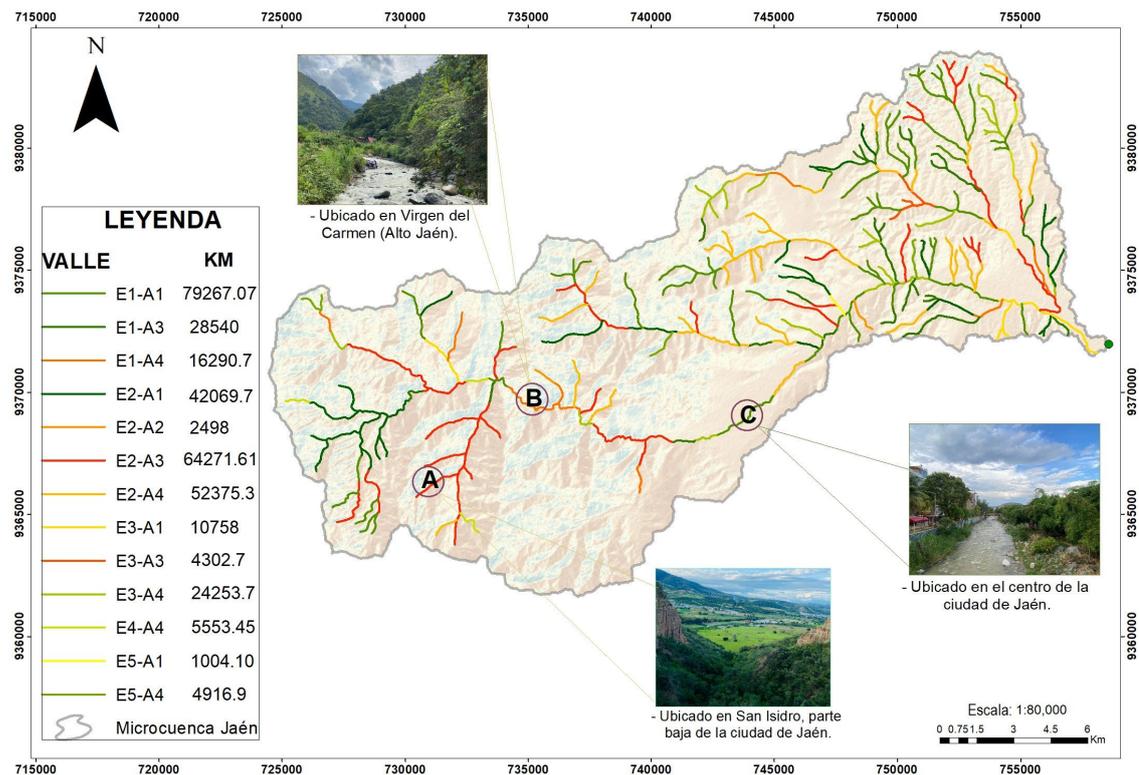
3.1. Tipología fluvial geomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén

3.1.1. Geomorfología del valle

La geomorfología del valle es una combinación de los parámetros de encajamiento y ancho del valle, se encontró 13 combinaciones de tipo de valle (Figura 10). En la microcuenca Jaén se evidenció que hay mayor predominancia de sectores funcionales correspondientes a valles muy encajados que abarcan el 47.97% de la extensión total. Siendo también representativos los valles muy escarpados con 36.92%. En menor medida los valles de encajamiento moderado y suavemente moderado con 4.58% y 7.22%, respectivamente. Finalmente, los valles abiertos que alcanza el 1.76%.

Figura 10

Geomorfología del valle



3.1.2. Geomorfología del cauce

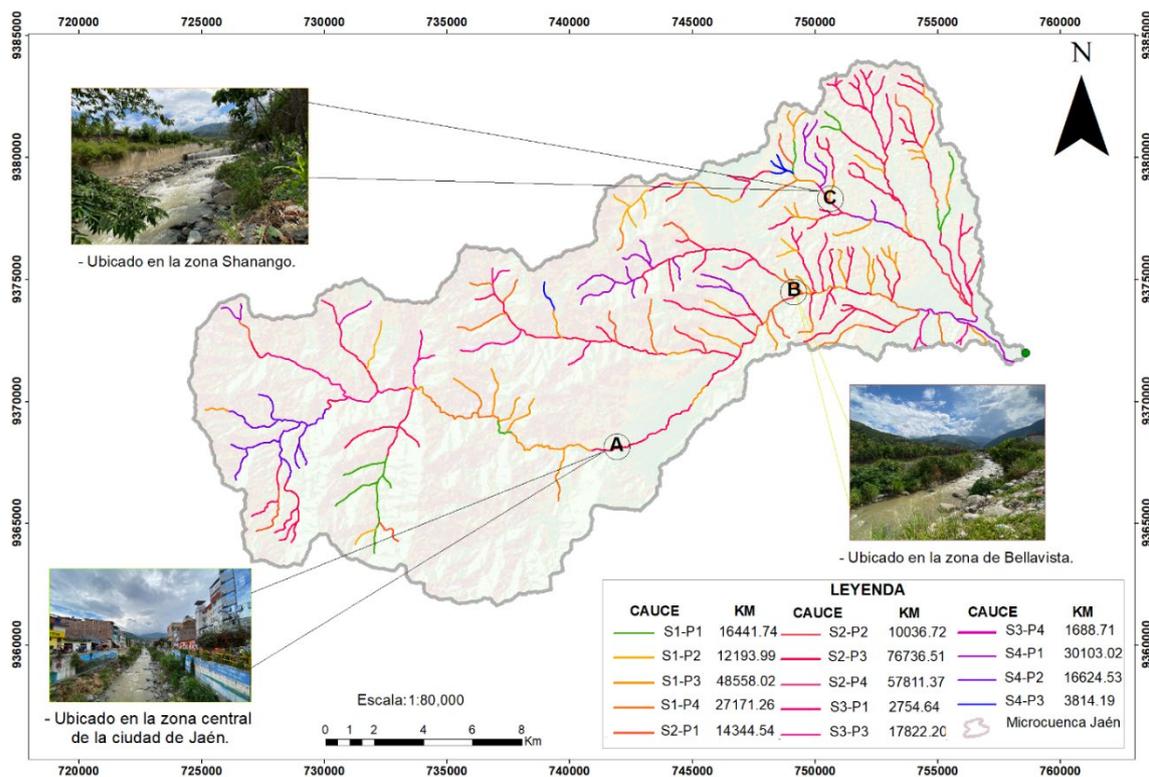
En cuanto a la geomorfología del cauce, esta comprendió la combinación de tres parámetros geomorfológicos como son: canal, sinuosidad y pendiente del cauce, dando como resultado 14 tipos de cauce (Figura 11). Sin embargo, el tipo de canal fue

evaluado de manera individual, donde se reflejó que el tipo de canal predominante para este estudio es el tipo N1, que corresponde a los ríos de canal único.

De los 14 tipos de cauce (N- S -P) encontrados en la microcuenca Jaén se observaron que casi la mitad de los sectores funcionales corresponden a cauces sinuosos (47.29%), seguido de los cauces rectos que representan el 31.05% y en menor proporción los cauces de ameandramiento moderados y medianiformes; 15.04% y 6.62% respectivamente.

Figura 11

Geomorfología del cauce



3.1.3. Tipología fluvial

En la microcuenca Jaén se identificaron 65 tipologías fluviales (Figura 12), resultado de la combinación de 14 tipos de cauce y 13 tipos de valle (Tabla 3), las cuales representan la combinación de geomorfología de valle y geomorfología de cauce, mencionadas anteriormente. La extensión de las 65 tipologías fluviales asciende a 336101.42 Km, a este valor longitudinal se le realizó un cálculo porcentual que permitió estimar los porcentajes de las diferentes tipologías fluviales; donde se mostró que los porcentajes de ocupación de las tipologías fluviales no sobrepasan el 10% la

más alta, esto se debe a la gran variedad de tipologías encontradas. Sin embargo, se seleccionó 3 tipologías fluviales como ranking de las más representativas dentro de la microcuenca Jaén, siendo la más predominante la de tipo canal sinuoso de pendiente alta de valle escarpado con un fondo de río nulo (S2-P4-E1-A1;812%), seguido de la de tipo canal de ameandramiento moderado de pendiente alta de valle muy encajado con un fondo de río nulo (S4-P4-E2-A1;4.95%), y finalmente río de canal con ameandramiento moderado de pendiente baja alta de valle escarpado con un fondo de río nulo (S4-P1-E1-A1;4.31%). Los tramos con igual tipología fluvial y que estaban adyacentes se juntaron y se constituyeron 160 sectores funcionales.

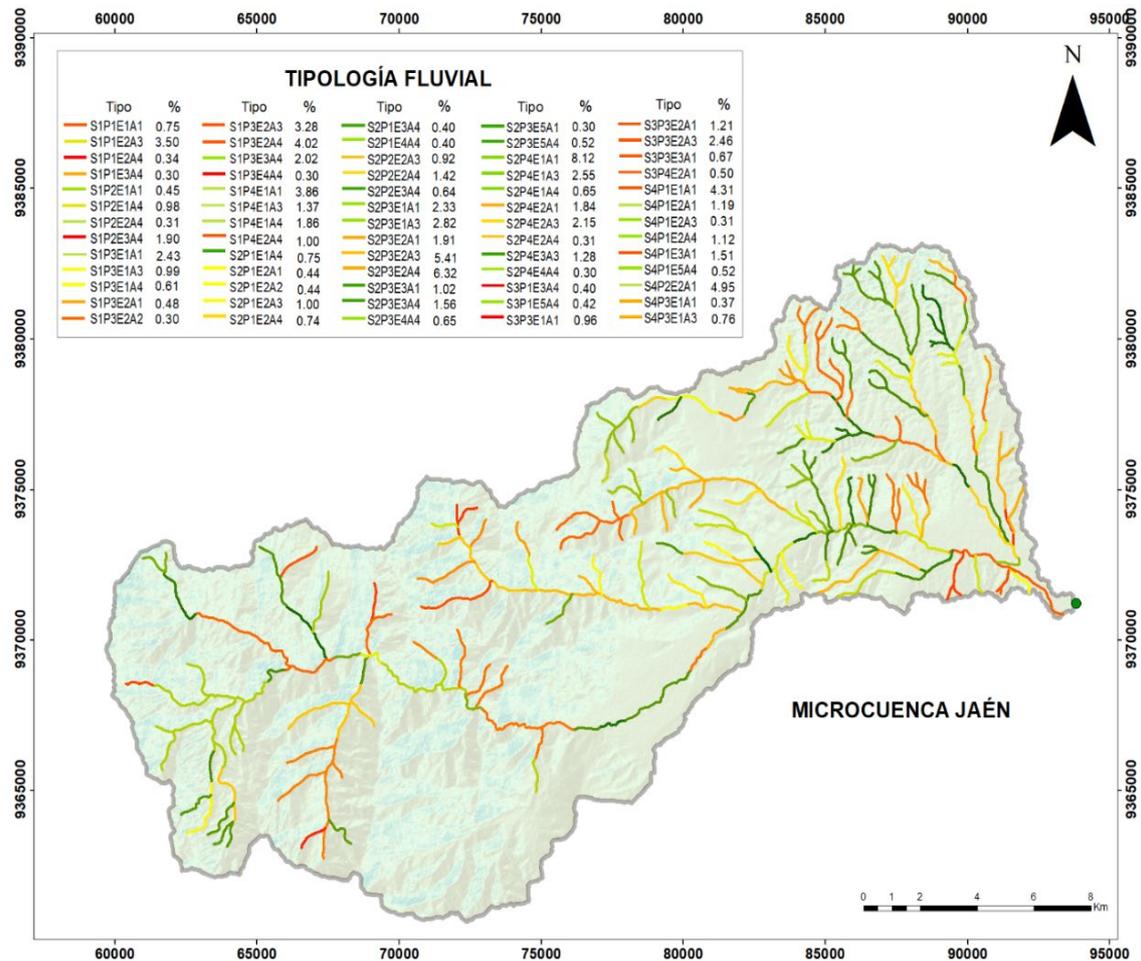
Tabla 3

Porcentajes de las tipologías fluviales en la microcuenca Jaén

	Geomorfología del valle												
	E1A1	E1A3	E1A4	E2A1	E2A2	E2A3	E2A4	E3A1	E3A3	E3A4	E4A4	E5A1	E5A4
S1P1	0.75					3.50	0.34			0.30			
S1P2	0.45		0.98				0.31			1.90			
S1P3	2.43	0.99	0.61	0.48	0.30	3.28	4.02			2.02	0.30		
S1P4	3.86	1.37	1.86				1.00						
S2P1			0.75	0.44	0.44	1.09	0.74			0.40	0.40		
S2P2						0.92	1.42			0.64			
S2P3	2.33	2.82		1.91		5.41	6.32	1.02		1.56	0.65	0.30	0.52
S2P4	8.12	2.55	0.65	1.84		2.15	0.31		1.28		0.30		
S3P1										0.40			0.42
S3P3	0.96			1.21		2.46		0.67					
S3P4				0.50									
S4P1	4.31			1.19		0.31	1.12	1.51					0.52
S4P2				4.95									
S4P3	0.37	0.76											

