

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Evaluación de la calidad ecológica del monte ribereño del río Majes,
mediante la aplicación del índice QBR, Arequipa 2023**

Tesis presentada por el Bachiller:

Canqui Llamosas, Sulma Patricia

ORCID: 0009-0005-7868-1189

para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesor:

Dr. Arenazas Rodríguez, Armando Jacinto

ORCID: 0000-0002-0940-2204

Arequipa-Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AMBIENTAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 13 de Noviembre del 2024

Dictamen: 011191-C-EPIA-2024

Visto el borrador del expediente 011191, presentado por:

2015130032 - CANQUI LLAMOSAS SULMA PATRICIA

Titulado:

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL MONTE RIBEREÑO DEL RÍO MAJES, MEDIANTE
LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE QBR, AREQUIPA 2023**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO AMBIENTAL

**29727348 - LAZARTE ARREDONDO SONIA
DICTAMINADOR**



**46769238 - CHANOVE MANRIQUE ANDREA MARIETA
DICTAMINADOR**



**29407277 - ZEBALLOS PATRON HORACIO
DICTAMINADOR**



Evaluación de la calidad ecológica del monte ribereño del río Majes, mediante la aplicación del índice QBR, Arequipa 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

33%

INDICE DE SIMILITUD

32%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repository.usta.edu.co

Fuente de Internet

5%

2

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.unasam.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.scielo.org.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

1%

6

www.so-rummet.se

Fuente de Internet

1%

7

hdl.handle.net

Fuente de Internet

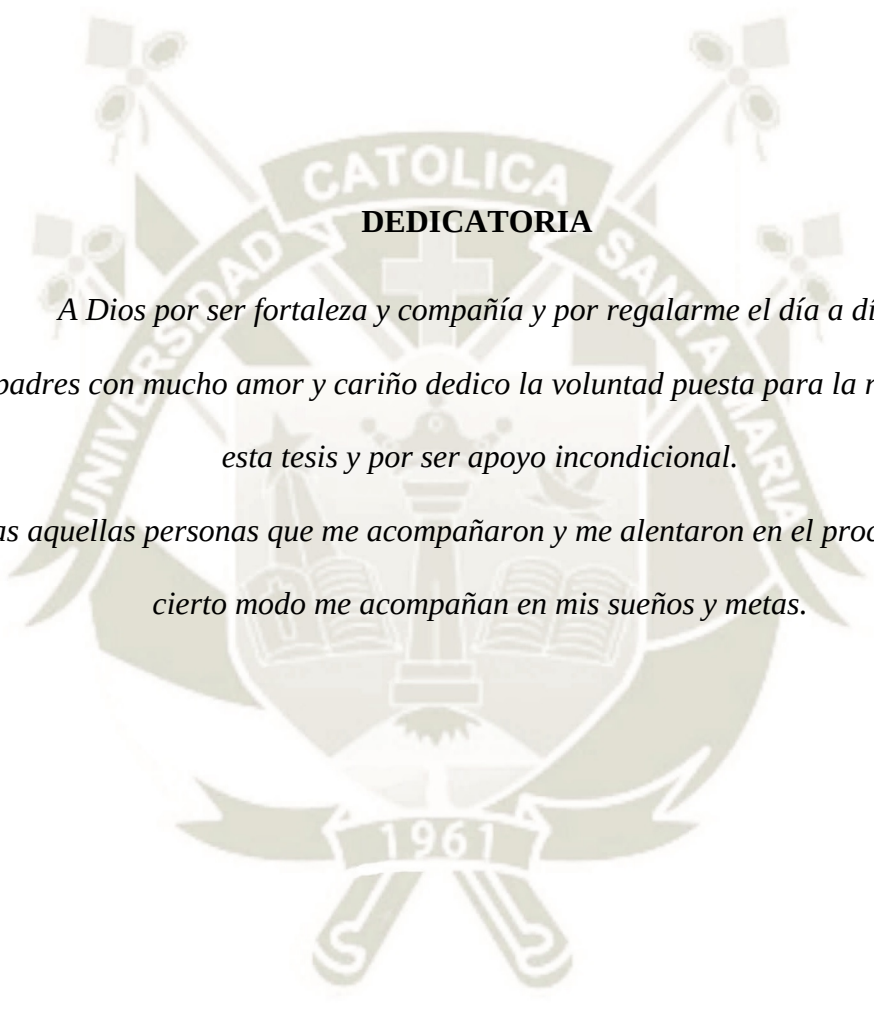
1%

8

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

1%



DEDICATORIA

A Dios por ser fortaleza y compañía y por regalarme el día a día.

A mis padres con mucho amor y cariño dedico la voluntad puesta para la realización de esta tesis y por ser apoyo incondicional.

A todas aquellas personas que me acompañaron y me alentaron en el proceso y que de cierto modo me acompañan en mis sueños y metas.

AGRADECIMIENTO

*Mi gratitud a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental,
a mi asesor de tesis, Dr. Armando Arenazas Rodríguez, por su ayuda, dedicación y
asesoramiento y a los docentes que durante la etapa universitaria
con su ejemplo y enseñanzas influyeron grandemente en mi formación profesional.*

RESUMEN

Se realizó un estudio en el monte ribereño del río Majes que permitió tener una aproximación a la calidad ambiental (o ecológica), mediante la utilización del Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR). La investigación se llevó a cabo entre agosto y setiembre (temporada seca) del 2023, determinando 12 puntos de muestreo, iniciando en el distrito de Ongoro y tomando el último punto en Corire, donde se registró y evaluó el índice QBR, para lo cual se registraron datos de la cubierta vegetal, la estructura de la cubierta vegetal, y se evaluó la vegetación por estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo), calidad de la cubierta vegetal, y el grado de naturalidad del canal pluvial, y como resultado se obtuvo que el nivel de índice de calidad, en los puntos muestreados presentan una degradación extrema o calidad pésima, como también otros puntos manifestaron un estado de alteración fuerte o mala calidad, por lo tanto, se concluye que el bosque está siendo intervenido por actividad antrópica, y parte del dique rocoso construido para la prevención de inundaciones, afirmando que los efectos de las actividades humanas provocan una fuerte degradación de los ecosistemas riparios y la calidad del agua, influyendo negativamente el puntaje de los índices evaluados.

Palabras claves: Río Majes, índice QBR, ecosistema ripario.

ABSTRACT

A study was carried out in the riparian forest of the Majes River that allowed an approximation to the environmental (or ecological) quality, through the use of the Riparian Forest Quality Index (QBR). The research was carried out between August and September (dry season) of 2023, determining 12 sampling points, starting in the Ongoro district and taking the last point in Corire, where the QBR index was recorded and evaluated, for which data on the vegetation cover, the structure of the vegetation cover were recorded, and the vegetation was evaluated by strata (arboreal, shrub and herbaceous), quality of the vegetation cover, and the degree of naturalness of the storm drain, and as a result it was obtained that the quality index level, at the sampled points, presents extreme degradation or very poor quality also other points showed a state of strong alteration or poor quality, therefore, it is concluded that the forest is being intervened by anthropic activity, and part of the rock dam built for flood prevention, stating that the effects of human activities cause a strong degradation of riparian ecosystems and water quality, negatively influencing the scores of the indexes evaluated.

Keywords: Majes River, QBR index, riparian ecosystem.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION 1

CAPÍTULO I 3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

1.1. Formulación del Problema 4

1.2. Justificación 6

1.3. Hipótesis 9

1.4. Variables 9

1.5. Objetivos 10

1.5.1. Objetivo General 10

1.5.2. Objetivos Específicos 10

CAPÍTULO II 11

2. FUNDAMENTO TEÓRICO 12

2.1. Antecedentes de la investigación 12

2.2. Marco teórico 17

2.2.1. Cuencas hidrográficas 17

2.2.2. Índice QBR 18

2.2.3. Diferencia entre calidad ecológica y calidad ambiental 22

2.2.4. Ecosistema de Monte Ribereño	23
2.3. Marco legal	25
CAPÍTULO III	27
3. METODOLOGÍA	28
3.1. Tipo y nivel de investigación	28
3.2. Diseño de la investigación	28
3.3. Métodos	28
3.3.1. Área de estudio	28
3.3.2. Población y muestra	29
3.3.3. Materiales y equipos	30
3.4. Metodologías	31
3.4.1. Describir los factores meteorológicos, temperatura, velocidad del viento, precipitación y humedad, del distrito de Aplao, Majes.	31
3.4.2. Determinar el índice QBR en los puntos de muestreo del monte ribereño del río Majes	32
3.4.3. Determinar la calidad del monte ribereño del río Majes.	35
3.4.4. Proponer acciones para revertir la degradación del monte ribereño del río Majes.	36
CAPÍTULO IV	37
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Descripción de los factores meteorológicos, temperatura, velocidad del viento, precipitación y humedad, del distrito de Aplao, Majes.	38
a) Clima	38
b) Precipitación	39

c) Velocidad del viento	40
4.2. Determinación del índice QBR en los puntos de muestreo del monte ribereño del río Majes	43
4.2.1. Área de observación	43
4.2.2. Elección del número de puntos de muestreo	47
4.2.3 Aplicación del índice QBR	49
4.3. Determinación de la calidad del monte ribereño del río Majes.	59
4.4. Propuesta de acciones para revertir la degradación del monte ribereño del río Majes	63
CAPÍTULO V	65
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1. CONCLUSIONES	66
5.2. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla Calidad ecológica del monte ribereño del río Majes, mediante la aplicación del índice QBR, Arequipa 2023	10
Tabla 2. Niveles de calidad de índice de QBR	19
Tabla 3. Listado de flora en el área de estudio	44
Tabla 4. Zonas de estudio monte ribereño.	48
Tabla 5. Puntaje de grado de cubierta QBR.	49
Tabla 6. Puntaje de la estructura de la cubierta QBR	52
Tabla 7. Puntaje de la calidad de la cubierta.	55
Tabla 8. Grado de naturalidad del canal fluvial	57
Tabla 9. Parámetros de evaluación del índice	59
Tabla 10. Nivel de calidad del índice QBR.	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la sección transversal de un río (Acosta et al., 2014)	24
Figura 2. Mapa de localización del área de estudio y ubicación de puntos de muestreo en el río Majes (Elaboración propia)	29
Figura 3. Mapa del área de estudio, se muestra con los puntos de muestreo a lo largo del río Majes entre Ongoro y Corire, departamento de Arequipa, suroeste del Perú.	30
Figura 4: Área de aplicación del índice QBR (Guía del índice QBR)	33
Figura 5. Temperaturas máximas Aplao (Elaboración Meteoblue 2024)	39
Figura 6. Precipitaciones de Aplao (Elaboración Meteoblue 2024)	40
Figura 7. Velocidad de viento en Aplao (Elaboración Meteoblue 2024)	41
Figura 8. Rosa de viento en Majes, Corire (Elaboración Meteoblue 2024)	42
Figura 9. Grado de cobertura de la ribera	50
Figura 10. Cobertura vegetal por punto	51
Figura 11. Estructura de la cubierta.	53
Figura 12. Estructura de la cubierta vegetal del área estudiada	54
Figura 13. Calidad de la cubierta.	56
Figura 14. Grado de calidad y naturalidad del canal pluvial	58
Figura 15. Parámetros de evaluación de índice de QBR	60
Figura 16. Descripción de puntos de muestreo	86

INTRODUCCION

El ecosistema de monte ribereño, descrito por Weberbauer (1945) y Koepcke (1954), engloba comunidades vegetales que actúan como transición entre los ecosistemas acuáticos y terrestres. Estas comunidades están adaptadas a inundaciones temporales que varían según la estación, teniendo un impacto significativo en los sistemas acuáticos al proporcionar nutrientes, regular el ciclo hidrológico y mejorar la calidad del agua, según lo mencionado por Ceccon (2003). Los bosques ribereños son un componente ecológicamente relevante de los sistemas fluviales, caracterizados por su alta productividad y diversidad biológica, como señaló Bren (1993). Estos bosques forman corredores de gran valor ecológico, bioclimático y territorial, según lo indicado por Rodríguez et al. (2016), al mismo tiempo que ofrecen hábitats para una amplia variedad de especies, como mencionó Mendoza *et al.* (2014). Además, contribuyen a fortalecer la vegetación de una zona al aumentar la capacidad de retención del suelo en la ribera, mejorar la calidad del agua y prevenir la erosión, según lo expuesto por Welsch (1991).

En la actualidad, el río Majes, uno de los más grandes y caudalosos que cruza la parte baja de la provincia de Castilla en el departamento de Arequipa, está siendo afectado por la intervención humana. La contaminación doméstica, agrícola y los vertidos mineros ilegales e informales están perturbando su ecosistema fluvial y biodiversidad, según el informe de IMARPE (2007). A pesar de ser crucial para el equilibrio ecológico y el desarrollo, el río Majes enfrenta una amenaza a su conservación debido a la falta de estudios que reconozcan su importancia tanto para la biodiversidad como para el progreso social y económico a nivel local y regional, según la ANA (2015).

El objetivo principal de este estudio es llevar a cabo un análisis exhaustivo y detallado de la calidad ambiental del bosque ribereño ubicado a lo largo de las orillas del río Majes. Este análisis se realizará a través de la implementación y aplicación rigurosa del Índice de Calidad de Bosque de la Ribera (QBR), con el fin de identificar áreas de mejora y establecer estrategias efectivas para la gestión sostenible de este valioso ecosistema.





CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del Problema

Las diversas comunidades vegetales que se encuentran en las zonas de ribera desempeñan un papel crucial en el mantenimiento del equilibrio de estos ecosistemas, ya que actúan como ecotonos entre el ambiente acuático y terrestre, presentando una amplia gama de características que contribuyen significativamente a la provisión de diversos servicios ecosistémicos esenciales para el beneficio colectivo; entre estos servicios se incluye la provisión de materias primas de origen natural, recursos medicinales y ornamentales de gran valor (Agredo *et al.*, 2021). Además, estas comunidades vegetales desempeñan un papel fundamental en la regulación del clima local, así como en la contribución a la formación y conservación de suelos fértiles. Desde una perspectiva cultural, estas zonas ribereñas ofrecen un espacio de recreación único, un paisaje estético y turístico que invita al esparcimiento, la realización de actividades culturales y espirituales, y que sirve como escenario propicio para la educación ambiental y la realización de investigaciones científicas de relevancia (Carrasco *et al.*, 2014).

En general, estas comunidades enfrentan múltiples riesgos, sobre todo debido a acciones humanas como la tala de árboles y la expansión de la agricultura (Zapata, 2018), que gradualmente han disminuido la cantidad de plantas, deteriorado la pureza de los cuerpos de agua y perjudicado completamente la oferta de los servicios naturales mencionados anteriormente (Carrasco *et al.*, 2014).

En Perú, la alteración causada por el ser humano está afectando negativamente a las comunidades vegetales, lo que resulta en la disminución del valor ecológico y biológico del bosque ribereño. Estos cambios son provocados por actividades humanas como la modificación del uso del suelo, la explotación irracional de los recursos naturales, la expansión de la agricultura, el crecimiento de las ciudades, la deforestación, los incendios y la incorrecta gestión de los desechos sólidos. Además, estas comunidades vegetales se ven perjudicadas por fenómenos naturales como la erosión de las orillas de los ríos, la escorrentía y las alteraciones climáticas a largo plazo.

En Arequipa, el progreso está estrechamente ligado a los ríos Chili-Vitor-Quilca y Majes-Camaná, así como a sus cuencas. A pesar de la importancia de estos cuerpos de agua, la mayoría de los residuos producidos en la ciudad y sus alrededores terminan contaminándolos. A su vez, a pesar de la presencia de extensos bosques ribereños que albergan una rica diversidad de plantas y animales, se ha prestado escasa atención a los posibles efectos negativos que su degradación o desaparición podrían ocasionar, según Montesinos *et al.* (2019).

En el sur de Perú se halla la cuenca del río Colca-Majes-Camaná, que mayormente engloba el departamento de Arequipa. El río Colca, junto con el río Molloco y otros afluentes, conforman el río Majes, un elemento vital para el equilibrio ecológico y el progreso. Este río alberga 14 ecosistemas esenciales, pero su preservación se ve comprometida por la escasez de investigaciones que reconozcan su relevancia ecológica, tanto para la protección de la diversidad biológica como para el avance social y económico a nivel local y regional (ANA, 2015).

Por eso es crucial mejorar la gestión ambiental adecuada de los bosques cercanos a los ríos, lo cual es fundamental para evaluar la calidad ambiental de estos ecosistemas. Por consiguiente, este estudio tiene como objetivo analizar la calidad ecológica del bosque ribereño del río Majes a través del uso del índice de calidad de ribera (QBR), el cual se considera viable desde un punto de vista técnico y científico, dado que se emplearon métodos y procedimientos estandarizados para su implementación.

1.2. Justificación

Justificación ambiental

Los bosques que crecen junto a los ríos y arroyos son considerados como ecosistemas críticos, ya que son vecinos cercanos de estas corrientes de agua. Son hábitats únicos que albergan una diversidad extraordinaria de vida. Estos bosques desempeñan un papel crucial en la protección de la calidad del agua al filtrar sustancias contaminantes y mantener la estabilidad de los suelos. Además, ofrecen una variedad de servicios ecológicos esenciales, como regulación, abastecimiento, soporte y culturales. Si su calidad ecológica se deteriora, el equilibrio ambiental puede sufrir graves consecuencias.

En consecuencia, resulta esencial promover estudios que se centren en analizar la salud ambiental de estos ecosistemas con el fin de fomentar el compromiso con su preservación.

La importancia de este estudio radica en la posibilidad de descubrir la excelencia del bosque que bordea el río Majes, identificándolo como un ecosistema clave para preservar y resguardar las fuentes de agua en la superficie, en consonancia con los propósitos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible estando los Objetivos 13 (lucha contra el cambio climático) y 15 (Flora y fauna terrestre) (Morales, 2021).

Las altas precipitaciones en la parte alta de la cuenca originan un aumento del caudal, esta crecida puede provocar erosión en algunos sectores del monte ribereño y modificaciones en el cauce de río; en ecología este tipo de eventos originan una sucesión secundaria que ocurre luego de la pérdida de la vegetación previa por causas naturales y cuyo fenómeno conlleva a la posterior recuperación del ecosistema (Montesinos et al., 2019). Motivo por lo cual esta investigación se realizó durante la temporada seca o de estiaje, la cual abarca los meses de marzo a diciembre, donde el caudal del río es más bajo, la vegetación más estable y el acceso más seguro y factible a las zonas ribereñas, lo cual facilita la realización de observaciones y mediciones como el grado de cobertura, estructura y calidad de la cubierta vegetal, componentes esenciales para calcular el índice QBR. En temporada húmeda, la vegetación se ve afectada por el crecimiento estacional del caudal del río, propio de la temporada. Además, el aumento del caudal puede ocasionar desbordamientos, erosión en el monte ribereño, dificultando o imposibilitando el acceso a ciertos puntos de muestreo y modificando la estructura del monte de ribera.

Justificación social

Debido a que el río Majes abastece de agua a las comunidades cercanas, tanto para beber como para regar los cultivos, es esencial que la salud del río sea óptima para proteger la salud pública y mantener las actividades humanas en la zona. Por consiguiente, analizar la calidad ecológica de la vegetación que crece en sus orillas serviría como punto de referencia para preservar los recursos naturales que ofrece este curso de agua.

