

1.1.INTRODUCCIÓN

En la actualidad las riberas de los ríos están siendo fuertemente degradadas por acción antrópica, un ejemplo de esto es la pérdida de cubierta vegetal ribereña que afecta la calidad de un río saludable y de sus condiciones prístinas, afectando sustancialmente las funciones ecosistémicas y la calidad del cuerpo de agua, particularmente si estas modificaciones involucran un incremento en la entrada de nutrientes al sistema (Bunn et al 1999).

Dentro de las funciones de los sistemas ribereños, una de las más importantes tiene relación con su carácter de buffer biológico, mediante el cual se minimiza la entrada al río de contaminación difusa proveniente de terrenos urbanos y agrícolas adyacentes, además, mantienen una elevada biodiversidad y productividad, proporcionando refugio y alimento a un gran número de organismos, por otro lado controlan el régimen de temperaturas y crecidas de las aguas del cauce evitando un incremento de la escorrentía superficial lo que contribuye a mantener un buen nivel de nutrientes en el suelo (Pimentel & Kounang 1998).

Las variadas funciones ecológicas que exhibe la vegetación ribereña se manifiesta como un excelente indicador en la gestión y planificación territorial, permitiendo su inclusión como elemento clave para la calificación del estado ecológico de los ríos, por lo que conocer su estado es uno de los primeros pasos en la cuantificación de las desviaciones desde una condición natural.

A pesar de lo anteriormente visto, no existen propuestas metodológicas para estimar la calidad de las áreas ribereñas utilizando índices de fácil manejo y aplicación sencilla, ya que la mayoría de los índices que evalúan la calidad de este sistema solo se basan en las propiedades del agua, las comunidades biológicas y sus características geomórficas (Raven *etal.* 1998).

A este respecto, Muné en 1998 diseñó un índice rápido para la Evaluación de los Ecosistemas de Ribera, que tiene como ventajas el fácil y rápido cálculo en el campo, además puede ser usado junto con indicadores biológicos de calidad de las aguas y para

la determinación del estado ecológico de los ríos todo esto basado considerando cuatro secciones: a) Grado de cobertura riparia; b) Estructura de la cobertura; c) Calidad de la cobertura, y d) Grado de naturalidad del canal fluvial. Cada una de estas secciones puede ser calificada entre 0 y 25 puntos, valores que luego serán sumados para obtener el valor del índice QBR que oscilara entre 0 y 100.

1.2.ANTECEDENTES

Cuando se estudian los ríos o sistemas fluviales se tiene que tener en cuenta cualquier estrés ambiental, natural o antrópico que imposibilite la formación de un potencial bosque de ribera, la inexistencia de los bosques de ribera debido a procesos antrópicos se debe a un sinfín de causas directas e indirectas. Las principales que afectan directamente esta zona son la agricultura, ganadería bovina, ganadería caprina y la urbanización. Mientras que indirectamente se citan a las canalizaciones, contaminación, deforestación y los chaqueos, que año tras año causan un mayor daño debido a su mala práctica y descontrol, ocasionando incendios que consumen rápidamente extensas áreas de bosque. Sean unas u otras las causas del deterioro del valor ecológico y biológico de las riberas, todas ellas afectan el equilibrio del sistema.

Analizando las características del área se puede realizar una breve reseña, alegando a que los principales problemas que afecta a esta área son los incendios forestales que consecuentemente dañan a escalas generales la parte superior de la subcuenta, esto desencadena en problemas socio-ambientales a toda el área, deteriorando la calidad ecológica y ambiental de la zona. Otros problemas vinculados vienen en menor parte por la canalización del río con los gaviones, esto para salvaguardar los campos agrícolas que los pobladores instalaron en los márgenes del río por su riqueza en nutrientes debido a la sedimentación, pero estos se ven afectados cuando las fuertes riadas arrebatan los gaviones y se llevan juntamente los cultivos.

Lamentablemente no se cuentan con estudios ambientales de este tipo con índices de calidad en nuestro país, a nivel departamental solamente se hallan dos estudios realizados por dos universidades locales, que si bien aportan una gran cantidad de información, no es suficiente para poder ayudar a entender el estado de nuestros ríos y

su deterioro, las distintas organizaciones y autoridades que rigen en el departamento han realizado estudios sobre el manejo de la sub cuenca y sus afluentes concentrándose en la zona alta, siendo su principal motivo el de garantizar el agua para riego a comunidades que circundan la cuenca, faltando estudios sobre el grado de contaminación que está sufriendo, ya que es un punto crucial para el turismo y por formar parte de la Reserva Biológica Cordillera de Sama.

1.3.JUSTIFICACIÓN

Actualmente al carecer de información referida a la vegetación de ribera y otras del rio San Pedro de Sola, hace relevante e importante realizar un estudio del bosque de ribera, que pueda definir las características particulares (valor ecológico) como consecuencia de la intervención antrópica y factores naturales, para de esta manera poder contar con información real de la cobertura vegetal, siendo esta de vital importancia para la restauración y el mantenimiento de este importante curso de agua, centrandó esta investigación en la parte baja del rio San Pedro de Sola debido a factores claves como la accesibilidad y siendo esta el área más afectada antropicamente, ya que en esta zona se centran las principales actividades que degradan el bosque de ribera y por lo tanto este curso de agua. Para esta finalidad la utilización del protocolo QBR (Índice de Calidad de Ribera) es la más factible debido a que tiene por objetivos simplificar estudios complejos y costosos que aumentan el número de variables para la medición de calidad y biodiversidad. La información resultante sobre la calidad ecológica del bosque de ribera es un elemento clave del funcionamiento del ecosistema fluvial y la del estado de salud del bosque ribereño, que aporta información efectiva sobre la situación del estado ecológico de la micro cuenca del Rio San Pedro de Sola, debido a su importancia natural, paisajística y cultural, así como la presencia de poblaciones locales y al uso sostenible actual y potencial de sus recursos naturales, ya que enfrentan problemas ambientales por diferentes razones ya sean internas o externas, como ser: cambio del uso de suelo del bosque de ribera para actividades agrícolas, uso de las especies leñosas para combustible, actividad ganadera intensiva, presencia de residuos

sólidos por personas externas al área de estudio, incendios forestales por actividades antrópicas (hogueras, chaqueos, quema de residuos de la cosecha y otros), entre otros.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad ecológica del bosque de ribera de la parte baja del río de la micro cuenca San Pedro de Sola utilizando el índice QBR y sus variaciones en función de diferentes parámetros fitosociológicos y ambientales, con el fin de generar información útil para elaborar proyectos de restauración ambiental y conservación del bosque de ribera.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado actual de la vegetación de ribera mediante la aplicación del índice QBR (Calidad de Bosque de Ribera) en la terraza pluvial paralela al río principal de la micro cuenca del río San Pedro de Sola, para describir la calidad ecológica.
- Caracterizar la composición florística y la estructura del bosque de ribera, aplicando técnicas dasométricas y ecológicas para identificar las alteraciones sufridas.

2. MARCO TEORICO

2.1.BOSQUES DE RIBERA

Cicerone et al. (2003) afirma que los bosques de ribera o humedales poseen amplias y variadas características, siendo constante el gradiente elevado de humedad en el suelo el cual permite el alojamiento de diferentes especies vegetales exclusivas (hidrofitos) o no de estos ambientes.

Es por ello que se pueden encontrar numerosas formas de vida adaptadas cada una a sus propios requerimientos. Estas adaptaciones favorecen la alta biodiversidad y productividad que caracterizan a los bosques de ribera, además de su encumbrado valor estético y socio cultural asociado al paisaje del que forman parte, motivo más que importantes para conservarlos.

2.2.IMPORTANCIA DEL BOSQUE DE RIBERA

Según Gonzales del Tánago, (2002) las riberas son una parte esencial de los ecosistemas fluviales. Representan una zona de ecotono o transición entre el medio acuático, de caudales circulantes, y el medio terrestre de las inmediaciones del río, recibiendo la influencia hidrológica de ambos, al constituir un espacio compartido en el ciclo del agua, de los sedimentos y de los nutrientes.

Son muchos los beneficios hidrológicos que ofrecen las riberas, cuando mantienen su estructura natural como corredores fluviales. Quizás la principal función hidrológica que cumplen es la de almacenamiento, formando parte de la llanura de inundación.

En general las zonas más próximas a los cauces presentan unas condiciones muy favorables para la retención de agua y sedimentos. En cuanto a las escorrentías, contienen suelos generalmente con elevada capacidad de infiltración y retención, representando una gran reserva hídrica para la vegetación que contienen. En relación a los sedimentos, las riberas tienen una pendiente relativamente plana y corresponden a la zona más baja de la ladera, donde dominan los procesos de depósito.

Finalmente, la presencia de la vegetación contribuye a la estabilidad de las orillas a través de su sistema radical, disminuyendo el riesgo de erosión por la acción de la

corriente. La presencia de raíces aumenta la cohesión del suelo y su resistencia, a la vez que disipa la energía y velocidad de las aguas.

De esta forma, las riberas cumplen una función muy positiva y clave en el funcionamiento hidrológico de las cuencas vertientes, que desaparece cuando se utilizan para usos no compatibles con la inundación, interrumpiendo los flujos de agua, sedimentos y nutrientes que tienen lugar de forma natural en las mismas (Risser, 1990).

2.3. CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y RÍOS

Tanto las cuencas hidrográficas como los ríos, presentan un sin fin de belleza paisajística y numerosos motivos ecológicos y biológicos para su conservación.

Las Cuencas hidrográficas son definidas como una unidad fisiográfica, conformada por el conjunto de sistemas de cursos de agua determinados por el relieve. Sus límites o “divisorias de aguas” están dados naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (Ramakrishna, 1997).

Las cuencas, también conocidas como zonas de captación, son cada una de ellas diferentes en cuanto a su tamaño, características físicas, biológicas, sociales, y culturales (UICN, 2000). Sin embargo todas poseen como factor común: ser las unidades del paisaje que aportan agua y sedimentos de forma difusa, a un cauce en una sección dada (Aguilo Alonso y Aramburu, 2000)

De acuerdo con la Real Academia Española, El término río es una palabra que procede del latín *rius*. Por definición, un río es una corriente natural formada por agua dulce que fluye continuamente, puede desembocar o morir en un lago, en el mar o en otro río. En este último caso recibe el nombre de afluente y el punto de unión de ambos se llama confluencia.

2.4. EL SISTEMA DE LOS RÍOS

Los científicos expertos en sistemas acuáticos, categorizan los ríos basándose en componentes como el balance, tiempo de la escorrentía del agua de lluvia y el caudal.

Existen tres categorías principales:

Ríos efímeros. - fluyen durante o inmediatamente después de períodos de precipitación. Generalmente fluyen por menos de 30 días al año y persisten como canales secos el resto del tiempo.

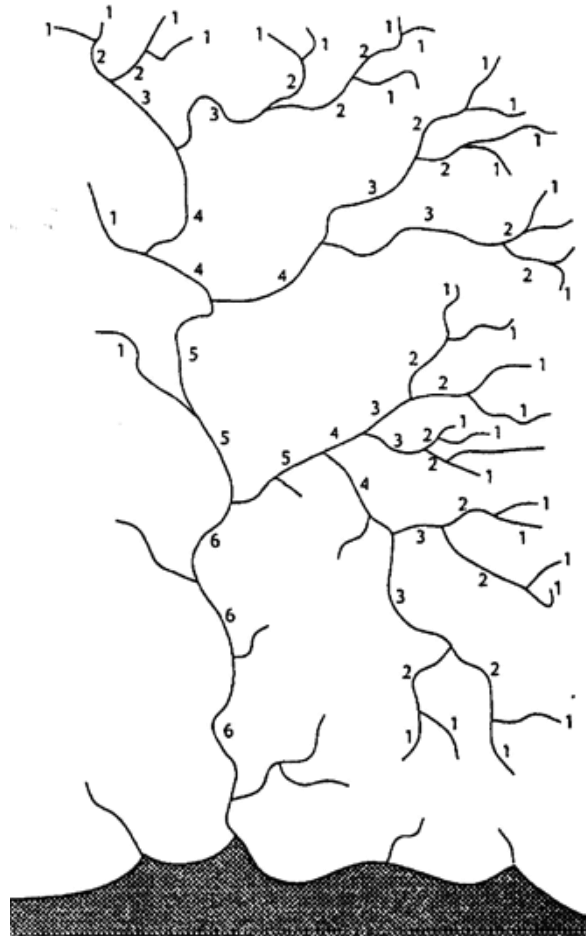
Ríos intermitentes. - fluyen únicamente durante ciertas épocas del año. Fluyen dependiendo de la estación intermitentemente y generalmente duran más de 30 días al año.

Ríos perennes. - fluyen continuamente, tanto en la estación seca como la lluviosa. El caudal es generalmente generado por el movimiento de aguas superficiales al canal.

Conforme los ríos fluyen pendiente abajo y encuentran otros ríos en las cuencas, se forma un sistema ramificado.

Cuando se observan desde el aire, tiene la apariencia de un árbol. El tronco está representado por los grandes ríos, que corren hacia los océanos y golfos. Las ramas más alejadas del tronco, se conocen como **cabeceras de ríos**. A esta red de agua fluyendo hacia la boca de los grandes ríos, se le conoce como sistema de ríos. Los profesionales en recursos acuáticos, han desarrollado un sistema simple de categorización de los arroyos en el **sistema de ríos**. Los arroyos que no tienen tributarios entrando a ellos, son llamados arroyos de primer orden. Los arroyos que reciben solamente **arroyos de primer orden**, son llamados arroyos de segundo orden. Cuando dos **arroyos de segundo orden** se encuentran, el caudal combinado se convierte en **arroyos o ríos de tercer orden** y así consecutivamente (Georgia Adopt-A-Stream 2004).

Figura N° 1. Orden del Sistema de los Ríos



Fuente: Georgia Adopt-A-Stream (2004)

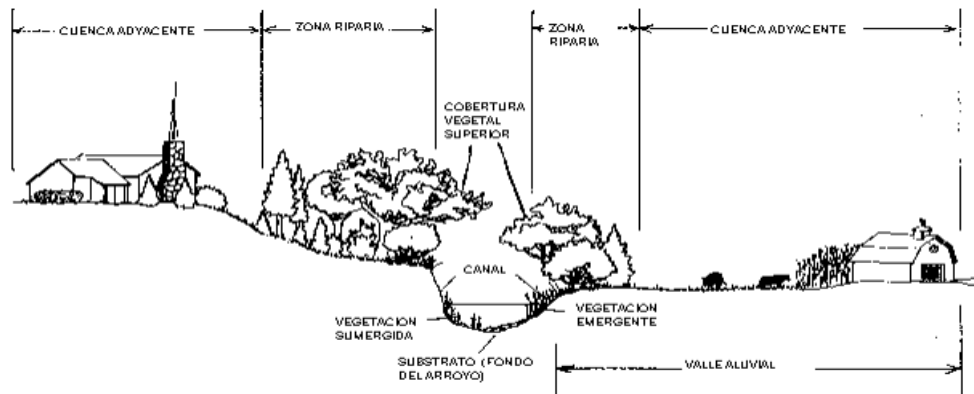
2.5.RIO / ARROYO

Para la organización Georgia Adopt-A-Stream (2004). Un río saludable es un lugar muy concurrido y lleno de movimiento. En sus aguas y alrededores, la vida silvestre, por ejemplo, las aves, encuentran refugio y comida. La vegetación crece a lo largo de las orillas, dándole sombra, disminuyendo la corriente durante las lluvias, filtrando los contaminantes antes de que entren en el río y dándoles refugio a los animales. Dentro del río, encontramos peces y un sin número de insectos y otras criaturas pequeñísimas con necesidades muy particulares. Por ejemplo, los habitantes del río, necesitan

oxígeno disuelto para respirar, rocas, ramas de árboles que cuelguen dentro del río, troncos y raíces que les sirvan de refugio, vegetación y otros animales para comer y lugares especiales para reproducirse e incubar a sus crías. Para muchas de estas actividades, ellos también pueden necesitar que el agua corra a una velocidad específica, cierta temperatura y profundidad.

Las actividades humanas moldean y alteran muchísimas de las características de los ríos. Represamos, enderezamos, desviamos, drenamos, y desechamos dentro de los ríos. Construimos carreteras, estacionamientos, casas y fábricas en lugares donde pasaban ríos. Creamos campos agrícolas, minas, cortamos los árboles y nuestros ganados pastan en el borde de los ríos. También nadamos, pescamos y montamos en canoas en los ríos. Los voluntarios deben estar conscientes de que también la tierra que lo rodea afecta el hábitat dentro de los ríos.

Figura N° 2. COMPONENTES DE UN ARROYO Y LA COBERTURA QUE LO RODEA



Fuente: Georgia Adopt-A-Stream (2004)

Estas actividades pueden afectar los muchos componentes del ambiente viviente dentro del arroyo (ver Figura N° 2) Estos componentes son:

La Cuenca adyacente está formada por el suelo más alto que captura y drena el agua por escorrentía, al arroyo.

El **Valle aluvial** es el área baja de tierra que rodea al arroyo y sostiene el agua que se desborda durante lluvias o tormentas.

La **Zona riparia o de amortiguamiento** es el área natural de vegetación que se extiende hacia afuera desde el borde del arroyo. La zona riparia actúa como un buffer o amortiguador de los contaminantes que entran al arroyo por escurrimiento superficial.

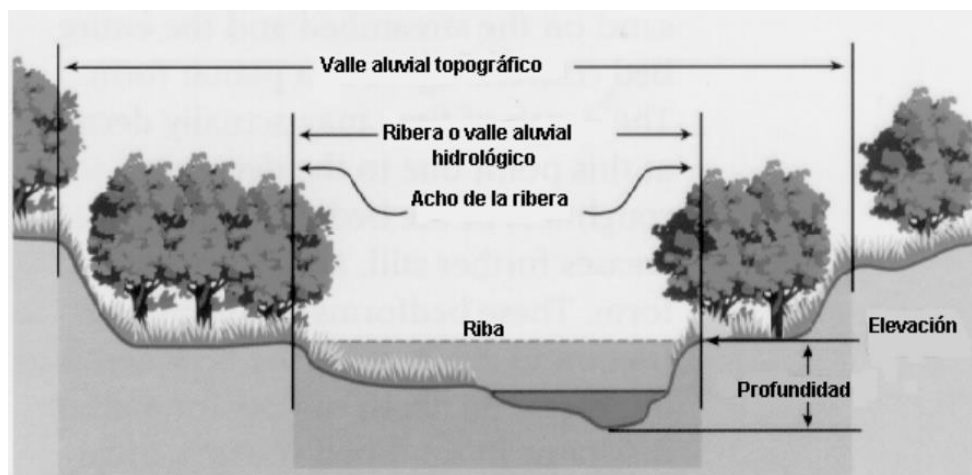
La **Cobertura vegetal superior** incluye cualquier vegetación que sobresale formando “techo”. Ofrece protección y sombra para el arroyo y sus habitantes acuáticos.

La **Vegetación emergente** incluye cualquier vegetación que sobresale en las orillas (Georgia Adopt-A-Stream 2004).

2.6. Ribera

Se define como la línea que marca, en el arroyo o río, el nivel normal máximo del agua; el caudal máximo antes de que el exceso se desborde hacia el valle aluvial. Una descarga sobre la orilla se espera aproximadamente cada 1.5 años en promedio (Georgia Adopt-A-Stream 2004).

Figura N° 3. COMPONENTES DEL VALLE ALUVIAL Y LAS ORILLAS DEL ARROYO



Fuente: Georgia Adopt-A-Stream (2004)

Las **Orillas o márgenes del Río** incluyen, ambas, la orilla superior y la inferior. La orilla inferior, normalmente comprende de la línea o borde normal hasta el fondo del

arroyo; mientras que la orilla superior o riba, se extiende desde el cambio en la pendiente normal del terreno que lo rodea, hasta la línea superior de la superficial normal.

La **Vegetación del Río** incluye la vegetación emergente, sumergida y plantas flotantes. La vegetación emergente incluye las plantas con tallos verdaderos, raíces y hojas, con la mayoría de sus partes vegetativas sobre el agua. Las plantas sumergidas incluyen algunos tipos similares a las emergentes, pero se encuentran completamente sumergidas en el agua. Las plantas flotantes (e.g. algas, lentejas de agua) se encuentran separadas de cualquier substrato y por lo tanto se encuentran a la deriva dentro del agua.

El **Lecho del Río** es el ancho del río incluyendo la ribera (Georgia Adopt-A-Stream 2004).

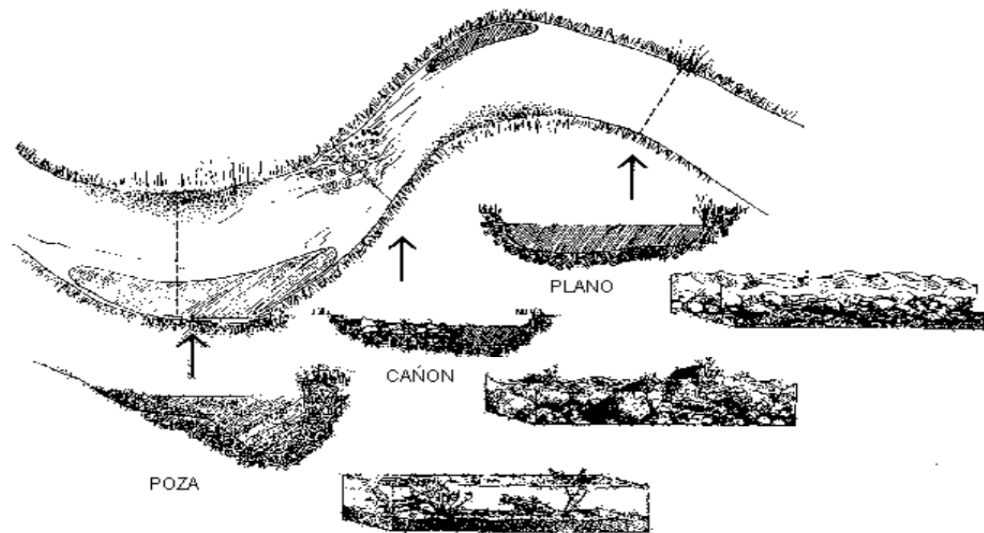
Las **Pozas** son distintos hábitats dentro de un arroyo en donde la velocidad del agua disminuye y la profundidad es mayor que en otras partes del arroyo. (ver Figura N° 4) Una poza generalmente tiene sedimentos blandos en el fondo.