Figura 12

Tipología fluvial de la Microcuenca Jaén



3.2. Alteraciones antrópicas en la microcuenca Jaén mediante la aplicación del índice Hidrogeomorfológico

El diagnóstico de las alteraciones antrópicas en la microcuenca Jaén se realizó con la aplicación de la encuesta del IHG a los 160 tramos identificados y clasificados según su tipología fluvial (Tabla 1). La encuesta del IHG evaluó los tramos a nivel de tres parámetros: calidad funcional del sistema, calidad del cauce, calidad de las riberas. Arrojando así una valoración final para cada tramo de río de la microcuenca Jaén.

3.2.1. Calidad funcional del sistema

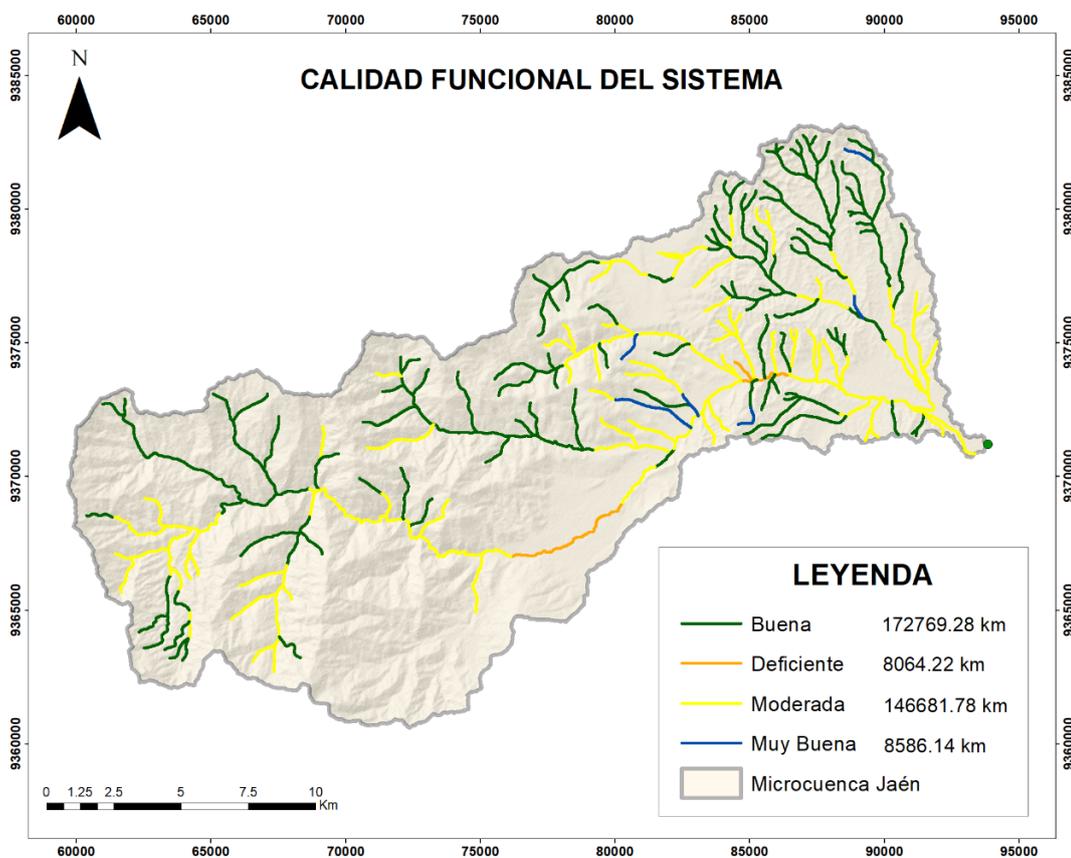
Se observó que la microcuenca Jaén a nivel de su parámetro de calidad funcional del sistema obtuvo diferentes puntuaciones producto de la sumatoria de sus indicadores de naturalidad del régimen de caudal, la disponibilidad y movilidad de sedimentos y la funcionalidad de la llanura de inundación. La valoración final del parámetro arrojó

diferentes puntuaciones que van de un rango de 10 a 25 puntos, evidenciando así 4 tipos de calidades (Figura 13) para la calidad funcional del sistema las cuales son: calidad muy buena (2.55%), calidad buena (51.40%), calidad moderada (43.64%) y calidad deficiente (2.40%).

Asimismo, se puede apreciar que los porcentajes tanto para la calidad moderada como para la calidad deficiente representa el 46.04%. Este valor porcentual que es casi el 50% del total de la extensión longitudinal de los ríos, refleja los cambios y modificaciones que presenta la microcuenca Jaén a causa de factores antrópicos y naturales. Es decir, la condición actual de la microcuenca Jaén a nivel de su calidad funcional del sistema, presenta variaciones de caudal ya sea por factores estacionales (sequías, lluvias intensas), o por aumento de la vegetación ribereña, acumulación y compactación de sedimentos relacionados con la capacidad de transporte que poseen los diferentes ríos de la microcuenca Jaén.

Figura 13

Calidad funcional del sistema

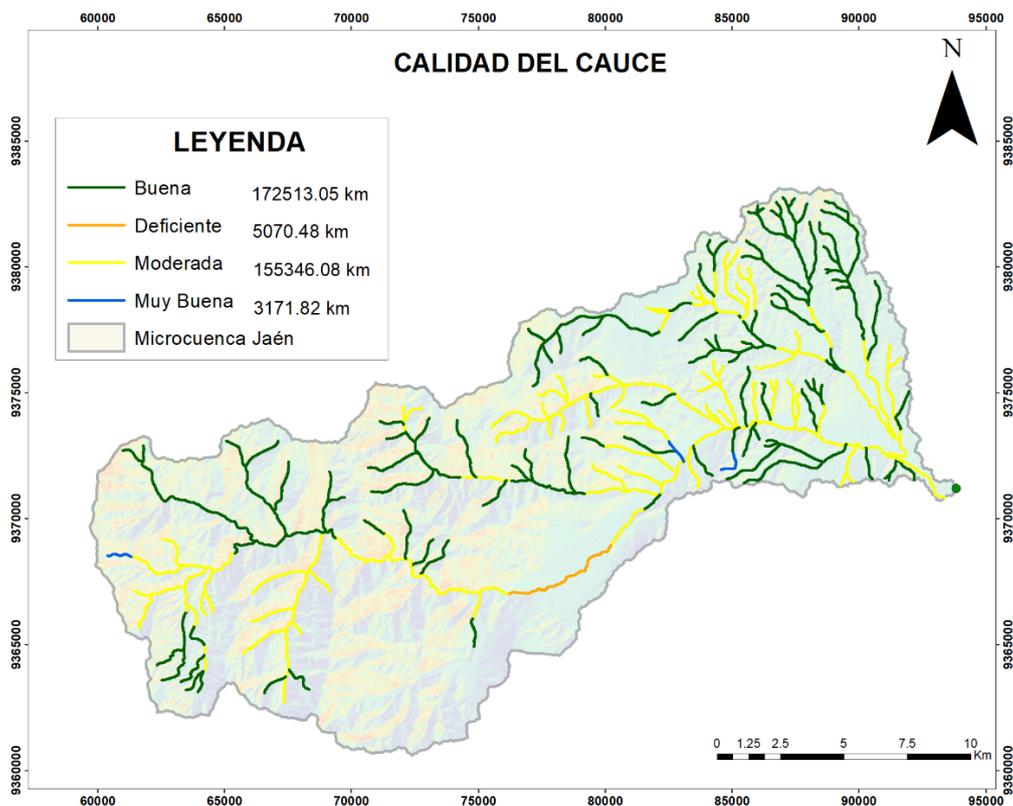


3.2.2. Calidad del cauce

La evaluación del cauce basado en sus tres parámetros: naturalidad del trazado y de la morfología en planta, la continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales y la naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral, permitieron obtener puntuaciones con un mínimo de 10 puntos y un máximo de 25 puntos, dando como resultado 4 calidades (Figura 14) que permitieron ver la naturalidad del cauce. Las 4 calidades predominantes fueron; calidad muy buena (0.94%), calidad buena (51.33%), calidad moderada (46.22%) y calidad deficiente (1.51%). En cuanto a los valores porcentuales, se puede apreciar que existe un porcentaje bajo de tramos con calidad de cauce deficiente, esto quiere decir que en los tramos evaluados no hay presencia excesiva de elementos que represente un obstáculo o que generen cambios en la naturalidad y continuidad del cauce, sin embargo, si se evidencia los (cambios de uso de suelo (construcción de granjas, caminos), desbroce para caminos e instauración de centros recreativos en la microcuenca Jaén.