Así mismo, la aplicación del índice QBR, puede ser replicado en otros ríos, como el Río Camaná o el Río Santa para la evaluación de la expansión agrícola y urbana, en caso de la zona sierra se podría utilizar el índice con su variación QBR-and, el cual adapta parámetros relacionados con la altitud y clima.

Justificación económica

El río Majes destaca como el más extenso de la costa peruana, siendo uno de los más caudalosos en todo el territorio peruano, después del río Santa en Áncash, el cual es fundamental para impulsar las actividades económicas locales. Sus aguas nutren las zonas de cultivo, especialmente para la producción de arroz. Los bosques que bordean sus orillas albergan una diversidad de vegetación silvestre, como sauces y huarangos, que se utilizan como materia prima en la industria manufacturera. Por consiguiente, la evaluación de la calidad ecológica del río puede proporcionar las herramientas necesarias para preservar el ecosistema ribereño, generando un impacto económico positivo a largo plazo. La gestión sostenible de estos recursos garantiza su disponibilidad para las futuras generaciones, respaldando así una economía sostenible a largo plazo.

Justificación tecnológica

El Índice de Calidad de Bosque Ribereño (QBR) es una herramienta tecnológica diseñada para la evaluación rápida, accesible y eficiente de la calidad ecológica de los ecosistemas ribereños. Su uso está justificado desde un punto de vista tecnológico por las siguientes razones, emplea un protocolo estandarizado que permite la recolección y análisis de datos de manera uniforme. Esto asegura que los resultados obtenidos sean comparables entre diferentes áreas de estudio y periodos temporales. Además, su metodología ha sido validada en diversas regiones geográficas, demostrando su adaptabilidad tecnológica en distintos contextos ecológicos y climáticos, puede complementarse con sistemas de información geográfica (SIG) y técnicas de teledetección para ampliar su alcance. Por ejemplo, imágenes satelitales pueden ser usadas para mapear grandes extensiones de bosque ribereño, mientras que el análisis SIG permite evaluar patrones de conectividad ecológica y los impactos a nivel de paisaje, además de que la facilidad y rapidez del

método lo convierten en una herramienta tecnológica valiosa para la gestión ambiental donde los resultados del QBR proporcionan indicadores claros y cuantificables que pueden ser usados por ingenieros ambientales, gestores y tomadores de decisiones para diseñar estrategias de conservación, restauración y mitigación de impactos.

La metodología del QBR puede ser incorporada en programas de formación para profesionales y técnicos, aumentando la capacidad tecnológica de las comunidades locales y regionales para evaluar y gestionar sus ecosistemas ribereños.

1.3. Hipótesis

El índice QBR, permite determinar que la salud del bosque que bordea el río Majes se ve perjudicada por la influencia humana, como la contaminación y la edificación evasiva, generando consecuencias en la variedad, riqueza y cantidad de plantas en este hábitat natural.

1.4. Variables

Evaluación de la calidad ecológica del monte ribereño del río Majes, mediante la aplicación del índice QBR, Arequipa 2023.

Tabla 1. Tabla Calidad ecológica del monte ribereño del río Majes, mediante la aplicación del índice QBR, Arequipa 2023

Definición conceptual	Variables	Indicadores de medida
Monte ribereño: La zona de ribera definida en base a la forma de una sección transversal idealizada del canal de un río, es un área que esta entre el nivel más bajo del flujo de una corriente y el punto más alto de transición entre el canal y la llanura de inundación (Lovett,1998).	Grado de cobertura de vegetación de ribera	% de cobertura de toda la vegetación
	Estructura de la cobertura vegetal	% de la cobertura vegetal
	Calidad de la cobertura vegetal	Tipo geomorfológico
	Grado de naturalidad del canal fluvial	% (pendiente)

Modificado (Hoyos *et al.*, 2018)

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Evaluar la calidad ecológica del monte ribereño del río Majes, mediante la aplicación del índice QBR

1.5.2. Objetivos Específicos

- Describir los factores meteorológicos, temperatura, velocidad del viento y precipitación, del distrito de Aplao, Majes.
- Determinar el índice QBR en los puntos de muestreo del monte ribereño del río Majes
- Determinar la calidad del monte ribereño del río Majes.
- Proponer acciones para revertir la degradación del monte ribereño del río Majes.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Las franjas ribereñas representan la conexión entre ecosistemas terrestres y acuáticos a lo largo de los ríos continentales (Cavaille *et al.*, 2017). De igual forma, los bosques ribereños son una parte crucial de los sistemas fluviales, destacándose por su gran productividad y diversidad biológica (Bren, 1993), proporcionando hábitats para diversas especies (Mendoza *et al.*, 2014). Además, contribuyen a fortalecer la vegetación de la zona al fijar el suelo de las orillas, mejorar la calidad del agua y prevenir la erosión. Se ha puesto especial atención en encontrar formas de prevenir la erosión en estas áreas (Anders *et al.*, 2020). A pesar de ello, los hábitats de agua dulce en todo el mundo están experimentando un deterioro ecológico, lo que demanda acciones urgentes de gestión y cambios en la legislación para revertir esta situación (Tolkkinen *et al.*, 2021). Aunque son vitales, los entornos ribereños, sobre todo los de zonas semiáridas mediterráneas, se encuentran en peligro debido a su alta sensibilidad a las alteraciones y a la influencia humana, según (Garófano-Gómez *et al.*, 2013).

El índice QBR (Qualitat del Bosc de Ribera) surgió para valorar la excelencia de los bosques que bordean los ríos mediterráneos en España (Munné *et al.*, 1998). Se fundamenta en cuatro pilares conceptuales: la cobertura vegetal en su totalidad, la estructura de dicha cobertura, su calidad y las perturbaciones en el curso del agua. Desde entonces, varios estudiosos han perfeccionado y adaptado este índice a sus áreas de investigación particulares (Segura *et al.*, 2023), empleándolo para descubrir condiciones de referencia o evaluar la escala de factores estresantes en el análisis de la calidad biológica de la DMA, como los macroinvertebrados bentónicos, los peces y los macrófitos (Chatzinikolaou *et al.*, 2011). Esta técnica no se restringe a pruebas de campo,

sino que también puede integrarse con datos geográficos y técnicas de teledetección (Wiatkowski *et al.*, 2018).

En un estudio de investigación, "Exploración de indicadores biológicos e índices para evaluar la calidad ecológica del río Mashcón, en Cajamarca – Perú 2021", se analizó la calidad del bosque ribereño del río mediante un enfoque cuantitativo y no experimental, dividiendo el río en tres secciones separadas por una distancia de aproximadamente 660 metros (Correa *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos en dicha investigación revelaron una calidad considerada como "buena", aunque no alcanzó el nivel "óptimo", situación que se debe en gran medida a la presencia de residuos domésticos y actividades agrícolas en los alrededores de la cuenca del río. Por otro lado, una parte del río estudiado, mostró una calidad "deficiente", influenciada también por la actividad humana, la generación de focos infecciosos debido a la presencia de residuos domésticos, entre otros factores (Correa *et al.*, 2015).

En el estudio realizado por Alomia *et al.* (2017), se llevó a cabo la evaluación de la Calidad de ribera andino (QBR-And) (Kutschker *et al.*, 2009) mediante la recolección de una muestra representativa de flora arbustiva y arbórea. Para la aplicación del índice QBR-And en el lugar, se exploraron en ambos lados del río, distinguiendo entre el bosque ribereño y el canal principal. Se identificaron las áreas propensas a inundaciones y se emplearon diversos indicadores, como terrazas fluviales, vegetación de ribera y señales de inundaciones. Este enfoque considera las distintas formaciones vegetales andinas y sus variados tipos de riberas, como las rocosas, páramos y punas

Por otro lado, en el estudio "Calidad del bosque de ribera en la cuenca del Río Utcubamba, Amazonas, Perú", Gamarra y su equipo se propusieron determinar la calidad del bosque

ribereño en la cuenca del río. Llevaron a cabo inventarios de plantas en 43 puntos de muestreo a lo largo del río principal y sus afluentes. Posteriormente, emplearon el índice QBR para valorar el índice del bosque de la ribera (Gamarra *et al.*, 2018). Los resultados revelaron que la calidad ecológica del área disminuye de las zonas altas a las bajas, siendo los ríos que desembocan en el Utcubamba los que presentan una calidad ecológica superior. Se concluyó que la disminución de la calidad ecológica en las áreas bajas del río se debe principalmente a actividades humanas, especialmente relacionadas con la agricultura y la ganadería.

En el estudio de Montesinos *et al.*, (2019), “Diversidad florística, comunidades vegetales y propuestas de conservación del monte ribereño en el río Chili (Arequipa, Perú)”, los investigadores se propusieron explorar la variedad de plantas en el bosque ribereño a lo largo de todo el curso del río Chili en Arequipa. Para lograrlo, escogieron 45 áreas para recolectar muestras y clasificaron la flora siguiendo el enfoque fitosociológico de Braun-Blanquet con la ayuda del programa TWINSpan Montesinos *et al.* (2019) Descubrieron que las especies endémicas predominan en áreas con rocas expuestas, mientras que las especies nativas se distribuyen a lo largo del río. También observaron que las especies introducidas son más comunes en la parte central del río que atraviesa la ciudad. En resumen, concluyeron que, para proteger esta diversidad de plantas, es esencial que los procesos de planificación y gestión en la cuenca del río Chili sean continuos, con seguimiento y participación activa de la comunidad. Asimismo, las autoridades deben liderar y mejorar los planes a largo plazo para conservar el bosque ribereño.

Trama *et al.* (2020), En su estudio, se recolectaron datos de la evaluación de la vegetación ribereña en cada área de muestreo de la cuenca estudiada, a través de la observación sistemática. Se recolectaron datos de cuatro categorías que agrupan diversos atributos de

las riberas: la cubierta vegetal, la estructura de la vegetación, la naturalidad y complejidad del bosque ribereño, y el grado de alteración del canal fluvial. Se estableció una calidad óptima y en estado natural con un valor superior a 95; de 90 a 75 representa una calidad aceptable con ligeras perturbaciones; de 70 a 55 se refiere a una calidad aceptable, pero con inicio de una alteración significativa; de 30 a 50 se refiere a una calidad deficiente y con una degradación extrema; y de 25 a 50 se refiere a una calidad deficiente y degradación severa. Cada categoría tiene la capacidad de acumular un máximo de 25, mientras que 100 representaría el valor total del QBR-And para un ecosistema fluvial perfectamente preservado. Además, se recopiló información relativa a la vegetación fluvial en diversas zonas de la cuenca, empleando como método de recolección la observación.

Carrasco et al. (2014), en su estudio “Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial” tuvo como propósito analizar la calidad de la vegetación ribereña mediante el índice QBR. Sus hallazgos indicaron que la calidad de las cuencas se ve afectada negativamente por la transformación de la vegetación natural en cultivos agrícolas, lo cual impacta en el equilibrio ecológico de los bosques de ribera. Se concluyó que la vegetación juega un papel crucial en estos ecosistemas, y que factores como la cobertura, estructura y composición de la vegetación influyen directamente en su calidad ecológica. Además, se destacó que el índice QBR es una herramienta accesible y fiable que puede ser utilizada en la toma de decisiones para el diagnóstico ambiental y la gestión adecuada de estos entornos.

En su investigación titulada “Análisis de la calidad del retiro ribereño para desarrollar estrategias de restauración ecológica del río La Miel, en Caldas – Colombia” (Posada et

al., 2015), llevaron a cabo un estudio no experimental con un enfoque cuantitativo. Adaptaron el índice QBR a la parte baja de la cuenca del río, evaluando 50 secciones a lo largo de 20 km del río La Miel. El objetivo principal era analizar la calidad del entorno ribereño en una sección específica de la cuenca. Siguiendo la metodología propuesta por Munné y su equipo en 1998 y 2003, aplicaron el índice QBR de manera independiente en cada margen, generando así 100 puntos de muestreo. Los resultados mostraron que el 86% de la zona evaluada presentaba una calidad considerada "no óptima", mientras que solo el 14% mostraba una buena conectividad en la cobertura de bosque natural.

Rodríguez et al. (2016) realizaron la investigación "Caracterización de la calidad ecológica del bosque de galería del río La Saucedá, Durango, México", propusieron analizar la calidad ecológica de un bosque de ribera. Para lograrlo, emplearon el índice de calidad de bosque de ribera, conocido como QBR, debido a su sencillez y rapidez en la evaluación. Los resultados revelan que los bosques examinados presentan deficiencias en su calidad ecológica, lo que confirma la utilidad del índice para evaluar la hidromorfología de los ríos y sus ecosistemas ribereños. Se deduce que la disminución en la calidad ecológica y la pérdida de bosque de ribera se deben a la expansión de la frontera agrícola y la construcción de presas sin un diseño adecuado.

En el año 2019, se realizó una evaluación del bosque que bordea el río San Pedro de Sola en Tarija, Bolivia, con el objetivo de analizar su estado actual a través de factores fitosociológicos y ambientales (Sea, 2019). Para determinar la calidad del bosque ribereño, emplearon el índice QBR y se llevó a cabo un registro directo en una superficie de 16,93 hectáreas, utilizando seis transectos de 150 metros de longitud. Se encontró que en los tramos cuatro y seis, el índice QBR alcanzó un valor de 15, lo que señalaba un deterioro en la vegetación ribereña debido a la presencia de actividades agropecuarias e

infraestructuras para el suministro de agua potable y la protección de sistemas de producción, la calidad de la ribera se vio afectada negativamente por actividades humanas como la agricultura, la ganadería, el turismo y la tala de árboles. Se llegó a la conclusión de que las actividades humanas estaban impactando negativamente en la calidad de la vegetación en las riberas.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Cuencas hidrográficas

Una cuenca hidrográfica se define como un territorio natural que retiene el agua de las precipitaciones y a través del cual se desplaza la precipitación y la escorrentía hacia una única salida de la cuenca. Este territorio se distingue por su demarcación topográfica, también denominada parte-agua, que culmina en un cauce común (FAO 1993) Este territorio se distingue por ser una fuente natural de suministro de agua, con necesidades sociales particulares vinculadas a los sectores económico, cultural, social y político que constituyen la sociedad (Aguilar, 2007).

A. Cuenca Colca- Majes – Camaná

La región del río Camaná-Majes-Colca, se sitúa al sur de Perú, abarcando principalmente el Departamento de Arequipa, con una porción menor en el sur de Cusco y otra en el oeste de Puno. Su extensión es de 17152,73 km². El río Colca, junto con el río Molloco y otros afluentes secundarios, conforman el río Majes, que desemboca en el Océano Pacífico bajo el nombre de Camaná (Ticona *et al.*, 2024).

El relieve de la cuenca es muy irregular y pertenece a la Cordillera Occidental de los Andes. El estudio se sitúa en la región geográfica conocida como Cordillera de Costa,

que es un conjunto de montañas formadas por rocas metamórficas (gneis) e intrusivas. Esta cadena montañosa se extiende en dirección noroeste a sureste, muy cerca de la costa; en ciertos tramos, alcanza alturas de hasta 1000 metros sobre el nivel del mar y tiene un ancho que oscila entre 15 y 21 kilómetros.

La variación de temperatura por cada 100 metros de altura es de $0,6^{\circ}\text{C}$, cambiando desde un clima semi cálido (aproximadamente 19°C) en la zona costera a un clima frío (3°C) en la región de la puna. Este análisis se llevó a cabo en la región costera, la cual se caracteriza por ser semicálida y extremadamente seca, desde la costa hasta los 2000 metros sobre el nivel del mar. Las lluvias son escasas y poco frecuentes, con un promedio anual de 2 a 12 mm, mientras que la humedad relativa varía entre 60 y 90%. La temperatura en esta área fluctúa entre $15,7^{\circ}\text{C}$ (julio-agosto) y $23,0^{\circ}\text{C}$ (enero-marzo). La vegetación natural de esta región incluye sauces, molles, cañas bravas, pájaros bobos, huarangos, chilcos, chilhuas, arbustos y cactus como candelabros y taras (Chira *et al.*, 2011).

2.2.2. Índice QBR

De acuerdo con Munné y colaboradores (1998a, 1998b, 2003), el índice "QBR" de procedencia catalana, que significa "Qualitat del Bosc de Ribera", es una herramienta empleada para evaluar la calidad de la vegetación en las riberas en el lugar mismo. Este índice se fundamenta en la recopilación de diversas características y elementos del entorno ribereño, los cuales se clasifican en cuatro categorías principales: la extensión de la cobertura vegetal, la configuración de la vegetación, la calidad de la cubierta vegetal y el estado de conservación del cauce fluvial. Este índice, que oscila entre 0 y 100, se

calcula sumando los valores de cada una de estas secciones en una escala del 0 al 25 (Fernández *et al.*, 2009).

Los niveles se clasifican en cinco categorías distintas (Tabla 2): superiores a 95 indican una calidad estándar; superiores a 75 indican una calidad excelente; entre 70 y 55 señalan una calidad aceptable; entre 30 y 50 indican una calidad deficiente; y por debajo de 25 indican una calidad muy baja (Suárez *et al.*, 2002).

Tabla 2. Niveles de calidad de índice de QBR

Nivel de Calidad		Valor Índice QBR	Coloración
Muy bueno	Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural	> 95	Azul
Bueno	Bosque ligeramente perturbado	75 – 90	Verde
Moderado	Inicio de alteración importante	55 – 70	Amarillo
Deficiente	Alteración fuerte	30 – 55	Naranja
Malo	Degradación extrema	< 25	Rojo

Munné *et al.* (1998a, 1998b, 2003).

Este índice se emplea para valorar la excelencia de la flora que crece en las zonas costeras, lo cual amplía el entendimiento de la situación de preservación de los ecosistemas litorales y su diversidad biológica, y colabora en la toma de decisiones relacionadas con la administración ambiental de dichos ecosistemas (Noss, 1990 citado en Carrasco *et al.*, 2014).

El Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR) para comunidades de bosques ribereños se compone de cuatro secciones:

a) Grado de cubierta vegetal de la zona de ribera

Para evaluar la cantidad de plantas que cubren el área, es necesario determinar el porcentaje de vegetación total, excluyendo las plantas que crecen solo por un año. Este cálculo incluye árboles, arbustos de diferentes tamaños, enredaderas, cañas y hierbas que permanecen verdes durante todo el año, tomando en cuenta ambos márgenes del río (Jáimez *et al.*, 2002).