El **Cañadón** es un estrecho de agua, poco profundo y turbulento que pasa rápidamente sobre rocas, parcial o totalmente cubiertas de agua. Típicamente es en donde se puede escuchar el agua en movimiento.

Los **Planos** son secciones del arroyo con una velocidad relativamente baja en donde el agua fluye suave y lentamente con poca o ninguna turbulencia en la superficie del agua.

El **Substrato** es el material que forma el fondo del arroyo, por ejemplo arcilla, adoquín o piedra (Georgia Adopt-A-Stream 2004).

Figura N° 4. COMPONENTES DEL SISTEMA DE UN ARROYO



Fuente: Georgia Adopt-A-Stream (2004)

Tanto si los arroyos son activos, de movimiento rápido, tienen sombra, son fríos y claros o profundos, lentos, turbios y tibios –o algo en el medio de todo esto- los arroyos adquieren su forma a partir de los desniveles del suelo por el que pasan ya sean naturales o hechos por el hombre. Por ejemplo, la vegetación en la zona riparia protege y sirve de amortiguador en las orillas o márgenes de los arroyos, dándole al mismo tiempo sombra y enriqueciendo por medio de las hojas y materia orgánica que desprende dentro del arroyo.

Más aún, la zona riparia ayuda a mantener la estabilidad de las orillas del arroyo, sosteniendo el suelo a través del sistema de raíces. Esto ayuda a controlar la erosión y prevenir la excesiva acumulación de sedimentos en el substrato. Si la actividad humana empieza a degradar la zona riparia, cada uno de los componentes de los arroyos –y los organismos vivos que los habitan- también se empiezan a degradar. El Manual de Monitoreo Biológico, incluye métodos que pueden ser utilizados por voluntarios para valorar el ambiente vivo de los arroyos –específicamente, los insectos que viven en ellos y los componentes físicos o hábitat que los sostienen (Georgia Adopt-A-Stream 2004).

2.7.ÍNDICE DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA (QBR)

El QBR es un índice de aplicación rápida y sencilla, que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y/o quebrada y su zona inundable y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas. Se estructura en cuatro bloques independientes, cada uno de los cuales valora diferentes componentes y atributos del sistema: 1) grado de cobertura de la zona de ribera; 2) estructura de la cobertura; 3) calidad de la cobertura y 4) el grado de naturalidad del canal fluvial. Cada bloque recibe una puntuación entre 0 y 25, y la suma de los cuatro bloques da la puntuación final del índice, que expresa el nivel de calidad de la zona de estudio. En la puntuación del QBR suman todos los elementos que aportan cierta calidad al ecosistema de ribera, y resta todo aquello que supone un distanciamiento respecto a las condiciones naturales. El QBR es una medida de la diferencia que existe entre el estado real del bosque de ribera y su estado potencial, de modo que el nivel de calidad es máximo sólo cuando las riberas evaluadas no presentan alteraciones debidas a la actividad humana.

El protocolo QBR consta de un texto y de un apoyo gráfico integrado por imágenes y figuras. El texto se estructura en dos columnas verticales paralelas. En la columna de la izquierda se describen los pasos que hay que seguir para aplicar debidamente cada uno de los bloques de los que consta el índice. La columna de la derecha, por su parte, incluye observaciones y explicaciones con el fin de facilitar la comprensión de cada uno de los pasos descritos en la columna de la izquierda. Las imágenes y figuras ejemplifican e ilustran los contenidos del texto. Están agrupados en los mismos bloques que la parte escrita y son útiles para clarificar posibles dudas que puedan aparecer en algún punto de la lectura del texto, y que podrían dar lugar a malas interpretaciones en la aplicación de alguno de los pasos del índice.

Tanto el texto como los elementos de soporte gráfico del protocolo contienen constantes referencias a los diferentes apartados de las hojas de campo. Cada párrafo, imagen o figura del protocolo que hace referencia a un apartado concreto de la hoja de campo incluye entre paréntesis su numeración identificativa. De esta manera es fácil

establecer una relación directa entre la explicación escrita y gráfica de cada paso a seguir, y su valoración en la hoja de campo.

En la metodología existen 2 hojas de campo para el índice QBR, una para ríos y/o quebradas permanentes y semipermanentes (Hoja de campo A) y otra específica para ríos y/o quebradas efímeras (Hoja de campo B). Se utilizó en cada caso una o la otra en función del tipo de río y/o quebrada donde se evalúe el índice. Por el efecto que produce la temporalidad de un curso fluvial en las dimensiones y la composición estructural y específica de sus riberas, se considera adecuado utilizar la hoja de campo B en ríos y/o quebradas con las siguientes características (Munné 2003):

- Ríos y/o quebradas intermitentes. Cursos fluviales con elevada temporalidad, que pueden permanecer secos entre 100 y 200 días al año, y con presencia de pozas dispersas y desconectadas.
- Ríos y/o quebradas efímeras. Cursos fluviales donde sólo circula agua superficialmente de manera esporádica en episodios de tormenta (una media inferior a 100 días al año).

Cuadro N° 1. Consideraciones previas a tener en cuenta en la aplicación del índice

Pasos a seguir	Observaciones
<p>1 Selección del área de observación</p> <p>Seleccionar tramos entre 100 a 200 m procurando que albergue una ribera representativa de la masa de agua. Hay que considerar la totalidad de la anchura potencial del bosque de ribera para el cálculo del QBR. En ella diferenciaremos y delimitaremos visualmente el canal bajo del río y/o quebrada, la orilla y la ribera.</p>	<p>Canal bajo. Zona del cauce inundada durante la mayoría de días del año.</p> <p>Orilla. Zona del cauce inundable en crecidas ordinarias</p> <p>Ribera. Zona inundable en crecidas de gran magnitud, pueden estar incluidas diversas terrazas aluviales.</p>

<p>Indicadores útiles para diferenciar los ámbitos de aplicación del índice:</p> <p>Límite orilla-ribera:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Talud ➤ Especies presentes <p>Límite externo de la ribera:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Composición específica de la comunidad vegetal ➤ Manchas residuales de vegetación de ribera ➤ Cambio en la orografía del terreno: aumento de la pendiente 	<p>La acción modeladora de las crecidas ordinarias suele resultar en la formación de un talud (bankfull) que marca el límite y se convierte en el mejor indicador del final de la orilla y el inicio de la ribera.</p> <p>La orilla se ve afectada de forma frecuente por crecidas de caudal, por lo tanto las especies vegetales que viven en ella tienen que estar adaptadas a estas perturbaciones. Los helófitos y las especies del género <i>Salix</i>, en especial las de porte arbustivo, son por su flexibilidad las mejor adaptadas a estas condiciones. La sustitución de estas especies por leñosas más rígidas puede ser indicativo de la interfase orilla-ribera.</p> <p>Para determinar el límite externo de riberas con cobertura vegetal natural, el mejor indicador es el cambio de comunidades dominadas por especies de ribera a comunidades dominadas por especies propias del ecosistema forestal adyacente.</p> <p>En riberas alteradas por usos urbanos o industriales, hay que fijarse en la presencia de manchas residuales de vegetación de ribera más allá de los</p>
---	--

<p>➤ Observación de la orilla opuesta o de tramos situados aguas arriba o aguas abajo</p>	<p>espacios construidos. Su existencia indicará la proximidad del nivel freático a la superficie y por lo tanto la extensión de la zona de ribera.</p> <p>Un aumento significativo de la pendiente también puede ser un buen indicador del límite de la ribera, dado que implica un distanciamiento entre la superficie y el nivel freático.</p> <p>En casos en que la zona de ribera esté completamente alterada por actividades humanas y no se aprecie ninguno de los indicadores mencionados, o cuando a pesar de haber indicadores persisten las dudas sobre el límite de la ribera, es muy útil buscar referencias en la ribera opuesta o en otros tramos de ríos y/o quebradas cercanos, de condiciones geomorfológicas (anchura y pendiente de la quebrada, pendiente de las riberas) parecidas. En estos casos se puede estimar la anchura de la ribera de estudio a partir de estos referentes.</p>
<p>2 Independencia de los bloques a analizar</p> <p>Los cuatro bloques en que se basa el QBR para su cálculo son independientes</p>	

<p>y la puntuación de cada bloque no puede exceder 25 ni estar por debajo de 0.</p>	
<p>3 Cálculo bloque por bloque del protocolo QBR</p> <p>En cada bloque hay que entrar por una de las cuatro opciones principales, puntuando 25, 10, 5 o 0. Se puede escoger solamente una entrada: la que cumpla la condición exigida siempre leyendo de arriba a abajo.</p> <p>La puntuación final de cada bloque será modificada por las condiciones expuestas en la parte baja de cada bloque, tantas veces como se cumpla la condición (sumando o restando).</p>	<p>De las cuatro opciones principales se ha de escoger sólo una.</p> <p>La puntuación final de cada bloque se redondeará a 25 si excede de esta cifra o a 0 si es negativa.</p> <p>Las condiciones se analizarán considerando ambos márgenes del río y/o quebrada como una sola unidad.</p>
<p>4 Puntuación final</p> <p>La puntuación final se extraerá de la suma de los cuatro bloques y, por lo tanto, variará entre 0 y 100.</p>	
<p>5 Nota</p> <p>Los puentes y caminos existentes en la zona de estudio no serán tenidos en cuenta para la evaluación del índice QBR de la zona. Si es posible, el QBR debería ser analizado aguas arriba o debajo de estos lugares de acceso. Otros puentes o</p>	<p>Los tramos transversales al río y/o quebrada suelen estar perturbados dado a la fácil accesibilidad y pueden hacer disminuir la puntuación.</p> <p>Si es posible, sería interesante hacer diversos transectos (cada 100-200 m) y</p>

las carreteras (por ejemplo, las paralelas al río y/o quebrada) sí se considerarán.	evaluar el QBR en un tramo largo para tener una puntuación representativa de la zona.
---	---

Fuente: Protocolo HIDRI 2006.

SIGNIFICADO DE LAS SIGLAS (QBR)

Q.- Calidad

B.- Bosque

R.- Ribera

Índice de calidad del bosque de ribera (QBR) por sus siglas en Inglés.

Por otra parte, Fernández, RI. 2006, realizó un estudio similar en el canal del río Yerba buena en la provincia de Tucumán de la república argentina, donde hace referencia que el objetivo perseguido por los autores (Munné *et al*, 1998) en la elaboración de un índice sencillo y de fácil aplicación para valorar la calidad de los sistemas ribereños; ha sido cumplido para el caso estudiado usando la metodología y guías propuestas por dicho índice llegando a la conclusión de:

El poder usar el QBR en forma rápida y sencilla sin tener elevados conocimientos de taxonomía vegetal, ni de geología y otras ciencias conexas; favorece su uso por distintos profesionales. El bajo costo, sin aparatos, ni sofisticados equipos, además de poder establecer estaciones fijas, para poder continuar observaciones y monitorear las inundaciones y aumento del nivel de agentes contaminantes; es otra de sus ventajas a lo largo del tiempo. Asimismo, ante un gran cúmulo de datos estadísticos, puede calcularse y usar cualquiera de los Software del mercado (Sirombra *et al*, 2008); permitiendo arribar a una interpretación aceptable de la calidad global del sistema ribereño, e independiente (hasta cierto punto) de las especies arbóreas y arbustivas que lo forman (Fernández, RI. 2006).

Por este motivo se hace factible aplicar este método para la evaluación del bosque de ribera en el presente estudio.

2.8.MARCO LEGAL

LEY DE MEDIO AMBIENTE N° 1333

ARTÍCULO 1°.- La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

ARTÍCULO 2°.- Para los fines de la presente Ley, se entiende por desarrollo sostenible el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.

ARTÍCULO 3°.- El medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación, su protección y aprovechamiento se encuentran regidos por Ley y son de orden público.

ARTÍCULO 4°.- La presente Ley es de orden público, interés social, económico y cultural.

ARTÍCULO 12°.- Son instrumentos básicos de la planificación ambiental.

- a) La formulación de planes, programas y proyectos a corto, mediano y largo plazo, a nivel nacional, departamental y local.
- b) El ordenamiento territorial sobre la base de la capacidad de uso de los ecosistemas, la localización de asentamientos humanos y las necesidades de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.
- c) El manejo integral y sostenible de los recursos a nivel de cuenca y otra unidad geográfica.
- d) Los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental.
- e) Los mecanismos de coordinación y concertación intersectorial interinstitucional e interregional.

f) Los inventarios, diagnósticos, estudios y otras fuentes de información.

g) Los medios de evaluación, control y seguimiento de la calidad ambiental.

ARTÍCULO 19°.- Son objetivos del control de la calidad ambiental:

1. Preservar, conservar, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales a fin de elevar la calidad de vida de la población.
2. Normar y regular la utilización del medio ambiente y los recursos naturales en beneficio de la sociedad en su conjunto.
3. Prevenir, controlar, restringir y evitar actividades que conlleven efectos nocivos o peligrosos para la salud y/o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales.
4. Normar y orientar las actividades del Estado y la Sociedad en lo referente a la protección del medio ambiente y al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a objeto de garantizar la satisfacción de las necesidades de la presente y futuras generaciones. (Págs. 1-5).

LEY FORESTAL N° 1700

REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY FORESTAL

ARTICULO 35°. Las servidumbres ecológicas son limitaciones legales a los derechos de uso y aprovechamiento impuestas sobre una propiedad, en razón de la conservación y sostenibilidad de los recursos naturales renovables.

Son servidumbres ecológicas legales, entre otras establecidas o a establecerse reglamentariamente, las siguientes:

f. En terrenos planos: 10 metros por lado en las riberas de quebradas y arroyos de zonas no erosionables ni inundables; 20 metros por lado en las quebradas y arroyos de zonas erosionables o inundables; 50 metros por lado en las riberas de los ríos en zonas no erosionables o inundables; 100 metros por lado en las riberas de los ríos en zonas erosionables o inundables; 100 metros a la redonda en lagunas y lagos; 10 metros por

lado al borde de las vías públicas, a partir del área de retiro, incluyendo las vías férreas. (Pág. 36).

LEY N^a 482 DE GOBIERNOS MUNICIPALES

Artículo 30. (BIENES DE DOMINIO MUNICIPAL). Los bienes de dominio municipal se clasifican en:

- a) Bienes Municipales de Dominio Público.
- b) Bienes de Patrimonio Institucional.
- c) Bienes Municipales Patrimoniales.

Artículo 31. (BIENES MUNICIPALES DE DOMINIO PÚBLICO). Los Bienes Municipales de Dominio Público son aquellos destinados al uso irrestricto de la comunidad, estos bienes comprenden, sin que esta descripción sea limitativa:

- a) Calles, avenidas, aceras, cordones de acera, pasos a nivel, puentes, pasarelas, pasajes, caminos vecinales y comunales, túneles y demás vías de tránsito.
- b) Plazas, parques, bosques declarados públicos, áreas protegidas municipales y otras áreas verdes y espacios destinados al esparcimiento colectivo y a la preservación del patrimonio cultural.
- c) Bienes declarados vacantes por autoridad competente, en favor del Gobierno Autónomo Municipal.
- d) Ríos hasta veinticinco (25) metros a cada lado del borde de máxima crecida, riachuelos, torrenteras y quebradas con sus lechos, aires y taludes hasta su coronamiento. (Pág. 11).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1.DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Localización

La micro cuenca del Rio San Pedro de Sola se ubica dentro de la Reserva Biológica Cordillera de Sama, además comprende parte del territorio del Gobierno Autónomo de la Ciudad de Tarija y de la Provincia Cercado, la cual se desprende de la cordillera de los andes o cordillera real, su cota media es de 1.950 m.s.n.m.

Este lugar tiene la característica de poseer ecorregiones de los Valles Secos Interandinos y Tucumano –Boliviano (SERNAP, 2005). Está dentro del territorio correspondiente a la Cuencas del río Tolomosa. Presentan dos principales características físicas: por una parte, tenemos el área montañosa que corresponde a la parte alta de la zona (apta para el pastoreo, pero poco habitable para el hombre); mientras que la otra zona, es la parte baja o piedemonte que es plano o casi plano a ligeramente inclinado y es apta para realizar actividades agrícolas.

Desde el punto de vista administrativo se encuentra en la comunidad de San Pedro de Sola del Municipio de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado (Espinoza et al. FCAYF. 2017).

3.1.2. Clima

La zona alta (3.600 a 4.700 m.s.n.m.) posee un clima muy frío semihúmedo característico de la Puna donde son frecuentes las heladas, con temperaturas máxima media de 14,8 °C y mínima media de -2,4 °C. Mientras la zona baja (1.950 m.s.n.m.) presenta un clima templado semiárido con temperaturas máximas que varían desde los 18 °C hasta los 32 °C, con esporádicos surazos que incurren entre junio a septiembres (INIBREH, 2007). Estas características climáticas condicionan la existencia de una vegetación xerófila, con abundancia de plantas suculentas (en la zona alta), plantas espinosas y deciduas en la época seca (López, 2003).

El promedio anual de las precipitaciones en la zona alta es menor a 310 mm concentrada principalmente de diciembre a febrero; en la zona baja oscila entre 600 a 1.250 mm, donde los niveles de precipitación podrían alcanzar los 1.000 mm/año,

como es el caso de los bosques de la comunidad del Rincón de la Victoria y San Pedro de Sola (Beck et al. 2001). Los meses con mayor precipitación son de diciembre a marzo.

3.1.3. Geología

Según el mapa geológico de GEOBOL-SGAB (1991), se presentan los siguientes Sistemas geológicos: Devónico, Silúrico y Ordovícico inferior del Ciclo Tacsariano donde se presentan las siguientes formaciones geológicas: Formación Sama (Esa) compuesta por cuarcitas y areniscas. Formación Tarabauco (Stb), que consta de una intercalación de areniscas y lutitas. Formación Santa Rosa (Dsr) compuesta por areniscas sublíticas blanquecinas. Formación Kirusillas (Skr) formada por lutitas y limolitas gris verdosas oscuras. Formación Cancañiri (Scc), formada por diamictitas gris verdosas y areniscas ferruginosas al tope y, la Formación Cieneguillas (Oci) constituida por limolitas y lutitas gris oscuras con niveles de areniscas, ubicada en la pendiente inferior en contacto con el valle.

3.1.4. Fisiografía

La micro cuenca del Río Sola se encuentra en las laderas orientales de la serranía de Sama, misma que se caracteriza por presentar los siguientes grandes paisajes. INIBREH – UAJMS, 2011.

- Montaña Estructural Alta conformada por laderas glaciáricas, laderas en formaciones cuarsíticas de areniscas y limonitas y valles fluvio-glaciales.
- Serranías y colinas bajas estructural denudativas, conformadas por laderas en areniscas, lutitas, limolitas y diamictitas.
- Llanura de Pie de monte conformada por pie de montes fluvio-glacial y coluvio aluvial.

3.1.5. Hidrografía.

La micro cuenca del Río Sola Comprende un sector del margen izquierdo de la parte montañosa de la cuenca del río Tolomosa, Asimismo forma parte del margen derecho de la zona montañosa de la cuenca alta del río Guadalquivir (Espinoza et al. FCAyF. 2017).

3.1.6. Suelos

De acuerdo a estudios realizados por: MACA 1977; Espinoza L. y Paredes D. 1996; PEA 1998 y Espinoza L. 1999, la naturaleza de los suelos del área de estudio, varía de acuerdo al paisaje geomorfológico.

El paisaje de serranía baja y colinas altas a medias, presentan suelos cuya variación depende de la litología superficial, sin embargo en términos de relieve y grado de desarrollo, son muy similares, son de origen in situ y coluvial, con relieve generalmente escarpado a muy escarpado (> 45 %), con abundante pedregosidad y afloramientos rocosos mayor a 70% del área afectada, excesivamente drenados, generalmente superficiales a muy superficiales, afectados localmente por procesos de erosión hídrica laminar, surcos e incluso algunas pequeñas cárcavas, procesos de remoción en masa lentos por el pisoteo del ganado (terrasetas o patas de vaca), la textura es franco arenosa a franco arcillosa y de poco desarrollo.

Los suelos en el piedemonte son de origen fluvio-glacial y coluvio-aluvial, ligeramente inclinados a muy inclinados en sectores; pedregosidad y rocosidad variable, drenaje bueno a moderado, aunque localmente existen suelos mal drenados, afectados por procesos de erosión hídrica en surcos y algunas cárcavas, generalmente profundos a superficiales y poco grado de desarrollo; presentan texturas moderadamente finas a medias y materia orgánica fibrica escasa a moderada.

3.1.7. Vegetación y uso de la tierra

Según Cabrera 1971, la vegetación natural corresponde a los dominios fitogeográficos Andino y subandino. El dominio Andino está representado por los géneros *Eupatorium* (Thola) formando arbustales en las colinas y serranías bajas, pajonales de los géneros *Stipa*, además por los géneros *Alnus*, (Aliso), *Podocarpus* (Pino del cerro), guayabo (*Eugenia* sp.) comunes en los bosques húmedos nublados o sub alpinos; y la especie *Tipuana tipu Kuntzei* (Tipa blanca) de los bosques transicionales de la selva Tucumano – boliviana. El pino del cerro acompañado con especies del género *Alnus* y *Myrica* formando pequeños bosques localizados en los cañadones, valles húmedos y algunas laderas de exposición sudeste a partir de los 2.050 msnm; mientras que la Tipa

blanca, se encuentra ocasionalmente en taludes o escarpes del valle y en laderas de colinas bajas a una altura inferior a 2.300 msnm.