Figura 14

Calidad del cauce



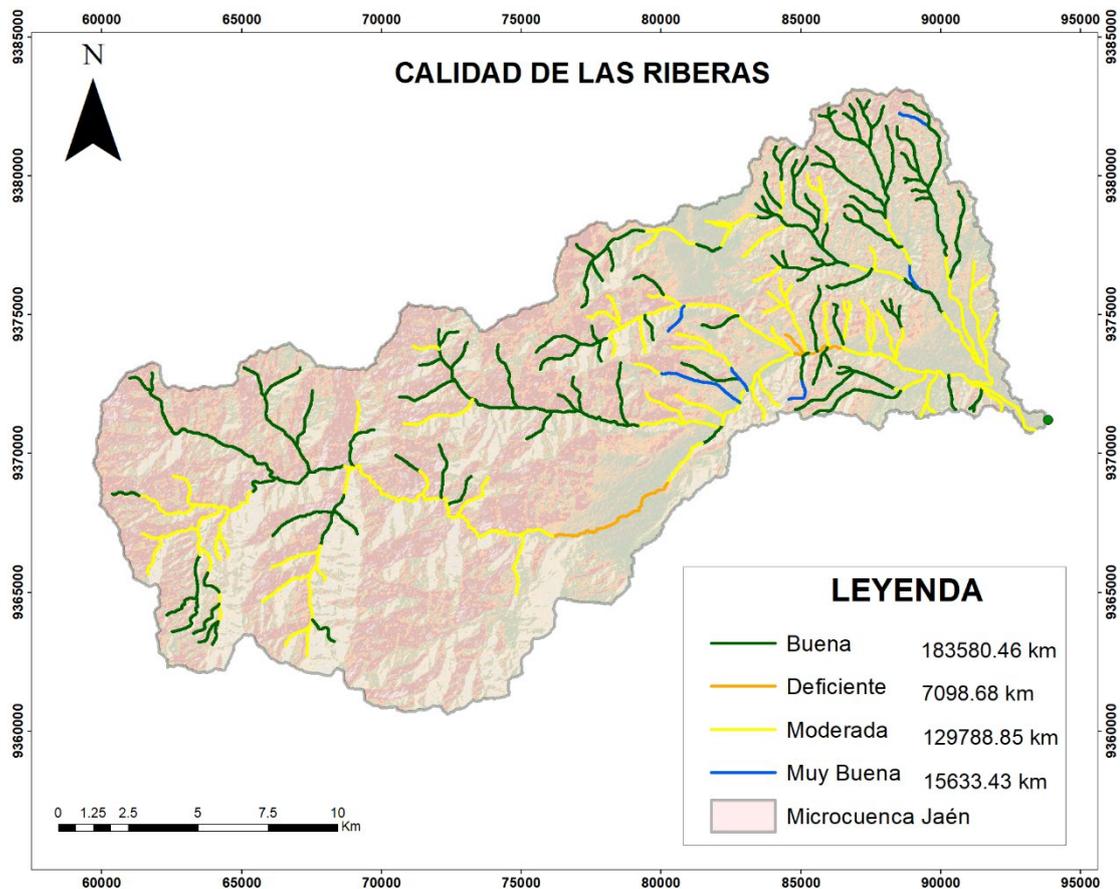
3.2.3. Calidad de las riberas

La calidad de las riberas se evaluó a través de tres indicadores: continuidad longitudinal, anchura de corredor ribereño y estructura, naturalidad y conectividad transversal, obteniendo 4 calidades como son; calidad muy buena (4.65%), calidad buena (54.62%), calidad moderada (38.62%) y calidad deficiente (2.11%) (Figura 15). Dichas calidades fueron el resultado de las puntuaciones obtenidas como valoración final de la calidad de las riberas donde los rangos oscilan entre 8 puntos y 25 puntos.

La sumatoria de los porcentajes para las calidades buena y muy buena representan el 59.27%, como consecuencia de modificaciones puntuales en los ríos de la microcuenca Jaén, evidenciando así que el corredor ribereño en la mayoría de los tramos de la microcuenca presenta continuidad, naturalidad y su anchura no se ha visto reducida de manera potencial, asimismo, estos valores dan conocer que solo un porcentaje menor de los tramos si muestra cambios y reducciones drásticas.

Figura 15

Calidad de las riberas



3.2.4. Calidad Hidrogeomorfológica

La calidad Hidrogeomorfológica de los 160 tramos evaluados de la microcuenca Jaén, se obtuvo de la sumatoria de los puntos calculados para cada parámetro como son; calidad funcional del sistema, calidad del cauce, calidad de las riberas. Se evidenció una variación en cuanto a la obtención de calidades, debido a que cuando se evaluó de manera individual los parámetros se obtuvieron 4 tipos de calidades (muy buena, buena, moderada, deficiente) (Figura 16), por el contrario, cuando se evaluó la calidad hidrogeomorfológica de manera global solo se obtuvo 3 calidades (buena, moderada y deficiente).

Del total de los 160 tramos evaluados 95 tramos presentan una calidad Hidrogeomorfológica buena, estos sectores no presentan alteraciones antrópicas significativas, debido a que están ubicadas en zonas de cabeceras de cuenca y son zonas donde no habitan grandes extensiones de poblaciones, sin embargo, estos sectores si presentan modificaciones leves en cuanto a cantidades de caudales, hay presencia de caminos, disminución de corredores ribereños y en ciertos tramos hay presencia de canales que son utilizados para riego, bebida de animales y en otros casos para uso doméstico.

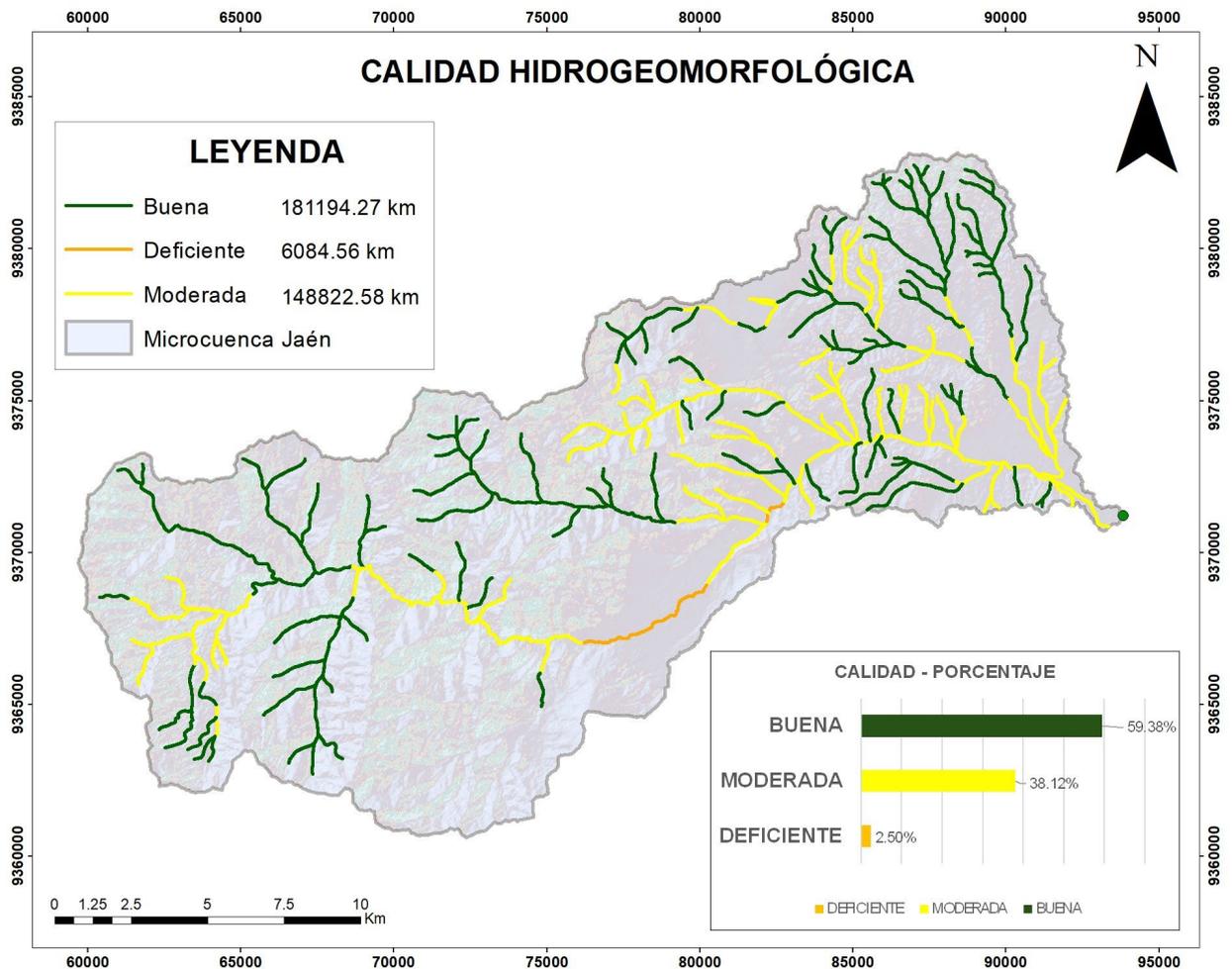
En cuanto a los 61 sectores funcionales que poseen una calidad Hidrogeomorfológica moderada corresponde a sectores con alteraciones y modificaciones más puntuales y que son evidenciadas a simple vista; estos sectores son los que están ubicados a los márgenes de las carreteras Jaén – Bellavista y Jaén – Shumba, dichos sectores presentan alteraciones producto de actividades como son la extracción de material (áridos, piedras, arenilla) realizadas por chancadoras ubicadas aledañosamente, que han provocado la disminución de las riberas de los cauces y acumulación de sedimentos, también hay presencia de caminos, obras de arte (puente peatonales y/o vial), extensiones de cultivos de arroz, granjas porcinas, en estos sectores también se pudo apreciar la disminución de los caudales influenciado por los desbroces de la cobertura vegetal ribereña, canalización de caudales y los regímenes estacionales que generan aumentos y disminución según la época de lluvias y épocas secas.

Los sectores funcionales de la microcuenca Jaén cuya calidad Hidrogeomorfológica es deficiente corresponde a 4 sectores funcionales los cuales están ubicados en el centro de la ciudad, estos presentan alteraciones antrópicas muy significativas y

marcadas, es decir, a lo largo del cauce se evidenció grandes construcciones (urbanización) a los márgenes que provocó la eliminación de las riberas, llanura de inundación y cobertura ribereña vegetal al más del 80%, grande cúmulos de material, basura, escombros que están generando problemas en la movilidad de los sedimentos, disminución de la cantidad de caudal causado por los régimen estacionarios así como también, por el desvío de caudal, hay presencia de obras de arte (puentes peatonales/viales) que impiden la longitudinalidad natural del cauce, obras hidráulicas (presa de agua).

Figura 16

Calidad hidrogeomorfológica de la microcuenca Jaén



IV. DISCUSIÓN

4.1. Tipología fluvial geomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén

La clasificación fluvial de los tramos de río de la microcuenca Jaén para la posterior aplicación del IHG, permitió determinar el estado ecológico de los mismos (Díaz & Ojeda, 2016). Asimismo, (Ortuño & Gentili, 2023), en su estudio realizado a la cuenca alta del arroyo Cura Malal Grande (Argentina) y (Briceño et al., 2020) en su evaluación a las Microcuencas Ganaderas Altoandinas del Norte del Perú, dieron a conocer que evaluar una microcuenca mediante aspectos morfométricos y geomorfológicos permite entender su comportamiento hidrológico y morfodinámico. Por lo que, en la microcuenca Jaén se realizó una evaluación cuantitativa y cualitativa basada en aspectos geomorfológicos (geomorfología del valle, pendiente del cauce y geomorfología del cauce).

4.1.1. Geomorfología del valle

En la geomorfología de valle se identificó 13 tipos de valle dentro la microcuenca Jaén, como producto de la evaluación de los sectores funcionales basados en la tipología de forma del relieve, que según (Díaz & Ojeda, 2016) es una tipología más eficaz porque relaciona directamente los parámetros de encajamiento y ancho de valle. Los tipos de valle encontrados en la microcuenca Jaén son: valles escarpados, muy encajados, moderadamente encajados, suavemente encajados y abiertos, representativos de la vertiente occidental y Marañón; pertenecientes a zonas de suelos superficiales y moderadamente profundos de pendiente empinada, propensos a inundaciones y sequías (Gobierno Regional Cajamarca, 2012).

4.1.2. Geomorfología del cauce

La geomorfología del cauce asoció 3 parámetros geomorfológicos (canal, sinuosidad y pendiente del cauce) (Briceño et al., 2020), dando como resultado 14 tipos de cauce; los cuales fueron: cauces sinuosos, cauces rectos, cauces de ameandramiento moderados y cauces medianiformes. (Martínez & Madrid, 2022) en su evaluación a cauces chilenos, relacionan la presencia de cauces sinuosos, rectos y meándricos, a zonas que por ubicación geográfica presentan inestabilidad, debido a deficiencias para el transporte de sedimentos y presencia de accidentes geográficos.