Se empleará el método del índice QBR, el cual se fundamenta en la extensión de vegetación que cubre el suelo, sin tomar en cuenta su altura, la cual también será analizada. Se resalta la relevancia de la vegetación como parte fundamental del ecosistema del bosque ribereño. Es esencial recordar que los senderos sin pavimentar que midan menos de 4 metros de ancho no se consideran una barrera para el ecosistema cercano (Jáimez *et al.*, 2002).

b) Estructura de la cubierta vegetal de la zona de ribera

La evaluación se determina a partir del porcentaje de árboles y, en su defecto, arbustos en toda la zona de investigación, considerando ambos lados del río. Se deben considerar aspectos como la continuidad de los árboles o la presencia de manchas y coberturas irregulares. Por otro lado, se otorga una valoración más alta a la presencia de plantas acuáticas o semiacuáticas en la orilla y a la relación entre árboles y arbustos en este mismo lugar. Es relevante resaltar que se analizará la complejidad de la vegetación, ya que puede influir en una mayor diversidad biológica en la región. No obstante, es importante tener en cuenta que, si el bosque contiguo se extiende hasta la zona ribereña por razones geomorfológicas o hidrológicas, se considerará en la sección de cobertura y estructura,

aunque este no sea el caso y se empleará para evaluar la calidad de la cobertura (Jáimez *et al.*, 2002).

c) Calidad de la cobertura vegetal

Es esencial identificar el tipo de formación geográfica al principio, siguiendo las pautas del protocolo QBR. Después de identificarlo, se reduce la vegetación en la zona cercana al río. Los bosques en forma de cañón incrementan las evaluaciones, las cuales cambian dependiendo del porcentaje de cobertura en el área en cuestión. Además, se recomienda plantar diversas especies de árboles en una galería, desde la orilla del río hasta el borde de la ribera (Agència Catalana de l'Aigua, 2006).

Destaca la importancia de evaluar tanto la forma como el desnivel de ambos lados del río. La puntuación final se calculará sumando los valores de ambos lados. La existencia de islas en el río disminuirá la puntuación, mientras que la presencia de suelo rocoso y duro con escasa probabilidad de que crezca vegetación ribereña de alta calidad la aumentará. Además, las especies introducidas y naturalizadas no se tendrán en cuenta en el índice (Jáimez *et al.*, 2002).

d) Grado de naturalidad del canal fluvial

La transformación de las terrazas junto al río provoca cambios en el curso del agua, lo que resulta en una reducción del flujo, una modificación de sus márgenes y la creación de un lecho más regular; la agricultura y las actividades de extracción cerca del río generan este impacto, especialmente cuando se erigen construcciones sólidas como muros o paredes, lo que hace que los indicios de transformación sean más notorios; la existencia de cualquier tipo de estructura artificial en el lecho del río puede distorsionar la evaluación (Agencia Catalana de l'Aigua, 2006).

Es fundamental destacar que el índice QBR no considera las rutas alternativas empleadas para atravesar masas de agua y permitir el acceso a la estación de muestreo (Jáimez *et al.*, 2002).

2.2.3. Diferencia entre calidad ecológica y calidad ambiental

a) Calidad Ecológica

Según la definición de Costanza y Daly (1992), la calidad ecológica se centra en analizar la funcionalidad de los ecosistemas naturales, considerando la estructura de las comunidades vegetales, los ciclos biogeoquímicos y las interacciones entre los diferentes elementos. Este enfoque abarca todos los procesos que influyen en la integridad ecológica. Por otro lado, Gómez-Baggethun & de Groot (2007) describen la calidad ecológica como una condición esencial para preservar o recuperar la integridad y la capacidad de los ecosistemas, garantizando un funcionamiento sostenible y promoviendo la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos.

b) Calidad Ambiental

Para comprender la importancia de la calidad ambiental, es esencial considerar su definición. Según la Real Academia Española (2001), la calidad se refiere a las propiedades o características que nos permiten valorar algo. Por lo tanto, se trata de las circunstancias que hacen que la vida sea placentera y significativa en un determinado entorno (Benavides, 2011).

La comprensión del entorno como un sistema global compuesto por componentes naturales y artificiales de diversa índole física, química, biológica y sociocultural, y sus interacciones, está en constante transformación debido a la influencia de la actividad humana o fenómenos naturales que regulan o afectan la existencia y evolución de la vida.

La preservación de la calidad del entorno se fundamenta en la gestión de sustancias contaminantes presentes en los cuerpos de agua, aire y suelo, las cuales pueden tener un impacto negativo en el equilibrio ecológico de una región específica (Rojas, 2011).

2.2.4. Ecosistema de Monte Ribereño

El monte ribereño tiene su inicio en las márgenes de los ríos y está formado por conjuntos de árboles, arbustos, hierbas, plantas trepadoras y especies perennes. La vegetación en todas las cuencas es parecida en este tipo de monte, con ciertas especies que se vuelven más comunes y se desarrollan mejor a medida que se desplaza hacia el norte (Ferreyra, 1983).

Un ecosistema fluvial en armonía brinda una amplia gama de valiosos beneficios ambientales, por lo tanto, es esencial restaurar el bosque ribereño y cuidar minuciosamente el curso del río para mantener un equilibrio ecológico adecuado. El bosque ribereño alberga una vegetación distintiva en entornos acuáticos y subacuáticos, con más de 241 especies, entre las que destacan *Salix humboldtiana*, *Baccharis latifolia*, *Tessaria integrifolia* y *Tarasa capitata* (Montesinos *et al.*, 2019).

Cada cierto tiempo, entre 6 y 10 años, las márgenes de los ríos experimentan transformaciones en su flora. Estos cambios se originan por el incremento del caudal del río, provocado por lluvias más intensas de lo habitual. Desde una perspectiva ecológica, este tipo de eventos desencadenan una sucesión secundaria de sucesos que tienen lugar tras la pérdida de la vegetación anterior debido a causas naturales (Alcaraz, 2013, según Montesinos *et al.*, 2019).

El bosque que bordea el río es como un puente entre la tierra y el agua, su biodiversidad se ve influenciada principalmente por las propiedades del suelo, el nivel y la pureza del agua. Esto se debe a su habilidad para retener elementos como materia orgánica, sedimentos, nutrientes y sustancias contaminantes provenientes de las actividades agrícolas o ganaderas que se desarrollan cerca de estos ríos (Hampel *et al.*, 2014).

Una de las características más destacadas de estas colinas junto al río es la uniformidad con la que crecen las especies de árboles y arbustos, siguiendo las necesidades de agua, las particularidades del suelo y la luz que cada especie requiere (Aguilar, 2018).

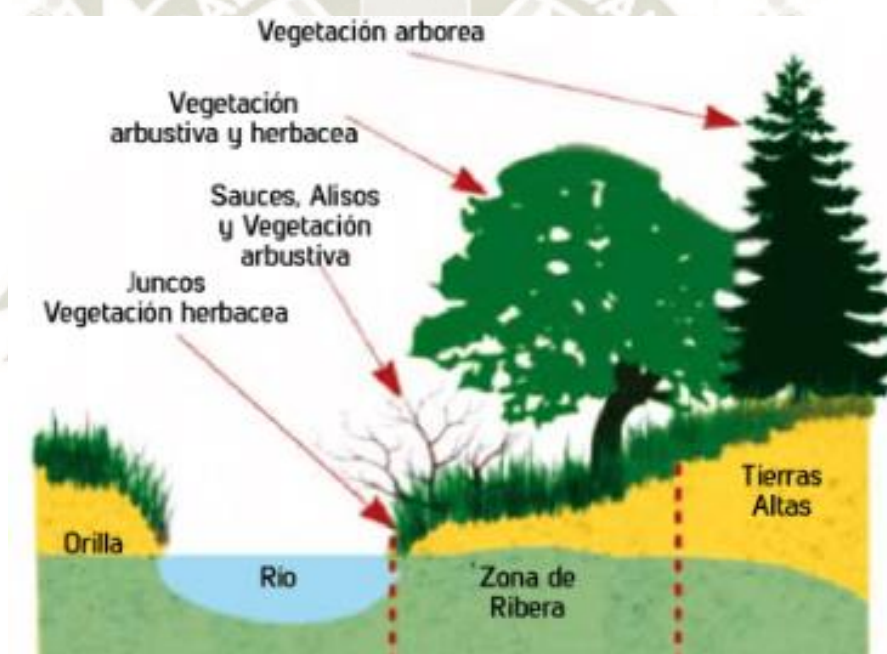


Figura 1. Esquema de la sección transversal de un río (Acosta *et al.*, 2014)

2.3. Marco legal

Constitución Política del Perú

Se reconoce como un derecho fundamental el poder disfrutar del derecho a residir en un entorno que sea armonioso y favorable para su crecimiento y bienestar, tal como se establece en el artículo 2, numeral 22 de la Constitución Política del Perú.

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente

En el artículo primero se establece que cada persona tiene el derecho fundamental de habitar en un entorno que promueva la salud, el equilibrio y sea propicio para el desarrollo integral, asimismo se señala la importancia de preservar la variedad biológica, fomentar la utilización responsable de los recursos naturales y promover el crecimiento sostenible de la nación de acuerdo a la Ley 28611 del Ministerio del Ambiente del año 2005.

Ley N° 29763, Forestal y Fauna Silvestre

El artículo primero de la ley Forestal y de Fauna Silvestre establece de manera detallada los derechos, deberes y responsabilidades que están vinculados con la utilización y explotación sostenible del valioso patrimonio forestal y de la variada fauna silvestre que posee el territorio nacional, según lo dispuesto por el Congreso de la República en el año 2015.

Ley N° 29338, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos

Esta legislación tiene como propósito principal la regulación y administración eficiente del aprovechamiento de los valiosos recursos hídricos disponibles en nuestro territorio. Asimismo, en su detallado artículo 111, se establecen de manera clara y precisa los parámetros y directrices que se deben seguir para la demarcación de las zonas ribereñas

en entornos acuáticos tales como ríos, arroyos, lagos, entre otros cuerpos de agua relevantes (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2010).

Decreto Supremo N° 023-2021-MINAM, Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030

Este decreto gubernamental tiene como objetivo principal incentivar y promover la búsqueda de soluciones efectivas para hacer frente a uno de los desafíos más apremiantes de la actualidad, que es la disminución progresiva de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos, los cuales son fundamentales para garantizar un desarrollo sostenible a largo plazo. Se espera que, gracias a las medidas implementadas, para el año 2023 se logre una notable reducción en la vulnerabilidad de los ecosistemas, así como la preservación y mantenimiento de la rica diversidad biológica que nos rodea, tal como lo establece el informe del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2021).



CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación se caracterizó por adoptar un enfoque metodológico cualitativo, no experimental y de alcance descriptivo, ya que no se llevó a cabo ninguna manipulación de las variables en estudio, sino que estas fueron observadas en función de su evolución en el contexto natural en el que se desenvuelven (Hernández, 2014).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental, ya que no existió ninguna manipulación de la realidad, midiendo la variable como se presenta; asimismo fue de corte transversal o transeccional, pues la recolección de datos fue en un momento del tiempo, tuvo un enfoque descriptivo observacional.

3.3. Métodos

3.3.1. Área de estudio

El área de estudio comprendió un tramo del cauce del río Majes, ubicada entre Ongoro y Corire.

Mapa de Localización del Área de Estudio

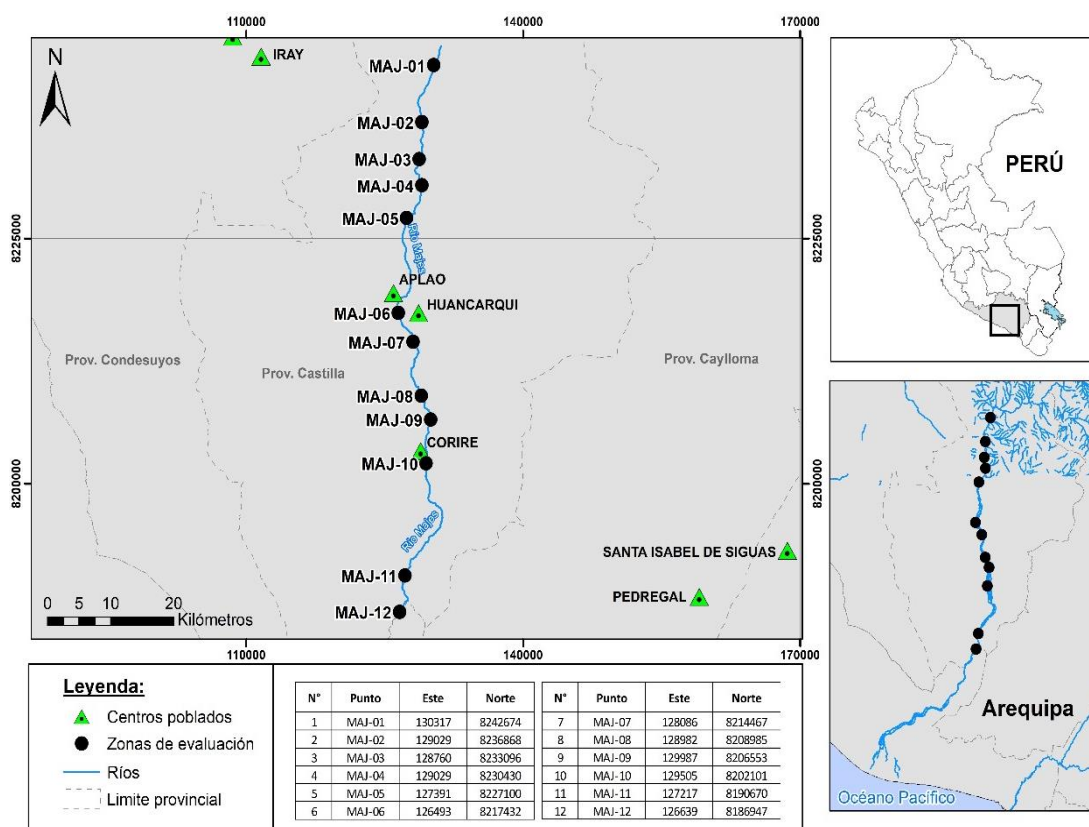


Figura 2. Mapa de localización del área de estudio y ubicación de puntos de muestreo en el río Majes (Elaboración propia)

3.3.2. Población y muestra

La población de estudio estuvo constituida por la flora presente en el monte ribereño de la cuenca del río Majes, donde se muestrearon 12 puntos distribuidos equitativamente ubicados en la cuenca del río Majes, el número de puntos se estableció, por la extensión del río estudiado, la accesibilidad y representatividad, considerando diferentes grados de intervención humana y así también a metodologías similares, de acuerdo a lo ejecutado por Gómez- Hoyos *et al.*, (2018), que utilizó número de puntos proporcional a la longitud del río, cada punto tuvo una observación de 150 m lineales en ambos lados de la ribera

del río Majes, los cuales se encuentran georreferenciados y ubicados en el siguiente mapa (Figura 3)

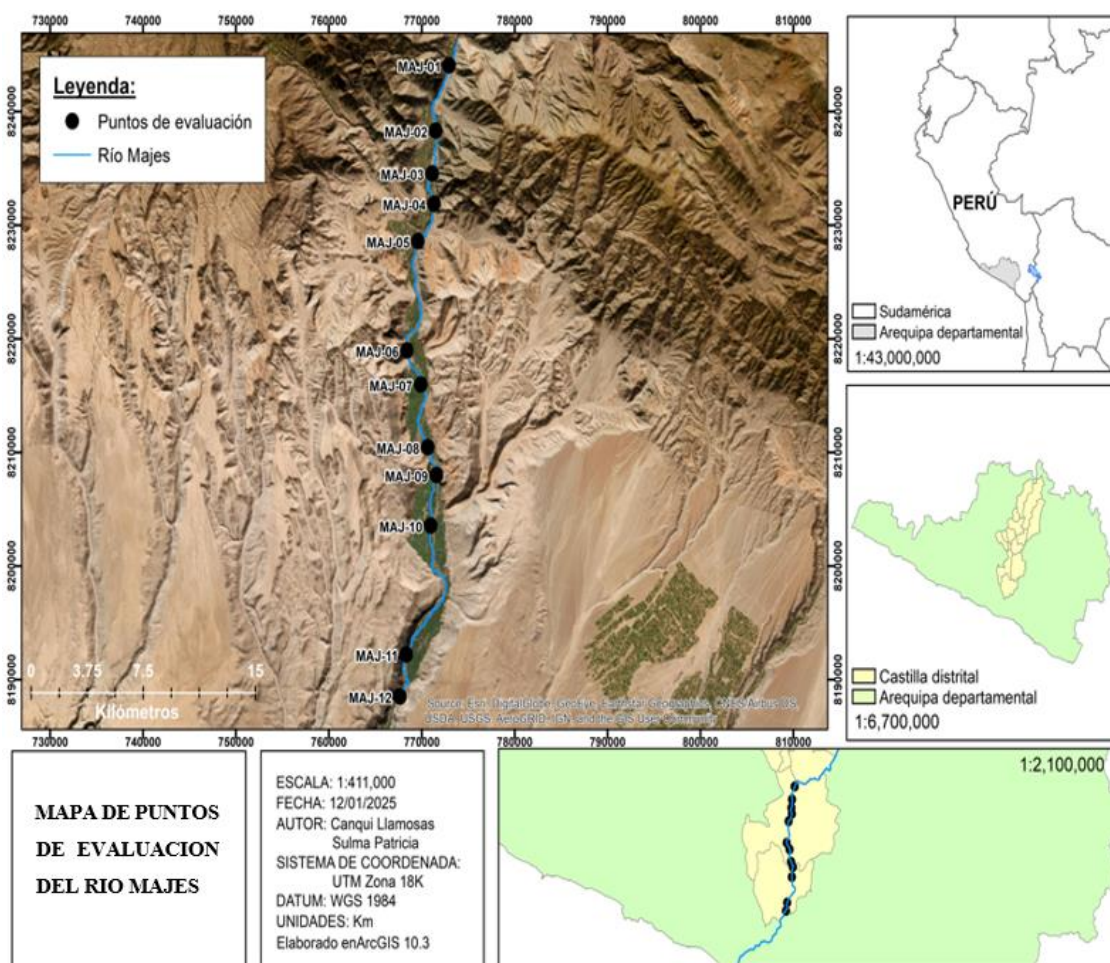


Figura 3. Mapa del área de estudio, se muestra con los puntos de muestreo a lo largo del río Majes entre Ongoro y Corire, departamento de Arequipa, suroeste del Perú.

3.3.3. Materiales y equipos

- Binoculares
- GPS
- Cinta métrica

- Computadora
- Cuaderno de campo
- Lapiceros
- Fichas de llenado con los parámetros del índice QBR
- Tablero
- Equipos de protección personal

3.4. Metodologías

3.4.1 Describir los factores meteorológicos, temperatura, velocidad del viento, precipitación y humedad, del distrito de Aplao, Majes.

Para obtener los datos meteorológicos se utilizó información del software "Meteoblue" que obtiene diagramas climáticos generados a partir de 30 años de simulaciones detalladas de modelos meteorológicos por hora. Estos diagramas están disponibles para cualquier ubicación en el planeta y ofrecen valiosas pautas sobre los patrones climáticos habituales y las condiciones previstas, como temperatura, precipitación, insolación y viento. Aunque los datos meteorológicos simulados tienen una resolución espacial de alrededor de 30 km, es importante tener en cuenta que podrían no reflejar todos los fenómenos meteorológicos locales, como tormentas, vientos regionales o tornados, ni las variaciones específicas que ocurren en áreas urbanas, montañosas o costeras.

La plataforma "Meteoblue" proporciona datos históricos de simulación meteorológica de alta resolución, basados en el modelo meteorológico numérico global patentado NEMS con un tamaño de celda de alta cuadrícula de 4 km. Los datos son consistentes, sin lagunas y se adquieren con una resolución temporal de 1 día (Todorova, Zhiyanski & Todorov, 2023). Estas características lo hacen especialmente útiles para áreas donde no existen estaciones meteorológicas locales y permite trabajar con un enfoque replicable en

diferentes estudios y áreas geográficas. Asimismo, procesar manualmente datos climáticos implicaría mayores recursos y tiempo, mientras que Meteoblue garantiza resultados consistentes y confiables.

