

3.- DIAGNÓSTICO

3.1.- Antecedentes Generales y Objetivos

Dentro del contexto de un estudio como el presente, se puede definir Diagnóstico como un razonamiento dirigido a la determinación de la naturaleza y origen de algún fenómeno.

En el caso del presente estudio, este razonamiento se basa en el conocimiento de las características de un río aluvial, como es el Cachapoal, sus características propias obtenidas de estudios hidrológicos, hidráulicos y geomorfológicos anteriores, cartografía e hidrografía disponible, fotografías satelitales de Google Earth, aerofotografías tomadas y georreferenciadas para este estudio, aerofotografías controladas de años anteriores, fotografías aéreas panorámicas tomadas para este estudio, fotografías terrestres, catastro de obras de defensas, bocatomas y puentes situados en el cauce, información relativa a extracciones de áridos, información relacionada con los episodios históricos de crecidas de este río, como son los sectores de desbordes, las áreas inundadas, los daños experimentados, etc., obtenidos en entrevistas a autoridades y lugareños, de artículos periodísticos y fotografías de la época, el levantamiento topobatimétrico de secciones del cauce y áreas externas en algunos tramos seleccionados, realizado para este estudio, y de algunos análisis específicos realizados para este estudio, como son un análisis geomorfológico del cauce y un análisis de su estabilidad vertical.

El Diagnóstico realizado, se enfocó hacia el conocimiento de la condición actual del cauce en la perspectiva de lograr los objetivos del presente estudio, el cual se orienta a minimizar los efectos negativos de las crecidas del río Cachapoal, como son:

- Las erosiones de ribera con acreción del cauce y consecuentes pérdidas de suelos agrícolas, plantaciones frutales y forestales, productos de cultivos, construcciones, vías y otros bienes materiales, amén de la seguridad de las personas eventualmente afectadas por estos fenómenos.
- Los desbordes del escurrimiento, con efectos de inundación, erosión superficial y pérdida de suelos agrícolas, plantaciones, cultivos, animales y construcciones, además de inundaciones de terrenos y viviendas con pérdidas de productos, construcciones y maquinarias agrícolas, viviendas y enseres domésticos, costos públicos derivados de las operaciones de emergencia, y efectos psicológicos sobre las personas.

Asimismo, él se orienta a resguardar y mejorar las condiciones ambientales propias cauce, como bien nacional de uso público, a menudo afectado por las acciones antrópicas que llegan a crear condiciones propicias para que se originen los efectos negativos señalados, o afecten las condiciones estéticas-paisajísticas de él.

El Diagnóstico realizado, se enfocó hacia el conocimiento de la condición actual del cauce en la perspectiva de lograr los objetivos señalados del presente

3.2.- Aspectos Técnicos del Río Cachapoal

3.2.1.- Río Aluvial

El río Cachapoal en el tramo de 86 km de este estudio posee un cauce aluvial que, con la excepción de los últimos 6 km cercanos al lago Rapel, determina una configuración trenzada del lecho debido a su pendiente relativamente elevada. En el tramo de aproximación a dicho lago, que es el cuerpo de agua que recepciona su flujo, adopta una configuración meándrica, derivada de su menor pendiente.

Por definición, los ríos aluviales son aquellos que discurren por sobre sus propios materiales transportados, o aluvios, los que a través del tiempo geológico han ido creando el relleno aluvial sobre su cuenca aluvial, sirviendo de base a la actual llanura aluvial, en un proceso de relleno que, aunque esté geológicamente activo, no es perceptible en una escala histórica de tiempo.

Así, aunque esos ríos se encuentren en un proceso de evolución geológica activa, en nuestro tiempo histórico se los consideran en estado de régimen, es decir, con características promedios estables, gobernadas por interrelaciones entre sus principales variables, como son sus caudales, pendientes, anchos de escurrimiento, profundidades de escurrimiento, características de sus materiales de arrastre, rugosidad hidráulica y velocidad de escurrimiento.

Estas complejas interrelaciones han sido estudiadas desde inicios del siglo pasado y han continuado hasta el presente, habiéndose elaborado numerosos modelos empíricos o semiempíricos para explicarlas. Ellas han sido englobadas en un conjunto que se ha denominado teoría del régimen, que ha contribuido al entendimiento de la dinámica de estos ríos, como también se han aplicado en el diseño de canales no revestidos, para minimizar en ellos los procesos erosivos de sus paredes como los procesos de embancamiento de sus lechos.

3.2.2.- Estabilidad del Cauce

a) Estabilidad Horizontal

Esos cursos poseen un necesario grado de libertad, el cual les otorga la posibilidad de desplazamiento lateral en un proceso dinámico de erosión y de depositación de materiales arrastrados, y de sedimentación de materiales transportados en suspensión, como medio para conformar el cono de relleno aluvial geológico, que va creando a través del tiempo en un barrido en forma de abanico sobre su llanura.