Los diferentes modelos de elevación digital gratuitos como: ALOS PALSAR, ASTER, SRTM, tienen diferentes alcances y proporcionan diferentes características según su resolución (Mauricio et al., 2018). En la comparación realizada por (Barboza et al., 2019), sobre el uso de imágenes de elevación digital (ASTER y SRTM) para cálculos morfométricos, mencionan que no existen diferencias muy marcadas en cuanto a los resultados, por lo que se recomienda utilizar el DEM que mejor se adecue a los objetivos de la investigación. Es por ello, que en este estudio para el cálculo de pendiente del cauce empleó el modelo de elevación digital de ALOS PALSAR a una resolución de 12.5 m (Horacio & Ollero, 2011), debido a que su resolución y tamaño de píxel permitieron que los cálculos y la extracción de los datos altimétricos sean más exactos.

4.1.3. Tipología fluvial

La clasificación fluvial de los ríos realizada en este estudio a partir de la evaluación aspectos geomorfológicos responde a una metodología fácil de aplicar y con un alto porcentaje de adaptabilidad a diferentes áreas de estudio en condiciones similares. (Cox et al., 2023)

Las 65 tipologías fluviales encontradas evidencian la gran diversidad paisajística, ecológica y fluvial presente en la microcuenca Jaén (Ibisate et al., 2016). Sin embargo, teniendo en cuenta que el área de estudio abarcó 160 sectores funcionales evaluados. Se deduce una relación directamente proporcional; a mayor cantidad de tramos evaluados más tipologías fluviales halladas; esto se ve reflejado en diversos estudios realizados desde el año 2000 hasta la fecha.

En 2005, se evaluó la cuenca Ebro con una extensión de 12,000 km de red hidrográfica divididos en 1436 sectores funcionales, donde se identificaron 78 tipologías fluviales (Díaz & Ollero., 2005). Por el contrario, en 2017 se evaluó la cuenca del Utcubamba cuya extensión de su red hidrográfica es 250 km, en este estudio se reconoció únicamente 5 tipologías fluviales (Barboza et al., 2017).

Las tipologías fluviales más representativas dentro de la microcuenca Jaén fueron; la de tipo canal sinuoso de pendiente alta de valle escarpado con un fondo de río nulo, canal de ameandramiento moderado de pendiente alta de valle muy encajado con un fondo de río nulo y canal con ameandramiento moderado de pendiente baja alta de valle escarpado con un fondo de río nulo. Campo et al. (2016) mencionan que, si el

cauce principal de orden 1 es alimentado por ríos tributarios, hay más probabilidad de existencia canales sinuosos y meandriformes. Cabe resaltar que esta variedad encontrada es por la influencia de factores geográficos (pendiente, altitud, tipo de suelo), la geomorfología fluvial, la estructura del ecosistema y la ubicación geográfica (Villamarín et al., 2014).

La clasificación fluvial de la microcuenca Jaén juega un papel importante, ya que permite conocer la dinámica fluvial y obtener información acerca las susceptibilidades a las que están expuestos los sectores funcionales (Rosas et al., 2023). Conocer las características de los sistemas fluviales permiten tener un mejor manejo y gestión de los recursos, así como también, permite tener conocimiento de las tendencias de cambio de los cauces y valles para una mejor planificación de actividades antrópicas como la edificación de obras civiles o desarrollo de actividades productivas, procurando la conservación medio natural (Asfaw & Workineh, 2019).

4.2. Alteraciones antrópicas en la microcuenca Jaén mediante la aplicación del índice Hidrogeomorfológico

La evaluación hidrogeomorfológica de los sistemas fluviales se ha convertido en un potencial tema de estudio en las últimas décadas, generando que diversos países desarrollen e incorporen nuevas metodologías de estudio, las cuales se desarrollan en enfoques y escalas diferentes; por lo que en su mayoría estos métodos poseen ciertas limitantes y vacíos al momento de su aplicación (Belletti et al., 2015).

Debido a las limitantes y debilidades que presentan las metodologías para evaluar las condiciones ecológicas de los sistemas fluviales, se ha procurado integrar más parámetros y aspectos físicos, de modo que los métodos de evaluación propuestos tengan un enfoque Hidrogeomorfológico (Rinaldi et al., 2013).

Así, por ejemplo, dentro de los métodos más usados para la evaluación hidrogeomorfológica destacan el Índice de Calidad Morfológica (MQI) (Rinaldi et al., 2013) y el Índice Hidrogeomorfológico (IHG) (Ollero et al., 2009), que contemplan la opinión de expertos. El MQI está basado en la evaluación de 3 parámetros morfológicos subdivididos en 28 indicadores, donde cada indicador recibe una puntuación según el nivel de alteración; sin embargo, al momento del cálculo del valor del MQI final cada indicador obtiene un peso diferente, según el nivel de importancia (Belletti et al., 2018). Por otro lado, el IHG contempla la evaluación de

3 parámetros geomorfológicos, subdivido en 9 apartados, cada apartado alcanza una puntuación de 10 puntos, donde el valor final del IHG oscila entre 0 a 90 puntos, los cuales son clasificados según la calidad a la que pertenezcan (Ojeda et al., 2015). Comparando la aplicación de los índices mencionados con anterioridad, el MQI debido a que abarca gran cantidad de indicadores, representa una limitante, ya que, al tratarse de una evaluación cualitativa, la falta de información o datos de referencia de algún indicador causará la variación de resultados (Golfieri et al., 2018).

Con respecto a lo anterior, el IHG es considerado un método práctico con resultados confiables. Inicialmente la aplicación del IHG como metodología inició en zona de la península Ibérica, siendo uno de los primeros estudios la evaluación de la cuenca del Ebro (Ollero et al., 2009). Posterior a ello, debido a la adaptabilidad del IHG, se realizaron diversos estudios en zonas geográficas diferentes a las de Europa; llegando hasta América, donde se aplicó el IHG a zonas de estudio como la cuenca del Arroyo San Bernardo (Volonté & Gil, 2021), a la quebrada Napostá Grande (Pirchi et al., 2023) en Argentina, la cuenca del río Duas Bocas en Brasil (Marchioro & Ollero, 2023) y a zonas tropicales peruanas (río Utcubamba) (Barboza et al., 2017), como se afirmó la efectividad del IHG, para zonas tropicales, humedad y cálidas (Marchioro & Ollero, 2023), este se aplicó de igual forma en el presente estudio, sin modificaciones para la microcuenca Jaén.

4.2.1. Calidad funcional del sistema

En cuanto a la calidad del sistema, estas van desde buena a muy buena y de moderada a deficiente. Debido a que las calidades de moderada a deficiente alcanzan casi el 50%, estas indican que existe alteraciones y modificaciones en cuanto al caudal circulante. (Pirchi et al., 2023), en su estudio realizado encontró resultados similares, por lo que asocia la calidad moderada a deficiente a efectos de las actividades propias del ser humano, como el vertido de efluentes, edificaciones, presencia de represas, uso desmesurado del recurso; lo que está causando cambios en la cantidad del caudal circulante y cambios en la dinámica natural de los sistemas fluviales.

4.2.2. Calidad funcional del cauce

La calidad del cauce presenta calidades (muy buena, buena, moderada y deficiente). Debido a que calidad buena a muy buena alcanza un porcentaje mayor en comparación de las otras, (Barboza et al., 2019) afirman que este es un indicador de

que el sistema fluvial y sus elementos se encuentra en buenas condiciones. Sin embargo, la presencia de la calidad moderada a deficiente puede estar siendo ocasionada por actividad antrópica, reflejada en la existencia de puentes, canales agrícolas, expansión de la zona urbana, acumulación de sedimentos por actividad extractivas de materiales de cantera, cúmulos de basura, que están causando la pérdida de la naturalidad y continuidad de los cauces (Moshe et al., 2022).

4.2.3. Calidad funcional de las riberas

Las 4 calidades asociadas a la funcionalidad de las riberas poseen diferentes porcentajes; siendo la calidad buena la que alcanza un porcentaje mayor, indicando que los sectores funcionales de la microcuenca Jaén no se han visto afectados gravemente en cuanto a la pérdida del corredor ribereño. No obstante, la calidad moderada a deficiente también alcanzó un porcentaje significativo, como señal de presencia de alteraciones relacionadas estrechamente con la deforestación de vegetación arbustiva, cambios de uso de suelo, desbroce para caminos (Talavera & Sánchez, 2019).

4.2.4. Calidad Hidrogeomorfológica

La evaluación de los ríos de la microcuenca Jaén a nivel de su calidad hidrogeomorfológica determinó que la hipótesis planteada es falsa, debido que al evaluar los ríos de la microcuenca Jaén resultó que solo el 2.5% de los ríos presentan una calidad hidrogeomorfológica deficiente.

La calidad hidrogeomorfológica de la microcuenca Jaén va de un rango bueno a moderado y moderado a deficiente, lo que evidencia el impacto que tienen las actividades antrópicas en los sectores funcionales evaluados y como están repercutiendo en la simplificación de los cauces y reducción del corredor ribereño (Marchioro & Ollero, 2023). Se aprecia que los tramos del cauce principal de la microcuenca Jaén son los que poseen una calidad hidrogeomorfológica deficiente a moderada (Volonté & Gil, 2021), debido a que estos están ubicados en áreas más pobladas con presencia de grandes edificaciones, puentes, carreteras, asimismo, son zonas más expuestas a las actividades de extracción realizadas por las empresas chancadoras de la ciudad que vienen alterando el equilibrio morfológico de estos sistemas fluviales (Pirchi et al., 2023). Según (Barboza & Salas, 2018) mientras más desciendan los cauces a zonas urbanas habrá mayor disminución de su calidad

hidrogeomorfológica y se agudiza el deterioro de su salud fluvial. Estos hallazgos reflejan un preocupante empeoramiento en las condiciones Hidrogeomorfológicas de la microcuenca Jaén, representando una seria amenaza para la salud y sostenibilidad del ecosistema fluvial en cuestión. Por tanto, resulta efectiva la aplicación de medidas de manejo y restauración para contrarrestar los efectos negativos y preservar su funcionamiento ecológico óptimo (Martín-Vide, 2015).