3.4.2. Determinar el índice QBR en los puntos de muestreo del monte ribereño del río Majes

Para la determinación del índice QBR, primero se realizó la determinación de la selección de área de observación seguido de la elección de puntos de muestreo. Para luego obtener datos del índice QBR del monte ribereño del río Majes

a) Selección del área de observación

En los puntos establecidos en cuenca alta, cuenca media y cuenca baja, se eligió un segmento de aproximadamente 150 metros de longitud, asegurándose de que este segmento abarque áreas ribereñas que colinden con una parte representativa de la masa de agua. Es fundamental tener en cuenta toda la extensión posible del bosque de ribera al calcular el QBR. Dentro de esta área, se identificó y marcaron de manera visual el lecho inferior del río, la zona de la orilla y la ribera (Agencia Catalana de l'Aigua, 2006).

b) Elección del número de estaciones de muestreo

Para la elección del número de estaciones de muestreo se tomó en cuenta la longitud del río en estudio (Acosta *et al.*, 2009), de acuerdo a lo estipulado por Hoyos *et al.*, (2019), se obtuvo información de 12 puntos de muestreo.

c) Aplicación del índice QBR

La metodología de calidad de bosque de ribera es de origen español fue planteado en la Directiva Marco del Agua (Oficial Jornal of the European Communities, OJEC, 2000) dicho índice de calidad es un protocolo manipulable y eficaz para evaluar la Calidad Ecológica de los bosques de ribera (PRECE) del proyecto GUADALMED (Jáimez - Cuéllar et al., 2002) pero fue desarrollado separadamente por Munné et al. (2003).

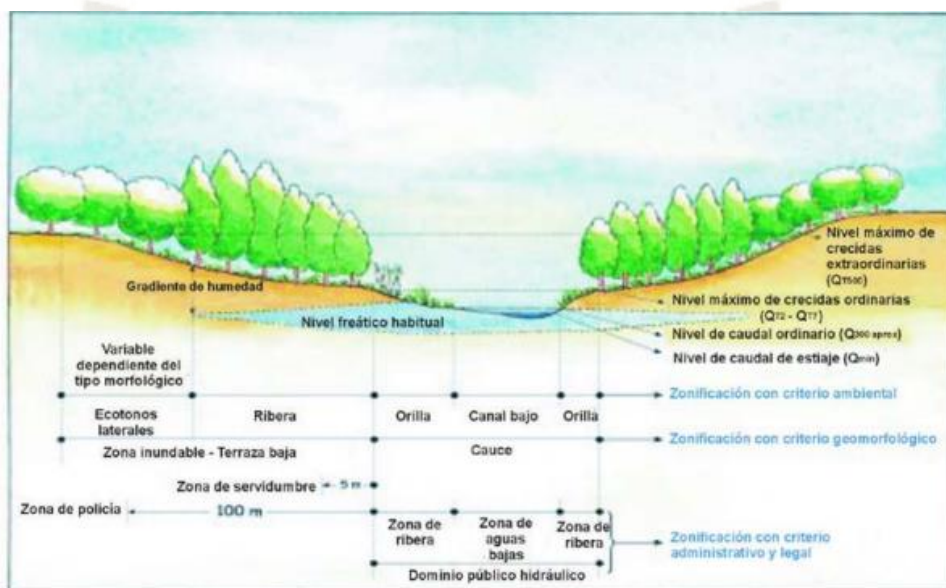


Figura 4. Área de aplicación del índice QBR (Guía del índice QBR)

- **Grado de cubierta de la zona de ribera**

Se midió el porcentaje de cobertura de toda la vegetación ubicada en la ribera (en cada uno de los márgenes del río), para ello se consideró la división en una ribera como se muestra en el **Anexo 2**, en este caso, se excluyeron las plantas que cuentan con un ciclo de vida anual, como el pasto. Solo se consideraron árboles y arbustos (tanto los pequeños como los grandes, independientemente si son especies nativas o introducidas).

El porcentaje de cobertura fue estimado visualmente para cada margen del río, se escogió una de las opciones de rangos y se asignó la puntuación respectiva, pudiendo ser diferente para cada margen.

El grado de conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente, se midió en la medida que exista continuidad natural y completa entre ambos ecosistemas, se sumaron cinco puntos en cada margen y si por el contrario la conectividad es baja (<25%) se restan cinco puntos.

- **Estructura de la cubierta**

El estudio de la estructura de la vegetación se basó en el tipo de especies que forman la cobertura de ribera. Es decir, si son especies arbóreas o arbustivas.

Según el estimado porcentual de recubrimiento de árboles en cada margen del río se asignó una puntuación de acuerdo a los parámetros incluidos en el **Anexo 1**.

Se observaron árboles distribuidos linealmente lo cual es un indicativo de prácticas de reforestación o si la distribución de todas las especies arbóreas y arbustivas es en manchas inconexas, se restarán puntos.

- **Calidad de la cubierta**

Para este componente se determinó el tipo geomorfológico de la zona de ribera como se muestra en el **Anexo 3**. Luego de ello se evaluó si las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas.

Se valoraron negativamente diversos tipos de actividades de origen antrópico que modifican la ribera, tales como ganadería, agricultura, construcciones, senderos y carreteras.

- **Grado de naturalidad del canal fluvial**

En este componente se obtuvo un solo puntaje para ambos márgenes.

Se evaluó si el canal del río es natural o si ha sido modificado ya sea dentro del mismo o en las terrazas adyacentes.

Así mismo se penalizaron distintos impactos antrópicos frecuentes en los canales de los ríos de la región: presencia de vertidos, derivaciones de agua, basuras, columnas de puentes, áreas de cultivo, actividades extractivas que estén cercanas a la ribera.

No se consideraron los puentes ni los pasos para cruzar el río utilizados para acceder a la estación de muestreo a efectos del cálculo del QBR.

3.4.3. Determinar la calidad del monte ribereño del río Majes.

Para evaluar la calidad ecológica del monte ribereño se procedió a la interpretación de los resultados obtenidos en sus cuatro categorías del índice QBR:

- Grado de cubierta de la zona ribera
- Estructura de la cubierta
- Calidad de la cubierta
- Grado de naturalidad del canal fluvial

De acuerdo a los parámetros establecidos por la Agencia Catalana de l'Aigua (2006), la puntuación más alta indica un bosque ribereño con mejor calidad ecológica, mientras que

una puntuación más baja puede indicar la necesidad de medidas de conservación y restauración, estos datos serán representados en gráficos que sistematicen y representen adecuadamente los índices evaluados.

3.4.4. Proponer acciones para revertir la degradación del monte ribereño del río Majes.

A partir de los datos recopilados en la evaluación de la calidad del monte ribereño del río Majes, se sugirieron medidas de manejo esenciales para elevar la calidad ambiental del bosque ribereño. Estas propuestas incluyen la aplicación de técnicas de recuperación, la supervisión de especies invasivas, la regulación de ciertas actividades humanas y otras acciones de preservación.



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de los factores meteorológicos, temperatura, velocidad del viento, precipitación y humedad, del distrito de Aplao, Majes.

Los factores meteorológicos desempeñan un papel crucial en la dinámica ecológica del monte ribereño del río Majes. Comprender las variaciones de temperatura, precipitación, velocidad del viento y humedad relativa es fundamental para evaluar el impacto de las condiciones climáticas en la calidad del bosque ribereño y su capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos.

a) Clima

En la región de estudio, las temperaturas oscilan entre los 9 °C y los 32 °C, (Figura 2) con una media anual cercana a los 25 °C. Los meses más calurosos coinciden con el verano austral (enero-marzo), mientras que las temperaturas más bajas se registran durante el invierno (julio-agosto). Estas variaciones térmicas influyen directamente en la fisiología de las especies vegetales locales, especialmente en aquellas adaptadas a condiciones semiáridas.

Las temperaturas altas pueden favorecer una mayor evaporación, reduciendo la disponibilidad de agua superficial y afectando la regeneración natural de especies nativas. Por otro lado, las bajas temperaturas, aunque menos frecuentes, podrían limitar el crecimiento de ciertas plantas sensibles al frío.

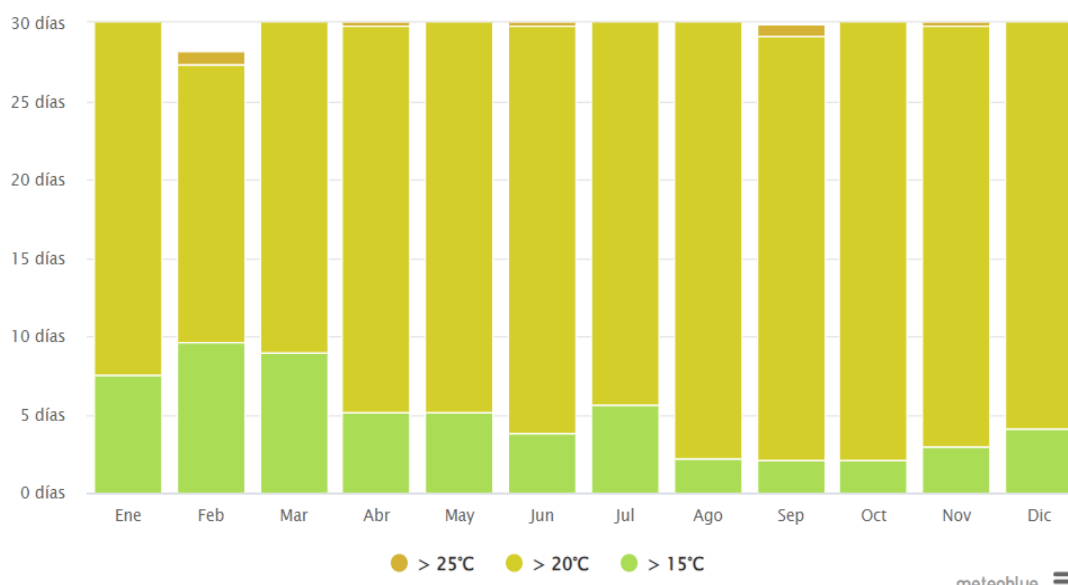


Figura 5. Temperaturas máximas Aplao (Elaboración Meteoblue 2024)

b) Precipitación

La región presenta un régimen de precipitación escaso, concentrado principalmente entre los meses de enero y marzo. Durante este período, las lluvias de la parte alta de la cuenca aumentan el caudal del río Majes, generando posibles desbordamientos que impactan tanto positiva como negativamente en el ecosistema ribereño. Por un lado, las inundaciones contribuyen al transporte de sedimentos y nutrientes, esenciales para la fertilidad del suelo; por otro, las crecidas excesivas afectan la estabilidad de la vegetación y alterar la estructura de las riberas en algunos sectores.

La baja precipitación anual también afecta el crecimiento de especies vegetales, especialmente aquellas con altas demandas hídricas. Estas condiciones favorecen la proliferación de especies xerófitas, lo que modifica la composición florística del bosque

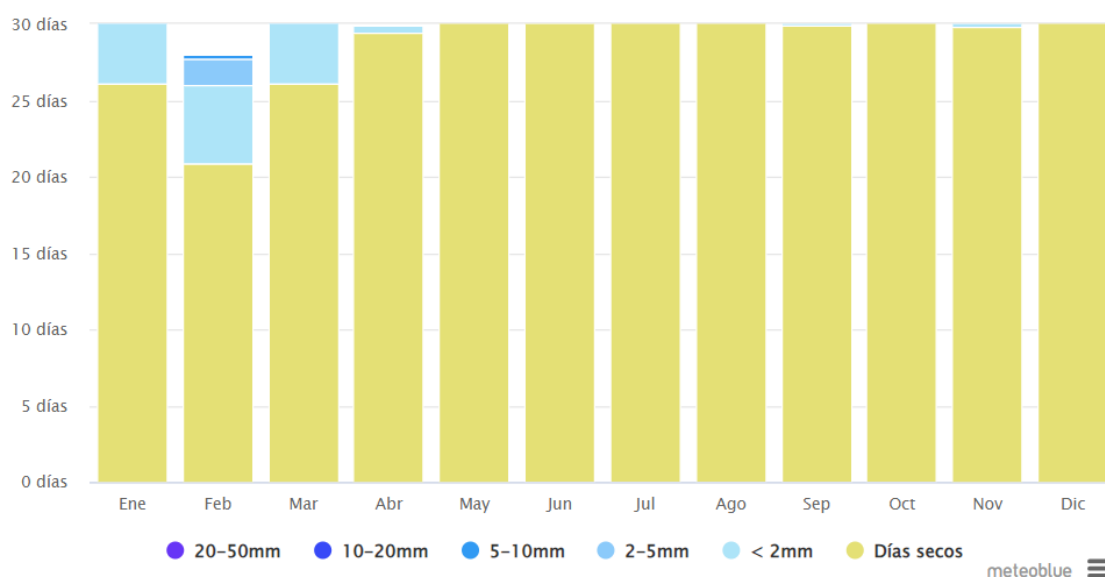


Figura 6. Precipitaciones de Aplao (Elaboración Meteoblue 2024)

La humedad relativa oscila entre el 60% y el 90%, con niveles más altos durante los meses de mayor precipitación. Una humedad elevada favorece la regeneración natural de la vegetación y reduce el riesgo de incendios forestales, mientras que niveles bajos, comunes en la temporada seca, incrementan el estrés hídrico en las plantas.

c) Velocidad del viento

El diagrama muestra los días por mes, durante los cuales el viento alcanza una cierta velocidad. Presentando vientos regulares de abril a noviembre y vientos tranquilos de diciembre a marzo.

Los vientos predominantes en la región son moderados durante la mayor parte del año, alcanzando velocidades significativas entre abril y noviembre. Estas corrientes de aire tienen un impacto directo en la dispersión de semillas, favoreciendo la propagación de ciertas especies como las pertenecientes a la familia Asteraceae. La "Rosa de los Vientos"

muestra una mayor incidencia de vientos provenientes del sureste, lo que podría influir en la distribución espacial de la vegetación.

Sin embargo, vientos intensos también pueden aumentar la erosión del suelo en las riberas, debilitando las condiciones necesarias para el establecimiento de especies arbustivas y arbóreas.

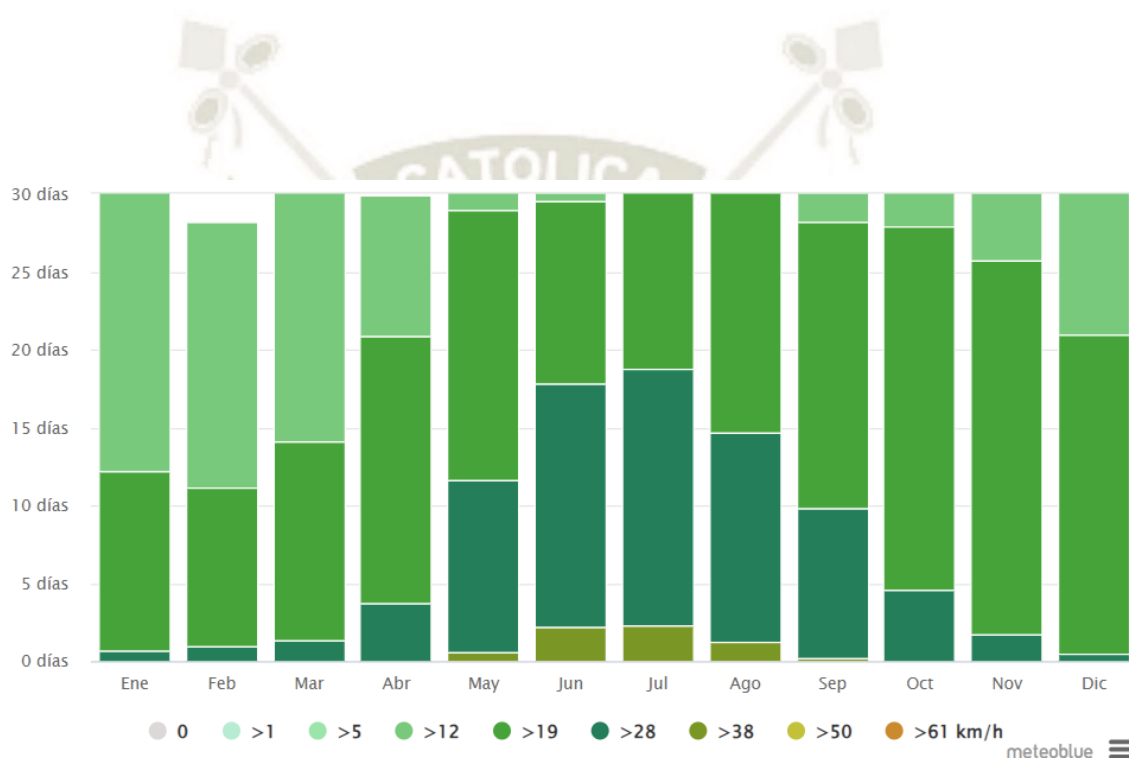


Figura 7. Velocidad de viento en Aplao (Elaboración Meteoblue 2024)

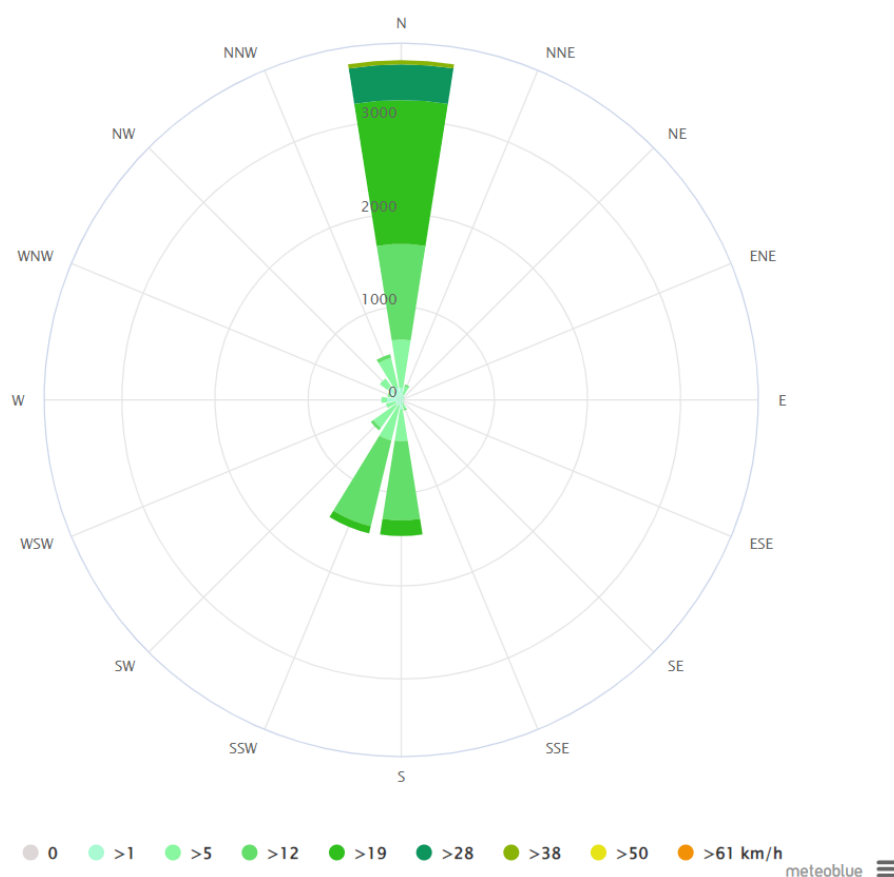


Figura 8. Rosa de viento en Majes, Corire (Elaboración Meteoblue 2024)

Estos resultados, por su parte, se pueden contrastar detalladamente con los estudios previamente realizados por Fuentes (2018), quien llevó a cabo una investigación en la caracterización organoléptica del pisco y detalló minuciosamente el clima en las localidades de Aplao y Corire, lo cual representa un antecedente para la interpretación de nuestros hallazgos.