Otras familias vegetales que se encuentran en el área son: Bignonaceae, como el Guaranguay de cerro, tarco, muña, lecherón. Mientras que de la familia Mirtaceae como el Guayabo y el Lojo-lojo, de la familia Rutaceae como el Sauco. Familia Compositae como la Chilca (*Bacharis salicifolia*) familia Amarantaceae. Finalmente la Caña brava (*Gynerium sagittatum*) familia Poaceae y la Sivinga (*Cortaderia selloana*), espinillo y salvia. Entre las gramíneas tenemos la paja amarilla, la paja huaila, la grama, entre las hierbas la carqueja y otras.

Según el mapa simplificado de las ecoregiones de Bolivia de H. Ellenberg (1981) y E. Beck 1988, la Reserva Biológica Cordillera de Sama forma parte de la ecorregión valles y montañas semiáridos y semihúmedos; estas características ecológicas y su ubicación geográfica favorecen la presencia, como se ha indicado, de especies vegetales de diferentes orígenes. Por otro lado, según Coro 1982, el área de estudio pertenece a las formaciones de valle templado frío a templado cálido o montes de valles, en la cual se presentan las siguientes sub formaciones:

- Valles mesotérmicos o montes de valle localizados en la zona de valle, con una altitud hasta los 2.200 msnm).
- Ceja de monte o cañadón de altura, comprendido entre los 2.200 a 2.500 msnm, ocupando la pendiente inferior y parte de la pendiente media de la zona montañosa que rodea al valle.
- Alturas de valle, desde los 2.500 a 2.700 msnm., cubriendo la pendiente media de las serranías y colinas del área de estudio.

Dichas denominaciones más parecen nombre de unidades fisiográficas que unidades de vegetación o formaciones vegetales.

El uso dominante es la ganadería extensiva de vacunos y ovinos, tanto en el sector de valle, colinas y serranías. Le sigue la actividad agrícola a riego y a secano principalmente de subsistencia.

3.1.8. Fauna

Entre las principales especies de fauna silvestre tiene las siguientes: Venado andino (*Hippocamelus antisensis*), Vicuña (*Vicugna vicugna*), Gato Montes (*Felis silvestris*) Zorro (*Vulpes vulpes*) Oso Hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*), Viscacha (*Lagidium viscacia*), Oso (?).

Aves: Torcaza (*Zenaidura macroura*), Condor (*Vultur gryphus*), Lechuza (*Strigiformes*) Halcón peregrino (*Falco peregrinus*) Huayco (*Rhynchotus maculicollis*) Perdiz (*Tinamotis pentlandii*), Mirlo de agua (*Cinclus schulzi*) y otras aves menores.

Reptiles: Cascabel, Mullutuma, Acerillo y Víbora o culebra (*Tachymenis peruviana*), Lagartijas (*Licloemus alticolor*), Sapo (*Bufo sp*), Ranas (*Hypsiboas alboniger*); (*Pleurodema cinereum*).

Peces: Entre los peces nativos de la región se tiene: Misquincho (*Pygidiuem borelli*); Llausa (*Heptapterus mustelinus*); Doradito (*Acrobrycom tarijae*), Doradito (*Orincusarcus Bolivianus*), Mojarrita (*Astianax sp*); Chujruma (*Plecostomus borelli*). (Espinoza et al. FCAyF. 2017).

3.1.9. Características socioeconómicas

Entre las características socioeconómicas más importantes se tiene:

- Los sistemas productivos agrícolas se han adaptado a las condiciones locales de clima, suelos y fisiográficas, para satisfacer las necesidades básicas de sus habitantes.
- Se cuenta con especies forestales nativas comprendidas dentro de lo que son los recursos genéticos, los mismos que tienen un importante valor en cuanto a su conservación y aprovechamiento.
- La diversidad productiva agropecuaria es importante a pesar de las limitaciones del medio.

- La RBCS es en sí misma es una primordial fuente de agua para la ciudad de Tarija y gran parte del Valle Central de Tarija.
- Existe potencial para promover la actividad forestal no maderable, con valor agregado artesanal.
- El mercado de productos agropecuarios naturales, ecológicos y funcionales, con valor cultural, así como las hierbas medicinales, se encuentran en franco crecimiento, lo cual significa una importante oportunidad para los productores ubicados en la RBCS.

Problemas

Respecto a los problemas más importantes se tiene:

- Insuficientes actividades productivas de desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático en la reserva.
- Poco conocimiento de tecnología que mejore el rendimiento de las actividades productivas sostenibles en la reserva.
- Actividad turística poco controlada en el área protegida, especialmente en la zona baja.
- Insuficiente coordinación interinstitucional para implementar proyectos de desarrollo productivo sostenible en el área protegida.
- Inexistencia de proyectos de gestión de riesgos y adaptación al cambio climático en el área protegida.
- La agropecuaria es la principal actividad en la zona, lo que puede presionar a un mayor uso de tierras para este propósito.
- En algunas comunidades, es difícil el acceso al agua para consumo humano y productivo.
- La vegetación natural, tiene bajo valor forrajero por lo cual no puede utilizarse, si no es con pastaje controlado para evitar la desaparición de la cobertura vegetal y sus funestas consecuencias para el suelo y la conservación de las fuentes de agua.
- Los suelos muestran signos de erosión en distinto grado en todas las zonas productoras.

- La zona este de la cordillera es altamente susceptible a los incendios por que la vegetación en la época seca es altamente inflamable y aún persiste la práctica del barbecho para la preparación de los suelos por los agricultores ubicados al pie de la montaña, además de otros accidentes que los provocan.
- Las especies forestales presentes en la RBCS, son característicamente de crecimiento lento, lo cual impide restablecer en el corto plazo áreas dañadas por incendios y la actividad humana extractiva.

(Espinoza et al. FCAyF. 2017).

3.2.MATERIALES

3.2.1. Equipo de Orientación en campo

- Brújula
- Navegador GPS (Global Positioning System)

3.2.2. Equipo de recolección de muestras y medición

- Planilla de campo
- Tijera telescópica
- Tijeras podadoras
- Machete
- Cuchillo
- Huincha
- Flexómetro
- Cámara fotográfica

3.2.3. Equipo para la preparación de especímenes

- Papel periódico
- Bolsas plásticas
- Prensas
- Marcadores
- Cinta Masquin

3.2.4. Equipo de Gabinete

- Imágenes satelitales CBERS, Google Earth.

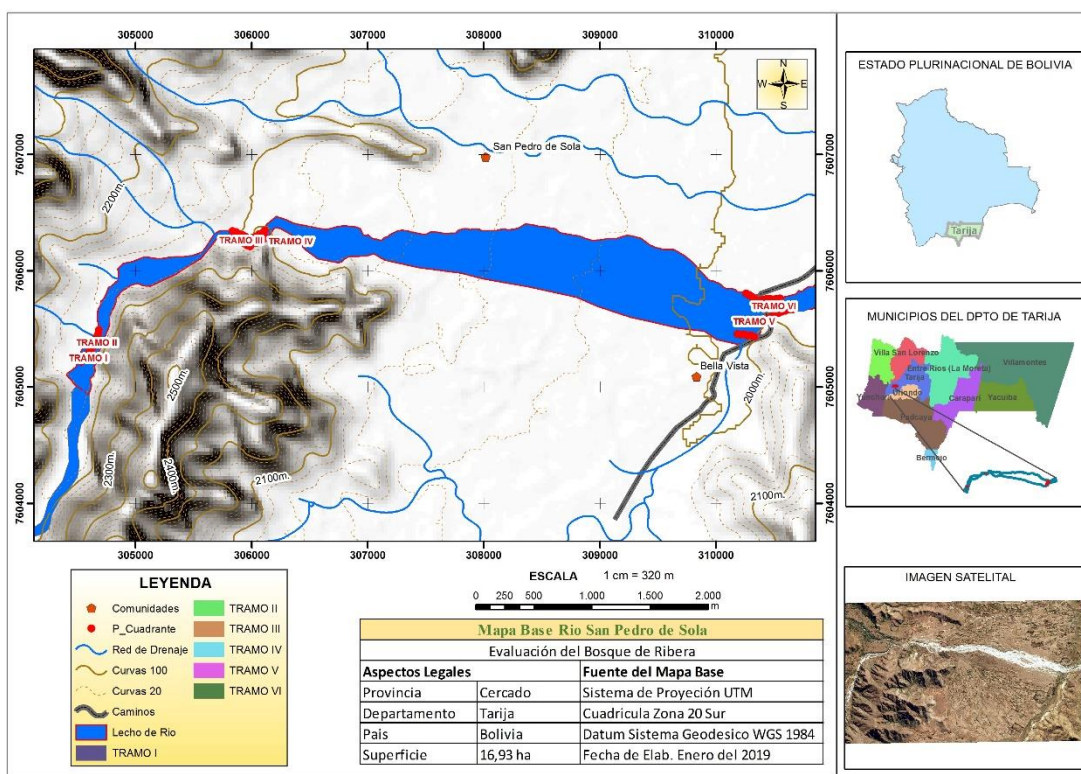
- Equipo de computación
- Impresora.
- S.I.G. (Sistema de Información Geográfica)

3.3.METODOLOGÍA

El siguiente trabajo se realizó en tres fases:

3.3.1. Fase de pre-campo

Durante esta primera etapa del estudio se realizó la revisión bibliográfica en busca de toda la información que se dispone del área de estudio, consistente en imágenes satelitales, información socioeconómica y climatológica.



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a lo que indica el protocolo, se debe considerar la totalidad de la anchura potencial del bosque de ribera para calcular el QBR. en ella diferenciaremos y delimitaremos visualmente la orilla y la ribera, se procedió a delimitar áreas de 150m. (tramos) en las que se realizó la recopilación de información de; la cobertura vegetal,

la estructura de la cobertura, calidad de la cobertura, el grado de naturalidad del canal fluvial, la información ha sido registrada para facilitar su manejo posterior.

Para todos los casos excepto la evaluación del protocolo QBR no se tomaron en cuenta las pendientes mayores a 45° debido a la peligrosidad que esto resulta y el difícil acceso para la toma de datos o muestras.

3.3.2. Fase de campo

Las salidas al campo se realizaron entre los meses de septiembre y diciembre del 2018.

En esta etapa se tabularon todos los datos en planillas previamente elaboradas y otras extraídas del protocolo QBR, donde se incluyeron todos los datos de campo y de la composición florística de la zona, se procedió a hacer el levantamiento de los datos dasonométricos de todos los árboles con diámetro igual o mayor a 20 cm. de DAP en cada tramo definido, para la toma de datos individuales, se registraron datos dasonométricos que facilitaron determinar el valor ecológico del bosque de ribera, (como ser la especie, DAP, altura del fuste, altura total, calidad del árbol y estado sanitario), así también se realizó el registro de coordenadas de ubicación de cada individuo para georeferenciarlos en el mapa, se tomaron fotografías digitales y especímenes de los individuos encontrados para elaborar una colección, puesto que es muy necesario para su identificación botánica.

Todas estas colecciones se etiquetaron otorgándole una numeración sucesiva, colocándolas papel periódico para protegerlas y su cómodo traslado.

De igual forma se realizó una descripción de cada tramo de la cobertura vegetal del sotobosque, arbustos, herbáceas y los signos de alteración del canal con estructuras solidas construidas

3.3.2.1. Ubicación y delimitación de las áreas de muestreo

Se trabajó con parcelas temporales (transectos), es decir no permanentes, 150 m de largo siguiendo el curso de la ribera en la parte baja del rio San Pedro de Sola. Se instalaron un total de 12 parcelas. La ubicación se basó en recorridos a pie por toda la

zona y el uso de imágenes satelitales. Las mismas se ubicaron en los lugares más representativos del bosque de ribera.

3.3.2. Tamaño de Área a muestrear

Se procedió a delimitar áreas de 150m. (transectos) de acuerdo a lo que indica el protocolo QBR (ver anexo 1) en las que se realizó la recopilación de información de los pasos anteriores: Cobertura vegetal, estructura de la cobertura, calidad de la cobertura, el grado de naturalidad del canal fluvial, la información deberá ser registrada para facilitar su manejo posterior.

Para todos los casos excepto la evaluación del protocolo QBR no se tomarán en cuenta las pendientes mayores a 45° debido a la peligrosidad que esto resultaría y el difícil acceso para la toma de datos o muestras.

3.3.3. Fase de gabinete

Después de haberse recabado la información de campo se procedió a tabular los datos obtenidos en planillas de Excel.

En primer lugar, se procedió a realizar un análisis y tabulación de los datos obtenidos en campo y la georreferenciación de las diferentes especies de árboles.

3.3.4. Variables evaluadas

3.3.4.1. Diámetro a la altura de referencia para árboles

El diámetro a la altura de referencia “Dar” o también conocido como “Dap” es medido a una altura relativa de 1.3 m del suelo o a la altura del pecho, con una cinta métrica y en centímetros. En algunos casos cuando el árbol presentó alguna anomalía como ser torcedura o hinchamiento, se buscó puntos de medición aconsejados. Luego se procedió a emplear la fórmula de conversión a diámetro conocida:

$$d = \frac{c}{\pi}$$

Donde:

d = Diámetro (cm)

c = Circunferencia (cm)

$$\pi = \text{Pi} (3.1416)$$

3.3.4.2. Altura total

Corresponde a la distancia vertical entre la base del árbol y el ápice del mismo. Es visualmente que se estima la altura aproximada del árbol, siempre teniendo en cuenta la ubicación del árbol con relación a la pendiente del terreno.

3.3.4.3. Calidad

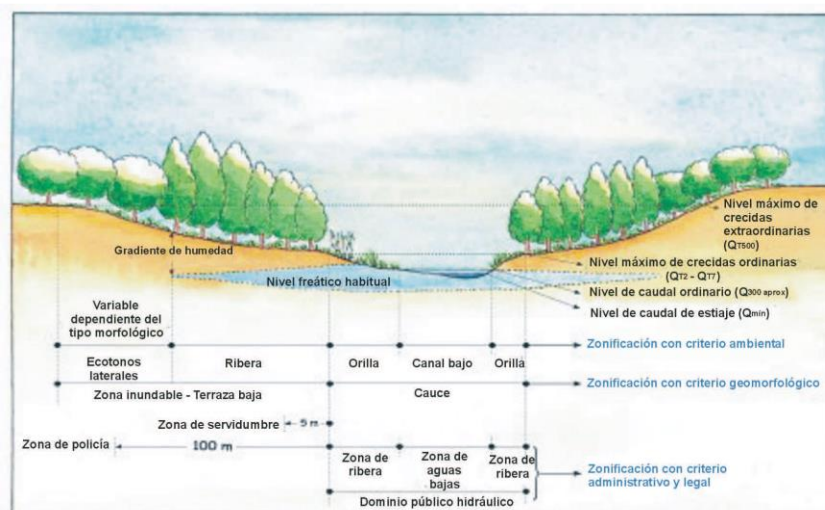
La calidad del árbol se tomó en base al fuste del mismo, evaluándolo en tres niveles, siendo 1 el de óptima calidad (fuste recto), 2 con fuste algo torcido, pero aceptable y 3 con fuste torcido, sin posible uso comercial.

3.3.4.4. Otras Observaciones

Se realizó otras observaciones relacionadas con la inclinación, bifurcación del fuste, pudrición y mortandad de los mismos.

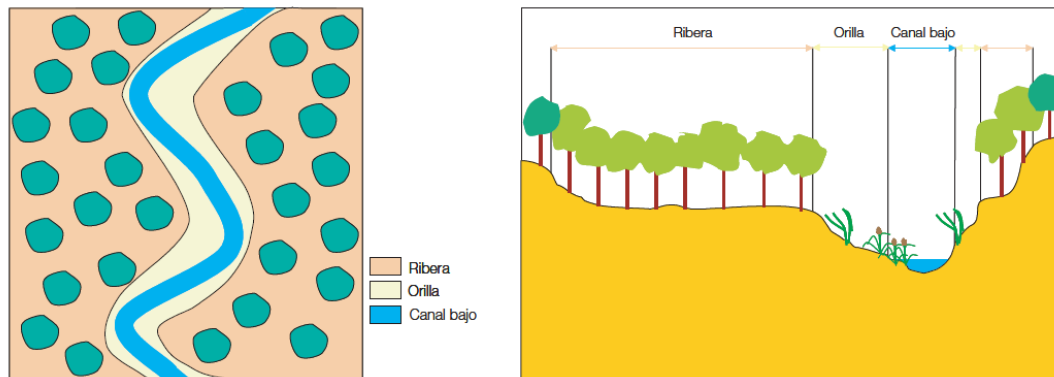
3.3.5. Área de Aplicación del Índice QBR

Figura N° 5. Zonificación del Ámbito de Influencia Fluvial en Función de Diferentes Criterios



Fuente: Protocolo HIDRI 2006.

Figura N° 6. Zona de aplicación del QBR: Canal bajo; Orilla; Ribera



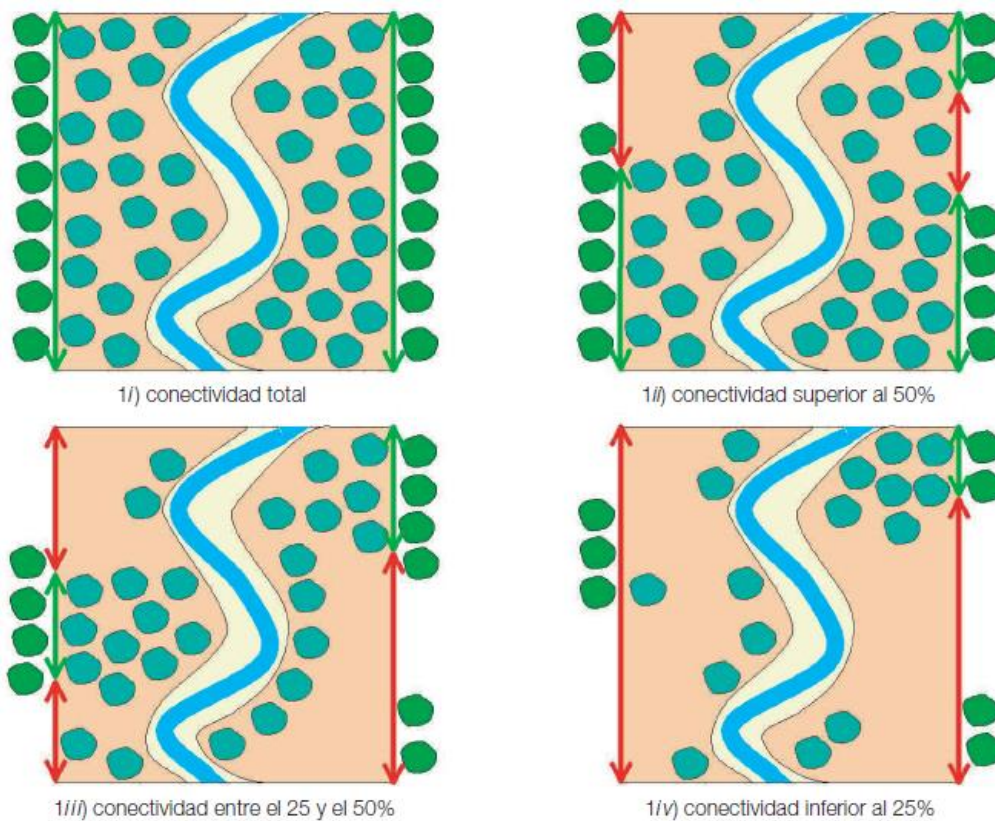
Fuente: Protocolo HIDRI 2006.

3.3.5.1. Grado de Cobertura Riparia

Se medirá el % de cobertura de toda la vegetación, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Se tienen en cuenta árboles, arbustos y herbáceas no anuales. Se consideran ambos lados del río conjuntamente, se evaluará el grado de cobertura tan sólo de las riberas, excluyendo las orillas y el canal bajo.

Hay que tener en cuenta, además, la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente a la hora de sumar o restar puntos.

Figura N° 7. Rangos porcentuales de cobertura vegetal en la zona riparia

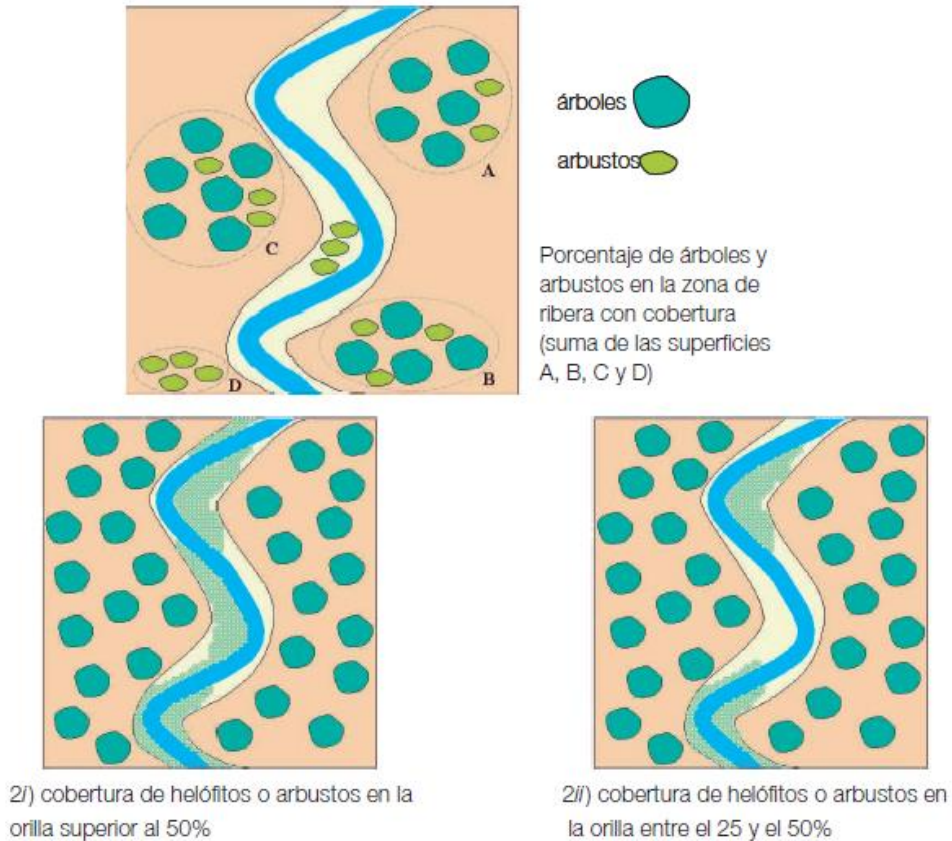


Fuente: Potolo HIDRI 2006.