Esta condición determina en dichos cauces una característica natural de inestabilidad de sus riberas, con periódicos episodios de socavaciones de riberas, erosiones y sedimentaciones de materiales finos en las áreas ribereñas, así como desbordes e con inundación, durante las crecidas extraordinarias.

El fenómeno de sedimentación de finos en las llanuras de inundación se acentúa en los tramos de menor pendiente con llanuras modernas expuestas a los desbordes, como es el tramo meándrico de aproximación a su descarga en el lago Rapel, en el caso del río Cachapoal. Asimismo, en ese tramo las solicitaciones de socavación de riberas son de menor intensidad.

Cada crecida de gran magnitud en estos ríos, origina migraciones horizontales de los canales principales de escurrimiento dentro del cauce, los cuales en ocasiones llegan a socavar las riberas y a crear nuevos bancos de materiales en el propio cauce, como también a formar depósitos sedimentarios en las llanuras ribereñas o erosionar los finos de ellas, cuando éstas son alcanzadas por los mayores niveles de escurrimiento, y consecuentes desbordes durante las crecidas.

No obstante, el crecimiento de vegetación en las riberas, ya sea en forma natural o aplicada por el hombre con especies seleccionadas, como la ejecución de obras de protección diseñadas para protegerlas de desbordes, resistir las solicitaciones hidráulicas y anular los efectos de socavación de sus fundaciones durante sus crecidas, pueden otorgar un aceptable grado de protección a las áreas ribereñas frente a estos fenómenos.

b) Estabilidad Vertical

Un río aluvial libre de elementos naturales o artificiales de control, adopta un perfil longitudinal característico, con pendiente regularmente decreciente desde su cabecera hacia aguas abajo. Un

análisis más fino de estos perfiles en determinadas condiciones del escurrimiento, permite detectar la existencia ciertos grados de irregularidad cíclica en estos perfiles, correspondiente a dunas y rizaduras, móviles, en sus lechos, como también la existencia de ondas sedimentarias de gran longitud, que pueden alcanzar a varios kilómetros.

La ocurrencia de una crecida extraordinaria normalmente origina un alisamiento del fondo con la destrucción de las rizaduras y dunas, aunque no así de las ondas de gran longitud, que en estos episodios tienden a migrar en la dirección del eje del cauce, creando procesos de degradación o de agradación natural del lecho.

Un análisis de la variación de la pendiente de un cauce aluvial en su desarrollo permite predecir tendencias a largo plazo a la degradación o agradación en una sección determinada de él. El conocimiento de esta propensión en un punto del cauce es aplicable en los diseños de obras de protección, entre otras obras que se asientan entre sus márgenes.

Lo señalado es aplicable a los cauces naturales no intervenidos. Sin embargo, debe considerarse que es frecuente que sus materiales sean usados como fuente de áridos para la industria de la construcción, particularmente en tramos cercanos a grandes centros urbanos.

En esos casos, como también cuando se trata de megaproyectos que emplean a los cauces como fuentes de áridos, las extracciones masivas que se realizan pueden originar una profunda alteración en su equilibrio sedimentológico, gatillándose fenómenos de degradación que llegan a estabilizarse sólo bajo una nueva condición de equilibrio.

Igualmente, trabajos extensivos de encauzamiento con maquinaria pesada en los ríos aluviales, con fines de regularización y protección, creando importantes rectificaciones que incrementan su pendiente respecto a la original de régimen, con frecuencia desestabiliza el cauce y marca el inicio de acciones naturales, como son las socavaciones de márgenes, hasta lograrse un nuevo equilibrio.

Para efectos de analizar la estabilidad del cauce, se efectuó un Análisis de Estabilidad Vertical, el cual se entrega a continuación:

- **Perfil Longitudinal.** En la Figura N°3.1, se muestra el perfil longitudinal del cauce del río Cachapoal, definido para el sector de este estudio, desde el Km. 0 en la sección del puente de la Ruta 5, hasta el Km. 86 en el sector de La Junta, en su desembocadura en el lago Rapel. En él se representa la cota mínima de fondo de las secciones transversales asociadas al kilometraje en el eje referencial La información de cotas en este perfil se ha obtenido de fotografías georreferenciadas satelitales (Google, Earth).