V. CONCLUSIONES

- En la microcuenca Jaén se hallaron 65 tipologías fluviales para los 160 sectores funcionales que abarca la red hidrográfica, los cuales evidenciaron la variedad de geomorfología de cauce (N-S-P) y geomorfología valle (E-A) predominante en la microcuenca.
- La aplicación del IHG como método para la evaluación de sistemas fluviales, permitió evaluar de manera independiente las calidades del sistema, del cauce y las riberas de cada sector funcional, para la posterior determinación de su calidad Hidrogeomorfológica.
- De los 160 sectores funcionales evaluados, se concluyó que las calidades Hidrogeomorfológicas predominantes fueron tres y alcanzando las siguientes puntuaciones: (60-74 puntos) calidad buena, (42-59 puntos) calidad moderada y (21-41 puntos) calidad deficiente.
- Se rechaza la hipótesis planteada; el 50% de los ríos evaluados de la microcuenca Jaén presentan calidad hidrogeomorfológica deficiente, debido que al evaluar la calidad hidrogeomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén, se determinó que solo el 2.5% de los ríos presentan una calidad hidrogeomorfológica deficiente siendo el porcentaje más bajo, seguido del 38.12% de los ríos con calidad Hidrogeomorfológica moderada y 59.38% de los ríos presenta calidad Hidrogeomorfológica buena.
- La calidad Hidrogeomorfológica de los ríos de la microcuenca Jaén está siendo afectada principalmente por la presión antrópica. Siendo uno de los factores de mayor incidencia el incremento de las construcciones civiles producto del proceso de urbanización (edificaciones, puentes peatonales, viales). Así como también el aumento de la actividad agrícola enfocada en siembra y cosecha de arroz, actividad de extracción de áridos y material de cantera que se vienen; actividades que se vienen realizando en la zona de influencia hace más de 10 años.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Sería de suma importancia realizar más estudios de valoración de la calidad Hidrogeomorfológica de cuencas, microcuencas, arroyos estratégicos que posean una amplia variedad natural y de biodiversidad, a fin de poder identificar sus alteraciones y/o modificaciones para una posterior formulación y aplicación de medidas preventivas, correctivas, de rehabilitación según requiera.
- ✓ Para la aplicación del IHG como índice evaluador, se recomendaría seleccionar áreas de estudio no muy extensas, es decir, cuencas que posean redes hidrográficas concentradas para que al momento de hacer el recorrido en campo no existan las limitantes en cuanto al acceso, y la evaluación sea real y basada en los hallazgos en campo sin necesidad de realizar una evaluación con imágenes satelitales de referencia, y en consecuencia los resultados sean más verídicos.
- ✓ Antes las calidades hidrogeomorfológicas (moderada y deficiente) recomendaría el planteamiento de medidas tanto preventivas como de restauración fluvial enfocadas a la recuperación de la naturalidad y caudal de los cauces principales, conectividad con los valles de inundación. Asimismo, la introducción de especies vegetales para enriquecer el corredor ribereño y el ecosistema fluvial en conjunto de la microcuenca Jaén.
- ✓ En cuanto a los sectores funcionales de la microcuenca Jaén que presentan acumulación de sedimentos, sería factible que se realicen tareas de descolmatación para eliminar la presencia obstáculos (desmonte, bloques de concreto, basura) en el cauce del río.
- ✓ Que se realicen controles a las empresas que se dedican a la extracción de material de acarreo, para verificar si cuentan con sus permisos del ANA, donde se indique que son zonas aptas para el desarrollo de la actividad extractiva, de modo que prevalezca la conservación del cauce y no haya alteraciones negativas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancca, J., Pinto, J., Vega, S., Cáceres, A. G., & Náquira, C (2008). Características morfológicas, genéticas, alimenticias y vectoriales de *Panstrongylus herreri* procedentes de Jaén (Cajamarca) y Cajaruro (Amazonas), Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(1), 17-25.
- Aronson, J.; Clewell, A.F.; Blignaut, J.N. & Milton, S.J. (2006) Ecological restoration: a new frontier for nature conservation and economics. *Journal for Nature Conservation*, 14: 135-139. [https:// dx.doi.org/10.21704/rea.v16i1.902](https://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i1.902)
- Asfaw, D., & Workneh, G. (2019). Quantitative analysis of morphometry on Ribb and Gumara watersheds: Implications for soil and water conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(2), 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.02.003>
- Ballarín, D., Barboza, E., Corroto, F., Gamarra, O., Ollero, A., & Salas, R. (2017). Hidrogeomorphology on Tropical Areas : Application of the Hidrogeomorphologic Index (Ihg) in the Utcubamba River (Peru). *Ecología Aplicada*, 16, 40-46. [https:// dx.doi.org/10.21704/rea.v16i1.902](https://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i1.902)
- Barboza, E., Corroto, F., Salas, R., Gamarra, Ó., Ballarín, D., & Ollero, A. (2017). Hidrogeomorfología en áreas tropicales: aplicación del índice hidrogeomorfológico (IHG) en el río utcubamba (Perú). *Ecología Aplicada*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.21704/rea.v16i1.902>
- Barboza, E., Mendoza, M., & Oliva, M. (2018). Current land use and hydrogeomorphological quality of the San Antonio River: alternatives for the fluvial restoration in northern Peru. *Journal of High Andean Research*, 20, 203-214. [https:// dx.doi.org/10.18271/ria.2018.364](https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.364)
- Barboza, E., Salas, R., & Chichiple, E. (2019). *Comparación de los MDE ASTER y SRTM en el análisis morfológico de la cuenca del Utcubamba (Perú)*. <https://doi.org/10.25127/indes.201501.007>
- Bea, E., Ollero, A. (2016). Metodología para la clasificación geomorfológica de los cursos fluviales de la cuenca del Ebro. *Geographicalia*. 47, 23, [doi:10.26754/ojs_geoph/geoph.2005471328](https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2005471328).

- Belletti, B., Rinaldi, M., Buijse, A. D., Gurnell, A. M., & Mosselman, E. (2015). A review of assessment methods for river hydromorphology. *Environmental Earth Sciences*, 73(5), 2079–2100. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3558-1>
- Belletti, B., Nardi, L., Rinaldi, M., Poppe, M., Brabec, K., Bussettini, M., Comiti, F., Gielczewski, M., Golfieri, B., Hellsten, S., Kail, J., Marchese, E., Marcinkowski, P., Okruszko, T., Paillex, A., Schirmer, M., Stelmaszczyk, M., & Surian, N. (2018). Assessing Restoration Effects on River Hydromorphology Using the Process-based Morphological Quality Index in Eight European River Reaches. *Environmental Management*, 61(1), 69–84. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0961-x>
- Briceño, N. B. R., Castillo, E. B., Torres, O. A. G., Oliva, M., Tafur, D. L., Gurbillón, M. Á. B., ... Rascón, J. (2020). Morphometric prioritization, fluvial classification, and hydrogeomorphological quality in high Andean livestock micro-watersheds in northern Peru. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9, 1-12. <https://doi.org/10.3390/ijgi9050305>
- Buguña, N., & Quispe, M. (2011). Diagnóstico de Problemas y Conflictos en la Gestión de los Recursos Hídricos en la cuenca Chinchipe – Chamaya. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i1.902>
- Campo, A. M., Gil, V., Ybarra Alcaráz, G., & Volonté, A. (2016). Tipificación morfológica de cursos principales: Cuenca del arroyo El Negro, Sistema de Ventania, Argentina. *Departamento Geografía*. 49–60.
- Cox, EJ, Gurnell, AM, Bowes, MJ et al. Un análisis y clasificación a múltiples escalas de las características hidrogeomorfológicas de las corrientes de cabecera irlandesas. *Hidrobiología* 850 , 3391–3418 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05013-5>
- García, J. H. G., & Ojeda, A. O. (2011). Clasificación geomorfológica de cursos fluviales a partir de sistemas de información geográfica (SIG). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (56), 373-396. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3722514>[dx.doi.org/10.18271/ria.2018.364](https://doi.org/10.18271/ria.2018.364)
- George, R., McManamay, R., Perry, D., Sabo, J., & Ruddell, B. L. (2021). Indicators of hydro-ecological alteration for the rivers of the United States. *Ecological Indicators*,

120, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106908>

Gobierno Regional de Cajamarca. (2012). *Zonificación ecológica y económica: base para el ordenamiento territorial del departamento de Cajamarca*.

Golfieri, B., Surian, N., & Hardersen, S. (2018). Towards a more comprehensive assessment of river corridor conditions: A comparison between the Morphological Quality Index and three biotic indices. *Ecological Indicators*, 84, 525–534. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.011>

Gunawardana, S. K., Shrestha, S., Mohanasundaram, S., Salin, K. R., & Piman, T. (2021). Multiple drivers of hydrological alteration in the transboundary Srepok River Basin of the Lower Mekong Region. *Journal of Environmental Management*, 278, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111524>

Herrera, A. (2008) Disertación crítica sobre la evaluación del estado ecológico de las masas de agua y los proyectos de restauración, recuperación o mejora ambiental de cauces: del mito a la realidad. VI Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Vitoria-Gasteiz, Fund. Nueva Cultura del Agua.

Horacio, J., & Ollero Ojeda, A. (2011). Clasificación geomorfológica de cursos fluviales a partir de sistemas de información geográfica (S.I.G.). *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 56, 373–396.

Huaccha Castillo, A. E. (2017). *Mejoramiento del sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos en el municipio del distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, Perú*.

Ibisate González de Matauco, A., Ollero Ojeda, A., Sáenz de Olazagoitia, A., Naverac Acín, V., Granado García, D., Ballarín Ferrer, D., Herrero Otero, X., Horacio Garcíac, J., & Mora Mur, D. (2016). Condiciones de referencia para la restauración de la geomorfología fluvial de los ríos de las cuencas de Oiartzun y Oria (Gipuzkoa). *Cuaternario y Geomorfología*, 30(1–2), 49–60. <https://doi.org/10.17735/cyg.v30i1-2.43995>

Magdaleno, F., Díez, J. R., González, G., Capel, F. M., & García, E. E. (2018). Diseño de la Restauración Fluvial: Criterios y Alternativas. *Servicio Central de Publicaciones: Argitalpen Zerbitzu Nagusia, Spain*.

- Marchioro, E., & Ollero, A. (2023). Evaluación hidrogeomorfológica: un abordaje histórico en los siglos XX y XXI. <https://doi.org/10.11606/issn.21790892.geousp.2023.204803.es>
- Marchioro, E., & Ollero, A. (2023). Hydro-geomorphological evaluation: application of ihg in a watershed on grande vitória metropolitan region (ES). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 24(2). <https://doi.org/10.20502/RBG.V24I2.2244>
- Martí Talavera, J., & Nova Sánchez, R. (2019). Aplicación del Índice Hidrogeomorfológico (IHG) en la cuenca del Segura: embalse de la Fuensanta-Llano de la Vida (Desembocadura del río Taibilla). *GeoGraphos. Revista Digital Para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales*, 10. <https://doi.org/10.14198/geogra2019.10.120>
- Martín-Vide, J. P. (2015). Restauración del río Besòs en Barcelona. Historia y lecciones. *Ribagua*, 2(1), 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.riba.2015.07.001>
- Martínez, F., & Madrid, H. (2022). Sinuosity and fractal dimension of Chilean rivers. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 13(4), 172–224. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2022-04-04>
- Mauricio, V. F., Paulo, C. O., Sergio, N. A., & Luis, M. E. (2018). Estimation of floodplains with different numerical approaches and sources of digital elevation models-Rio Rocha Cochabamba, Bolivia.
- Mas, F. M., & Romero, R. M. (2011). Marco metodológico para la restauración fluvial en el nuevo contexto normativo y técnico. *Revista Montes*, (107), 25-30.
- Moshe, F. O. R., Sternberg, M., Ratner, T., Drori, I., & Egozi, R. (2022). Customizing the Morphological Quality Index (MQI) to evaluate streams in Eastern-Mediterranean ecosystems. *Environmental Challenges*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100612>
- Ojeda, A. O., Arnedo, M. T. E., Fabre, M. S., Izquierdo, V. A., Ferrer, D. B., & Mur, D. M. (2003). Metodología para la tipificación hidromorfológica de los cursos fluviales de Aragón en aplicaciones de la directiva marco de aguas (2000/60/CE). *Geographicalia*, (44), 7-25.