3.3.5.2. Estructura de la Vegetación

Se puntuará según el porcentaje de cobertura de árboles y arbustos, valorando solamente las zonas donde existe cobertura de vegetación, no sobre la totalidad de las riberas. En tramos de alta montaña la presencia de sotobosque en las orillas es considerada favorablemente en la puntuación.

Figura N° 8. Composición de la estructura de la cobertura vegetal en la zona riparia



Fuente: Protocolo HIDRI 2006.

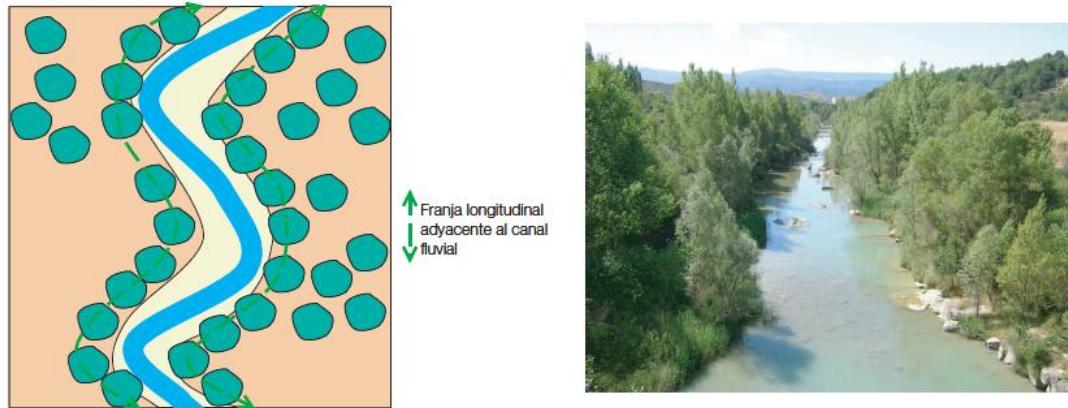
3.3.5.3. Calidad de la Cobertura

Para rellenar este apartado hay que determinar primero el tipo geomorfológico mediante las indicaciones del reverso de la hoja de campo.

Una vez seleccionado el tipo geomorfológico (1 a 3) contaremos el número de especies arbóreas y arbustivas nativas presentes en la orilla y la ribera, las especies no hidrófilas y las especies de los ecosistemas forestales adyacentes a la zona riparia que suelen encontrarse en las riberas de los ríos temporales y de los tramos de cabecera se contabilizan igualmente en la valoración de la calidad de la cubierta, aquellas especies introducidas en la zona y naturalizadas penalizan en este bloque del índice.

La existencia de estructuras o construcciones de origen antrópico y los vertidos de basuras disminuyen la calidad y por lo tanto también la puntuación.

Figura N° 9. Calidad de la cobertura vegetal en la zona riparia



Fuente: Protocolo HIDRI 2006.

3.3.5.4. Grado de Naturalidad del Canal Fluvial

La modificación de las terrazas adyacentes al río implica que el canal de éste se reduzca, los márgenes se hagan más derechos y el río más recto. Los campos de cultivo cercanos al río y las actividades extractivas producen este efecto.

Cuando además existen estructuras sólidas, como paredes, muros, etc., los signos de alteración son más evidentes y la puntuación más baja.

Cada apartado tiene la misma importancia en la cuantificación final del estado de la zona ribereña, y es PUNTUADO, de manera independiente, con un mínimo de 0 puntos y un máximo de 25. El resultado final del índice se obtiene de la suma de las puntuaciones de cada apartado. Por lo tanto, el QBR da a la zona de ribera una puntuación que varía desde 0 (cero) (mínima calidad) a 100 (máxima calidad). El índice se calcula en una hoja de campo donde están anotadas las observaciones que tienen que hacerse y la puntuación en cada caso. Para calcular el QBR, en un determinado punto de muestreo, debe observarse la totalidad de la zona de ribera (la orilla y la ribera propiamente dicha) en una longitud de 100 metros aproximadamente con distintas especies arbóreas; donde incluso pueden existir islas fluviales La ORILLA es la zona

de avenidas ordinarias, con tiempo de recurrencia de dos o tres años y puede que no haya vegetación arbórea. Un bosque extenso.

La RIBERA es la zona sometida a avenidas de recurrencia superior, e incluye terrazas fluviales, cuando existen. Por esto, antes de medir este apartado se debe determinar el TIPO GEOMORFOLOGICO:

Así, el **TIPO 1** corresponde a riberas cerradas, generalmente de cabecera y con baja potencialidad para desarrollar un extenso bosque de ribera. La presencia de estructuras construidas por el hombre dentro de la zona de ribera, las especies exóticas de árboles, aislados o en conjunto, los vertidos de basura y efluentes cloacales e Industriales hacen disminuir la naturalidad y complejidad de la ribera y por esto restan 5 o 10 puntos, según la intensidad de las perturbaciones, (Munné *et al*, 1998).

El **TIPO 2**, a menudo en las partes medias del río, son riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada.

El **TIPO 3** corresponde a riberas extensas de los tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer NIVELES O RANGOS DE CALIDAD DE RIBERA.

La puntuación final permite establecer el grado de calidad del sistema de ribera comparándola con los niveles de calidad que se definen a continuación. Así Muné *et al* (1998) distinguen cinco (5) niveles de calidad representados por diferentes colores, que permiten indicar en el mapa los rangos de calidad de forma estándar y en el futuro compararlo con otros lugares o constatar la evolución de un mismo punto frente a perturbaciones naturales (riadas) o antrópicas:

Cuadro N° 2. Rangos de Calidad del Ecosistema de Ribera

RANGOS DE CALIDAD DEL ECOSISTEMA DE RIBERA		
<i>PUNTUACION</i>	<i>CALIDAD</i>	<i>COLOR</i>
≥ 95	<i>Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural.</i>	Azul
75 – 90	<i>Bosque ligeramente perturbado, calidad buena.</i>	Verde
55 - 70	<i>Inicio de alteración importante, calidad intermedia.</i>	Amarillo
30 – 50	<i>Alteración fuerte, mala calidad.</i>	Naranja
≤ 25	<i>Degradación extrema, calidad pésima.</i>	Rojo

Fuente: Protocolo QBR.

3.3.5.5. Grado de Alteración del Canal Fluvial:

El canal fluvial está en íntima relación con el bosque de ribera y puede ser alterado por distintas actuaciones del hombre. Se distinguen tres situaciones básicas:

- 1) La modificación de las terrazas adyacentes al lecho del río, con reducción del cauce pero sin infraestructuras
- 2) La presencia de infraestructuras rígidas discontinuas y paralelas al lecho del río que modifican el canal y

3) La canalización total del tramo modificando las orillas o toda la ribera. El canal fluvial también puede alterarse por la presencia de estructuras sólidas en el lecho del río o transversales a éste.

Cuadro N° 3. Definición de Variables del QBR

Grado de cubierta de la zona de ribera (solo consideraremos la ribera) Puntuación entre 0 y 25

Puntuación		
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
+ 10 + 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%	
- 5 -10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50% si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%	

Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera) Puntuación entre 0 y 25

Puntuación		
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %	
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %	
5	recubrimiento de 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 helófitos 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 árboles con un sotobosque
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %

Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera*)

Puntuación entre 0 y 25

Puntuación		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	
25	número de especies diferentes de árboles autóctonos	> 1	> 2	> 3	
10	número de especies diferentes de árboles autóctonos	1	2	3	
5	número de especies diferentes de árboles autóctonos	-	1	1 - 2	
0	sin árboles autóctonos				
+ 10	si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río, uniforme y ocupando > 75 % de la ribera (en toda su anchura)				

+ 5	si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre 50 - 75 % de la ribera)			
+ 5	si existe una disposición en galería de diferentes comunidades si el número diferente de especies de arbustos es:	> 2	>3	>4
+ 5				
- 5	si existen estructura construidas por el hombre			
- 5	si existe alguna sp. de árbol introducida (alóctona)** aislada			
- 10	si existen sp. de árboles alóctonas** formando comunidades			
- 10	si existen vertidos de basuras			



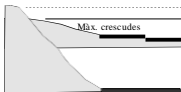

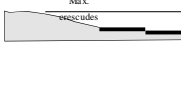
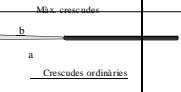
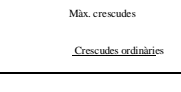
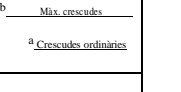


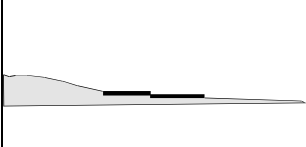
Grado de naturalidad del canal fluvial Puntuación entre 0 y 25

Puntuación		
25	el canal del río no ha estado 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 o otra infraestructura transversal en el lecho del río	

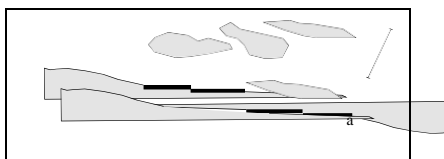
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones) QBR total.	
--	--

*** Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera
(apartado 3, calidad de la cubierta)**

Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda de la ribera, y sumar o restar según los otros dos apartados.

<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

Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente

> 80 %
60 - 80 %
30 - 60 %
20 - 30 %

No se puede medir
+ 6
+ 4
+ 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

Fuente: Protocolo HIDRI 2006

3.3.6. Formulas e índices a emplear

3.3.6.1. Cálculo de los parámetros estructurales de la vegetación

Para determinar los principales parámetros de la estructura de la vegetación se tiene que recurrir a las siguientes fórmulas:

- **Abundancia.** Es la Densidad de una especie referida a la densidad de todas las especies del área.

$$\text{Abundancia} \Rightarrow \frac{\text{Número de Árboles por especie}}{\text{Número de Árboles para todas las especies}} * 100$$

- **Frecuencia.** Es la frecuencia de una especie con referencia a la frecuencia total de todas las especies.

$$\text{Frecuencia Absoluta} \Rightarrow \frac{\text{Nº de Transectos en que ocurre la especie}}{\text{Nº Total de transectos observados}} * 100$$

- **Dominancia.** Es la dominancia de una especie está calculada por el cociente del área basal total de una especie entre el área de todas las especies registradas.

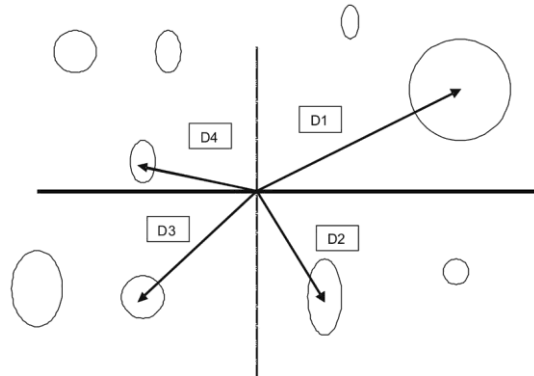
$$\text{Dominancia Absoluta} \Rightarrow \frac{\text{Área basal total de cada especie}}{\text{Área basal total de las especies}} * 100$$

Para su determinación se utilizará el método de Punto Cuadrado:

Este método está basado en la medida de cuatro puntos a partir de un centro. Específicamente, consiste en ubicar puntos a través de una línea (senda, picadas, línea imaginaria). En esta línea, cada cierta distancia (50 o 10 m) o al azar, se debe ubicar un punto a partir del cual se hará el muestreo de la vegetación. En este punto se cruzan dos líneas imaginarias, con las cuales se obtienen 4 cuadrantes con ángulos de 90°. En cada cuadrante se debe ubicar el árbol más cercano al punto central y tomar la distancia respectiva. Al final, en cada punto se consideran solo 4 árboles, de los cuales se pueden tomar medidas adicionales como especie, altura, DAP, forma de copa e infestación de bejucos. Los principales parámetros obtenidos con este método son especies, densidad, DAP y frecuencia.

Para realizar los cálculos de densidad de árboles por hectárea se debe sacar el promedio de la distancia del punto centro hacia cada individuo.

Figura N° 10. Esquema del Método Punto Cuadrado.



Fuente: BOLFOR 2000

Esquema del método de muestreo “punto centro cuadrado”. Los individuos seleccionados son aquellos situados, en cada cuadrante, lo más cercano posibles al punto centro; d_1 , d_2 , d_3 , d_4 son las distancias a cada individuo desde un punto imaginario.

El cálculo es el siguiente:

$$DH = \frac{10000}{(\bar{D})^2}$$

Dónde:

Dh = Densidad por hectárea,

—

D = Distancia promedio

Los resultados del área basal como así también de las mediciones de la altura total, y diámetro, serán sometidos a un análisis estadístico.

3.3.6.2. Índices de importancia y diversidad

La diversidad de especies se puede definir como el número de especies en una unidad de área, tiene dos componentes principales la riqueza (número de especies) y equitatividad (número de individuos de una sola especie). La estimación se realiza a través de los índices más usados como el de Shannon-Wiener, Simpson y Margaleff.

- Índice de valor de importancia (IVI)

El peso ecológico de cada especie se calcula en base a este índice (IVI) que hace de un parámetro sintetizando la información sobre la presencia, cobertura y distribución de una especie dentro del bosque (Gallegos et al., 2001 citado por Aguilar, 2002). Este valor se obtiene de la suma de la abundancia relativa, frecuencia relativa, y dominancia relativa, tiene un máximo valor relativo de 300, con este índice se determinó principalmente el “peso ecológico” de cada especie (Curtis y McIntosh, 1950; Lamprecht, 1962; citado por Caballero & Jørgensen, 2004).

$$\mathbf{I.V.I. = Ar\% + Fr\% + Dr}$$

- Índice de diversidad relativa entre familias:

Para la obtención de este índice de diversidad relativa de familias se precisa conocer tanto el número de especies de una familia (n_i) como el número total de especies dentro de la zona.

$$\mathbf{DivR = (n_i/N) * 100}$$

Donde:

DivR= Diversidad relativa de la familia

n_i = Número de especies de una familia

N= Sumatoria de todas las especies de la muestra

- Índice de Margalef

Margalef, es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una Comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada, esenciales para medir el número de especies en una unidad de muestra. Donde Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.(Margalef. R, 1995, citado por Orellana J, 2009).

$$\text{Índice de Margalef} = \text{DMg} = (S - 1) / \ln N$$

DMg= Riqueza específica de margaleff.

S= La riqueza o número de especies dentro la parcela

ln= Logaritmo natural

N= Número total de individuos dentro la parcela

- Índice de Simpson

Los índices de dominancia se basan en parámetros inversos a los conceptos de equidad puesto que toman en cuenta la dominancia de las especies con mayor representatividad, para lo cual el índice más común para utilizar es el índice de Simpson. El índice de dominancia de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que permiten medir la riqueza de organismos. A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece:

$$\text{Índice de dominancia de Simpson} = \lambda = \sum p_i^2$$

λ = Dominancia

p_i = Es la proporción del número de individuos de la especie i con respecto a N.

p_i = División del número de individuos de una especie con la sumatoria del número total de individuos de todas las especies; realizando la misma operación para cada una de las especies.

○ Índice de Shannon-Wiener

El índice de Shannon se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). (Magurran, 2001, cit. por Orellana, 2009).

$$\text{Índice de Shannon} = H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i$$

H= Diversidad de especies.

Pi= Es la proporción del número de individuos de la especie i con respecto a N

Obteniendo pi de la división del número de individuos de una especie con la sumatoria del número total de individuos de todas las especies; realizando la misma operación para cada una de las especies.

3.3.6.3.Evaluación de pasturas

Para la evaluación de pasturas solo se limitó a conocer su porcentaje de cobertura, densidad y frecuencia por cada especie en el área, esto tomando en cuenta que la determinación del número de muestras.

según Farfán, R. 2012 se sugiere para asociaciones de pastos de:

Crecimiento alto (<i>Festuca ortofh</i>) emplear marco de fierro o madera de	1 m ²
Crecimiento mediano	0.5 m ²
Crecimiento bajo (<i>Paspalum notatum</i>)	0,25 m ²

En lo que respecta al número de muestras es necesario considerar la uniformidad de la pradera, en caso de tener una asociación vegetal muy uniforme será necesario tomar como mínimo 10 muestras / ha.

Determinación de los puntos de muestreo

Una vez determinado el número y tamaño de la muestra. Si se observa detenidamente una pradera natural se encuentran sitios donde el crecimiento de pasto es denso, mientras que en otros sitios el crecimiento es escaso. Si al momento de muestrear solamente se toman puntos de crecimiento denso y alto, la producción de biomasa será sobre estimada y por el contrario si se toman puntos de escaso crecimiento la producción será sub-estimada. También se puede mencionar que muchos evaluadores tratan de tomar los mejores sitios y mostrar que sus resultados son los mejores. Ante estas consideraciones es necesario realizar muestreo al azar y evitar riesgos de sesgos.

Formas de Medir Cuantitativamente la Vegetación herbácea.

En el estudio y comprensión de la vegetación herbácea no basta con conocer su composición florística cualitativamente, pues ello solamente da una imagen parcial del problema. Para completar el conocimiento de la composición florística se hace necesario cuantificar. Para ello, se utilizan diversos parámetros que dan una idea de la composición relativa de las especies que forman la vegetación herbácea. Estos son: Frecuencia, Densidad y Cobertura.

Frecuencia.

El parámetro frecuencia da una idea de la presencia o ausencia de una especie en la pradera.

Esta medida permite ubicarse en un pastizal cuando recién se comienza a hacer las primeras exploraciones del mismo. Numéricamente es la relación entre el número de muestras que contienen una especie y el número total de muestras expresadas en porcentaje.

La frecuencia (F), será:

$$F = n/M$$

Donde:

F= Frecuencia.

n = número de muestras que contiene una especie.

M = número total de muestras.

Así, por ejemplo, cuando se ha realizado un trabajo de muestreo en campo la especie *Festuca dolichophylla* (chillihua) aparece en 37 muestras, cuando se ha hecho 50 muestras, la frecuencia (F), será:

$$F = 37/50 = 0,74 \text{ (o } 74\%)$$

Como es una medida de presencia, no interesa el número de individuos que aparecen en la muestra.

Para poder comparar la medida de frecuencia se la agrupa en clases, por ejemplo, en 5 clases numéricas: 1, 2, 3, 4, y 5. Esta escala numérica puede ser también expresada en rangos de porcentaje entre 1 y 100. Así para la escala anterior sería:

$$1 \text{ a } 20\% = 1$$

$$21 \text{ a } 40\% = 2$$

$$41 \text{ a } 60\% = 3$$

$$61 \text{ a } 80\% = 4$$

$$81 \text{ a } 100\% = 5$$

Fuente: Farfán, R. 2012.

Densidad.

Mide el número de individuos de una misma especie por unidad de superficie en una comunidad vegetal. Es una expresión de abundancia o densidad de población.

Como la densidad es una medida de abundancia, se puede utilizar un sistema de clasificación con escala numérica, tal como sigue:

$$1 = \text{Escaso}$$

2 = Ocasional

3 = Poco frecuente

4 = Frecuente

5 = Abundante

Fuente: Farfán, R. 2012.

Como se ha dicho, densidad es el número de plantas por unidad de superficie y vamos a suponer que nuestra unidad de muestreo es el metro cuadrado. Como ejemplo tenemos que se han obtenido 50 muestras con un número total de individuos de “chillihua” de 200. En este caso, la densidad para esta especie es de 4 plantas por metro cuadrado; ya que el tamaño de la muestra total ha sido de 50 m² y el número total de individuos ha sido de 200, la densidad (D) será:

$$D = 200 \text{ plantas}/50 \text{ m}^2$$

$$D = 4 \text{ plantas}/\text{m}^2$$

Cobertura.

Si bien densidad y frecuencia indican abundancia y distribución de individuos, estos dos parámetros poco o nada dicen de tamaño, volumen ocupado o superficie del suelo cubierto por una especie, como lo indica el parámetro cobertura. Se define como la proyección vertical de la porción aérea de la planta sobre la superficie del suelo y se expresa en porcentaje de dicha proyección. Para tener una idea numérica comparativa del parámetro cobertura, su valor se puede estratificar en una escala numérica y de magnitud como la siguiente:

1 = Cobertura menor que 5% de la superficie de suelo.

2 = Cobertura entre 5 y 25% de la superficie de suelo.

3 = Cobertura entre 25 y 50% de la superficie del suelo.

4 = Cobertura entre 50 y 75% de la superficie del suelo

5 = Cobertura entre 75 y 100% de la superficie del suelo.

Fuente: Farfán, R. 2012.

Así en nuestro ejemplo, se dirá que “chillihua” tiene una cobertura de 3, cuando cubra una superficie de suelo equivalente a un 25 a 50%.

Cuando se mide la cobertura de un muestreo y se dice, por ejemplo, es del 25%; ello significa que el 25% del suelo está cubierto por una especie determinada, en nuestro caso por “chillihua”. El resto, 75% está representado por la cobertura de otras especies y/o suelo desnudo.