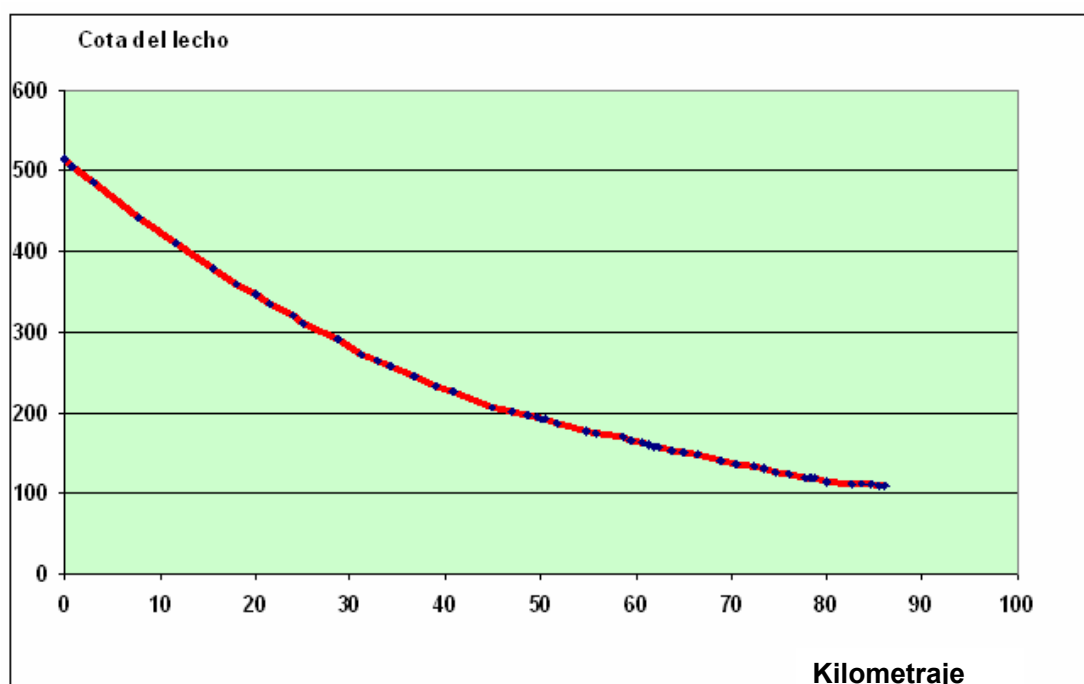
En esta figura se observa una evolución bastante regular del perfil, desde su inicio hasta su término. Corresponde al de un típico cauce aluvial.

- **Pendiente Longitudinal.** En el gráfico de la Figura N°3.2, se representa la pendiente de fondo del cauce y su evolución a lo largo de su desarrollo en el tramo de estudio del río. Esta figura se deriva de la información relacionada del perfil longitudinal referido en el punto anterior.

Básicamente, en el desarrollo del cauce se observan 3 tramos diferenciados, a saber:

- **Tramo 1:** Corresponde al situado entre el Km. 0 y el Km. 53, aproximadamente. En este tramo existe una variación de la pendiente, que decrece linealmente con el desarrollo desde 1% en el Km. 0, hasta 0,28% en el Km. 53, es decir con una gradiente media negativa de la pendiente de aproximadamente 0,014 %/km.

FIGURA N°3.1
PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE



Se observa, en la Figura N°3.2, que a partir del Km. 20 se inicia una variación cíclica de dicha gradiente, con relación a la gradiente lineal media. La longitud del ciclo es de aproximadamente 20 km.

Esta condición es concordante con el fenómeno de las ondas sedimentarias de gran longitud en los cauces de lecho móvil, descrito por especialistas. Estas ondas migran con el tiempo, originando acciones de degradación o agradación en diferentes sectores del cauce en plazos de incierta predicción.

Aunque se trata de un fenómeno aún no conocido en profundidad, en los sectores de mayor pendiente relativa, con relación a la línea de gradiente media, puede esperarse la tendencia a un proceso de degradación o profundización general del lecho. Asimismo, en los sectores de menor pendiente relativa, puede esperarse una evolución futura del cauce hacia una agradación, o sobreelevación general de su fondo.

Será conveniente tomar en consideración ambos fenómenos en el diseño de obras que se implanten en el cauce.

De acuerdo a lo señalado y a lo observado en la Figura N°3.2, en este tramo pueden distinguirse los siguientes subtramos:

- Km. 0 a 20 : Lecho verticalmente estable
 - Km. 20 a 30 : Lecho con tendencia a la degradación, que se maximiza en el Km. 26
 - Km. 30 a 37 : Lecho con tendencia a la agradación, que se maximiza en el Km. 35
 - Km. 37 a 44 : Lecho con tendencia a la degradación, que se maximiza en el Km. 41
 - Km. 44 a 53 : Lecho con tendencia a la agradación, que se maximiza en el Km. 50
- **Tramo 2:** Corresponde al comprendido entre el Km. 53 y el Km. 80, ambos valores aproximados. En este tramo la pendiente también se reduce en forma aproximadamente

lineal con el desarrollo, aunque en un grado muy inferior a la del tramo 1, variando desde 0,28% en el Km. 50 hasta 0,20% en el Km. 80, es decir con una gradiente negativa de 0,003 %/km.