- Ojeda, A. O., Ferrer, D. B., Bea, E. D., Mur, D. M., Fabre, M. S., Naverac, V. A., ... Gil, S. (2007). Un Índice Hidrogeomorfológico (Ihg) Para La Evaluación Del Estado Ecológico De Sistemas Fluviales. *Geographicalia*, 52, 113–141.
- Ojeda, Ojeda, A. O., Ferrer, D. B., Bea, E. D., Mur, D. M., Fabre, M. S., Naverac, V. A., ... & Gil, N. S. (2007). Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. *geographicalia*, (52), 113-142.
- Ojeda, A. O., Ferrer, D. B., Bea, E. E., Mur, D. M., Fabre, M.-G. S., Naverac, V. A., Teresa, M., Arnedo, E., Grana-Do García, D., Ibisate González De Matauco, A., Gil, L., & Gil, N. S. (2008). IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *Limnetica*, 27(1), 171–188.
- Ollero, A., Ballarín, D., Díaz, E., Mora, D., Sánchez, M., Acín, V., ... Sanchez Gil, N. (2008). IHG: Un índice para la valoración de sistemas fluviales. *Limnetica*, 27, 171–188. <https://doi.org/10.23818/limn.27.14>
- Ollero, A., Granado, D., Acín, V., Gimeno, M., Gonzalo, L. E., Ballarín, D., ... & Ibisate, A. (2011). *The IHG index for hydromorphological quality assessment of rivers and streams: updated versión*
- Ollero Ojeda, A., Ballarín Ferrer, D., Díaz Bea, E., Mora Mur, D., Sánchez Fabre, M., Acín Naverac, V., Echeverría Arnedo, M. T., Granado García, D., Ibisate González de Matauco, A., Sánchez Gil, L., & Sánchez Gil, N. (2015). Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. *Geographicalia*, (52), 113–141. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2007521109
- Ollero Ojeda, A., Ballarín Ferrer, D., García García, J. H., Ibisate, A., Mora Mur, D., & Sánchez Fabre, M. (2021). Diagnóstico fluvial, impactos en cauces y cambio global: aplicaciones del índice hidrogeomorfológico IHG. *Geographicalia*, 73, 295–316. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2021735191
- Ortuño-Cano, M. de los Á., & Gentili, J. O. (2023). Análisis morfométrico de la cuenca alta del arroyo Cura Malal Grande (Argentina) aplicado a la susceptibilidad de generar crecidas fluviales. *Investigaciones Geográficas*, 66, 48–64. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2023.70111>
- Otto, J. C., Prasicsek, G., Blöthe, J., & Schrott, L. (2017). GIS Applications in

- Geomorphology. *Comprehensive Geographic Information Systems*, 3, 81–111. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10029-6>
- Pirchi, V. N., Zapperi, P. A., & Volonté, A. (2023). Hidrogeomorphological quality in fluvial areas of urban expansion. Application of the Hydrogeomorphological Index (IHG) in an anthropized stream (Napostá Grande creek, Argentina). *Investigaciones Geograficas*, 80, 129–149. <https://doi.org/10.14198/INGEO.23931>
- Rafael, M. (2019). El estado químico de las aguas continentales españolas y la contribución de las EDAR en su consecución. *Virtualpro*, 208,1-30.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., & Bussetini, M. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180–181, 96–108. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.09.009>
- Rosas, A., François Clapuyt, Willem Viveen, & Veerle Vanacker. (2023). Quantifying geomorphic change in Andean river valleys using UAV-PPK-SfM techniques_ An example from the western Peruvian Andes. *Geomorphology* , 435, 108766. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108766>.
- Salas, R., Mendoza, M., Oliva, M., & Corroto, F. (2018). Uso actual del suelo y calidad hidrogeomorfológica del río San Antonio: alternativas para la restauración fluvial en el norte de Perú. *Revista De Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 20(2), 203-214.
- Uday Kumar, A., & Jayakumar, K. V. (2020). Hydrological alterations due to anthropogenic activities in Krishna River Basin, India. *Ecological Indicators*, 108, 1-30. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105663>
- Vazquez, César. (2011). Estudio hidrológico de la región Cajamarca. <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/HIDROLOGIA.pdf3>
- Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42, 1072–1086. <https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-12>
- Volonté, A., & Gil, V. (2021). El Índice Hidrogeomorfológico Como Herramienta Para

La Gestión Del Territorio Fluvial. Cuenca Del Arroyo San Bernardo, Argentina.
Finisterra, 56(117), 199–214. <https://doi.org/10.18055/Finis20798>

Zina, V., Ordeix, M., Franco, J. C., Ferreira, M. T., & Fernandes, M. R. (2021). Ants as Bioindicators of Riparian Ecological Health in Catalanian Rivers. *Forests*, 12, 1-18. <https://doi.org/10.3390/f12050625>

ANEXOS

Figura 17

Toma de puntos de referencia, inicio del recorrido



Figura 18

Evaluación sectores funcionales (SF), aplicación del IHG

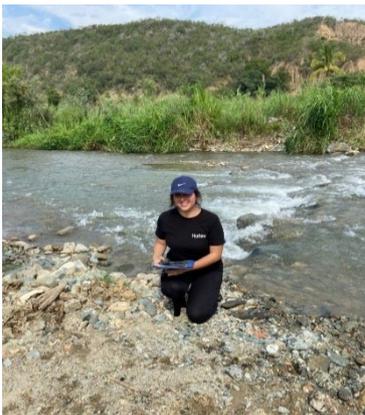


Figura 19

Canalización del SF para el desarrollo de un arco peatonal



Figura 20

Reducción del corredor ribereño, presencia de muros de contención para fines agrícolas



Figura 21

Extensión de cultivos arrozales en los valles de los cauces



Figura 22

Puente y defensa ribereña



Figura 23

Puente y acumulación de sedimentos por crecidas en temporada de lluvia y arrojo de basura; disminución del cauce



Figura 24

Extracción masiva de áridos por parte de chancadoras de la zona



Figura 25

Reducción de las llanuras de inundación, presencia de muros de contención y construcciones aledañas