Durante los meses en los que se registra una mayor cantidad de precipitaciones, el caudal del río aumenta considerablemente, lo que ocasiona desbordamientos que afectan negativamente a las áreas de cultivo. Es por esta razón que se erigió una estructura

defensiva compuesta por un dique rocoso, cuya presencia impacta significativamente en el entorno ribereño (Ramos, 2019).

Además, la intensidad y la orientación del viento también pueden ser factores determinantes para identificar la vegetación que se propaga con mayor profusión, especialmente en el caso de las Asteraceae, las cuales se caracterizan por su dispersión a través del viento (Grossi *et al.*, 2017).

Los datos meteorológicos analizados revelan un ecosistema ribereño sometido a condiciones climáticas extremas que limitan su resiliencia frente a la intervención antrópica. La temperatura y la escasa precipitación son factores determinantes para la baja cobertura vegetal y la estructura simplificada de la vegetación. Los vientos intensos y la baja humedad relativa durante la temporada seca exacerban estos problemas, afectando negativamente el índice QBR y, por ende, la calidad del bosque ribereño.

Este análisis enfatiza la importancia de implementar medidas de conservación que consideren las particularidades climáticas locales, promoviendo la restauración de la vegetación nativa y la mitigación de los impactos humanos en el ecosistema

4.2. Determinación del índice QBR en los puntos de muestreo del monte ribereño del río Majes

4.2.1. Área de observación

Se seleccionaron un total de 12 puntos estratégicos (Tabla 4), para llevar a cabo la evaluación. En cada uno de estos puntos, se procedió a observar la flora en un radio de 50 metros hacia arriba, como parte del proceso previo a la evaluación del Índice (QBR) utilizando el protocolo establecido (PRECE). Durante este proceso, se logró identificar

un total de 19 órdenes taxonómicos distribuidos en 23 familias botánicas. Dentro de esta diversidad, se pudieron identificar un total de 46 especies vegetales, entre las cuales destacan 7 especies arbóreas que presentan una notable cobertura en cada uno de los puntos de estudio analizados, siendo estas especies las más relevantes en el contexto de la investigación. Las especies *Populus sp*, *Salix humboltiana*, *Prosopis pallida* y *Tecoma fulva arequipensis*, la especie arbustiva con mayor cobertura en el área estudiada fue *Bacharis salicifolia*, y entre las más destacadas tenemos a las especies *Bidens pilosa*, *Encelia canecens*, *Arundo donax*, *Phragmites australis*, *Cyperus corimbus*. entre otras (Tabla 3) (Anexo 4).

Tabla 3. Listado florístico en el área de estudio

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Hábito
Asterales	Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>		herbacea
Asterales	Asteraceae	<i>Bacharis sp</i>	Cchilca	arbusto
Asterales	Asteraceae	<i>Tagetes multiflora</i>		herbacea
Asterales	Asteraceae	<i>Conyza sp</i>		herbacea
Asterales	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Shilca	herbacea
Asterales	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Amor seco	herbacea
Asterales	Asteraceae	<i>Senecio sp</i>	Senecio	herbacea
Asterales	Asteraceae	<i>Encelia canecens</i>	Mataloba	herbacea
Asterales	Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	Huarmi -Huarmi	herbacea
Asterales	Asteraceae	<i>Tessaria integrifolia</i>	Pajaro bobo	arborea

Asparagales	Asparagaceae	<i>Oziroë sp</i>		herbacea
Caryophyllales	Amaranthaceae	<i>Chenopodium murale</i>		herbacea
Caryophyllales	Amaranthaceae	<i>Amaranthus sp</i>	Yuyo	herbacea
Caryophyllales	Amaranthaceae	<i>Alternanthera sp</i>		herbacea
Caryophyllales	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	arboreo
Apiales	Araliaceae	<i>Hydrocotyle bonariense</i>	sombrero de Abad	herbacea
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Tecoma arequipensis</i>	Cahuato	arborea
Solanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea alba</i>	Galan de noche	herbacea
Poales	Cyperaceae	<i>Cyperus corymbus</i>		herbacea
Poales	Cyperaceae	<i>Cyperus corymbosus</i> <i>Rottb.H</i>		herbacea
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Ricinus comunis</i>	Higuerilla	arborea
Equisetales	Equisetaceae	<i>Equisetum giganteum</i> L.	Cola de caballo	herbacea
Fabales	Fabaceae	<i>Otobium sp</i>		herbacea
Fabales	Fabaceae	<i>Spartium junceum L.</i>	Retama	herbacea
Fabales	Fabaceae	<i>Prosopis pallida</i>	Huarango	arborea
Malvales	Malvaceae	<i>Tarassa operculata</i>		arbusto
Malvales	Malvaceae	<i>Fuertisimalva cf. Peruana</i>		herbacea
Myrtales	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	arborea

Caryophyllales	Nyctaginaceae	<i>Mirabilis ovata</i>		herbacea
Cornales	Loasaceae	<i>Mentzelia chilensis</i>		herbacea
		<i>Kunt.</i>		
Poales	Poaceae	<i>Gynerium sagittatum</i>	Caña brava	herbacea
Poales	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Grama dulce	herbacea
Poales	Poaceae	<i>Eragrostis nigricans</i>		herbacea
Poales	Poaceae	<i>Eragrostis sp</i>		herbacea
Poales	Poaceae	<i>Arundo donax</i>	Carrizo	herbacea
Poales	Poaceae	<i>Digitaria sp.</i>		herbacea
Poales	Poaceae	<i>Pennisetum sp</i>		herbacea
Poales	Poaceae	<i>Phragmites australis</i>	Carrizillo	herbacea
Pteridales	Pteridaceae	<i>Adiantum sp</i>	culantrillo	herbacea
Rosales	Rosaceae	<i>Ficus carica</i>	Higo	arboreo
Malpighiales	Salicaceae	<i>Populus sp</i>	Alamo	arborea
Malpighiales	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	arborea
Solanales	Solaneaceae	<i>Cestrum auriculatum</i>	Hierba santa	herbacea
Poales	Typhaceae	<i>Typha sp</i>	Totora	herbacea
Lamiales	Verbenaceae	<i>Verbena litoralis</i>	Verbena	herbacea
Zygophyllales	Zygophyllaceae	<i>Fagonia chilensis</i>	Huallputilla	herbacea

Los tipos de vegetación de las riberas de río poseen una particularidad y similitud, en todas las cuencas involucradas, siendo una comunidad de especies perennifolias, herbáceas, trepadoras, arbustivas o arbóreas (Ferreyra, 1983), las especies registradas en la investigación forman parte del listado florístico de este ecosistema en particular.

Una parte significativa de la vegetación existente en la zona fue documentada y analizada durante el estudio de delimitación de la faja marginal del río Majes Camaná, o dique rocoso, en el marco del “Proyecto instalación implementación de medidas de prevención para el control de desborde e inundaciones del río Majes Camaná-departamento de Arequipa”, tomando como referencia los informes elaborados por JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón) siendo la Unidad Ejecutora propuesta el Programa Sub Sectorial de Irrigación del sector.

Además, Montesinos *et al.* (2019), quien realizó un estudio donde presenta un inventario de la vegetación que habita a lo largo de las orillas del río Chili, describió especies de monte ribereño siendo similares al registro en la investigación realizada. Este tipo de vegetación, destaca por su riqueza y complejidad biológica.

4.2.2. Elección del número de puntos de muestreo

Se tomo 12 puntos de muestreo estratégicos, eligiéndose por la factibilidad para la toma de datos, facilidad de ingreso, siendo los siguientes:

Tabla 4. Zonas de estudio del monte ribereño

N.º	Punto	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
1	MAJ-01	130117	8242674
2	MAJ-02	129029	8236868
3	MAJ-03	128760	8233096
4	MAJ-04	129029	8230430
5	MAJ-05	127391	8227100
6	MAJ-06	126493	821732
7	MAJ-07	128086	8214467
8	MAJ-08	128982	8208985
9	MAJ-09	129987	8206553
10	MAJ-10	129505	8202101
11	MAJ-11	127217	8190670
12	MAJ-12	126639	8186947

En los distintos lugares de estudio previamente elegidos, se realizó la evaluación correspondiente para calcular el índice de calidad del monte ribereño (QBR). Este índice varía entre 0 y 25, y la suma de los puntajes de los cuatro componentes principales determina la puntuación final. Esta puntuación muestra el grado de calidad del entorno natural analizado. Al evaluar el QBR se toman en cuenta todos los elementos que

contribuyen a mejorar la calidad del ecosistema ribereño, al mismo tiempo que se restan aquellos aspectos que podrían señalar una desviación de las condiciones naturales ideales. Por consiguiente, el QBR se convierte en una herramienta para detectar las diferencias entre el estado actual de las riberas y su estado óptimo, alcanzándose el máximo nivel de calidad solo cuando las riberas evaluadas no presentan alteraciones causadas por la intervención humana. En su investigación sobre la Evaluación de la calidad ecológica en un río en Colombia con el índice QBR, Lopez, (2015), hace referencia a este concepto.

4.2.3 Aplicación del índice QBR

a) Grado de cubierta de la zona ribera

Se contabiliza el % de cobertura de toda la vegetación, tomando como un 100% el área de ribera del tramo estudiado en cada una de las estaciones, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Y tomando en cuenta las dos márgenes del río.

El grado de cobertura se midió en los 12 puntos tomando datos por porcentajes para obtener el puntaje de cada punto, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 5. Puntaje de grado de cubierta QBR.

Puntaje	
25	>80% de la cobertura ribereña (excluidas las plantas anuales)
10	50-80% de la cobertura ribereña
5	10-50% de la cobertura ribereña
0	< 10% de la cobertura ribereña
+10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el bosque es total
+5	Si la conectividad es superior al 50%
-5	Conectividad entre 25% y 50%
-10	Conectividad inferior al 25%

En la tabla 5 se observa los puntajes que se deben registrar según el porcentaje de cobertura de la flora, teniendo un máximo de 25 puntos siendo el máximo puntaje representado el porcentaje mayor a 80% de cubierta vegetal incluyendo plantas anuales, así como un puntaje mínimo que correspondería a una conectividad inferior al 25% de la cubierta vegetal.

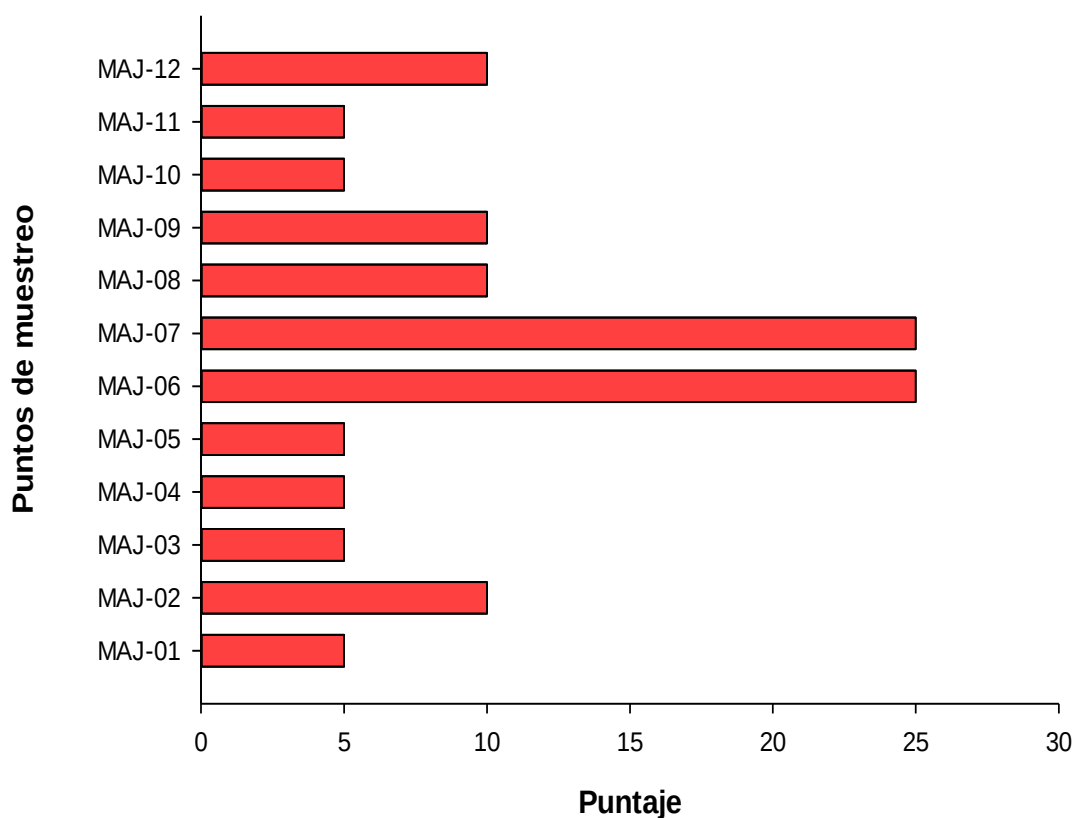


Figura 9. Grado de cobertura de la ribera

Se realizó la medición del porcentaje (%) de cobertura de toda la vegetación presente en el área de estudio, excluyendo las plantas de crecimiento anual. Este análisis abarcó ambos márgenes del río de manera simultánea. En cuanto a la estructura de la cobertura vegetal, se procedió a evaluarla considerando el nivel de recubrimiento de árboles, y en

caso de no estar presentes estos elementos, se tomó en cuenta la presencia de arbustos en toda la extensión del terreno investigado.

Se puede apreciar que el 50% de los puntos analizados presentan un porcentaje de cobertura que oscila entre el 10 y el 50 %, además, es importante destacar que dos puntos muestran un nivel de cobertura excepcionalmente alto, superando el 80%. Por otro lado, tres puntos adicionales se sitúan en un rango intermedio, con una cobertura que va desde el 50 hasta el 80 %. Esta información detallada se puede visualizar de manera más precisa en la Figura 10.

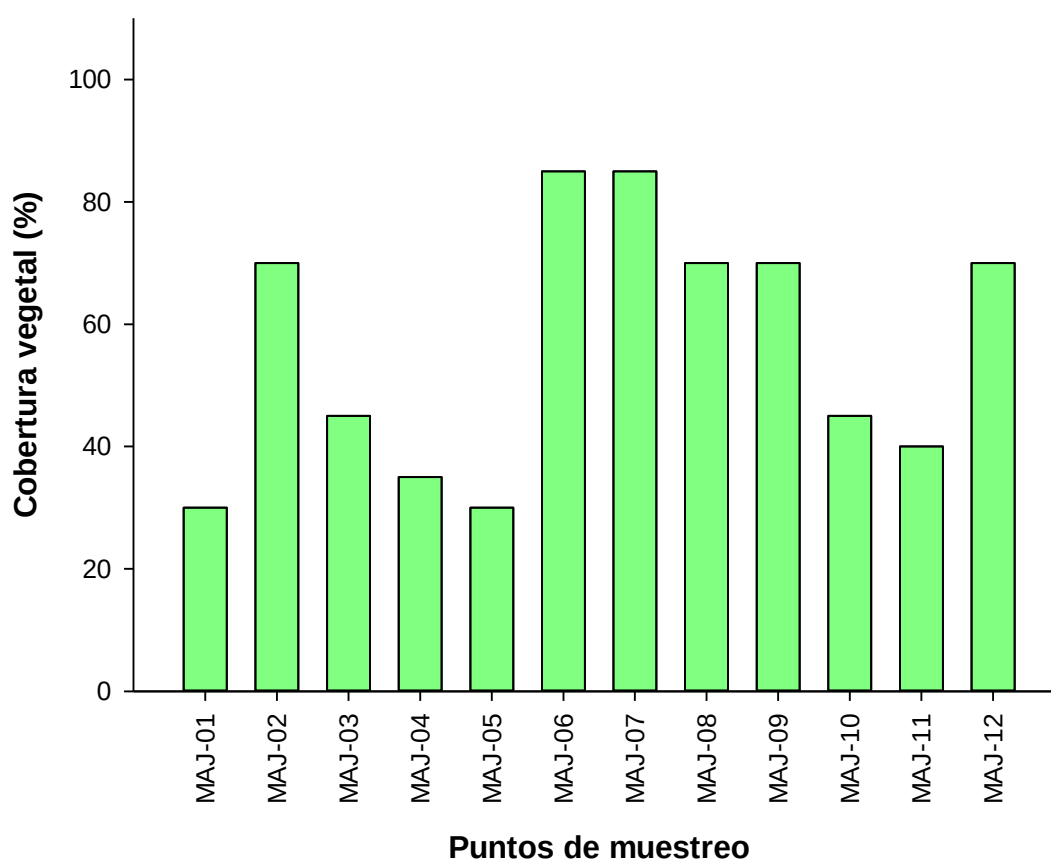


Figura 10. Cobertura vegetal por punto

b) Estructura de la cubierta

Según el % de recubrimiento de árboles y en ausencia de estos, respecto a la presencia de arbustos sobre el total de la zona estudiada.

La estructura de la cubierta se midió en los 12 puntos obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6. Puntaje de la estructura de la cubierta QBR

Puntuación	
25	Cobertura de los árboles superior al 75%
10	Cobertura de los árboles entre el 50 y 75%, o cobertura de los árboles entre el 25 y 50% y el resto de la cubierta los arbustos superan el 25%
5	Cobertura de los árboles inferior al 50% y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25%
0	Sin árboles y arbustos por debajo del 10%
+10	Si en la orilla la concentración de helofitos o arbustos es superior al 50%
+5	Si en la orilla la concentración de helofitos o arbustos es entre 25 y 50%
+5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y la de árboles con sotobosque
-5	Si existe una distribución regular (linealidad) de los árboles y el sotobosque recubre más del 50%
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, si una continuidad
-10	Si existe una distribución regular (linealidad de los árboles y el sotobosque recubre menos del 50%)

La tabla 6 expresa el puntaje con el que se debe evaluar la estructura de la cubierta, teniendo como máximo punto 25 el cual representa una cobertura arborea del 75% y un mínimo de -10 cuando existe una distribución regular (linealidad de los árboles y el sotobosque recubre menos del 50%).