4. RESULTADOS

4.1. Obtención de los resultados

4.1.1. Índice de calidad del bosque de ribera en el río San Pedro de Sola.

Luego de realizada la pericia de campo, (levamiento dasonométrico) de información in-situ y efectuada la aplicación del Protocolo: Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR).

La presente investigación se realizó dividiendo la zona de estudio en 6 tramos partiendo de la zona alta direccionándose aguas abajo, es decir que el Tramo I es el primero y el Tramo VI es el último, para ello se da a conocer los resultados obtenidos en cada tramo de estudio.

4.1.1.1. TRAMO DE MUESTREO N° I

Se procedió con el diagnóstico, análisis e interpretación de los datos del levantamiento en las hojas y planillas de campo se determina que:

El tramo está ubicado en la parte superior como se muestra en la imagen.

Coordenadas:

P1: 304635 - 7605336

P2: 304536 - 7605215

Longitud del tramo: 150 m.

a). - Grado de cobertura de la zona de ribera

- Presenta una cobertura vegetal de la zona de ribera en un orden de 10 % - 50 %.
- Presenta una conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente entre el 25 % y 50%.

b). - Estructura de la cobertura

- Presenta un recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %

- En la orilla la concentración de heliófitos o arbustos es entre 25 y 50 %
- Existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque que es mayor a 50 %

c). - Calidad de la cobertura

- En el tramo de muestreo se encontró más de 3 especies de árboles autóctonos
- El número diferente de especies de arbustos es mayor de 2
- Existen estructuras construidas por el hombre
- Existen algunas especies de árboles alóctonas (introducidas) aislada
- si existen especies de árboles alóctonas (introducidos) formando comunidades

d). - Grado de naturalidad del canal fluvial

- el canal del río no ha sido modificado

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 40 puntos, lo que representa un nivel de calidad del índice QBR **NARANJA** alteración fuerte, mala calidad (según cuadro de niveles, planillas y hojas de campo).

Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)

Tipos de desnivel de la zona riparia

Vertical/cóncavo (pendiente $> 75^\circ$), con un pequeño talud u orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias) de lado izquierdo y del lado derecho Pendiente entre el 20 y 45 °, escalonado o no.

Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río

Anchura conjunta “a” > 5 m.

Potencialidad de soportar una masa de ribera, porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.

Entre el 30 - 60 %

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 9 puntos, lo que representa un tipo de riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera. **Ver Anexo 1 Planilla 1 y hojas de Campo.**

4.1.1.2. TRAMO DE MUESTREO N° 2

Se procedió con el diagnóstico, análisis e interpretación de los datos del peritaje en las hojas y planillas de campo donde se determina que:

El tramo está ubicado en la parte superior como se muestra en la imagen.

Coordenadas:

P1: 304635 - 7605336

P2: 304685 - 7605487

Longitud del tramo: 150 m.

a). - Grado de cobertura de la zona de ribera

- Presenta una cobertura vegetal de la zona de ribera en un orden de 10 % - 50 %.
- Presenta una conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente entre el 25 % y 50%.

b). - Estructura de la cobertura

- Presenta un recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %
- En la orilla la concentración de heliófitos o arbustos es entre 25 y 50 %

c). - Calidad de la cobertura

- En el tramo de muestreo se encontró más de 3 especies de árboles autóctonos
- El número diferente de especies de arbustos es mayor de 4
- Existen estructuras construidas por el hombre

- Existen algunas especies de árboles alóctonas (introducidas) aislada

d). - Grado de naturalidad del canal fluvial

- El canal del río no ha sido modificado

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 55 puntos, lo que representa un nivel de calidad del índice QBR **AMARILLO** inicio de alteración importante, calidad intermedia (según cuadro de niveles, planillas y hojas de campo).

Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)

Tipos de desnivel de la zona riparia

Vertical/cóncavo (pendiente $> 75^\circ$), con un pequeño talud u orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias) de lado izquierdo y del lado derecho Pendiente entre el 20 y 45°, escalonado o no.

Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río

Anchura conjunta “a” > 5 m.

Potencialidad de soportar una masa de ribera. porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.

Entre el 30 - 60 %

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 9 puntos, lo que representa un tipo de riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera. **Ver Anexo 1 Planilla 2 y hojas de Campo.**

4.1.1.3. TRAMO DE MUESTREO N° 3

Se procedió con el diagnóstico, análisis e interpretación de los datos del peritaje en las hojas y planillas de campo se determina que:

El tramo está ubicado en la parte media como se muestra en la imagen.

Coordenadas:

P1: 305978 - 7606275

P2: 305837 - 7606338

Longitud del tramo: 150 m.

a). - Grado de cobertura de la zona de ribera

- Presenta una cobertura vegetal de la zona de ribera en un orden de 50 % - 80 %.
- Presenta una conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente entre el 25 % y 50%.

b). - Estructura de la cobertura

- Presenta un recubrimiento de árboles entre el 50 % y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
- Existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.

c). - Calidad de la cobertura

- En el tramo de muestreo se encontró más de 3 especies de árboles autóctonos
- El número diferente de especies de arbustos es mayor de 4
- Existen estructuras construidas por el hombre
- Existen vertidos de basura

d). - Grado de naturalidad del canal fluvial

- Existen modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 45 puntos, lo que representa un nivel de calidad del índice QBR **NARANJA** alteración fuerte, mala calidad (según cuadro de niveles, planillas y hojas de campo).

Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)

Tipos de desnivel de la zona riparia

Pendiente entre 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 de lado izquierdo y del lado derecho Pendiente entre el 20 y 45 °, escalonado o no.

Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río

No existen.

Potencialidad de soportar una masa de ribera, porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.

Entre el 20 - 30 %

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 7 puntos, lo que representa un tipo de Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos. **Ver Anexo 1 Planilla 3 y hojas de Campo.**

4.1.1.4. TRAMO DE MUESTREO N° 4

Se procedió con el diagnóstico, análisis e interpretación de los datos del peritaje en las hojas y planillas de campo se determina que:

El tramo está ubicado en la parte media como se muestra en la imagen.

Coordenadas:

P1: 305978 - 7606275

P2: 306115 - 7606344

Longitud del tramo: 150 m.

a). - Grado de cobertura de la zona de ribera

- Presenta una cobertura vegetal de la zona de ribera en un orden de 10 % - 50 %.
- Presenta una conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente entre el 25 % y 50%.

b). - Estructura de la cobertura

- Presenta un recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %

c). - Calidad de la cobertura

- En el tramo de muestreo se encontró más de 3 especies de árboles autóctonos
- El número diferente de especies de arbustos es mayor de 4
- Existen estructuras construidas por el hombre
- Existen vertidos de basura

d). - Grado de naturalidad del canal fluvial

- Existen signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
- si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 15 puntos, lo que representa un nivel de calidad del índice QBR **ROJO** degradación extrema, calidad pésima (según cuadro de niveles, planillas y hojas de campo).

Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)

Tipos de desnivel de la zona riparia

Pendiente entre 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

de lado izquierdo y del lado derecho Pendiente entre el 20 y 45 °, escalonado o no.

Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río

No existen.

Potencialidad de soportar una masa de ribera, porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.

Entre el 20 - 30 %

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 7 puntos, lo que representa un tipo de Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos. **Ver Anexo 1 Planilla 4 y hojas de Campo.**

4.1.1.5. TRAMO DE MUESTREO N° 5

Se procedió con el diagnóstico, análisis e interpretación de los datos del peritaje en las hojas y planillas de campo se determina que:

El tramo está ubicado en la parte baja como se muestra en la imagen.

Coordenadas:

P1: 310390 - 7605724

P2: 310260 - 7605801

Longitud del tramo: 150 m.

a). - Grado de cobertura de la zona de ribera

- Presenta una cobertura vegetal de la zona de ribera en un orden de 10 % - 50 %.
- Presenta una conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente entre el 25 % y 50%.

b). - Estructura de la cobertura

- Presenta recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %
- Existe una concentración de heliófitos en la orilla o arbustos entre 25 % y 50 %

c). - Calidad de la cobertura

- En el tramo de muestreo se encontró más de 3 especies de árboles autóctonos
- El número diferente de especies de arbustos es mayor de 4
- Existen estructuras construidas por el hombre
- Existe alguna especie de árbol alóctona (introducida) aislada
- Existen vertidos de basura

d). - Grado de naturalidad del canal fluvial

- Existen modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 30 puntos, lo que representa un nivel de calidad del índice QBR **NARANJA** alteración fuerte, mala calidad (según cuadro de niveles, planillas y hojas de campo).

Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)**Tipos de desnivel de la zona riparia**

Pendiente < 20°, ribera uniforme y llana Tanto en el margen izquierdo, como en el derecho.

Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río

Existen con una anchura conjunta mayor a 5m.

Potencialidad de soportar una masa de ribera, porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.

Entre el 20 - 30 %

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 2 puntos, lo que representa un tipo de Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso. **Ver Anexo 1 Planilla 5 y hojas de Campo.**

4.1.1.6. TRAMO DE MUESTREO N° 6

Se procedió con el diagnóstico, análisis e interpretación de los datos del peritaje en las hojas y planillas de campo se determina que:

El tramo está ubicado en la parte baja como se muestra en la imagen.

Coordenadas:

P1: 310403 - 7605745

P2: 310553 - 7605758

Longitud del tramo: 150 m.

a). - Grado de cobertura de la zona de ribera

- Presenta una cobertura vegetal de la zona de ribera en un orden de 10 % - 50 %.
- Presenta una conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente entre el 25 % y 50%.

b). - Estructura de la cobertura

- Presenta un recubrimiento de árboles entre el 50 % y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 % y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %

c). - Calidad de la cobertura

- En el tramo de muestreo se encontró más de 3 especies de árboles autóctonos
- El número diferente de especies de arbustos es mayor de 4

- Existen estructuras construidas por el hombre
- Existe alguna especie de árbol alóctona (introducida) aislada
- Existen especies de árboles alóctonas (introducidas) formando comunidades
- Existen vertidos de basura

d). - Grado de naturalidad del canal fluvial

- Existen modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 15 puntos, lo que representa un nivel de calidad del índice QBR **ROJO** degradación extrema, calidad pésima (según cuadro de niveles, planillas y hojas de campo).

Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)

Tipos de desnivel de la zona riparia

Pendiente < 20°, ribera uniforme y llana Tanto en el margen izquierdo, como en el derecho.

Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río

Existen con una anchura conjunta mayor a 5 m.

Potencialidad de soportar una masa de ribera. porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.

Entre el 20 - 30 %

Por lo expuesto, el presente punto de muestreo arroja un resultado de 2 puntos, lo que representa un tipo de Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso. **Ver Anexo 1 Planilla 6 y hojas de Campo.**

Cuadro N° 4			
Índice de calidad del bosque de ribera en el río San Pedro de Sola			
Descripción de tramos	Valor índice QBR	Nivel de calidad	Indicador
Nº de tramo 1	40	deficiente	alteración fuerte
Nº de tramo 2	55	moderado	inicio de alteración importante
Nº de tramo 3	45	deficiente	alteración fuerte
Nº de tramo 4	15	malo	degradación extrema
Nº de tramo 5	30	deficiente	alteración fuerte
Nº de tramo 6	15	malo	degradación extrema
total	33	deficiente	alteración fuerte

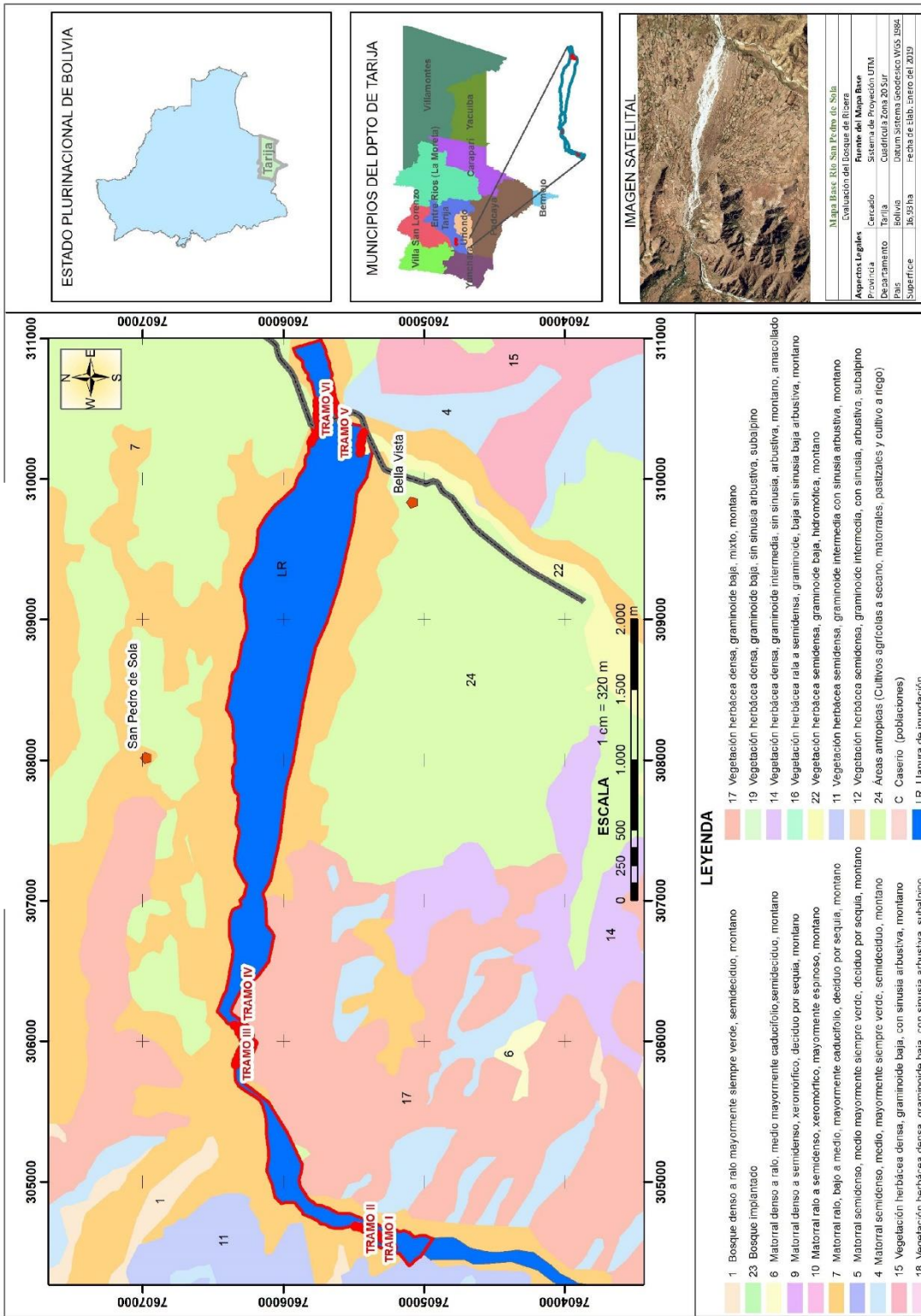
Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en el Cuadro N° 4 los 6 tramos presentan algún tipo de alteración, esto por las actividades realizadas en el área por comunarios y personas aledañas a la zona, el tramo 2 es el que posee mayor valor y por lo tanto el menos perturbado, pero no lo suficiente como para observar una clara degradación de estos espacios, dándonos a conocer la realidad preocupante de estas áreas tan importantes para el curso de agua. Haciendo una valoración total, el puntaje calculado es de 33, lo cual nos indica que toda el área de estudio se encuentra con una alteración fuerte presentando una mala calidad debido a la alteración severa de su estado natural.

4.1.2. Caracterización estructural de la vegetación dentro del bosque

El área de estudio se caracteriza por presentar una mayor vegetación arbórea predominada principalmente por Pino del cerro (*Podocarpus parlatorei* Pilger), seguido del lecherón (*Sapium haematospermum* Müll.Arg.) y sauce criollo (*Salix humboldtiana* Willd.). También se hallaron otras especies junto a las anteriores, pero en menor cantidad tales como sauco (*Fagara coco* (Gillies ex Hook. f. & Arn.) Engl.), molle (*Schinus molle* L. 1753¹) sauce lloron (*Salix babylonica* Carlos Linneo) y aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.). Todos estos bosques están ubicados en la ribera al pie de la montaña y en tramos medios bajos del río. En el cuadro siguiente se muestra la totalidad de individuos junto a la cantidad de especies que fueron registradas por tramo.

Mapa de cobertura vegetal



Cuadro N° 5								
Cantidad de individuos por tramos en el área de estudio								
Nombre	Nombre científico	1	2	3	4	5	6	total
aliso	<i>Alnus acuminata H.B.K.</i>	-	-	1	-	-	-	1
lecherón	<i>Sapium haematospermum Müll.Arg.</i>	-	-	3	4	2	1	10
molle	<i>Schinus molle L</i>	-	-	-	-	-	2	2
pino del cerro	<i>Podocarpus parlatorei Pilger</i>	17	9	2	-	-	1	29
sauce criollo	<i>Salix humboldtiana Willd.</i>	-	1	-	-	9	-	10
sauce llorón	<i>Salix babylonica Carlos Linneo</i>	-	-	-	-	-	1	1
sauco	<i>Fagara coco (Gillies ex Hook. f. & Arn.) Engl.</i>	5	-	-	-	-	-	5
individuos por tramo		22	10	6	4	11	5	58
especies por tramo		2	3	4	2	3	5	

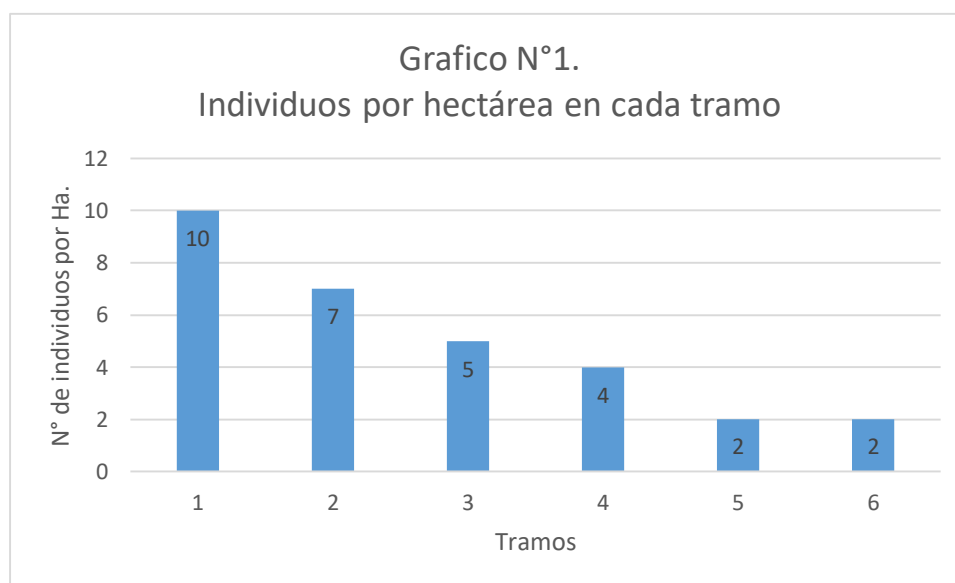
Fuente: Elaboración propia.

Se registraron un total de 7 especies con un diámetro igual o mayor a 20 cm (ver anexo 2). La cantidad de especies halladas corresponde a un bosque de piso superior Tucumano Boliviano, abierto, de altura media, con fustes y ramas torcidas dominado por sólo unas cuantas especies arbóreas descrita por Carretero *et al.* (2003), esto también refleja que la zona con mayor presencia arbórea es la de las riberas de cabecera a diferencia de las riberas bajas que va disminuyendo la presencia de individuos.

Cuadro N° 6								
Área basal (m ²) en todos los tramos								
Nombre	Nombre científico	1	2	3	4	5	6	total
aliso	<i>Alnus acuminata H.B.K.</i>			0.03				0.03
lecherón	<i>Sapium haematospermum Müll.Arg.</i>			0.10	0.18	0.07	0.06	0.42
molle	<i>Schinus molle L</i>						0.17	0.17
pino del cerro	<i>Podocarpus parlatorei Pilger</i>	1.27	0.88	0.08			0.04	2.27
sauce criollo	<i>Salix humboldtiana Willd.</i>		0.16			1.66		1.82
sauce lloron	<i>Salix babylonica Carlos Linneo</i>						0.03	0.03
sauco	<i>Fagara coco (Gillies ex Hook. f. & Arn.) Engl.</i>	0.21						0.21
	total	1.48	1.04	0.21	0.18	1.74	0.31	4.96
	total/hectarea							0.29

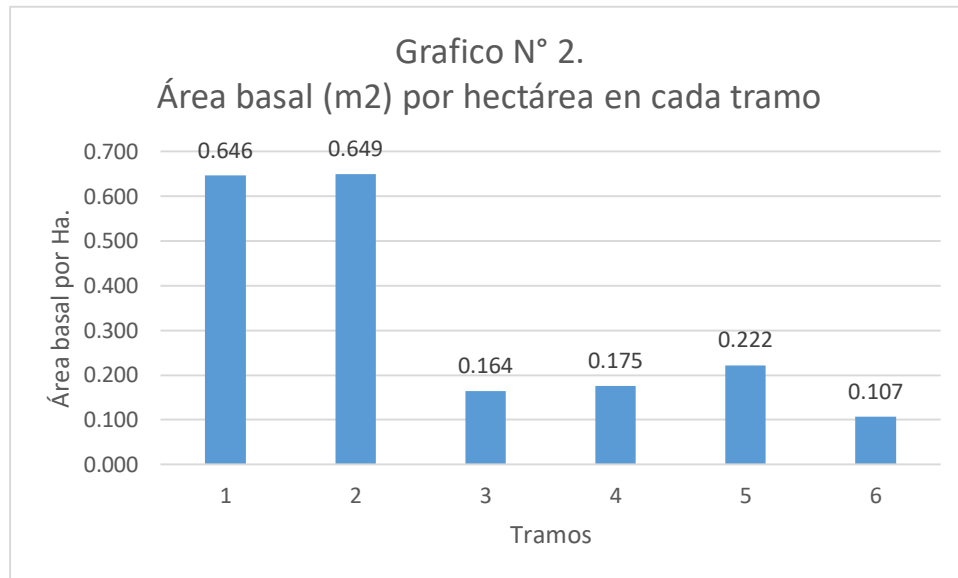
Fuente: Elaboración propia.