Figura 26

Acumulación de sedimentos y problemas de inmovilización



Figura 27

Canalización del cauce para uso agrícola



Figura 28

Cabecera de cuenca, camino lateral



Figura 29

Encajamiento del valle, cauce con limitado acceso



Figura 31

Acumulación de restos vegetales en los pilares del puente



Figura 30

Reducción del margen ribereño por presencia de muros de contención



Figura 32

Problemas de inmovilización por acumulación de escombros, basura

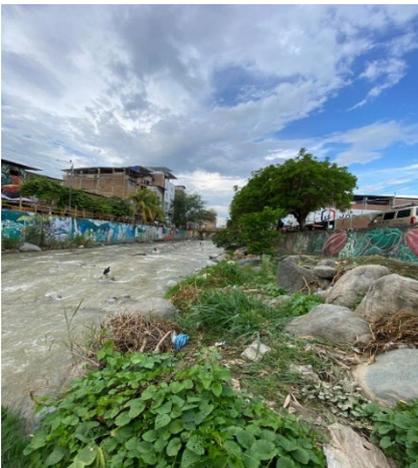


Figura 33

Urbanización al margen del cauce



Figura 35

Puente e incisión lateral



Figura 34

Presa de agua en sector funcional



Figura 37

Reducción de las riberas por presencia de muros y del cauce por la sedimentación



Figura 36

Desplazamiento de la vegetación pionera



Figura 38

Vertido de aguas residuales al cauce natural



Figura 39

Ficha de evaluación del IHG

INDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)		
sistema fluvial	sector funcional	fecha
CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA	CALIDAD DEL CAUCE	CALIDAD DE LAS RIBERAS
Naturalidad del régimen de caudal <input type="checkbox"/>	Naturalidad del trazado y de la morfología en planta <input type="checkbox"/>	Continuidad longitudinal <input type="checkbox"/>
<p>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.</p> <p>Agua arriba o en el propio sector funcional hay actuaciones humanas embalses, derivaciones, vertidos, detecciones, retomos, trasvases, urbanización de la cuenca, inundación, repoblaciones, etc.) que modifican la cantidad de caudal circulante y/o su distribución temporal.</p> <p>si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal ambiental estable.</p> <p>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.</p> <p>si hay variaciones en la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas.</p> <p>si hay algunas variaciones en la cantidad de caudal circulante pero se mantiene bien caracterizado el régimen estacional de caudal.</p> <p>si hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circulante.</p>	<p>El trazado del cauce se mantiene natural, naturalizado, 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.</p> <p>Se han registrado cambios de trazado artificiales y modificaciones antropogénicas directas de la morfología en planta del cauce.</p> <p>si afectan a más del 50% de la longitud del sector</p> <p>si afectan a una longitud entre el 25% y el 50%</p> <p>si afectan a una longitud entre el 10% y el 25%</p> <p>si afectan a menos del 10% de la longitud del sector</p> <p>si hay cambios drásticos (desvíos, cortas, relleno de cauces abandonados, simplificación de brazos, ...)</p> <p>si no habiendo cambios drásticos, si se registran cambios menores (tranchales de márgenes, pequeñas rectificaciones, ...)</p> <p>si no habiendo cambios recientes drásticos o menores, si hay cambios antiguos que el sistema fluvial ha reorganizándose parcialmente.</p> <p>En el sector se observan cambios retroactivos y progresivos en la morfología en planta derivados de actividades humanas en la cuenca o del efecto de infraestructuras.</p> <p>notables</p> <p>leves</p>	<p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional y en ambas márgenes del cauce menor, siempre que el marco geomorfológico del valle lo permita.</p> <p>La continuidad longitudinal de las riberas naturales puede estar interrumpida bien por usos del suelo permanentes (urbanización, naves, granjas, gaveras, edificios, carreteras, puentes, defensas, acequias, ...) o bien por superficies con usos del suelo no permanentes (chuparres, cultivos, zonas baldías, caminos, ...)</p> <p>si más del 70% de las discontinuidades son permanentes</p> <p>si entre un 30% y un 70% de las discontinuidades son permanentes</p> <p>si menos del 30% de las discontinuidades son permanentes</p> <p>si las riberas están totalmente eliminadas</p> <p>si la longitud de las discontinuidades supera el 85% de la longitud total de las riberas</p> <p>si las discontinuidades suponen entre el 75% y el 85% de la longitud total de las riberas</p> <p>si las discontinuidades suponen entre el 65% y el 75% de la longitud total de las riberas</p> <p>si las discontinuidades suponen entre el 55% y el 65% de la longitud total de las riberas</p> <p>si las discontinuidades suponen entre el 45% y el 55% de la longitud total de las riberas</p> <p>si las discontinuidades suponen entre el 35% y el 45% de la longitud total de las riberas</p> <p>si las discontinuidades suponen entre el 25% y el 35% de la longitud total de las riberas</p> <p>si las discontinuidades suponen entre el 15% y el 25% de la longitud total de las riberas</p> <p>si las discontinuidades suponen menos del 15%</p>
Disponibilidad y movilidad de sedimentos <input type="checkbox"/>	Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales <input type="checkbox"/>	Anchura del corredor ribereño <input type="checkbox"/>
<p>El caudal sólo llega al sector funcional sin restricción alguna de origen antropico y el sistema fluvial ejerce sin cortapisas la función de movilización y transporte de esos sedimentos.</p> <p>Hay presas con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial.</p> <p>En el sector se registran extracciones de áridos o dragados que reducen la disponibilidad de sedimentos y alteran su movilidad.</p> <p>En el sector hay síntomas o indicios de dificultades en la movilidad de los sedimentos (armadura embudo, alteraciones de la potencia específica, crecimiento de ciertos espacios vegetales, ...) y pueden atribuirse a factores antropicos.</p> <p>Las vertientes del valle y los pequeños afluentes que desembocan en el sector cuentan con alteraciones antropicas que afectan a la movilidad de sedimentos, o bien su conexión con el valle, la lanura de inundación o el propio lecho fluvial no es continua.</p> <p>si más de un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos.</p> <p>si entre un 50% y un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos.</p> <p>si entre un 25% y un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos.</p> <p>si hay presas que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector.</p> <p>importantes y frecuentes puntuales</p> <p>notables</p> <p>leves</p> <p>alteraciones y/o desconexiones muy importantes</p> <p>alteraciones y/o desconexiones significativas</p> <p>alteraciones y/o desconexiones leves</p>	<p>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.</p> <p>En el sector funcional hay infraestructuras transversales al cauce que rompen la continuidad del mismo.</p> <p>si embalsan más del 50% de la longitud del sector</p> <p>si embalsan del 25 al 50% de la longitud del sector</p> <p>si embalsan menos del 25% de la longitud del sector</p> <p>si hay al menos una presa de más de 10 m de altura y sin bypass para sedimentos</p> <p>si hay varios açudes o al menos una presa de más de 10 m con bypass para sedimentos</p> <p>si hay un solo açud</p> <p>Hay puentes, vados u otros obstáculos menores que alteran la continuidad longitudinal del cauce.</p> <p>La topografía del fondo del lecho, la sucesión de resacas y remansos, la granulometría-morfometría de los materiales o la vegetación acuática o pionera del lecho muestran síntomas de haber sido alterados por dragados, extracciones, sobados o limpiezas.</p> <p>en más del 25% de la longitud del sector</p> <p>en un ámbito de entre el 5 y el 25% de la longitud del sector</p> <p>de forma puntual</p>	<p>Las riberas naturales supervivientes conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen perfectamente su papel en el sistema hidrogeomorfológico.</p> <p>La anchura de la ribera superior vertida ha sido reducida por ocupación antropica.</p> <p>si la anchura media del corredor ribereño actual es inferior al 40% de la potencial</p> <p>si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 40% y el 60% de la anchura potencial</p> <p>si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 60% y el 80% de la anchura potencial</p> <p>si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 80% de la potencial</p> <p>si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada)</p> <p>si la Continuidad longitudinal ha resultado 1</p> <p>si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3</p> <p>-10</p> <p>-2</p> <p>-1</p> <p>si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0</p>
Funcionalidad de la lanura de inundación <input type="checkbox"/>	Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral <input type="checkbox"/>	Estructura, naturalidad y conectividad transversal <input type="checkbox"/>
<p>La lanura de inundación puede ejercer sin restricción entrópica sus funciones de disposición de energía en crecida, laminación de caudales-punta por desboscamiento y decantación de sedimentos.</p> <p>La lanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen las funciones naturales de laminación, decantación y disposición de energía.</p> <p>si predominan defensas directamente adosadas al cauce menor</p> <p>si están separadas del cauce pero restringen más del 50% de la anchura de la lanura de inundación</p> <p>si sólo hay defensas adosadas que restringen menos del 50% de la anchura de la lanura de inundación</p> <p>La lanura 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.</p> <p>La lanura de inundación presenta usos del suelo que reducen su funcionalidad natural o bien ha quedado colgada por dragados o canalización del cauce.</p> <p>si son discontinuas pero superan el 50% de la longitud de la lanura de inundación</p> <p>si alcanzan menos del 50% de la longitud de la lanura de inundación</p> <p>si hay abundantes obstáculos</p> <p>si hay obstáculos puntuales</p> <p>si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados superan el 50% de su superficie</p> <p>si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados constituyen entre el 15% y el 50% de su superficie</p> <p>si hay terrenos sobreelevados o impermeabilizados aunque no alcanzan el 15% de su superficie.</p>	<p>El cauce es natural y tiene capacidad de movilizar lateralmente sin cortapisas, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con los procesos hidrogeomorfológicos de erosión y sedimentación.</p> <p>El cauce ha sufrido una canalización total o hay defensas de margen no continuas o infraestructuras edificadoras de comunicación, acequias, ...) adosadas a las márgenes.</p> <p>Las márgenes del cauce presentan elementos no naturales, escombros o intervenciones que modifican su morfología natural.</p> <p>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.</p> <p>en más del 75% de la longitud del sector</p> <p>entre un 50% y un 75% de la longitud del sector</p> <p>entre un 25% y un 50% de la longitud del sector</p> <p>entre un 10% y un 25% de la longitud del sector</p> <p>entre un 5 y un 10% de la longitud del sector</p> <p>en menos de un 5% de la longitud del sector</p> <p>notables</p> <p>leves</p> <p>notables</p> <p>leves</p>	<p>La naturalidad de la vegetación ribereña ha sido alterada por invasiones o erupciones.</p> <p>En el sector hay infraestructuras lineales que restringen longitudinalmente o diagonalmente, (carreteras, defensas, acequias, pistas, caminos, ...) que alteran la conectividad transversal del corredor.</p> <p>si se extienden en más del 50% de la superficie de la ribera actual</p> <p>si se extienden entre el 25% y el 50% de la superficie de la ribera actual</p> <p>si se extienden en menos del 25% de la superficie de la ribera actual</p> <p>si las alteraciones son importantes</p> <p>si las alteraciones son leves</p> <p>si las alteraciones son significativas</p> <p>si las alteraciones son leves</p> <p>si se distribuyen por todo el sector y la suma de sus longitudes supera el 150% de la longitud de las riberas</p> <p>si la suma de sus longitudes de un valor entre el 100% y el 150% de la longitud de las riberas</p> <p>si la suma de sus longitudes de un valor entre el 50% y el 100% de la longitud de las riberas</p> <p>si la suma de sus longitudes es inferior al 50% de la de las riberas.</p> <p>si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada)</p> <p>si la Continuidad longitudinal ha resultado 1</p> <p>si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3</p> <p>-10</p> <p>-2</p> <p>-1</p> <p>si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0</p>
VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA <input type="checkbox"/>	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE <input type="checkbox"/>	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS <input type="checkbox"/>
VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA <input type="checkbox"/>		

© Alfredo Ollero Ojeda, Daniel Barón Ferrer, Elena Diaz Bea, Daniel Mora Mur, Miguel Sánchez Fabre, Vanessa Acín Navarro, María Teresa Echeverría Arnedo, David Granado García, Aiko Ibabe González de Matuteo, Lorena Sánchez Gil, Noelia Sánchez Gil. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. Área de Geografía Física.

Nota. Ollero., et al. (2009)

Tabla 4

Calidad hidrogeomorfológica de la microcuenca Jaén

IHG																	
CÓDIGO	CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA					CALIDAD DEL CAUCE					CALIDAD DE LAS RIBERAS					Valoración final: Calidad Hidrogeomorfológica	CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA
	Naturalidad del régimen en el caudal	Disponibilidad y movilidad de sedimentos	Funcionalidad de la llanura de inundación	Valoración de la calidad funcional del sistema	CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA	Naturalidad del trazado y de la morfología en planta	Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales	Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral	Valoración de la calidad del cauce	CALIDAD DEL CAUCE	Continuidad longitudinal	Anchura del corredor ribereño	Estructura, naturalidad y conectividad transversal	Valoración de la calidad de las riberas	CALIDAD DE LAS RIBERAS		
1	8	9	8	25	Muy Buena	7	8	8	23	Buena	9	8	7	24	Buena	72	Buena
2	8	8	8	24	Buena	8	8	7	23	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	72	Buena
3	8	8	8	24	Buena	8	8	8	24	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	73	Buena
4	8	9	8	25	Muy Buena	9	8	9	26	Muy Buena	9	8	8	25	Muy Buena	76	Buena
5	4	6	6	16	Moderada	6	7	6	19	Moderada	6	6	5	17	Moderada	52	Moderada
6	6	6	8	20	Buena	7	8	7	22	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	67	Moderada
7	6	5	6	17	Moderada	7	8	7	22	Buena	8	6	7	21	Buena	60	Buena
8	6	6	6	18	Moderada	6	6	6	18	Moderada	7	4	6	17	Moderada	53	Moderada
9	4	7	7	18	Moderada	5	6	6	17	Moderada	5	2	4	11	Deficiente	46	Moderada
10	4	4	6	14	Moderada	5	6	5	16	Moderada	4	2	2	8	Deficiente	38	Deficiente
11	6	7	7	20	Buena	7	7	6	20	Buena	6	4	5	15	Moderada	55	Moderada
12	6	5	5	16	Moderada	5	6	6	17	Moderada	7	6	6	19	Moderada	52	Moderada
13	6	6	7	19	Moderada	6	7	6	19	Moderada	8	6	5	19	Moderada	57	Moderada
14	2	4	5	11	Deficiente	3	5	5	13	Deficiente	4	4	5	13	Deficiente	37	Deficiente
15	2	5	3	10	Deficiente	1	6	3	10	Deficiente	3	4	3	10	Deficiente	30	Deficiente
16	4	5	5	14	Moderada	6	6	5	17	Moderada	7	6	5	18	Moderada	49	Moderada
17	6	6	6	18	Moderada	6	8	6	20	Buena	6	6	5	17	Moderada	55	Moderada
18	6	8	8	22	Buena	7	8	7	22	Buena	9	8	7	24	Buena	68	Buena
19	8	8	8	24	Buena	8	8	8	24	Buena	9	6	7	22	Buena	70	Buena
20	8	8	8	24	Buena	8	9	8	25	Muy Buena	9	8	8	25	Muy Buena	74	Buena
21	6	7	7	20	Buena	6	8	7	21	Buena	8	6	7	21	Buena	62	Buena
22	6	7	6	19	Moderada	6	7	6	19	Moderada	8	6	7	21	Buena	59	Moderada

23	6	6	6	18	Moderada	6	7	5	18	Moderada	6	6	5	17	Moderada	53	Moderada
24	6	6	7	19	Moderada	4	6	5	15	Moderada	7	6	6	19	Moderada	53	Moderada
25	6	7	7	20	Buena	5	7	6	18	Moderada	7	8	7	22	Buena	60	Buena
26	8	8	8	24	Buena	7	8	8	23	Buena	8	8	8	24	Buena	71	Buena
27	6	7	8	21	Buena	5	7	7	19	Moderada	7	8	6	21	Buena	61	Buena
28	6	6	7	19	Moderada	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	64	Buena
29	6	5	6	17	Moderada	6	7	6	19	Moderada	7	6	7	20	Buena	56	Moderada
30	6	7	7	20	Buena	7	8	8	23	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	68	Buena
31	8	8	8	24	Buena	8	8	7	23	Buena	8	8	7	23	Buena	70	Buena
32	6	7	7	20	Buena	6	8	6	20	Buena	7	6	6	19	Moderada	59	Moderada
33	4	6	6	16	Moderada	6	7	8	21	Buena	8	6	7	21	Buena	58	Moderada
34	6	6	6	18	Moderada	6	7	5	18	Moderada	7	6	6	19	Moderada	55	Moderada
35	6	7	6	19	Moderada	7	6	6	19	Moderada	6	6	7	19	Moderada	57	Moderada
36	6	7	6	19	Moderada	6	7	6	19	Moderada	6	8	6	20	Buena	58	Moderada
37	8	8	8	24	Buena	7	8	8	23	Buena	8	8	8	24	Buena	71	Buena
38	8	8	8	24	Buena	8	8	8	24	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	73	Buena
39	6	7	6	19	Moderada	7	7	6	20	Buena	7	6	7	20	Buena	59	Moderada
40	4	7	6	17	Moderada	5	7	6	18	Moderada	6	6	5	17	Moderada	52	Moderada
41	6	6	6	18	Moderada	6	7	5	18	Moderada	6	6	6	18	Moderada	54	Moderada
42	6	7	7	20	Buena	7	8	6	21	Buena	6	8	7	21	Buena	62	Buena
43	8	7	8	23	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	68	Buena
44	6	8	7	21	Buena	7	8	7	22	Buena	7	8	7	22	Buena	65	Buena
45	8	8	8	24	Buena	8	8	8	24	Buena	8	8	8	24	Buena	72	Buena
46	8	8	7	23	Buena	7	8	8	23	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	71	Buena
47	6	7	6	19	Moderada	6	7	6	19	Moderada	7	7	6	20	Buena	58	Moderada
48	6	8	7	21	Buena	8	7	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	66	Buena
49	6	6	7	19	Moderada	8	7	8	23	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	67	Buena
50	6	6	8	20	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	6	22	Buena	64	Buena
51	6	7	8	21	Buena	6	8	6	20	Buena	8	8	6	22	Buena	63	Buena
52	8	7	8	23	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	8	24	Buena	69	Buena
53	6	8	8	22	Buena	6	8	7	21	Buena	7	8	7	22	Buena	65	Buena
54	6	7	7	20	Buena	6	8	6	20	Buena	8	8	7	23	Buena	63	Buena
55	6	8	8	22	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	67	Buena
56	6	8	7	21	Buena	7	7	7	21	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	67	Buena
57	6	8	7	21	Buena	7	7	7	21	Buena	8	8	8	24	Buena	66	Buena
58	6	7	7	20	Buena	8	7	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	65	Buena
59	4	14	7	25	Muy Buena	6	7	6	19	Moderada	7	8	7	22	Buena	66	Buena