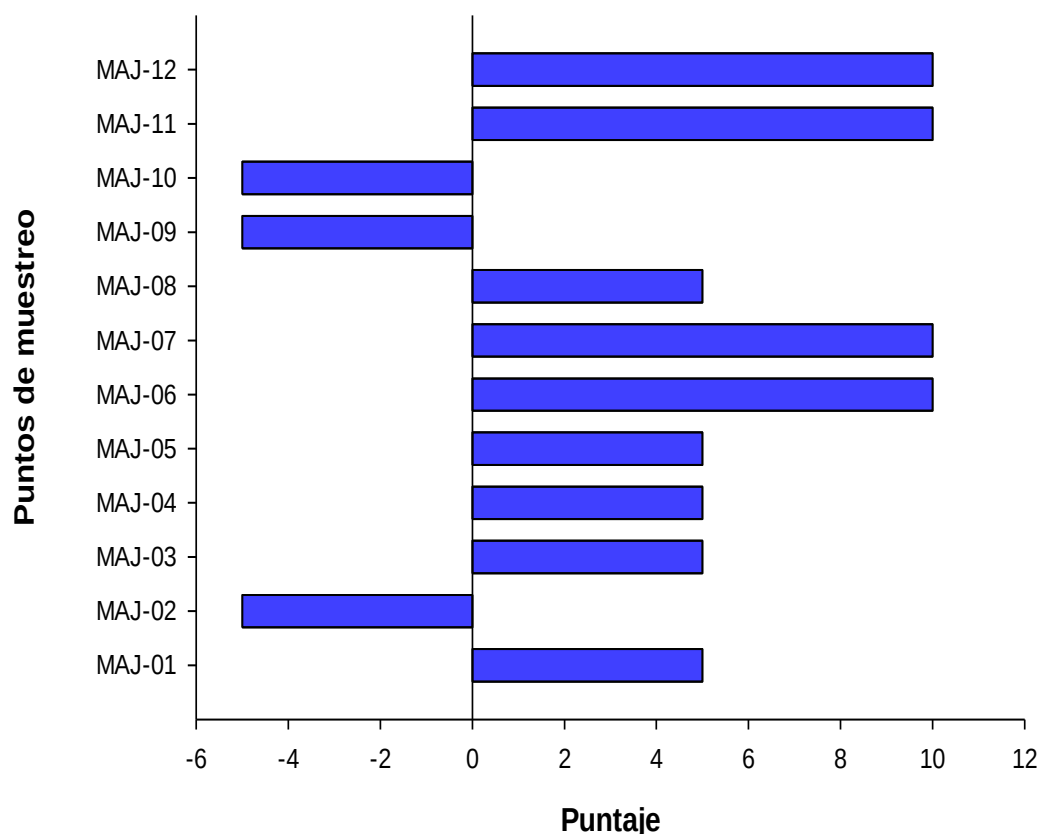


Figura 11. Estructura de la cubierta.

En la figura 11 se observa la distribución lineal de árboles, posiblemente relacionada con actividades de reforestación, evidenciada por la presencia de tres puntos. Esta distribución influye en la disminución de la puntuación asignada a la calidad del índice de la ribera del río. En ciertos puntos específicos, se aprecia que la cobertura vegetal no alcanza el 50% para los árboles y apenas el 25% para los arbustos. En contraste, en otros puntos, la cobertura de árboles supera el 50%, mientras que el restante 50% corresponde a arbustos. Estos porcentajes podrían explicarse por el impacto negativo de la construcción de una barrera o dique rocoso en la vegetación del bosque ribereño provocando modificaciones en este ecosistema.

Asimismo, como lo menciona Ramírez, 2017, que determinó que las condiciones de todas las cuencas presentan mal estado de conservación debido a la pérdida de la vegetación natural y la homogeneización estructural de los sistemas ribereños contribuyendo a erosionar el área ribereña en todas las zonas analizadas.

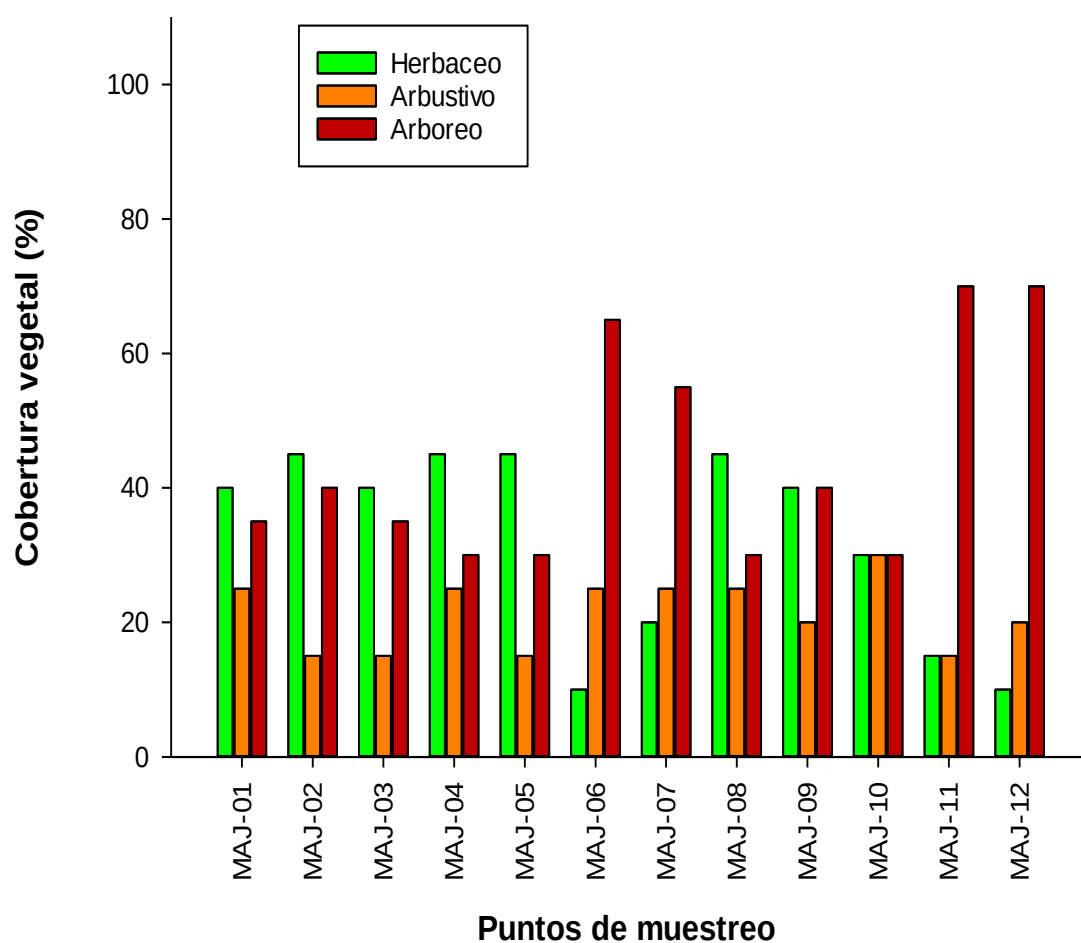


Figura 12. Estructura de la cubierta vegetal del área estudiada

La baja puntuación en cuanto a la cubierta y estructura vegetal encontrada en algunos puntos de muestreo, puede deberse a las diversas intervenciones antrópicas existentes en los ecosistemas ribereños, entre los que destacan las plantaciones forestales, la habilitación de terrenos para la agricultura, infraestructura caminera, en este caso la

construcción de faja marginal o dique enrocado, lo cual afecta al ecosistema del monte ribereño lo cual también es corroborado en el trabajo de Carrasco *et al.*, 2014 , sobre su estudio de la calidad de la vegetación de dos ríos en Chile , el cual usa el índice QBR como herramienta, donde los puntajes son bajos debido a la acción antrópica en las riberas del monte ribereño.

d) Calidad de la cubierta

Para la evaluación de este bloque, se determinó en primera instancia el tipo de geomorfología, tomando como referencia la hoja de campo (Anexo 3) en la cual se encuentra descritas las indicaciones para su determinación en cada uno de las estaciones y en donde se evalúan tanto el margen izquierdo, como el derecho en función a desniveles y forma.

Tabla 7. Tipo geomorfológico de los puntos muestreados

Nº de punto	Puntaje	Tipo geomorfológico
MAJ-01	2	TIPO 3
MAJ-02	2	TIPO 3
MAJ-03	2	TIPO 3
MAJ-04	4	TIPO 3
MAJ-05	0	TIPO 3
MAJ-06	0	TIPO 3
MAJ-07	3	TIPO 3
MAJ-08	5	TIPO 3
MAJ-09	5	TIPO 3
MAJ-10	4	TIPO3
MAJ-11	4	TIPO 3
MAJ-12	4	TIPO 3

En la tabla 7 se observa que el tipo geomorfológico de los puntos muestreados son de tipo 3, lo cual nos indica que son riberas extensas con tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso.

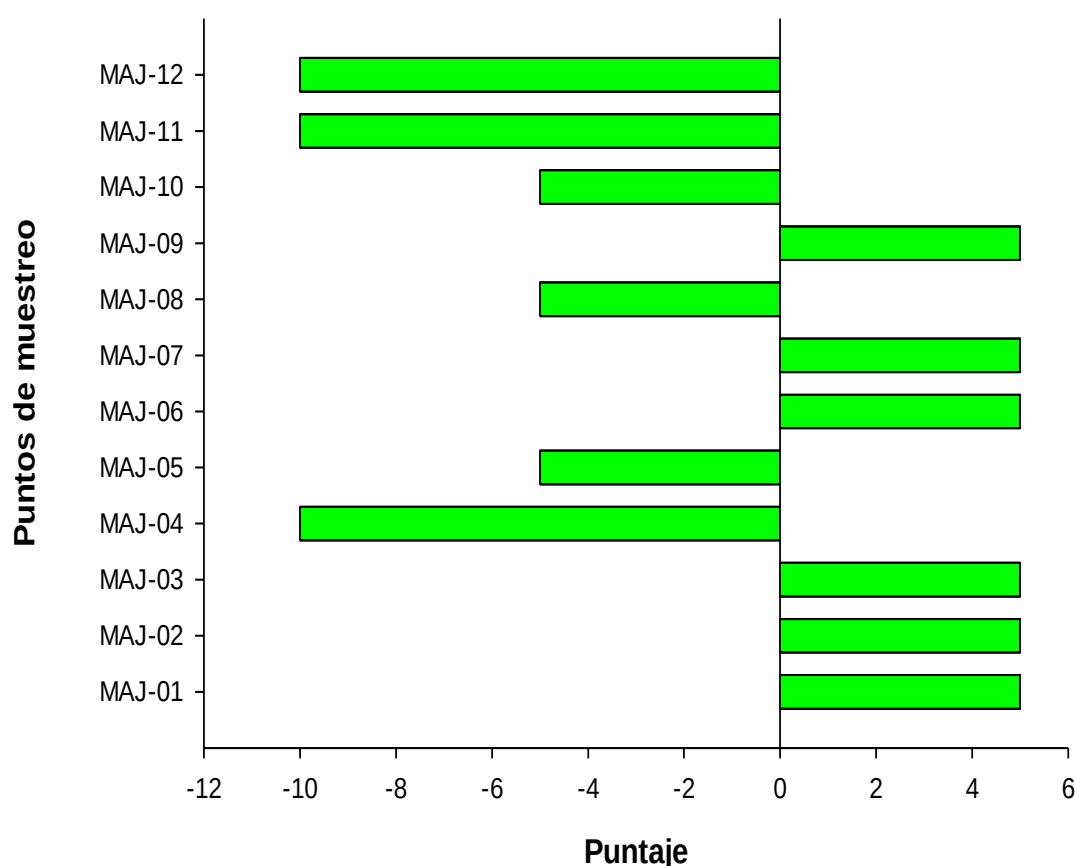


Figura 13. Calidad de la cubierta.

En la figura 13, se aprecia la presencia de seis puntos con valores negativos, lo cual señala que esos lugares están siendo afectados por la acumulación de desechos, además de contar con estructuras creadas por seres humanos, como el dique rocoso. Por otro lado, los puntos valores positivos indican una alta biodiversidad, con una rica variedad de especies vegetales a lo largo de la orilla del río.

e) Grado de naturalidad del canal fluvial

La evaluación de este bloque, consistió en la observación de presencia o no de estructuras solidas tales como: Muros, paredes, terrazas, viviendas, etc. que representaran signos de alteración de las márgenes y perdida de sinuosidad en el río. Estas evaluaciones se realizaron teniendo en cuenta las dos márgenes del río como una sola unidad, y los bloques pueden recibir puntuaciones entre 0 y 25, de acuerdo a las observaciones y determinación de cada uno de los componentes evaluados mencionados anteriormente, donde un puntaje de 25 sería bueno y 0 malo, y al sumarse la puntuación final del índice QBR no deberá superar los 100 puntos, expresando el nivel de la calidad de la zona de estudio (Tabla 8).

Tabla 8. Grado de naturalidad del canal fluvial

Puntuación	
25	El canal del río no ha sido modificado
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	Río canalizado en la totalidad del tramo
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
-10	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho de río
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)	

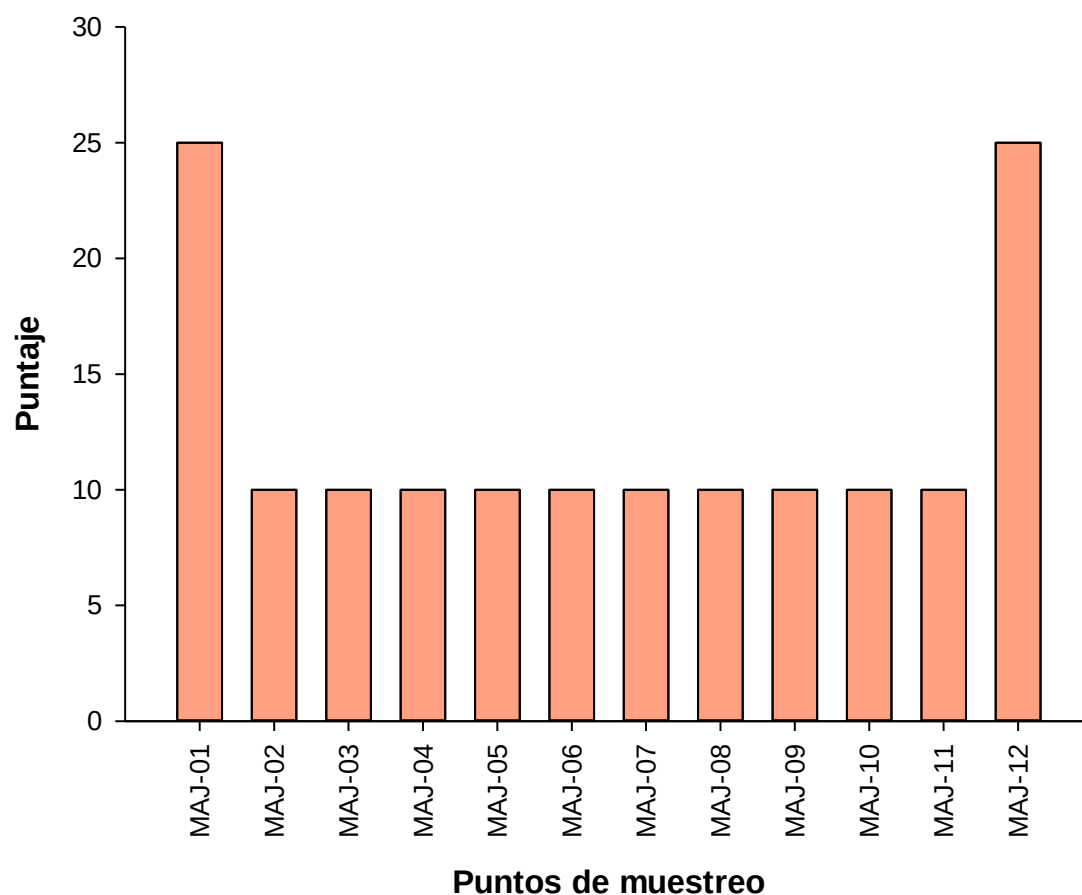


Figura 14. Grado de calidad y naturalidad del canal pluvial

En la figura 14 se observa el grado de calidad y naturalidad del canal pluvial de los puntos muestreados, donde se diferencia 2 puntos con el máximo valor lo cual indica que el canal del río no ha sido modificado en esas zonas, mientras, que, en los demás puntos, se observan modificaciones de las terrazas por la construcción del dique rocoso, donde al haber estas alteraciones, los puntajes de grado de naturalidad disminuyen, así mismo el puntaje general para el estado de conservación del monte ribereño.

4.3. Determinación de la calidad del monte ribereño del río Majes.

El QBR es una medida de las diferencias existentes entre el estado actual de la ribera y el estado potencial, por tanto, el nivel de calidad es máximo solo cuando no las riberas no presentan alteraciones antrópicas (Solà, 1998).

Tabla 9. Parámetros de evaluación de índice

	Puntos MAJ											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Grado de cubierta vegetal	5	10	5	5	5	25	25	10	10	5	5	10
Estructura de la cubierta vegetal	5	-5	5	5	5	10	10	5	-5	-5	10	10
Calidad de la cubierta vegetal	5	5	5	-10	-5	5	5	-5	5	-5	-10	-10
Grado de naturalidad de canal pluvial	25	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	25

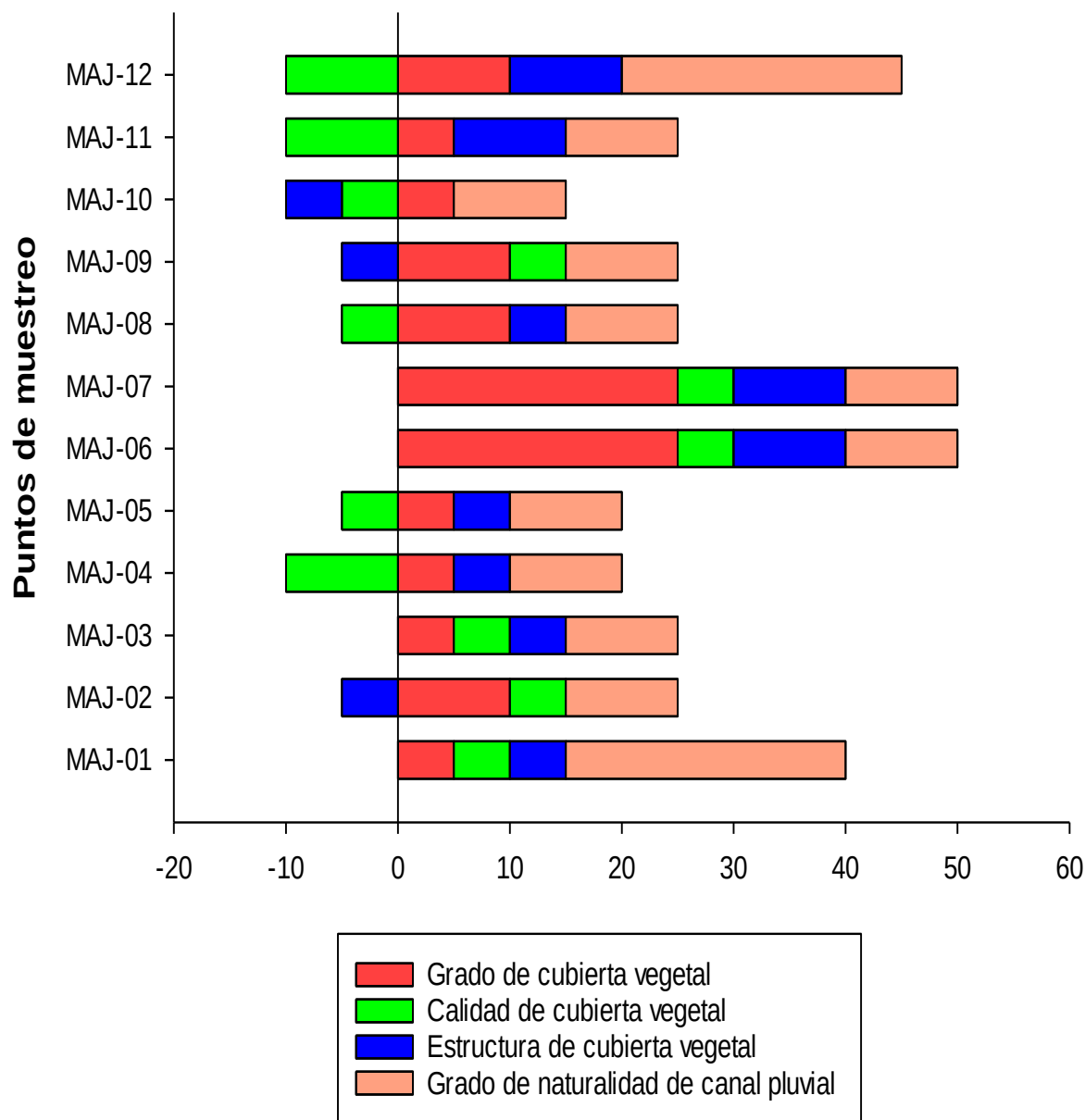


Figura 15. Parámetros de evaluación de índice de QBR

Tabla 10. Nivel de calidad del índice QBR.