Como se registraron 58 árboles (cuadro N° 6.) en una superficie de muestreo de 16.93 Ha, la cantidad de árboles por hectárea es de 4 (anexo 12 mapa base de los tramos).



Fuente: Elaboración propia.

En el grafico N° 1 nos demuestra que los individuos van disminuyendo en cada tramo, los bosques de ribera del tramo 1 y 2 presentan un mayor número de árboles con 10 y 7 árboles*Ha. Respectivamente, los bosques de ribera del tramo 5 y 6 son los que presentan menor cantidad de individuos con solo 2 árboles*Ha, posiblemente por ser un sector más abierto y de fácil accesibilidad (cuadro N° 5 y anexo 12 mapa de cada tramo).



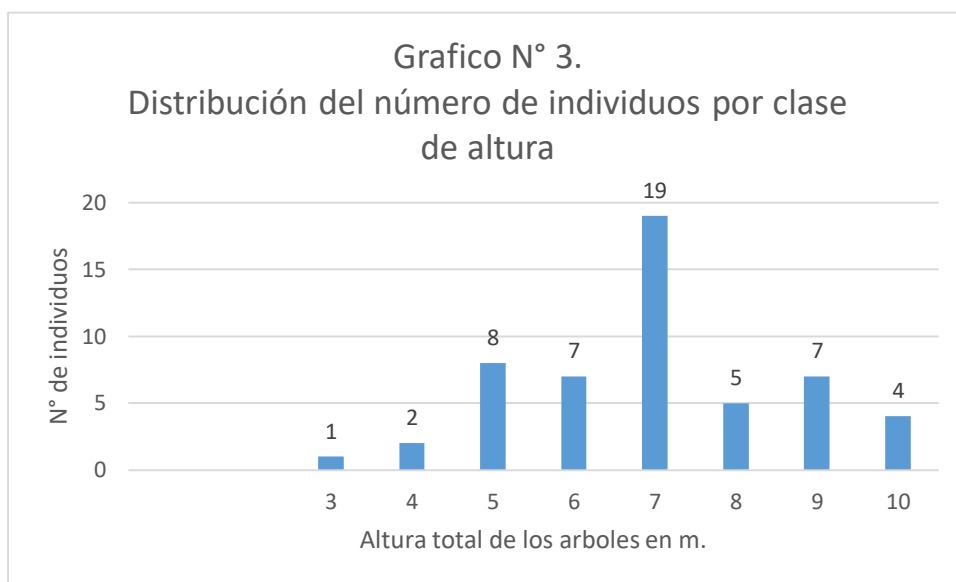
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al área basal grafico N° 2, al igual que en el anterior grafico presenta un valor mayor en los primeros 2 tramos, en los siguientes presentan valores muy bajos y relativamente parejos, esto podría deberse al uso de madera para construcción, leña o simplemente para agrandar los terrenos de siembra siendo el lugar más accesible y el terreno más plano (anexo 4).

4.1.2.1. Estructura vertical del bosque

Del total de los individuos registrados, un 25% (19 árboles) corresponden a las alturas de 7 m (grafico N° 3), que además llega a ser la altura media. Las mayores alturas (12 m) fueron alcanzadas por el sauce criollo, en primer lugar. Las alturas de 5, 6 y 9 m. llegaron a constituirse en el segundo y tercer estrato con mayores individuos. Los

estratos más bajos estuvieron representados también por el aliso, sauco y lecherón. El Pino del cerro y el sauce criollo se encuentran dentro de la mayoría de las clases de altura existentes en este tipo de bosque de ribera (anexo 3).



Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2. Estructura horizontal del bosque

En el cuadro siguiente se puede observar y comparar los resultados obtenidos de las parcelas relacionados a los índices de importancia de cada especie registrada dentro del bosque de ribera.

Cuadro N° 7							
Determinación del Índice de Valor de Importancia de la vegetación natural arbórea							
Datos totales de dominancia, frecuencia, abundancia e IVI							
nombre	Dominancia		Frecuencia		Densidad		IVI
	absoluta	relativa%	absoluta	relativa%	absoluta	relativa%	%
aliso	0.01	19.67	0.33	13.33	48.13	12.50	45.51
ceibo	0.02	68.63	0.17	16.67	24.07	6.25	91.55
churqui	0.00479094	15.8956037	0.67	37.69	185.84	48.26	101.85
guayabo	0.00735658	25.4127967	0.33	17.73	41.08	10.67	53.81
lecheron	0.01068144	25.95393	0.64	30.33	108.56	28.19	84.47
molle	0.00	31.21	0.33	15.38	32.09	8.33	54.93
pino del cerro	0.01110032	31.107851	0.72	35.91	143.25	37.20	104.22
sauce criollo	0.21	91.01	0.33	13.33	48.13	12.50	116.85
sauco	0.00434588	16.5108498	0.22	11.40	23.43	6.09	34.00

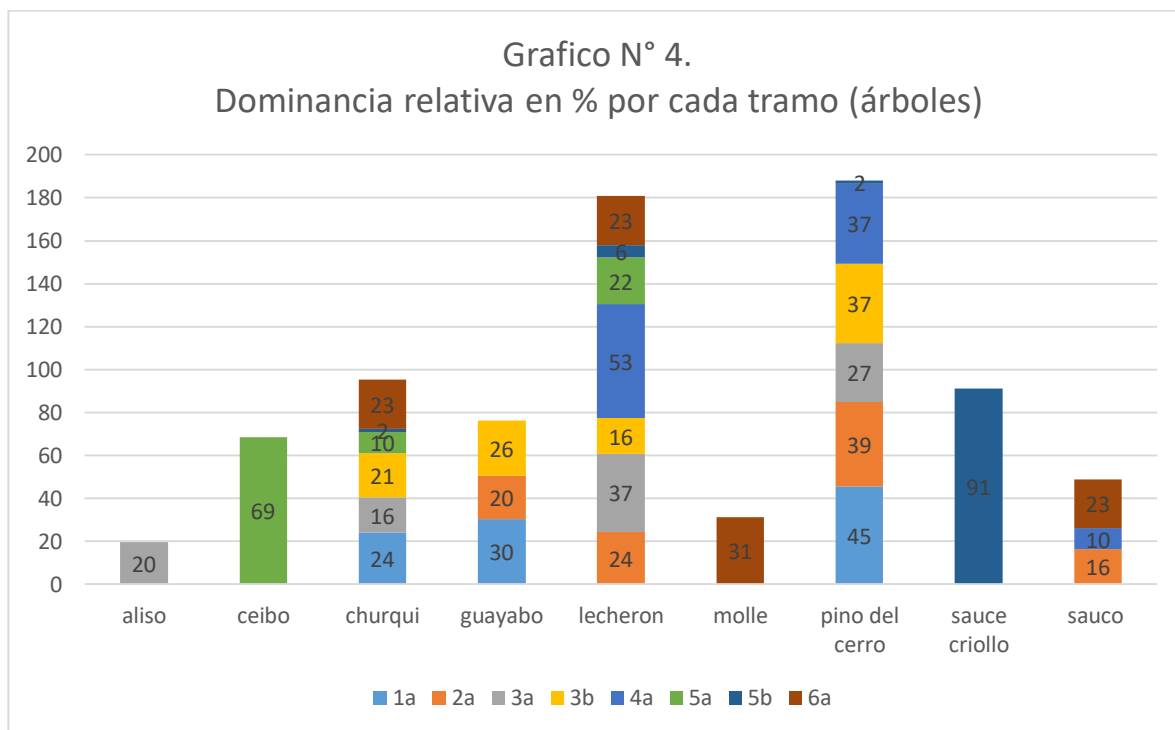
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 8							
Determinación del Índice de Valor de Importancia de la vegetación natural arbustiva							
Datos totales de dominancia, frecuencia, abundancia e IVI							
	Dominancia		Frecuencia		Densidad		IVI
	absoluta	relativa%	absoluta	relativa%	absoluta	relativa%	%
<i>Baccharis sp.</i>	0.40	20.06	0.73	29.48	131.56	34.17	83.70
<i>Schinus sp.</i>	1.25	27.01	0.25	9.73	56.15	14.58	51.32
<i>Gochnatia boliviana Blake</i>	0.31	6.47	0.25	10.63	32.09	8.33	25.44
<i>Cestrum parqui Benth.</i>	0.58	15.39	0.42	15.61	72.20	18.75	49.75
<i>Duranta serratifolia (Griseb.) Kuntze</i>	0.78	24.17	0.17	6.75	16.04	4.17	35.08
<i>Bracharis latifolia p.</i>	0.17	29.07	0.52	40.38	169.61	44.05	113.51
<i>Cestrum parqui L'tter.</i>	0.29	19.71	0.42	18.39	50.81	13.19	51.29
<i>Baccharis rufescens Spreng</i>	0.72	34.62	0.64	27.90	93.59	24.31	86.82

Fuente: Elaboración propia.

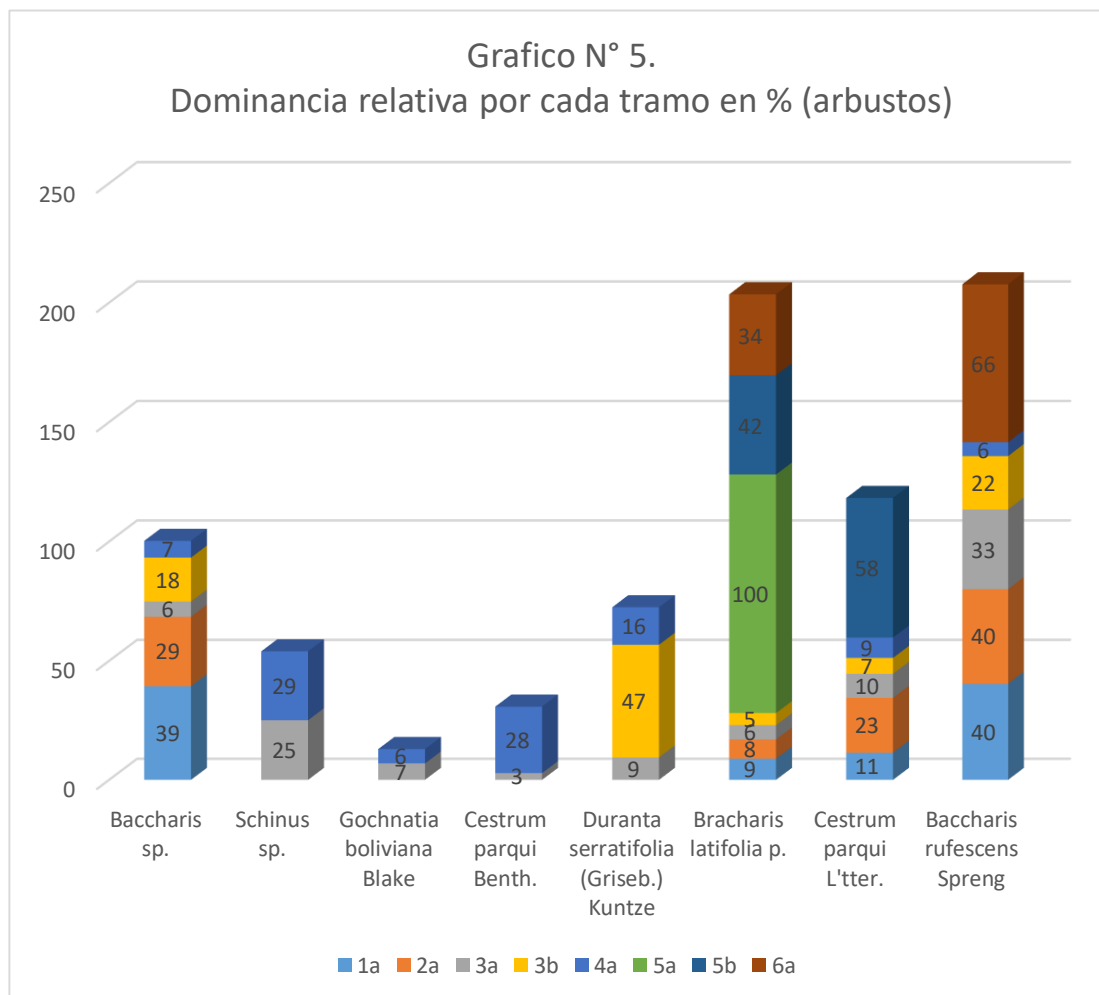
4.1.2.2.1. Dominancia

Este índice pretende mostrar que especies son más dominantes dentro del bosque de manera absoluta y relativa.



Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la especie más dominante es el pino del cerro que está con 45%, 39%, 27%, 37%, 37% y 2% en casi todos los bosques de ribera de los tramos respectivamente (gráfico N° 4 y anexo N° 5). Estos resultados son justamente consecuencia de la cantidad de sus individuos que posee (cuadro N° 5). Si se observa los demás valores se tiene que tomar en cuenta que las otras especies dominantes en estos bosques son el lecherón y el churqui que de igual manera se encuentran distribuidos en casi todos los tramos. Las especies como el aliso, ceibo, guayabo, molle, sauce criollo y sauco son poco dominantes ya que además de encontrarse en algunos o un solo tramo éstas no presentan mucha área basal excepción del sauce criollo y el ceibo que se encuentran en un solo tramo, pero con un área basal bastante mayor respecto a las demás especies.



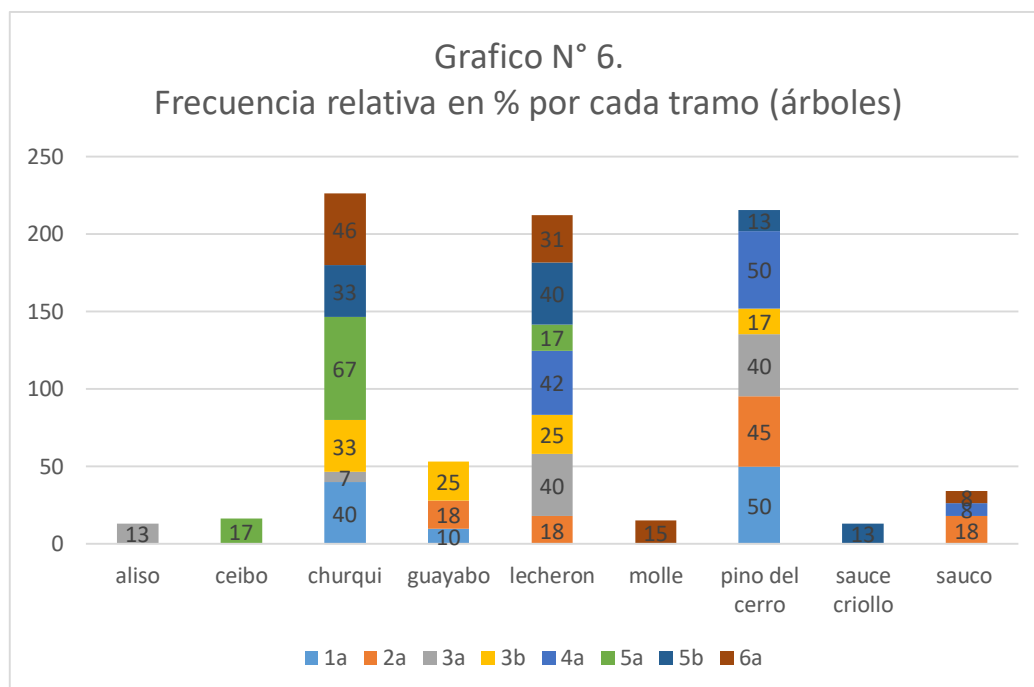
Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la especie más dominante es *Bracharis latifolia p.* obteniendo hasta un 100% en el tramo 5^a juntamente con *Baccharis rufescens Spreng.* y *Cestrum parqui L'tter.* que son los que encabezan, encontrándose en la mayoría de los tramos estudiados con los porcentajes más altos (gráfico N° 5 y Anexo N° 5). Observando los demás valores se hace notar la gran diferencia de estas tres especies respecto a las demás, que tienen un menor porcentaje y presencia en los tramos.

4.1.2.2.2. Frecuencia

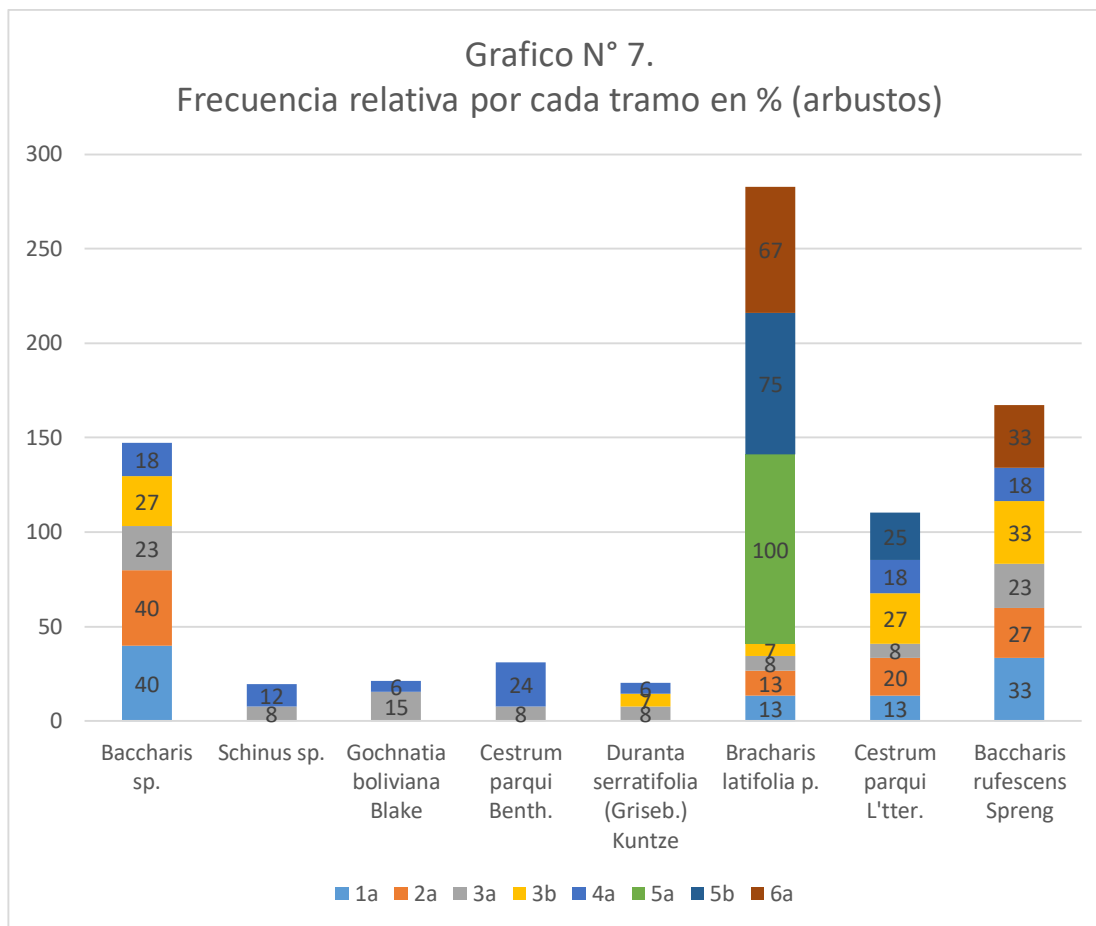
Como se observa en el gráfico N° 6 se ve que del 100% de todas las especies, las más frecuentes son nuevamente el pino del cerro, el churqui y el lecherón encontrándose en casi todos los tramos de los bosques de ribera, respectivamente. Las demás especies

son poco frecuentes que situándolas por orden de importancia están: guayabo, sauco, ceibo, molle, aliso y sauce criollo (anexo N° 5).



Fuente: Elaboración propia.