60	6	5	8	19	Moderada	7	8	6	21	Buena	8	8	7	23	Buena	63	Buena
61	8	7	8	23	Buena	7	8	7	22	Buena	8	6	6	20	Buena	65	Buena
62	8	8	9	25	Muy Buena	7	9	9	25	Muy Buena	8	8	7	23	Buena	73	Buena
63	8	7	7	22	Buena	7	7	7	21	Buena	8	6	8	22	Buena	65	Buena
64	6	5	6	17	Moderada	6	7	6	19	Moderada	7	6	6	19	Moderada	55	Moderada
65	6	6	7	19	Moderada	7	8	6	21	Buena	7	8	7	22	Buena	62	Buena
66	4	6	7	17	Moderada	6	7	7	20	Buena	7	6	6	19	Moderada	56	Moderada
67	8	8	9	25	Muy Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	8	24	Buena	71	Buena
68	6	6	9	21	Buena	6	8	7	21	Buena	7	8	7	22	Buena	64	Buena
69	6	8	8	22	Buena	8	8	7	23	Buena	8	8	7	23	Buena	68	Buena
70	6	6	6	18	Moderada	6	7	7	20	Buena	8	6	8	22	Buena	60	Buena
71	6	7	8	21	Buena	7	8	8	23	Buena	7	6	7	20	Buena	64	Buena
72	6	8	8	22	Buena	7	8	8	23	Buena	8	6	7	21	Buena	66	Buena
73	4	6	7	17	Moderada	5	5	6	16	Moderada	6	6	6	18	Moderada	51	Moderada
74	6	6	6	18	Moderada	7	6	6	19	Moderada	7	8	7	22	Buena	59	Moderada
75	6	7	8	21	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	66	Buena
76	6	6	7	19	Moderada	5	7	6	18	Moderada	7	6	7	20	Buena	57	Moderada
77	4	6	7	17	Moderada	6	7	6	19	Moderada	7	6	6	19	Moderada	55	Moderada
78	8	8	8	24	Buena	7	8	8	23	Buena	8	8	7	23	Buena	70	Buena
79	8	8	8	24	Buena	8	8	8	24	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	73	Buena
80	6	6	7	19	Moderada	5	7	6	18	Moderada	7	6	7	20	Buena	57	Moderada
81	8	8	7	23	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	68	Buena
82	6	7	8	21	Buena	6	7	7	20	Buena	8	8	7	23	Buena	64	Buena
83	8	8	7	23	Buena	6	7	7	20	Buena	8	8	7	23	Buena	66	Buena
84	6	8	8	22	Buena	6	8	7	21	Buena	8	8	7	23	Buena	66	Buena
85	6	6	7	19	Moderada	5	8	7	20	Buena	6	6	5	17	Moderada	56	Moderada
86	6	6	7	19	Moderada	7	8	8	23	Buena	7	8	7	22	Buena	64	Buena
87	8	8	8	24	Buena	6	8	7	21	Buena	9	8	7	24	Buena	69	Buena
88	8	8	8	24	Buena	8	8	7	23	Buena	8	8	8	24	Buena	71	Buena
89	6	8	7	21	Buena	6	8	7	21	Buena	7	8	6	21	Buena	63	Buena
90	6	6	7	19	Moderada	5	7	6	18	Moderada	7	6	7	20	Buena	57	Moderada
91	6	7	7	20	Buena	8	7	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	65	Buena
92	6	8	7	21	Buena	7	8	7	22	Buena	7	8	7	22	Buena	65	Buena
93	6	6	7	19	Moderada	6	8	6	20	Buena	7	6	6	19	Moderada	58	Moderada
94	6	7	6	19	Moderada	6	7	6	19	Moderada	6	6	7	19	Moderada	57	Moderada
95	6	8	8	22	Buena	7	8	8	23	Buena	9	8	8	25	Muy Buena	70	Buena
96	6	7	6	19	Moderada	6	7	6	19	Moderada	7	6	6	19	Moderada	57	Moderada

97	6	7	7	20	Buena	6	6	6	18	Moderada	7	6	6	19	Moderada	57	Moderada
98	4	6	5	15	Moderada	6	6	7	19	Moderada	6	6	6	18	Moderada	52	Moderada
99	6	7	6	19	Moderada	6	7	7	20	Buena	7	6	6	19	Moderada	58	Moderada
100	4	5	6	15	Moderada	5	6	6	17	Moderada	6	6	6	18	Moderada	50	Moderada
101	8	8	8	24	Buena	7	8	7	22	Buena	8	6	7	21	Buena	67	Buena
102	6	7	6	19	Moderada	6	7	7	20	Buena	7	6	6	19	Moderada	58	Moderada
103	6	6	7	19	Moderada	7	7	6	20	Buena	7	8	7	22	Buena	61	Buena
104	8	7	6	21	Buena	6	6	7	19	Moderada	7	8	7	22	Buena	62	Buena
105	6	8	6	20	Buena	6	7	7	20	Buena	7	6	7	20	Buena	60	Buena
106	6	7	6	19	Moderada	5	6	6	17	Moderada	6	6	6	18	Moderada	54	Moderada
107	8	8	8	24	Buena	6	8	6	20	Buena	7	8	6	21	Buena	65	Buena
108	6	8	7	21	Buena	6	8	7	21	Buena	7	8	7	22	Buena	64	Buena
109	4	6	6	16	Moderada	6	6	6	18	Moderada	7	4	6	17	Moderada	51	Moderada
110	4	5	6	15	Moderada	5	6	4	15	Moderada	6	4	5	15	Moderada	45	Moderada
111	6	7	7	20	Buena	7	8	7	22	Buena	7	6	7	20	Buena	62	Buena
112	4	6	6	16	Moderada	6	7	7	20	Buena	7	6	6	19	Moderada	55	Moderada
113	6	8	8	22	Buena	6	7	6	19	Moderada	8	8	13	29	Muy Buena	70	Buena
114	6	8	7	21	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	8	24	Buena	67	Buena
115	6	8	8	22	Buena	6	8	6	20	Buena	7	6	7	20	Buena	62	Buena
116	4	5	6	15	Moderada	5	7	6	18	Moderada	6	6	5	17	Moderada	50	Moderada
117	8	8	7	23	Buena	7	7	7	21	Buena	8	8	7	23	Buena	67	Buena
118	6	7	7	20	Buena	6	7	7	20	Buena	8	8	7	23	Buena	63	Buena
119	6	6	7	19	Moderada	6	6	6	18	Moderada	7	6	6	19	Moderada	56	Moderada
120	6	5	6	17	Moderada	5	6	5	16	Moderada	6	6	6	18	Moderada	51	Moderada
121	8	8	8	24	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	69	Buena
122	6	5	6	17	Moderada	5	7	6	18	Moderada	7	6	6	19	Moderada	54	Moderada
123	8	8	7	23	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	68	Buena
124	8	8	8	24	Buena	8	8	8	24	Buena	9	8	7	24	Buena	72	Buena
125	6	8	7	21	Buena	7	8	8	23	Buena	8	8	8	24	Buena	68	Buena
126	6	9	8	23	Buena	8	7	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	68	Buena
127	6	7	7	20	Buena	7	6	7	20	Buena	7	6	7	20	Buena	60	Buena
128	6	8	7	21	Buena	7	7	7	21	Buena	8	8	7	23	Buena	65	Buena
129	6	8	8	22	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	67	Buena
130	6	8	8	22	Buena	7	8	8	23	Buena	9	8	7	24	Buena	69	Buena
131	6	7	7	20	Buena	7	8	6	21	Buena	7	6	7	20	Buena	61	Buena
132	6	8	8	22	Buena	6	7	6	19	Moderada	7	8	6	21	Buena	62	Buena
133	4	6	7	17	Moderada	5	7	7	19	Moderada	6	6	7	19	Moderada	55	Moderada

134	6	7	6	19	Moderada	6	7	7	20	Buena	7	8	7	22	Buena	61	Buena
135	6	6	6	18	Moderada	6	7	6	19	Moderada	7	8	7	22	Buena	59	Moderada
136	4	4	5	13	Deficiente	5	6	4	15	Moderada	6	4	4	14	Moderada	42	Moderada
137	4	4	4	12	Deficiente	2	4	4	10	Deficiente	4	4	3	11	Deficiente	33	Deficiente
138	4	14	7	25	Muy Buena	6	5	4	15	Moderada	6	6	6	18	Moderada	58	Moderada
139	6	7	7	20	Buena	6	7	7	20	Buena	7	8	7	22	Buena	62	Buena
140	4	5	6	15	Moderada	6	6	6	18	Moderada	7	6	6	19	Moderada	52	Moderada
141	6	7	8	21	Buena	8	8	8	24	Buena	9	8	7	24	Buena	69	Buena
142	6	4	6	16	Moderada	5	7	5	17	Moderada	6	6	6	18	Moderada	51	Moderada
143	6	6	6	18	Moderada	6	6	5	17	Moderada	7	6	6	19	Moderada	54	Moderada
144	6	7	7	20	Buena	7	7	7	21	Buena	8	8	7	23	Buena	64	Buena
145	6	8	8	22	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	67	Buena
146	4	6	5	15	Moderada	5	6	5	16	Moderada	7	6	6	19	Moderada	50	Moderada
147	6	7	7	20	Buena	6	8	7	21	Buena	8	8	7	23	Buena	64	Buena
148	4	5	6	15	Moderada	5	6	5	16	Moderada	6	6	5	17	Moderada	48	Moderada
149	6	8	8	22	Buena	6	7	7	20	Buena	8	8	8	24	Buena	66	Buena
150	6	8	7	21	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	66	Buena
151	6	7	7	20	Buena	7	7	7	21	Buena	8	8	7	23	Buena	64	Buena
152	4	5	6	15	Moderada	4	6	5	15	Moderada	6	6	5	17	Moderada	47	Moderada
153	6	6	6	18	Moderada	5	6	4	15	Moderada	7	6	6	19	Moderada	52	Moderada
154	6	8	7	21	Buena	6	7	6	19	Moderada	8	8	7	23	Buena	63	Buena
155	6	8	7	21	Buena	7	8	7	22	Buena	8	8	7	23	Buena	66	Buena
156	6	8	8	22	Buena	7	8	6	21	Buena	8	8	7	23	Buena	66	Buena
157	6	6	7	19	Moderada	6	7	6	19	Moderada	8	8	6	22	Buena	60	Buena
158	4	6	6	16	Moderada	5	6	6	17	Moderada	7	6	6	19	Moderada	52	Moderada
159	6	7	7	20	Buena	6	7	6	19	Moderada	6	6	6	18	Moderada	57	Moderada
160	6	6	7	19	Moderada	6	6	6	18	Moderada	7	6	6	19	Moderada	56	Moderada