Puntos	Valor de índice QBR	Nivel de calidad del índice QBR
MAJ-01	40	
MAJ-02	20	
MAJ-03	25	
MAJ-04	10	
MAJ-05	15	
MAJ-06	50	
MAJ-07	50	
MAJ-08	20	
MAJ-09	20	
MAJ-10	5	
MAJ-11	15	
MAJ-12	35	

Tras analizar la calidad del índice QBR en los 12 puntos estratégicos examinados, se puede apreciar que 4 de ellos (MAJ-01, 06, 07 y 12) se encuentran en estado de deterioro o alteración severa (nivel naranja) debido a la intervención humana, a pesar de los intentos de reforestación; la degradación de las riberas es generalmente más intensas o marcadas en las partes bajas de los ríos debido, a entre otras cosas, a la existencia de actividades humanas que genera presión en estas zonas.

La degradación de estas zonas ribereñas es evidente, mientras que los demás puntos se clasifican como degradación extrema o calidad muy baja (nivel rojo), principalmente por la presencia de diques de piedra que han fragmentado el bosque ribereño. En los puntos con mala calidad, se observaron alteraciones causadas por la actividad humana, como

desechos de construcción y residuos sólidos. Según Rodríguez Téllez et al. (2016), las acciones humanas provocan una grave degradación de los ecosistemas ribereños y del agua, lo que confirma su impacto negativo en los bajos puntajes de los índices evaluados en estos puntos.

Los hallazgos de este estudio sobre el uso del índice QBR revelaron la situación actual de la vegetación cercana al río Majes. A pesar de las dificultades para acceder a ciertas partes del río, se propone enriquecer el índice QBR con tecnología de sistemas de información geográfica (SIG) y sensores remotos. Esto facilitaría la evaluación de las condiciones ecológicas de las zonas ribereñas, tal como lo indican Carrasco et al. (2014).

Mediante los datos obtenidos en este estudio, confirmamos que la vegetación que crece en las orillas de los ríos y su salud ecológica son un indicador fiable del estado del entorno natural en este hábitat (Bruno, 2024). Es crucial destacar que las alteraciones causadas por la actividad humana pueden romper los lazos entre los ecosistemas, ya que estas circunstancias afectan la preservación de la diversidad local, tal como lo reflejan nuestros hallazgos. Esta dimensión suele pasarse por alto en los programas de conservación y recuperación. Según un estudio llevado a cabo por Ramírez (2017), la deficiente calidad de los ríos es un tema preocupante que requiere atención, sobre todo porque los bosques que bordean los ríos son esenciales para proporcionar servicios ambientales. Nuestro estudio arroja resultados similares, ya que en la región investigada se observó la presencia de fauna asociada a especies vegetales presentes en los bosques ribereños del río Majes.

La contribución del estudio consistió en evaluar la salud del ecosistema en la ribera del río Majes tras la creación de una franja de protección con rocas. Los índices QBR revelan

una significativa alteración en la calidad del entorno, a pesar del aumento de la actividad humana en la región.

4.4. Propuesta de acciones para revertir la degradación del monte ribereño del río Majes

Tras la edificación del dique rocoso en el monte ribereño del río Majes, se ha observado una significativa alteración en la calidad del ecosistema, según los índices QBR.

A pesar del aumento de la actividad humana en la zona, se proponen medidas de gestión y protección para preservar este entorno natural.

Para intentar contrarrestar la degradación del bosque junto al río Majes, se recomienda seguir los pasos que se detallan a continuación:

- Llevar a cabo un análisis exhaustivo de la cuenca Colca-Majes-Camaná implica establecer metas definidas y contar con la colaboración activa de la comunidad local que habita en esta área, además de implementar estrategias de reforestación para restaurar el equilibrio del ecosistema.
- Para organizar a los miembros de la comunidad, se sugiere llevar a cabo talleres interactivos con una variedad de colaboradores, como promotores de la salud, comerciantes y propietarios de tierras. Estos individuos deben recibir formación sobre cómo utilizar y proteger las riberas, así como comprender los beneficios y desventajas que estas ofrecen a todos.
- La fusión de investigaciones y sugerencias de nuevos análisis sobre el río Majes es fundamental para profundizar en el conocimiento del ecosistema y emprender acciones para su restauración.

- Diseñar un plan de acción que incluya objetivos para preservar el valioso ecosistema del monte ribereño. Este plan debe enfocarse en la gestión de la flora de este entorno natural y en la promoción de técnicas efectivas para restaurar las cuencas, generando beneficios tanto para la comunidad como para la conservación de la biodiversidad.
- Como parte de los planes de acción es importante considerar la restauración ecológica, mediante la reforestación de especies nativas, y el control de especies invasoras; la gestión de actividades humanas, como el uso y beneficio de suelo adyacente al río; infraestructuras verde y azules que en ámbitos rurales, destaca su contribución al incremento de la eficiencia en el uso del agua, a la restauración de las capacidades biofísicas de áreas de inundación, a la implementación de medidas naturales de retención del agua, o a la generación de corredores ecológicos para el desplazamiento de especies, y por último la implementación de sistemas de monitoreo ambiental para evaluar cambios en la calidad de la ribera.
- Tener en cuenta los enfoques de planificación territorial que respondan a la adaptación y mitigación del cambio climático y el impacto sobre los ecosistemas de monte ribereño.



CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. La temperatura del área estudiada oscila entre los 9°C y 25°C, donde entre los meses de enero a marzo son los más lluviosos, y el viento alcanza velocidades mayores a 28km/h durante los meses de abril a noviembre los vientos tienen una dirección hacia el norte la mayoría del año lo cual es un factor, para la dispersión de las semillas de la vegetación.

2. El listado florístico registra 46 especies, encontrando especies arbóreas y arbustivas de importancia como *Prosopis pallida*, y *Tecoma fulva arequipensis*, *Salix sp.*, *Schinus molle*, *Tessaria integrifolia*.

Se estudiaron 12 puntos (zonas), considerando su factibilidad para la toma de datos y su facilidad de ingreso.

Los resultados obtenidos considerando la vegetación ribereña y su calidad ecológica como un indicador ambiental, es importante determinar que los cambios antropogénicos que pueden interrumpir los vínculos entre los ecosistemas, impactando el mantenimiento de la diversidad local, a una escala a menudo ignorada en los esfuerzos de conservación y restauración.

Según los valores obtenidos por el índice QBR, la mala calidad que presentan el monte ribereño del río Majes en las zonas muestreadas, es una situación alarmante que necesita de mayor atención, en especial porque las zonas son de importancia vital para el suministro de servicios ecosistémicos.

3. Podemos concluir que la utilización del índice de calidad del bosque de ribera (QBR) para evaluar la calidad de los ecosistemas ribereños se revela como sumamente práctica y sencilla, dado que cuenta con procedimientos y técnicas estandarizadas que facilitan su aplicación. Según los resultados obtenidos a través del índice QBR, se destaca que el factor de mayor impacto en los sitios analizados es la presencia de desechos sólidos (basura), así como la construcción de una franja marginal o dique rocoso. Este último, erigido con el propósito de prevenir inundaciones, ha incidido negativamente en la calidad de la ribera.

4. Las medidas a corto plazo que se pueden implementar desde la ingeniería ambiental, es la consideración de la restauración ecológica, mediante la reforestación de especies nativas, y el control de especies invasoras; gestión de actividades humanas , como el uso de suelo adyacente al río; en cuanto a la estructura verde/ azul, se debe incorporar corredores ecológicos que conecten los bosques ribereños con otros ecosistemas, y por último la implementación de sistemas de monitoreo ambiental para evaluar cambios en la calidad de la ribera.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio en más zonas ribereñas, en temporada seca y humedad, para contrastar datos de la flora y vegetación estacional.
- Realizar más investigaciones de esta índole, que permitan establecer o dar una aproximación al estado actual de las fuentes hídricas y sus riberas, con el fin de plantear metodologías o planes de recuperación y protección.
- Establecer tiempos de estudios más extensos para determinar las variaciones y estado real de las características fisicoquímicas y biológicas de las zonas ribereñas.
- Tomar en cuenta las propuestas que se realizaron en el trabajo, para favorecer el estudio del río Majes, su diversidad y conservación.
- Realizar investigaciones relacionadas a la funcionalidad, ventajas y costo/beneficio del establecimiento de corredores biológicos en la cuenca Colca-Majes-Camaná en base al concepto de estructuras verdes y azules.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, R., Hampel, H., González, H., Mosquera, P., Sotomayor, G., & Galarza, X. (2014). Protocolo de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la región austral del Ecuador. ETAPA EP, SENAGUA-DGS, Universidad de Cuenca. Programa PROMETEO de la SENESCYT.

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64.
<https://ddd.uab.cat/pub/limnetica/02138409v28n1/02138409v28n1p35.pdf>

Agencia Catalana de l'Aigua. (2006). Guía metodológica para la evaluación de la calidad de los bosques de ribera. Generalitat de Catalunya.
<https://www.gencat.cat/mediambient/riberas.pdf>

Agencia Catalana de l'Aigua. (2006). Protocolo HIDRI: Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos. Generalitat de Catalunya.
http://observatoriagua.uib.es/repositori/gf_indicadores_calidad.pdf

Agredo, S., & Romero Jaramillo, D. P. (2021). Estrategia participativa para la evaluación de los servicios Ecosistémicos, la gestión y rehabilitación de ecosistemas Riparios: una experiencia en el Magdalena Medio Santandereano. (Tesis de grado de Maestría- Universidad Autonoma del Occidente)

Aguilar, J. M. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea de un bosque de galería en el estado de Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 230-252.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.154>

- Alomía, J., Iannacone, J., Flores, L. A., & Ventura, K. (2017). Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist*, 15(1), 65-84. <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413->
- Anders, N., Smith, M., Suomalainen, J., Cammeraat, E., Valente, J., & Keesstra, S. (2020). Impact of flight altitude and cover orientation on Digital Surface Model (DSM) accuracy for flood damage assessment in Murcia (Spain) using a fixed-wing UAV. *Earth Science Informatics*, 13, 391-404.
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). 1. De la potestad sancionadora de la Autoridad Nacional del Agua. *lea*, 2, 6.
- Benavides, R. (2011). Calidad de vida, calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 21(61), 176-207.
- Bren, L. J. (1993). Riparian zone, stream, and floodplain issues: A review. *Journal of Hydrology*, 150(2-4), 277-299. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(93\)90113-N](https://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90113-N)
- Bruno, D., & Velasco, J. (2024). Las riberas fluviales en ríos intermitentes, las grandes olvidadas en la gestión fluvial. *Ecosistemas*, 2661-2661.
- Carrasco, S., Hauenstein, E., Peña-Cortés, F., Bertrán, C., Tapia, J., & Vargas-Chacoff, L. (2014). Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial. *Gayana. Botánica*, 71(1), 1-9.

- Cavaillé, P., Dumont, B., Van Looy, K., Floury, M., Tabacchi, E., & Evette, A. (2018). Influence of riverbank stabilization techniques on taxonomic and functional macrobenthic communities. *Hydrobiologia*, 807(1), 19–35. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3380-3>
- Chatzinikolaou, Y., Ntemiri, K., & Zogaris, S. (2011). River riparian zone assessment using a rapid site-based index in Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20(2), 296-302.
- Chira, C. P., Montoya, E., & Salas, R. (2011). Evaluación de la calidad ambiental en zonas ribereñas. *Revista Peruana de Ecología*, 7(1), 23-34.
- Ceccon, E. (2003). Restauración ecológica: Principios y aplicaciones. *Ecosistemas*, 12(3), 1-15. <https://www.revistaecosistemas.net/articulo/235>
- FAO. (1993). Guidelines for land-use planning. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/v7460e/v7460e.pdf>
- Fernández, L., Rau, J., & Arriagada, A. (2009). Calidad de la vegetación ribereña del río
- Ferreira, R. (1983). Los tipos de vegetación de la costa peruana. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 40, No. 1, pp. 241-256). Real Jardín Botánico.
- Gamarra, O., et al. (2018). Calidad del bosque de ribera en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas, Perú. *Arnaldoa*, 25(2), 653-678. <https://doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25218>
- Garófano-Gómez, V., Martínez-Capel, F., Bertoldi, W., Gurnell, A., Estornell, J., & Segura-Beltrán, F. (2013). Six decades of changes in the riparian corridor of a Mediterranean river: A synthetic analysis based on historical data sources. *Ecohydrology*, 6(4), 536-553.

Gómez-Baggethun, E., & de Groot, R. (2007). Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas*, 16(3).

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/88>

Gómez-Hoyos, D. A., Cascante, P., Flores, J., Oconitrillo, C., Méndez, R., Méndez, A., ... & Jiménez, K. (2018). Inventarios participativos de la comunidad de Coto Brus: fase I evaluación ecológica de la subcuenca del Río Cotón, Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica. *Informe Técnico Unión Zonal de Asociaciones del sector Pittier y Comisión de Ambiente y Turismo*.

Grossi, M. A., Gutiérrez, D. G., Marquéz, G. J., & Luna, M. L. (2017). Caracteres florales y palinológicos en *Acanthostyles* (Asteraceae, Eupatorieae) y su relación con la polinización. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 52(1), 107-119.

Hampel, H., Mosquera, P., Sotomayor, G., & Galarza, X. (2014). Protocolo de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la región Austral del Ecuador.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación, editorial Mcgraw Hill. México, DF.

Instituto del Mar del Perú (2007). Anuario Científico Tecnológico 2007. Volumen 7. Callao, Perú. 168 pp.

Julca, J., & Cubas, A. (2023). Los sistemas agrícolas y pecuarios y su afectación en la calidad de los bosques ribereños de la subcuenca media del río Naranjos.

Kutschker, A.; Brand, C.; Miserendino, M.L. (2009). Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del no del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología*

Austral, [En línea] 19 (1), pp. 19-34. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v19n1/v19n1a02.pdf>.

López, E. (2015). Evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Tumbaga*, 1(10), 1.

Mendoza, M., Quevedo, A., Bravo, Á., Flores, P. (2014). Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva ley general de aguas de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(4), 429-436.

MINAM. (2015). Ley General del Ambiente. Ley N°28611

MINAM. (2021). Informe de política nacional ambiental al 2030. Ministerio del Ambiente, Perú. <https://www.minam.gob.pe/politicaambiental2030>

MINAM. MINAM. (2021). Decreto Supremo N.° 023-2021-MINAM. Diario el Peruano. Ministerio del Ambiente. (2014). Guía para suelos.

Ministerio de Agricultura. (2010). Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338. Autoridad Nacional del Agua. Ministerio del Ambiente

Ministerio del Ambiente. (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wpcontent/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FAUNASILVESTRE.compressed.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del

Patrimonio Natural. <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wpcontent/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FLORA-YVEGETACI%C3%83%E2%80%99CN.compressed.pdf>

Miranda, M. V. (2018). Caracterización de la problemática de los bosques de ribera: un estado de la cuestión ambiental en ríos de yungas de Jujuy, Argentina.

Molina, P. A. L. (2019). Identificación y priorización de servicios ecosistémicos proporcionados por las quebradas el peumo y el manzano, comuna de lo barnechea, región metropolitana (Doctoral dissertation, Universidad de Chile).

Montesinos, D., Flores, P., & Romero, C. (2019). Diversidad florística, comunidades vegetales y propuestas de conservación del monte ribereño en el río Chili (Arequipa, Perú). *Ecología Andina*, 34(2), 87-112.

Morales, Y. (2021). Los servicios ecosistémicos en ríos urbanos, el canal San Antonio en Bogotá como estrategia de aula ambiental para estudiantes de secundaria (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

Munné, A., Solà, C. & Prat, N. (1998 a). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua* 175: 20-37.

Munné, A., Solà, C., Rieradevall, M. & Prat, N. (1998 b). Índex QBR: Mètode per a l'avaluació de la qualitat dels ecosistemes de ribera. *Estudis de la qualitat ecològica dels rius* (4). Diputació de Barcelona, área de medi ambient. Barcelona, España. 28 pp.

Munné, A., Prat, N., Solà, C., Bonada, N., & Rieradevall, M. (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13: 147-163.

- Munné, A., Prat, N., Solà, C., Bonada, N., & Rieradevall, M. (2022). A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. Dept. Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona. <https://doi.org/10.1002/aqc.529>
- Posada, A., & Hernández, G. (2015). Análisis de la calidad del retiro ribereño para desarrollar estrategias de restauración ecológica del río La Miel, en Caldas – Colombia. *Journal of Environmental Studies*, 12(3), 45-58.
- Ramos, L. (2019). Identificación de zonas con riesgo a inundación por máximas avenidas probables del río Majes en el tramo Dique-Punta Colorada, Arequipa-Perú.
- Rodríguez, F., Pérez, J., & Fernández, C. (2016). Caracterización de la calidad ecológica del bosque de galería del río La Saucedá, Durango, México. *Revista Mexicana de Ecología*, 22(4), 56-72.
- Sea, J. (2019). Evaluación del bosque de ribera en la microcuenca del río San Pedro de Sola – Tarija. *Revista Agrocencias*, 4 (7), 33-41. <https://docplayer.es/190684847-Evaluacion-del-bosque-de-ribera-en-la-microcuenca-del-rio-san-pedro-de-solatarija.html>
- Segura, J., Pérez, J., & Senent, J. (2023). Evaluating the riparian forest quality index (QBR) in the Luchena River by integrating remote sensing, machine learning and GIS techniques. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 23(3), 469-483.
- Suárez, L., Vidal, M., Sánchez, M., Alba, J., Álvarez, M., Avilés, J., & Vivas, S. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. *Limnetica*, 2002, vol. 21, num. 3-4, p. 135-148. <http://hdl.handle.net/2445/32867>

Ticona, O. (2022). Análisis comparativo de las metodologías para estimar el caudal ecológico en la bocatoma del Brazo-Cuenca del Río Camaná-Majes-Colca. Perú (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).