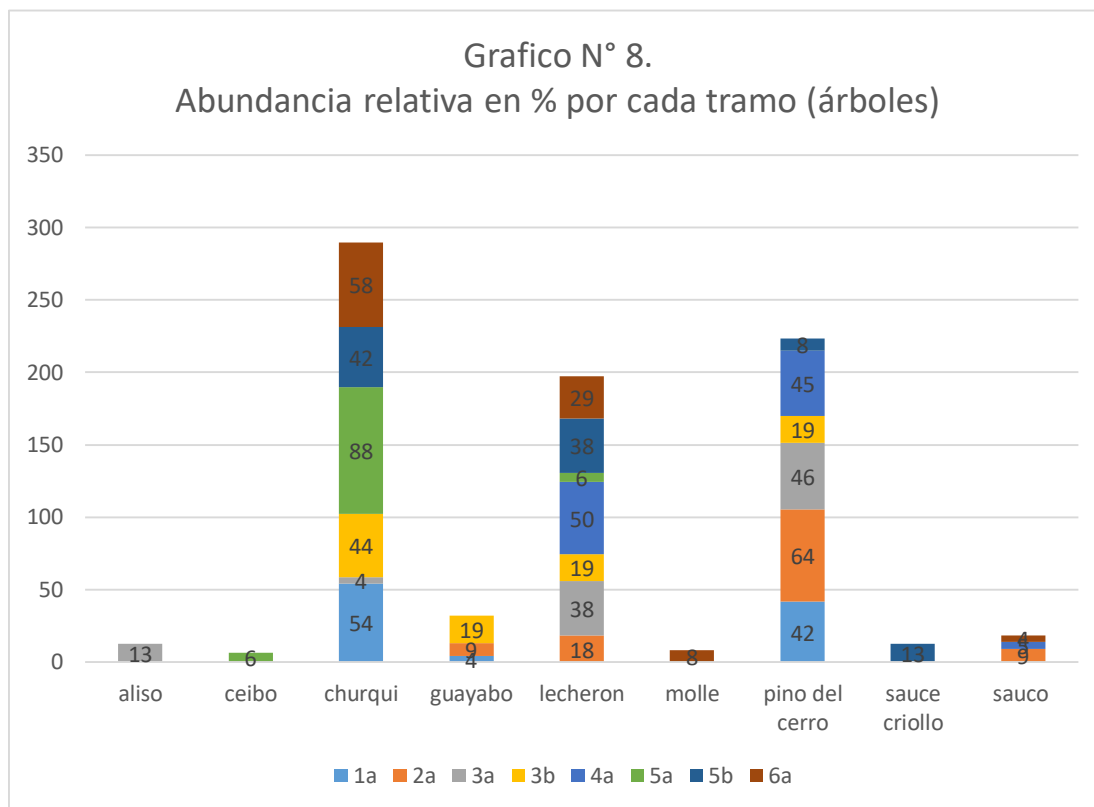
En el siguiente grafico N° 7 se observa que las anteriores tres especies mencionadas vuelven a tener los porcentajes más altos, uniéndoseles *Baccharis sp.* que supera a *Cestrum parqui L'tter.* llegando a un tercer lugar sin embargo el segundo lugar sigue manteniéndose por *Baccharis rufescens Spreng* y en primer lugar *Bracharis latifolia p.* que frecuenta en casi todos los tramos, teniendo valores superiores en algunos, pero sumamente mayores en comparación de las otras especies (anexo 5).



Fuente: Elaboración propia.

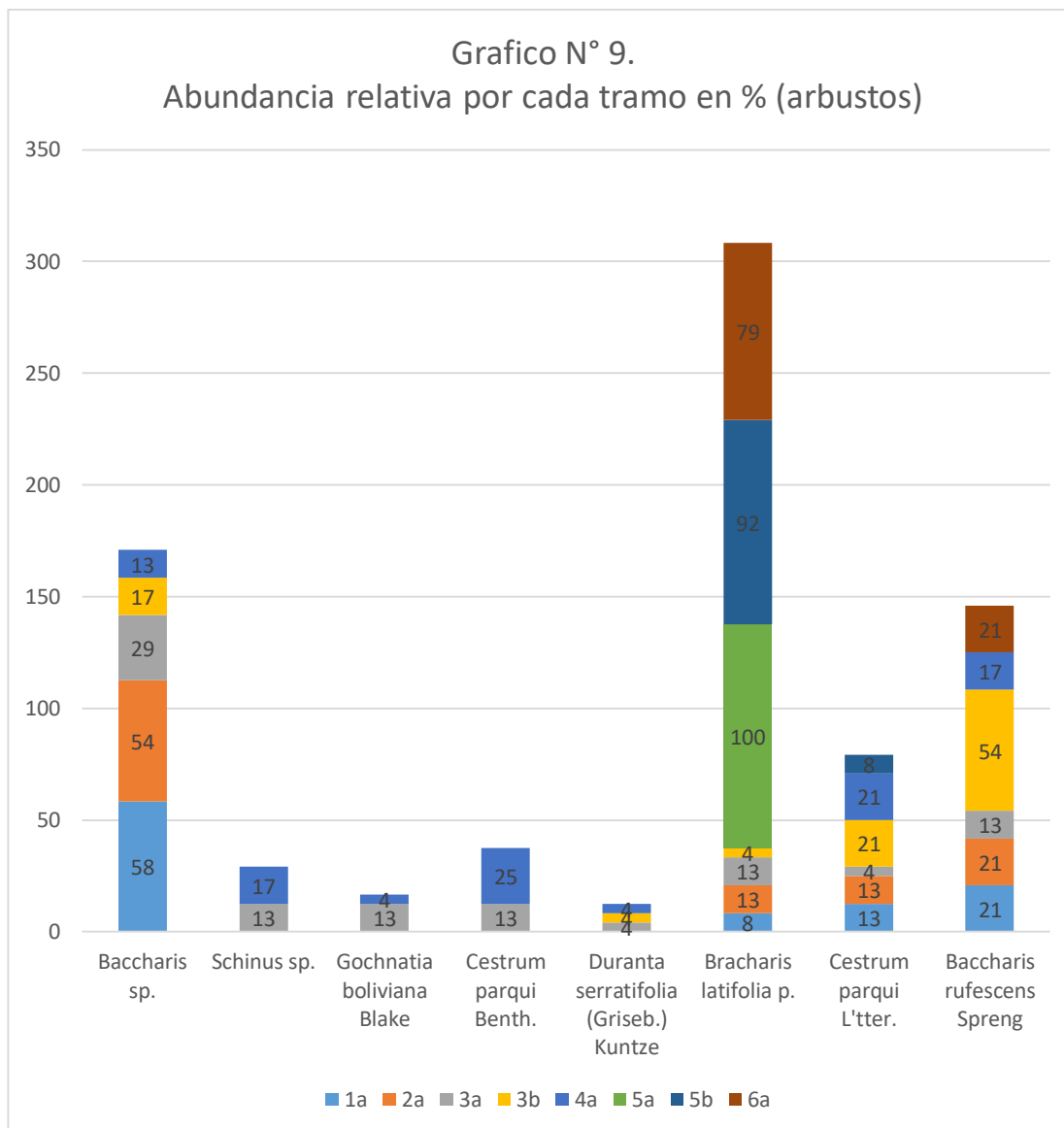
4.1.2.2.3. Abundancia

Estos resultados son muy importantes para complementar la caracterización estructural del bosque puesto que representa la cantidad de individuos que se encontraron en toda el área de muestreo. Observando el grafico N° 8, resolvemos indicando que el churqui, pino del cerro y lecherón son las especies más abundantes. Las demás especies sobrantes se encuentran distribuidos entre el sauco, guayabo, sauce criollo, aliso, molle y ceibo, éstos con valores muy bajos en cada tramo donde fueron encontrados.



Fuente: Elaboración propia.

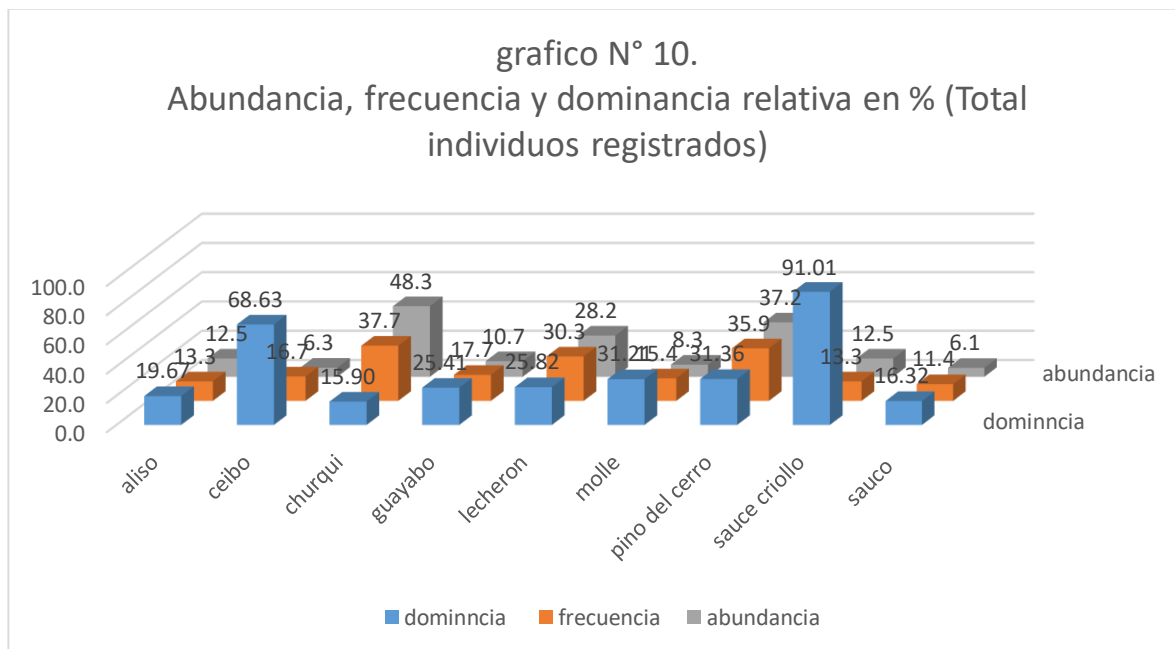
Observando el grafico N° 9 claramente se denota nuevamente a la *Bracharis latifolia* p. con los mayores porcentajes obteniendo 100% en el tramo 5a, 92% en el tramo 5b y 79% en el tramo 6. Las especies que le siguen son *Baccharis* sp. *Baccharis rufescens* Spreng. y *Cestrum parqui* L'tter. siendo las demás especies poco representativas (anexo 5).



Fuente: Elaboración propia.

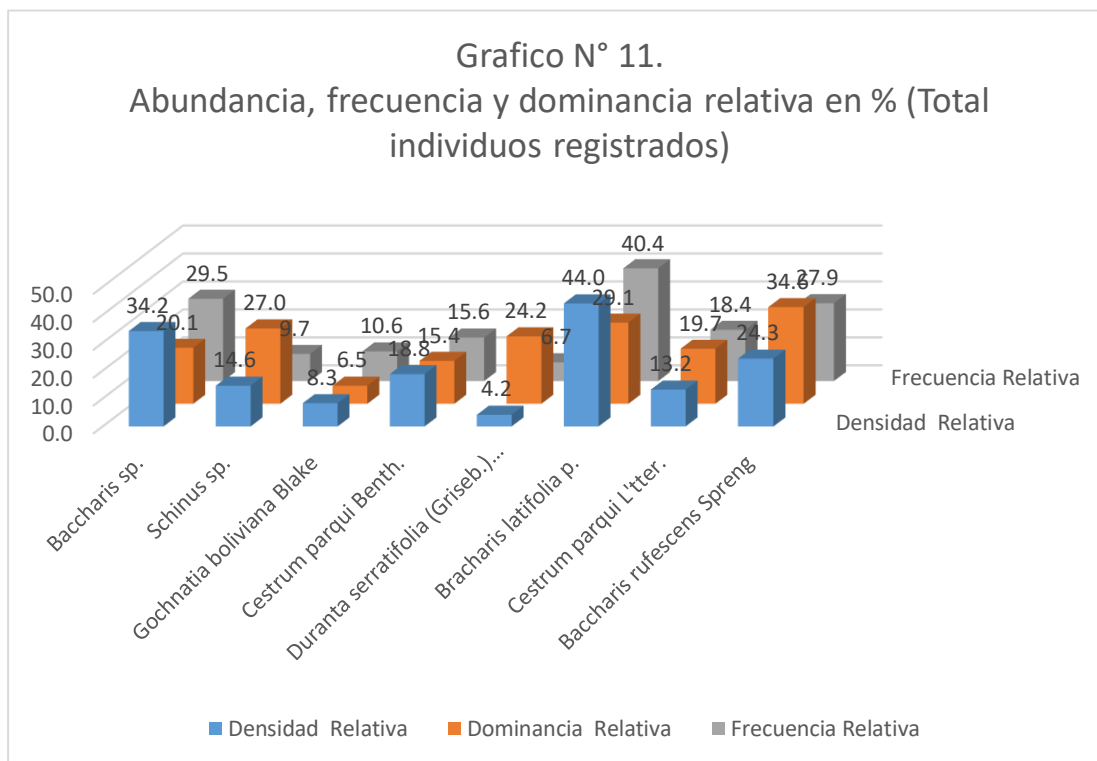
Realizado los porcentajes de dominancia, frecuencia y abundancia detalladamente para cada tramo, ahora se procede a realizar uno sólo, englobando de esta manera todos aquellos índices con todos los individuos registrados (Cuadro N° 7 y N° 8, y gráfico N° 10 y 11). En base a la figura se puede observar que el Pino del cerro, lecherón y churqui ocupan los primeros lugares en frecuencia y abundancia, el ceibo y el sauce criollo se hallan con los valores más altos en dominancia, pero bajos en frecuencia y abundancia debido a que en los tramos encontrados estos tenían características superiores a las

especies encontradas en otros tramos. Las demás especies son algo frecuentes y en términos de abundancia y dominancia los valores de estas especies no son muy significativos por tener valores muy bajos.



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que *Bracharis latifolia p.* sigue en primer lugar en abundancia y frecuencia, tiene un porcentaje menor en dominancia debido a que su área basal es menor comparada con algunas de las otras especies, pero juntamente con *Baccharis rufescens Spreng*, *Baccharis sp.* y *Cestrum parqui L'tter.* encabezan todas las figuras mostradas.

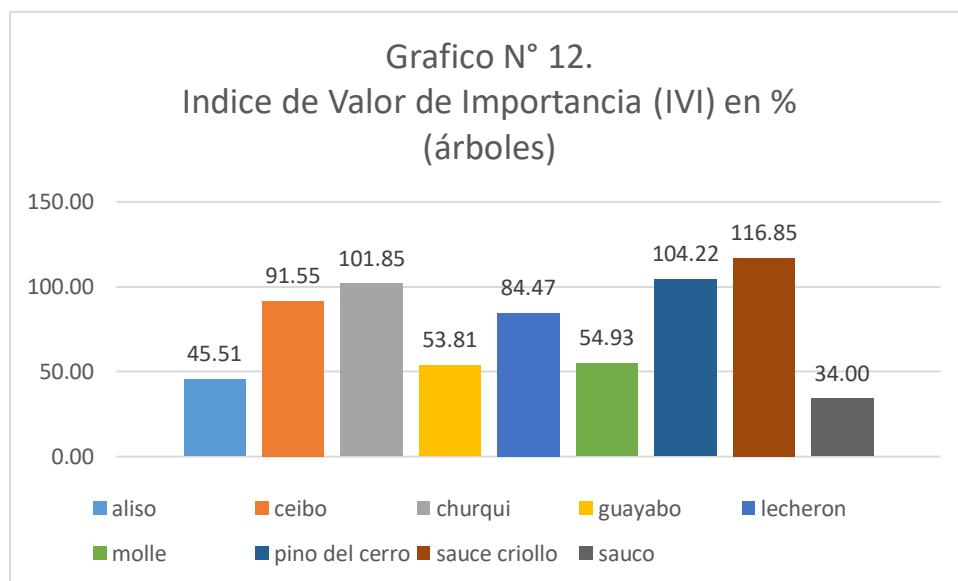


Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2.4. Índice de Valor de Importancia (IVI)

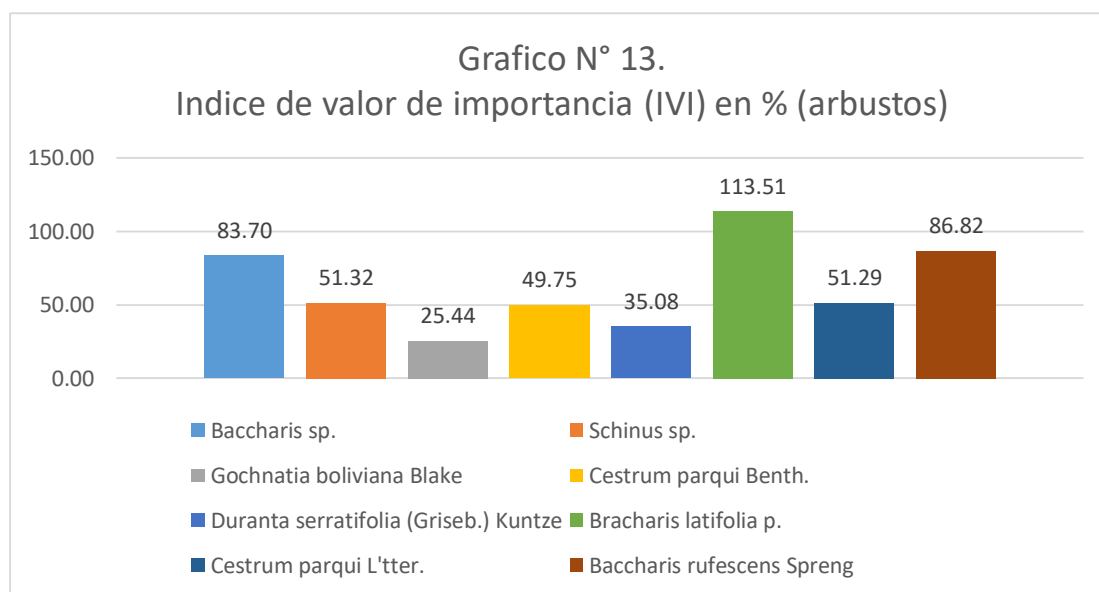
Este índice demuestra la importancia ecológica de las especies dentro de los bosques de ribera de cada tramo estudiado. Hasta ahora solo hemos visto, en los anteriores gráficos, informaciones parciales y hasta cierto punto aislados. Por tal razón es el IVI que se encarga de unir todos aquellos valores obtenidos de la Dominancia, Frecuencia y Abundancia brindando una idea del carácter asociativo de las especies.

Según los resultados del IVI, la especie de mayor peso ecológico y, por lo tanto, la que posee más importancia relativa es el Pino del cerro con un valor de 104%, seguido del churqui con 102% y el lecherón con 85% (gráfico N° 12 y cuadro 7). El sauce criollo y el ceibo tienen un porcentaje alto al encontrarse en un solo tramo con características y valores altos, ausentándose en los demás tramos estudiados, por esta razón no entran al podio de mayor importancia. Finalmente se encuentran las demás especies sobrantes con menos del 60% en valor ecológico.



Fuente: Elaboración propia.

Separando las 5 primeras especies mencionadas, las demás especies son casi tan importantes ecológicamente como cualquiera de ellas mismas o que alguna de estas que se encuentra creciendo en estas zonas circunstancialmente.



Fuente: Elaboración propia.

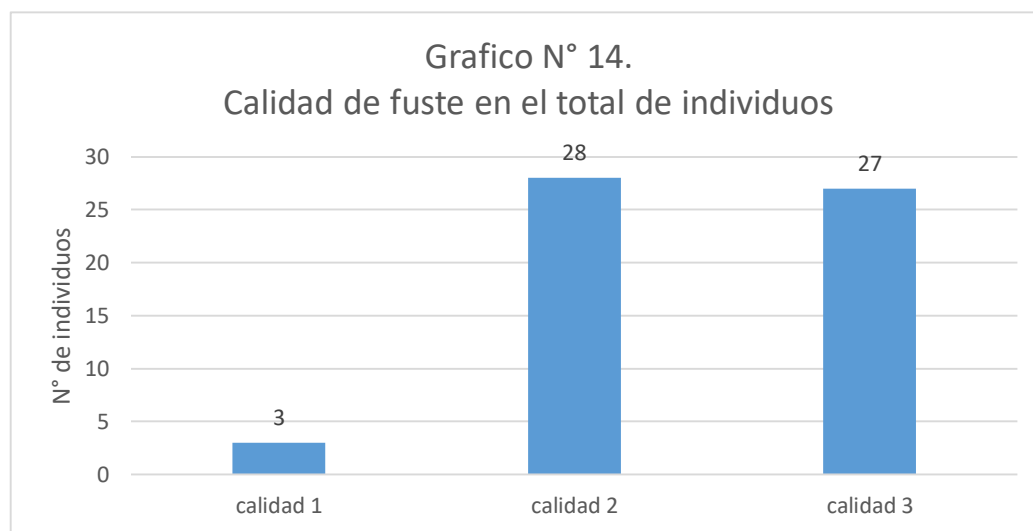
Para los arbustos la especie con mayor peso ecológico viene siendo notablemente *Bracharis latifolia p.*, teniendo un promedio de 113.51% como se ve en el grafico N°

13 de todos los tramos en la que se encuentra, le sigue *Baccharis rufescens Spreng* y a esta *Baccharis sp.* con 86.82 % y 83.70%. Las otras especies no son tan notables debido a su ausencia en algunos tramos o a su poca presencia en ellos (cuadro 8).

4.1.2.3. Estado actual de la calidad y sanidad del bosque.

Se realizó un análisis del estado actual de la vegetación, basado en las observaciones hechas en campo.

En la figura N° 26 se observa que la mayoría de los árboles son de calidad 2 (fuste moderadamente recto, algunos poco torcidos y poco defectuosos) con 28 individuos, luego están los de calidad 3 con 27 individuos y por último de calidad 1 con 3 individuos.

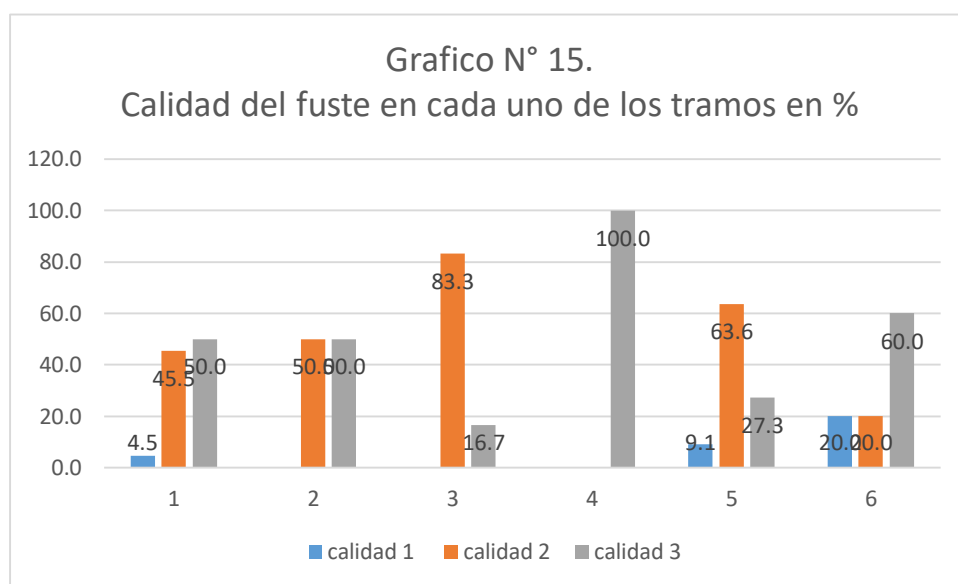


Fuente: Elaboración propia.