Ticona, O., Liberalesso, P., Lovato, M., Ferminio, E., Maciel, L., Gaspari, F., & Swarowsky, A. (2024). Comparación de los métodos para estimar el caudal ecológico en la cuenca Camaná-Majes-Colca-Perú. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 21.

Todorova, E., Zhiyanski, M., & Todorov, L. (2023). Using high precision climate data for wildfire risk assessment. *Silva Balcanica*, 24(1), 5-16.

Tolkkinen, M., Vaarala, S., & Aroviita, J. (2021). The importance of riparian forest cover to the ecological status of agricultural streams in a nationwide assessment. *Water Resources Management*, 35(12), 4009-4020.

Trama, F., Salcedo, A., Demarcy, L., Erbure, L., Jara, B., Muñoz, F., Rios, J., & Rizo Patrón, F. (2020). Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 27(2), 149-168. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>

Villafani, J. (2017). Modelamiento geoespacial para la caracterización físico, biótico y socioeconómico de la cuenca alta del río Santa-Ancash.

Welsch DJ. 1991. Riparian forest buffers: function and design for protection and enhancement of water resources. United States Department of Agriculture. 4 pp

Wiatkowski, M., & Tomczyk, P. (2018). Comparative assessment of the hydromorphological status of the rivers Odra, Bystrzyca, and Ślęza using the RHS, LAWA, QBR, and HEM methods above and below the hydropower plants. *Water*, 10(7), 855.

Zapata, F. (2018). El rol de los ecosistemas de ribera para el control de inundaciones.



ANEXOS

Anexo 1: Descripción de medición de índice de la calidad de la ribera QBR.

Sección 1: Grado de cubierta de la zona de ribera C1

Puntaje	
25	>80% de la cobertura ribereña (excluidas las plantas anuales)
10	50-80% de la cobertura ribereña
5	10-50% de la cobertura ribereña
0	< 10% de la cobertura ribereña
+10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el bosque es total
+5	Si la conectividad es superior al 50%
-5	Conectividad entre 25% y 50%
-10	Conectividad inferior al 25%

Sección 2: Estructura de la cubierta C2

Puntuación	
25	Cobertura de los árboles superior al 75%
10	Cobertura de los árboles entre el 50 y 75%, o cobertura de los árboles entre el 25 y 50% y el resto de la cubierta los arbustos superan el 25%
5	Cobertura de los árboles inferior al 50% y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25%
0	Sin árboles y arbustos por debajo del 10%
+10	Si en la orilla la concentración de helofitos o arbustos es superior al 50%
+5	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50%
+5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y la de árboles con sotobosque

-5	Si existe una distribución regular (linealidad) de los árboles y el sotobosque recubre más del 50%
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, si una continuidad
-10	Si existe una distribución regular (linealidad de los árboles y el sotobosque recubre menos del 50%

Sección 3: Calidad de la cubierta (primero se debe determinar el tipo geomorfológico de la zona de ribera) **C3**

Puntuación		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	Número de especies diferentes de árboles y arbustos autóctonos	> 1	> 2	> 3
10	Número de especies diferentes de árboles y arbustos autóctonos	1	2	3
5	Número de especies diferentes de árboles y arbustos autóctonos	-	1	1-2
0	Sin árboles autóctonos			
+10	Si existe una continuidad de la comunidad a lo largo de río como mínimo 3m de ancho, uniforme y ocupando más del 75% de la ribera.			
+5	Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre el 50 y el 75% de la ribera)			
+5	Si existe una disposición en bandas paralelas al río			
+5	Número de especies de arbustos			
-5	Si existen estructuras construidas por el hombre			
-5	Si existe alguna especie de árbol introducida (alóctona)* aislada			
		> 2	> 3	> 4

-10	Si existen especies de árboles alóctonas* formando comunidades			
-10	Si existen vertidos de basuras			

Sección 4: Grado de naturalidad del canal fluvial **C4**

Puntuación	
25	El canal del río no ha sido modificado
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	Río canalizado en la totalidad del tramo
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
-10	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho de río
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)	

Fórmula general para el cálculo del índice QBR

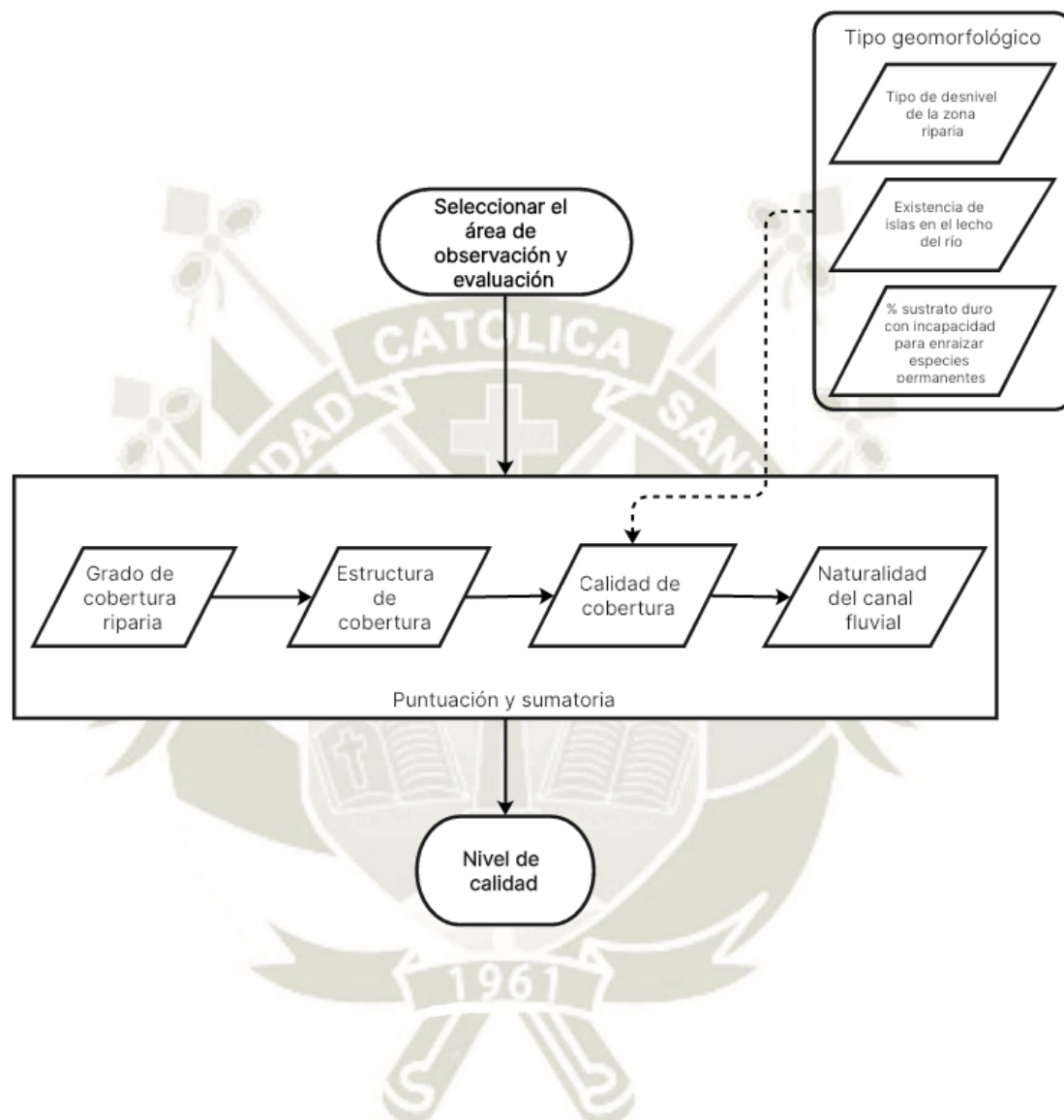
$$QBR=C1+C2+C3+C4$$

Donde:

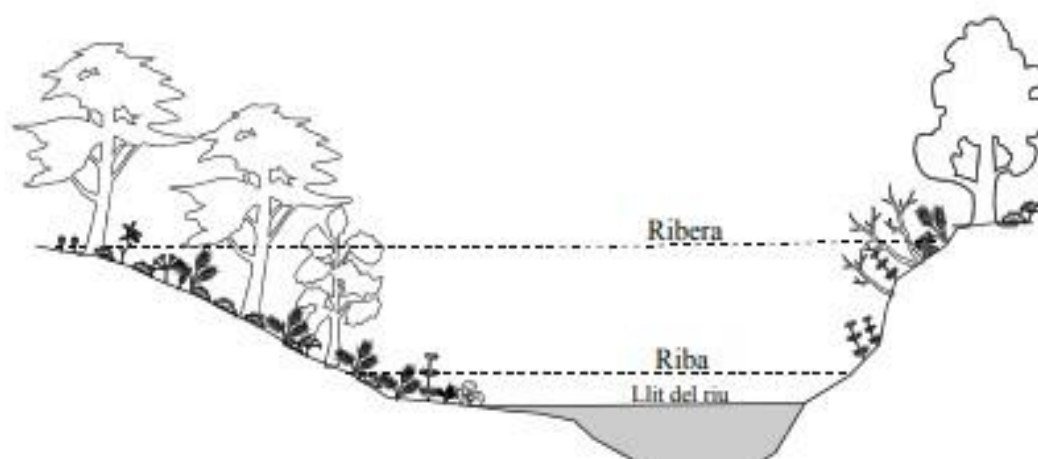
- **C1:** Grado de cobertura vegetal de la ribera (0 a 25 puntos).
- **C2:** Estructura de la vegetación de la ribera (0 a 25 puntos).
- **C3:** Calidad de la cobertura vegetal (0 a 25 puntos).
- **C4:** Grado de naturalidad del canal fluvial (0 a 25 puntos).

Diagrama de bloques de la medición de índice de la calidad de la ribera QBR.

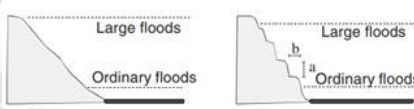
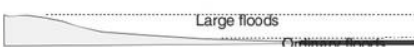
Calificación de la zona de ribera de los ecosistemas fluviales. Índice QBR

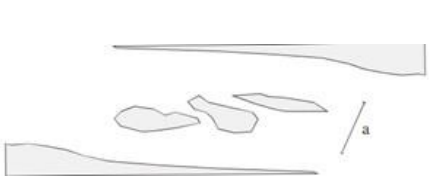
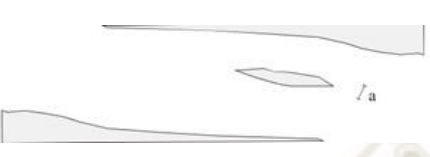


Anexo 2: Sección transversal de zona riparia



Anexo 3: Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera

<i>Tipos de desnivel de la zona riparia</i>		<i>Puntuación</i>	
		Izquierda	Derecha
Vertical/cóncavo (pendiente > 75°), con una altura no superable por las máximas avenidas		6	6
Igual pero con un pequeño talud o orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)		5	5
Pendiente entre el 45 y 75 °, escalado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre la orilla y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$		3	3
Pendiente entre el 20 y 45 °, escalonado o no. $\Sigma a < \Sigma b$		2	2
Pendiente < 20 °, ribera uniforme y llana.		1	1

<i>Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río</i>		
Anchura conjunta “a” > 5 m..		-2
Anchura conjunta “a” entre 1 y 5 m.		-1

<i>Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente</i>	
> 80 %	No se puede medir
60 – 80 %	+ 6
30 – 60 %	+ 4
20 – 30 %	+ 2
Puntuación total	

Tipo geomorfológico según la puntuación		
> 8	Tipo 1	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera
Entre 5 y 8	Tipo 2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos
< 5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso

Anexo 4. Descripción de los puntos muestreados



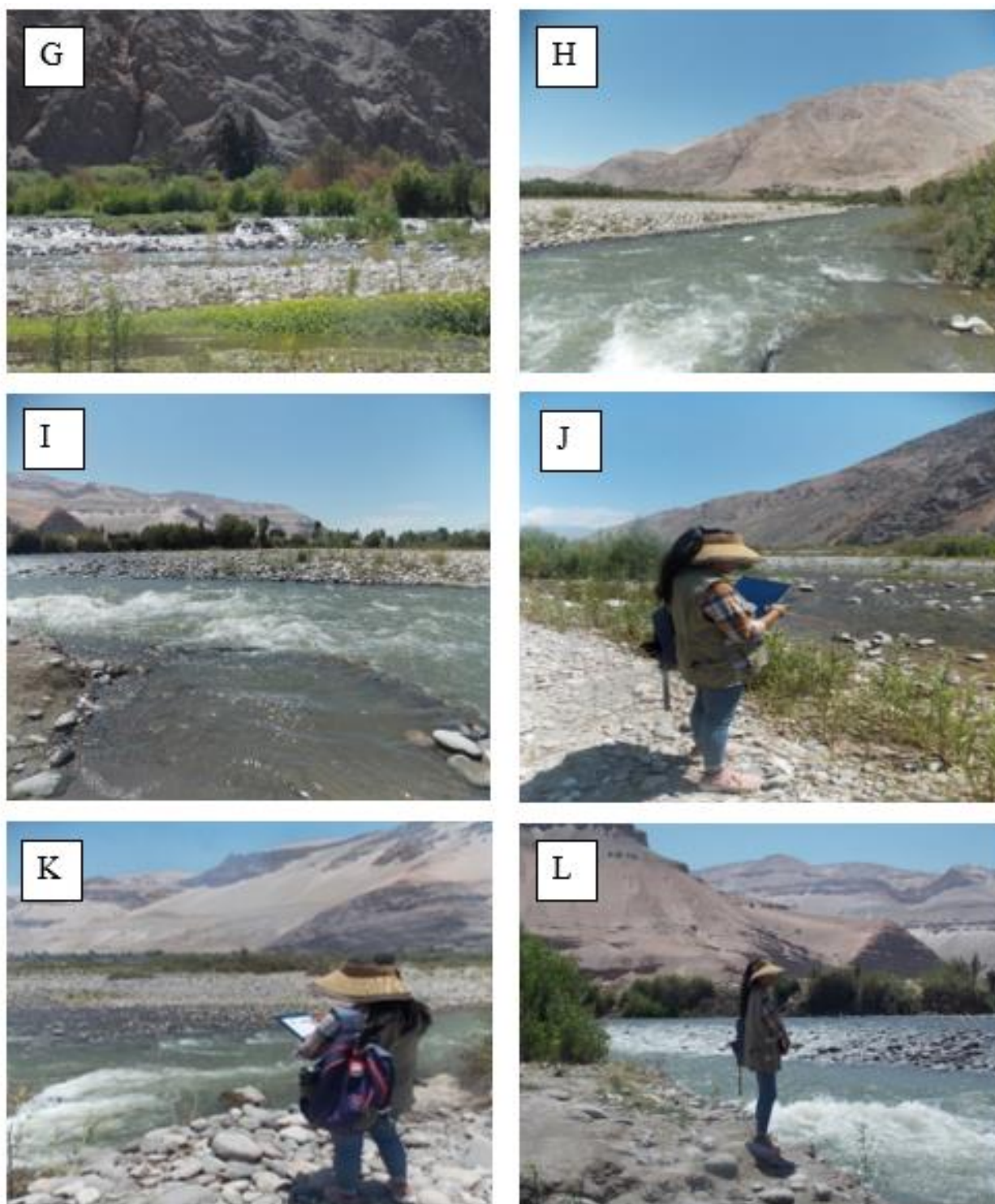


Figura 16. Descripción de puntos de muestreo

En las imágenes se observa los puntos muestreados durante la investigación, los cuales se dieron en el mes de Setiembre del 2023, los cuales están entre los 130117E- 8242674N,

hasta los 126639E-8186947N, En la figuras (A,B) presentan laderas rocosas , donde se observa flora herbácea y arbórea, de estado fenológico uniforme lo cual podría indicar que se trata de una área reforestada, las imágenes (C,D,E,F,G) se observo arbustos y herbáceas que representan riqueza y abundancia mínima , estas que encuentra a lado de la construcción del dique rocoso, se puede observar de igual manera flora uniforme, en la figuras (H,I,J,K,L) se observa la ribera del rio , donde la flora no se ve afectada , en ambos lados de la ribera , presentando buena uniformidad y en lado cerca al dique rocoso presenta áreas reforestadas, mientras que el último punto no se ve ningún tipo de perturbación.

Anexo 5. Puntuaciones y suma de puntuación para la valorización y aplicación del índice QBR.

GRADO DE COBERTURA DE RIBERA DEL RIO

MAJ-01	5
MAJ-02	10
MAJ-03	5
MAJ-04	5
MAJ-05	5
MAJ-06	25
MAJ-07	25
MAJ-08	10
MAJ-09	10
MAJ-10	5
MAJ-11	5
MAJ-12	10

ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA

MAJ-01	5
MAJ-02	-5
MAJ-03	5
MAJ-04	5
MAJ-05	5
MAJ-06	10
MAJ-07	10
MAJ-08	5
MAJ-09	-5
MAJ-10	-5
MAJ-11	10
MAJ-12	10

CALIDAD DE LA CUBIERTA

MAJ-01	5
MAJ-02	5
MAJ-03	5
MAJ-04	-10
MAJ-05	-5
MAJ-06	5
MAJ-07	5
MAJ-08	-5
MAJ-09	5
MAJ-10	-5
MAJ-11	-10
MAJ-12	-10

CALIDAD DE NATURALIDAD PLUVIAL

MAJ-01	25
MAJ-02	10
MAJ-03	10
MAJ-04	10
MAJ-05	10
MAJ-06	10
MAJ-07	10
MAJ-08	10
MAJ-09	10
MAJ-10	10
MAJ-11	10
MAJ-12	25

N.º DE PUNTOS	MAJ-01	MAJ-02	MAJ-03	MAJ-04	MAJ-05	MAJ-06	MAJ-07	MAJ-08	MAJ-09	MAJ-10	MAJ-11	MAJ-12
Grado de cubierta vegetal	5	10	5	5	5	25	25	10	10	5	5	10
Estructura de la cubierta vegetal	5	-5	5	5	5	10	10	5	-5	-5	10	10
Calidad de la cubierta vegetal	5	5	5	-10	-5	5	5	-5	5	-5	-10	-10
Grado de naturalidad de canal pluvial	25	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	25

Puntos	Valor de índice QBR	Nivel de calidad del índice QBR
MAJ-01	40	
MAJ-02	20	
MAJ-03	25	
MAJ-04	10	
MAJ-05	15	
MAJ-06	50	
MAJ-07	50	
MAJ-08	20	
MAJ-09	20	
MAJ-10	5	
MAJ-11	15	
MAJ-12	35	