De los 58 individuos estudiados, los 3 de calidad 1 corresponden a: el Pino del cerro, el sauce criollo y el sauco, en las otras categorías es el Pino del cerro quien está ocupando siempre el primer lugar por la gran cantidad de individuos que posee seguido del sauce criollo y lecherón (Anexo N° 6). Referente a la calidad 2 es el Pino quien ocupa nuevamente el primer lugar con 54% de representatividad (15 individuos), el segundo y tercer puesto los ocupan el sauce criollo y el lecherón con el 21% y 14%

respectivamente. En la calidad 3 también lidera el Pino seguido del lecherón y el sauco 48%, 22% y 15%, el resto de porcentaje está distribuido entre las demás especies. Todas las especies se encuentran distribuidas relativamente uniforme en las calidades 1, 2 y 3 a excepción del aliso que tiene un solo individuo de calidad 2 y el sauco que tiene un individuo de calidad 1 y los demás en la calidad 3 (Anexo N° 6).

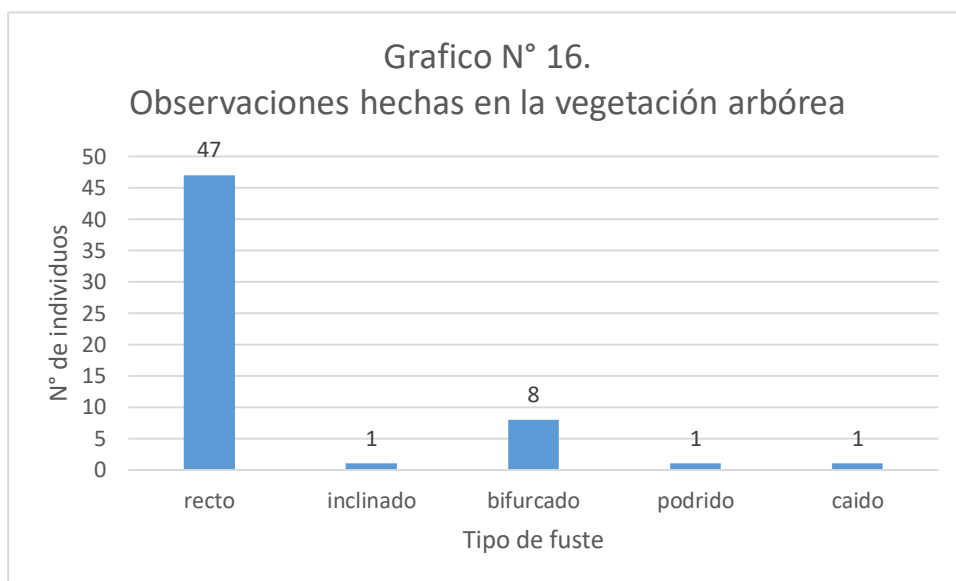
A continuación, se presenta otro grafico referido también a la calidad de fuste, pero esta vez por tramo. Esto para evidenciar si es que existe alguna diferenciación entre las mismas debido a factores principalmente antrópicos.



Fuente: Elaboración propia.

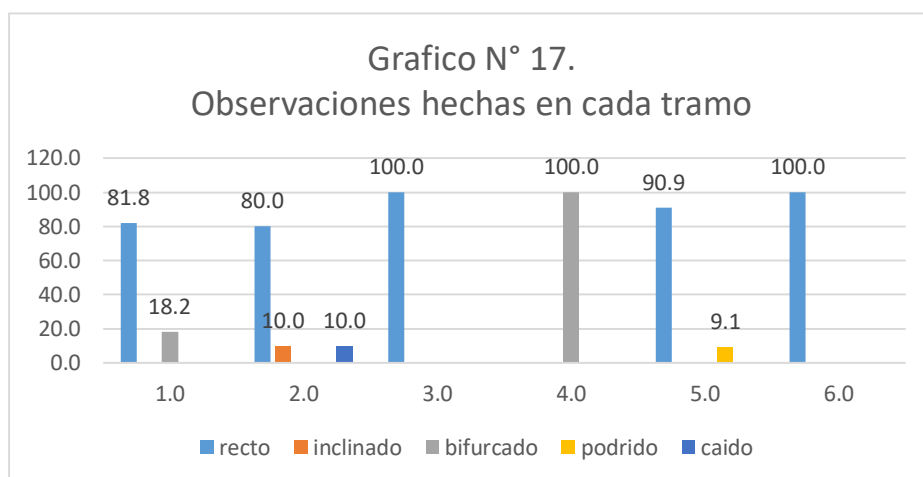
Como muestra el grafico anterior, los individuos de calidad 1 son los que presentan porcentajes más bajos, en casi todos los tramos muestran un cierto grado de similitud en la calidad 2 y 3 dando un mayor porcentaje de individuos de calidad 2, datos obtenidos en los tramos 1, 2, 3, 5 y 6 respectivamente. En lo que respecta al tramo 4, es aquí donde existe un 100% de individuos de calidad 3 (anexo 6).

Con relación a las observaciones hechas en los fustes de árboles registrados (gráfico N° 16), un 81% son rectos (47 indiv.), casi un 2% son inclinados, podridos y caídos (1 indiv. de cada uno) y casi un 14% son bifurcados (8 indiv.). De todos los individuos registrados no se encontraron muertos. Entre todos los arboles registrados se pudo constatar que un gran numero tienen algunas irregularidades en sus fustes como ser nudos o ataque de hongos xilófagos (anexo 7).



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al gráfico N° 17 donde se encuentran las observaciones realizadas por tramo, se confirma junto a la anterior figura, que la mayoría de árboles de estos bosques son moderadamente rectos. Sin embargo, en el tramo 4 es donde existe un 100% de individuos con fuste bifurcado encontrándose 4 individuos.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.4. Diversidad florística del bosque

Estos índices de biodiversidad se calcularon en base a los datos tomados dentro de los tramos instalados en las formaciones boscosas ribereñas del río San Pedro de Sola. A continuación, se muestran los cuadros de los principales cálculos para la posterior valoración de los índices de Margalef, Simpson y Shannon-Wiener en el estrato arbóreo y arbustivo.

Cuadro N° 9. Número de individuos por especie (ni) y abundancia proporcional de la especie (pi) registrados en el bosque		
Especies	ni	pi
Aliso	0.1250	-0.2599
Ceibo	0.0625	-0.1733
Churqui	0.4826	-0.3516
Guayabo	0.1067	-0.2388
Lecherón	0.2819	-0.3569
Molle	0.0833	-0.2071
pino del cerro	0.3720	-0.3679
sauce criollo	0.1250	-0.2599
Sauco	0.0609	-0.1704
Total		-2.3857
total especies (S)	9	
Total Individuos (N)	170	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 10. Número de individuos por especie (ni) y abundancia proporcional de la especie (pi) registrados en el bosque de ribera		
	ni	pi
<i>Baccharis sp.</i>	0.3417	-0.3669
<i>Schinus sp.</i>	0.1458	-0.2808
<i>Gochnatia boliviana Blake</i>	0.0833	-0.2071
<i>Cestrum parqui Benth.</i>	0.1875	-0.3139
<i>Duranta serratifolia (Griseb.) Kuntze</i>	0.0417	-0.1324
<i>Bracharis latifolia p.</i>	0.4405	-0.3611
<i>Cestrum parqui L'tter.</i>	0.1319	-0.2672
<i>Baccharis rufescens Spreng.</i>	0.2431	-0.3438
total		-2.2732
total especies (S)		8
total individuos (N)		184

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.4.1. Resultado del índice de diversidad de Margalef

$$D_{Mg} = \frac{9-1}{\ln(170)} = \frac{8}{5,1357} = 1,5577$$

El resultado obtenido del estrato arbóreo para los bosques en los tramos estudiados es de 1.5577, lo que demuestra la poca riqueza específica en estas zonas ribereñas, ya que valores inferiores a 2,0; como lo señala Margalef (1995), citado por Orellana (2009); son considerados como baja diversidad.

$$D_{Mg} = \frac{8-1}{\ln(184)} = \frac{7}{5,2149} = 1,3423$$

El resultado obtenido para el estrato arbustivo es de 1.3423, mostrándonos nuevamente la poca riqueza de la zona ribereña por lo anteriormente mencionado.

4.1.2.4.2. Resultado del índice de Simpson

$$\lambda = (0.1250)^2 + (0.0625)^2 + (0.4826)^2 + (0.1067)^2 + (0.2819)^2 + (0,0833)^2 + (0.3720)^2 + (0.1250)^2 + (0.609)^2 = 0,51$$

El resultado obtenido de este índice para el estrato arbóreo es igual a $\lambda = 0,51$ y como este índice es inversamente proporcional a la equidad o uniformidad de la comunidad, como lo señala Moreno (2001), a medida que este índice se incrementa la diversidad decrece.

$$\lambda = (0.3417)^2 + (0.1458)^2 + (0.0833)^2 + (0.1875)^2 + (0.0417)^2 + (0,4405)^2 + (0.1319)^2 + (0.2431)^2 = 0,4524$$

El resultado obtenido de este índice para el estrato arbustivo es igual a $\lambda = 0,4524$ mostrando una mayor diversidad ecológica por lo anteriormente mencionado.

4.1.2.4.3. Resultado del índice de Shannon-Wiener

$$H' = -(-2.3857)$$

$$H' = 2.3857$$

Este índice para el estrato arbóreo marca un valor de 2.3857 la cual demuestra un valor medio de biodiversidad.

$$H' = -(-2.2732)$$

$$H' = 2.2732$$

Para el estrato arbustivo tenemos nuevamente un valor medio de biodiversidad siendo su resultado 2.2732, esto porque valores menores a 2 tiene un calor de biodiversidad negativo y mayores a 3 tienen un valor positivo.

4.1.2.5. Evaluación de herbáceas

En el cuadro N° 11 observamos la densidad de cada especie por m² promedio de acuerdo a la totalidad de especies encontradas en las 40 muestras extraídas donde la *Tagetes pusilla* H.B.K. entra en el rango 5, siendo una especie abundante, *Axonopus compressus* (Sw.) Beauv. entra en el rango 4 siendo frecuente, *Axonopus compressus* (Sw.) Beauv. entra en el rango 2 ocasional y las demás especies entrarían en el rango 1 siendo escasa su frecuencia encontrada (anexo 9).

Cuadro N° 11. Densidad de especies herbáceas	
Especie	m2
<i>Tagetes pusilla</i> H.B.K.	64.6
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) Beauv.	32.95
<i>Botrichloa</i> sp.	6.05
<i>Cuphea racemosa</i> Spreng.	6.45
<i>Desmodium</i> sp.	0.6
<i>Paspalum notatum</i> Flueggue	12.15
<i>Dichondra</i> sp.1	9.3
<i>Macrosiphonia longiflora</i> (Desf.) Müll. Arg.	0.4
<i>Glandularia</i> sp.	2.05
<i>Euphorbia chrysophylla</i> (Klotzsch & Garcke) G. Klotz ex Boiss.	0.1
<i>Diodia</i> sp	0.55
<i>Trifolium</i> sp.	5.7

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N° 12 refleja la frecuencia promedio en porcentaje de cada especie encontrada en la totalidad del área de estudio, donde *Axonopus compressus* (Sw.) Beauv. entra en el rango 5 estando esta con un porcentaje entre 81 y 100 %, *Tagetes pusilla* H.B.K. estaría en rango 4 por estar en el intervalo de 61% a 80%, *Paspalum notatum* Flueggue. cabe en el rango 3 de 41% a 60 %, las *Botrichloa* sp. Y *Cuphea racemosa* Spreng. entran en el rango 2 de 21% a 40% y las restantes entran en el rango 1 estando entre el 1% y 20% (anexo 10).

Cuadro N° 12. Frecuencia de especies herbáceas en (%)	
Especie	%
<i>Tagetes pusilla</i> H.B.K.	0.71
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) Beauv.	0.88
<i>Botrichloa</i> sp.	0.36
<i>Cuphea racemosa</i> Spreng.	0.34
<i>Desmodium</i> sp.	0.09
<i>Paspalum notatum</i> Flueggue.	0.60
<i>Dichondra</i> sp.1	0.21
<i>Macrosiphonia longiflora</i> (Desf.) Müll. Arg.	0.08
<i>Glandularia</i> sp.	0.18
<i>Euphorbia chrysophylla</i> (Klotzsch & Garcke) G. Klotz ex Boiss.	0.03
<i>Diodia</i> sp	0.06
<i>Trifolium</i> sp.	0.16

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°13. Cobertura de especies herbáceas en (%)	
Especie	%
<i>Tagetes pusilla</i> H.B.K.	30
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) Beauv.	90
<i>Botrichloa</i> sp.	15
<i>Cuphea racemosa</i> Spreng.	30
<i>Desmodium</i> sp.	10
<i>Paspalum notatum</i> Flueggue.	65
<i>Dichondra</i> sp.1	15
<i>Macrosiphonia longiflora</i> (Desf.) Müll. Arg.	10
<i>Glandularia</i> sp.	20
<i>Euphorbia chrysophylla</i> (Klotzsch & Garcke) G. Klotz ex Boiss.	10
<i>Diodia</i> sp	10
<i>Trifolium</i> sp.	15

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en el cuadro N° 13, la especie con mayor cobertura encontrándose en el rango 5 sería *Axonopus compressus* (Sw.) Beauv. seguidamente viene *Paspalum notatum* Flueggue. con rango 4 y en el rango 3 comparten las especies *Tagetes pusilla* H.B.K. y *Cuphea racemosa* Spreng. En rango 4 quedan las especies restantes *Botrichloa* sp., *Desmodium* sp., *Dichondra* sp.1, *Macrosiphonia longiflora* (Desf.) Müll. Arg., *Glandularia* sp., *Euphorbia chrysophylla* (Klotzsch & Garcke) G. Klotz ex Boiss., *Diodia* sp y *Trifolium* sp.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

-Respeto al primer objetivo específico, analizando los resultados obtenidos en la evaluación del bosque de ribera en el río San Pedro de Sola mediante el protocolo QBR llegamos a lo siguiente.

Los tramos N° 6 y N° 4 presentan una degradación extrema en las 4 partes de este protocolo, siendo directamente consecuencia de las actividades antrópicas que suceden en esta zona, esto por el cerramiento de una parte de la ribera para su uso agrícola en el tramo 4 que lo deja prácticamente sin ribera, la construcción de un muro de contención por donde pasan las cañerías de agua para consumo humano que alimentan a la zona y una acequia que la utilizan para el riego de los terrenos agrícolas, esto también debido a la construcción de un Baden donde juntamente con la fuerza del caudal del río se desvía poco a poco llegando a afectar cada vez más el margen derecho del río donde se encuentra perimétrico por terrenos agrícolas, siendo esto un posible peligro para los habitantes de la zona en cuestiones materiales, esto también es notable en el tramo 6 donde su margen derecho está afectado por el sobre pastoreo, viéndose claramente también en su margen izquierdo la nula vegetación existente, debido a la construcción en el lecho del río de gaviones y otras obras civiles para proteger los terrenos agrícolas que llegan a colindar con este mismo, encontrándose en una zona riesgosa por la ubicación de una curva del río, el cual arremete fuertemente con el margen izquierdo ocasionando daños en terrenos y propiedades comunales.

Lo tramos N° 5, 3 y 1 presentan una alteración fuerte, siendo nuevamente por las actividades antrópicas y la visita constante de personas que buscan un espacio de relajación y contacto con la naturaleza por la belleza del paisaje, pero siendo inconscientes en la conservación del mismo ya que en esos tramos se encontraron grandes cantidades de vertidos de basura, daños en la vegetación ribereña, además de la extracción clandestina que por suerte no es muy frecuente, por el sobre pastoreo de animales de la zona y la extracción de materiales del bosque ribereño para combustible o el cerramiento de sus tierras entre otros.

El tramo N° 2 es el menos afectado de todos, pero aun así tiene un inicio de alteración importante, esto se debe principalmente a que su bosque ribereño es un poco más denso, no habiendo lugares que sean de interés de la gente foránea siendo únicamente afectado por el pastoreo y la extracción de materiales.

Analizando la totalidad del área de estudio, tiene un valor promedio de 33 puntos, lo cual está en el rango de “deficiente” con una alteración fuerte, esto es claramente notable a simple vista por la excesiva frecuencia de personas ajenas al lugar, pero principalmente por la expansión agrícola que no ve límites y cada vez encajonan más al lecho del río, viéndose después afectados a consecuencia de ello.

-Con respecto a la composición florística y la estructura del bosque de ribera, se registraron 7 especies arbóreas, donde en su gran mayoría destacan 3, el pino de cerro liderando y siendo este el de mayor peso ecológico obteniendo un 104%, seguido del churqui y el lecherón con 102% y 85%, este tipo de bosque posee un promedio de 4 árboles/Ha. y 0.29 m² de área basal por hectárea, todos mayores a 20 cm de DAP es notable la ausencia de especies con DAP igual o mayor a 20, siendo directamente culpables las personas aledañas que los utilizan para distintos fines, principalmente combustible y madera para construcciones.

Respecto a los arbustos se registraron 8 especies siendo *Bracharis latifolia* p. la que se encuentra con mayor abundancia, frecuencia y dominancia obteniendo un índice de valor de importancia IVI de 113% pudiéndose denominar como bosque uniespecífico.

Los índices de biodiversidad hallados dentro de este bosque para individuos arbóreos y arbustivos señalan que el mismo posee una diversidad relativamente mediana según el rango dado por Shannon-Wiener.

Por último analizando el estrato herbáceo este está liderado principalmente por 3 especies, *Tagetes pusilla* H.B.K. con una densidad 65 especies por m² y una frecuencia del 71%, seguido de *Axonopus compressus* (Sw.) Beauv. con 33 especies por m² y una frecuencia del 88% y en tercer lugar se ubica *Paspalum notatum* Flueggue. con 13 especies por m² y una frecuencia del 60%.

Respecto a la cobertura del suelo por especies herbáceas, *Axonopus compressus* (Sw.) Beauv. Lidera con un 90% de cobertura seguido del *Paspalum notatum* Flueggue. con un 65% y en tercer lugar se ubica *Tagetes pusilla* H.B.K. y *Cuphea racemosa* Spreng. Con 30% de cobertura respectivamente.

En algunos tramos se observa claramente la pérdida de cobertura vegetal herbácea del suelo que está directamente relacionada a las actividades humanas, donde se evidencia zonas completamente desnudas y suelos cubiertos por materiales ajenos para brindar comodidades a los visitantes, esto se ve sobre todo en los tramos 3^a, 4^a y 5b los cuales son frecuentados por personas que lastimosamente son inconscientes respecto a la preservación de esos espacios en la ribera del río San Pedro de Sola.

5.2.Recomendaciones

Se recomienda aplicar acciones de prevención que son mejores que las de restauración. Los estudios constituyen el medio ideal para detectar, identificar, analizar, programar y ejecutar acciones que permitan conservar y mantener la calidad y naturalidad del bosque de ribera del río San Pedro de Sola.

Se recomienda prevenir la tala de árboles en los márgenes del río y establecer lugares donde los visitantes puedan realizar actividades de recreación, ya que lo realizan en donde pueden o quieren, degradando la superficie del suelo y así evitar la pérdida de las especies autóctonas presentes.

Se recomienda evitar arrojar escombros y residuos sólidos en los márgenes del río, para evitar que exalten el valor del bosque de ribera y mantener el visual paisajístico natural en el río.

Se recomienda establecer áreas definidas para el pastoreo de animales, siendo estos fuera del margen del río, ya que los animales son un factor importante en la regeneración natural del bosque, evitando así que este pueda tener una resiliencia natural y causando la pérdida de especies valiosas ecológicamente para el bosque de ribera.

Los aires del río naturales, que son parte integral del sistema de espacio público, requiere del reconocimiento y la importancia, para su protección, conservación y mantenimiento, es recomendable revisar y aplicar lo dispuesto en reglamentos y la Dirección de Ordenamiento Territorial (DOT) con respecto a los parámetros de los espacios de ribera y aires de los ríos. Para evitar la instalación de actividades que generen la pérdida de los márgenes y aires en el río, y darles el tratamiento de espacios públicos teniendo en cuenta que el bien colectivo prima sobre el particular y promover los márgenes como uso predominante en el perímetro del río San Pedro de Sola.

En relación a la caracterización estructural de la vegetación es recomendable realizar el instalado de parcelas permanentes de muestreo en las zonas ribereñas, esto será de gran ayuda para que en posteriores estudios se obtengan resultados sobre muertes, crecimiento, desarrollo del fuste, enfermedades comunes, etc. de los individuos que los conforman o si es que los mismos se ven afectados por la extracción de leña o el pastoreo, si influye o no la cantidad de habitantes que viven cerca de estos lugares o la cantidad de visitantes que estos reciben. Todos estos datos servirán para que de alguna manera se pueda hacer un seguimiento y ayudar de algún modo a la conservación de estos bosques singulares e importantes para la micro cuenca de río San Pedro de Sola.

También es recomendable la realización de estudios y colecciones botánicas, principalmente en la vegetación perteneciente a esta zona, esto para complementar de alguna manera lo visto hasta ahora y así en posteriores estudios puedan realizarse mejores valoraciones en estas áreas del río.