En este tramo se distinguen los siguientes subtramos:

- Km. 53 a 65 : Lecho con tendencia a la degradación, que se maximiza en el Km. 60
 - Km. 65 a 71 : Lecho con tendencia a la agradación, que se maximiza en el Km. 69
 - Km. 71 a 80 : Lecho con tendencia a la degradación, que se maximiza en el Km. 77
- **Tramo 3:** Corresponde al comprendido entre el Km. 80 y la desembocadura en el lago Rapel en el Km. 86. En este tramo de 6 km de longitud aproximada, la pendiente del cauce se reduce desde 0,28% a un valor aproximado de 0,05% (gradiente 0,04 %/km). En toda la longitud de este tramo se observa la tendencia a la agradación del lecho.

FIGURA N°3.2

PENDIENTE DEL CAUCE



Interpretación

- **Punto de Cambio Tramo 1 - Tramo 2:** La sustantiva reducción de la gradiente media, en la variación de la pendiente del cauce, que se observa en las proximidades del Km. 53 (Figura N°3.2), punto de término del Tramo 1 e inicio del Tramo 2, desde del valor de 0,014 %/km al valor de 0,003 %/km, corresponde a la zona de confluencia del río Cachapoal con 2 importantes afluentes suyos, como son el río Claro y el estero Zamorano.

Este hecho puede interpretarse en concordancia con los postulados de las diferentes “Teorías del Régimen” que en esta materia coinciden en señalar que la pendiente de régimen en un cauce aluvial en equilibrio se reduce con el incremento del caudal.

- **Punto de Cambio Tramo 2 - Tramo 3:** Este punto, ubicado en las proximidades del Km. 80, señala el inicio de un brusco cambio hacia la reducción de la pendiente, la que prácticamente se anula en el Km. 86, de término del estudio en la desembocadura del río Cachapoal en el lago Rapel.

Se puede interpretar que dicho punto marca el inicio de un tramo del cauce que recientemente, desde la creación del lago Rapel en los años 60, está siendo influenciado hidráulicamente, y por lo tanto también sedimentológicamente por los niveles de agua de ese cuerpo de agua.

Así, el peraltamiento del eje hidráulico en crecida que origina el nivel de aguas del lago, crea en este tramo una zona de embancamiento del cauce y de desbordamiento lento hacia la llanura de inundación, originando sedimentación de materiales finos sobre ella, y creando naturalmente una configuración del cauce del tipo meándrico.

3.3.- Sectorización del Cauce

Para efectos de racionalizar y sistematizar el diagnóstico, de acuerdo a lo dispuesto en los Términos de Referencia, como también para facilitar el uso de la información básica empleada como herramienta para el diagnóstico, se ha estimado conveniente realizar previamente una sectorización espacial del cauce.

La referencia básica de esta sectorización es el kilometraje progresivo, definido en un eje nominal de él, que ha sido geometrizado en coordenadas UTM PSAD 56. La geometrización ha empleado alineamientos rectos, definidos por las coordenadas de vértices, y curvas de enlace circulares definidas por un radio de curvatura en cada uno de ellos.

El Km. 0, origen del sistema de referencia para este estudio, se ubica en el eje longitudinal del puente de la Ruta 5, sobre el río Cachapoal. El último vértice, que marca el término del estudio, se encuentra en el Km. 86,118, punto de inicio del lago Rapel, donde desemboca este río. Este punto coincide, asimismo, con la confluencia de este curso con el río Tinguiririca.

a) Sectorización por Riberas y Zonas

Se han definido zonas en cada ribera que correspondan a áreas independientes frente a los efectos de una crecida, vale decir que los desbordes que allí se generan y las inundaciones que allí se producen queden confinadas en la misma zona, no transmitiéndose hacia aguas abajo. Dicha condición queda determinada por algún elemento de control situado en los extremos de cada zona. Estos elementos corresponden, en general, a puntillas de cerro y en algunos casos, a terraplenes de acceso a puentes.

Las zonas así definidas abarcan ambas riberas en toda la longitud del sector en estudio. Para efectos de análisis, se ha asignado a cada zona un parámetro (C) cuyo valor indica el grado de Importancia estimado según el siguiente criterio:

C: Nivel de Importancia, de 0 (no crítico) a 5 (altamente crítico)

En la Tabla N°3.1 siguiente se entrega la descripción de las Zonas definidas en ambas riberas.

TABLA N°3.1

ZONIFICACIÓN RIBERAS

Zona	Km.	Descripción	C	Observaciones
Ribera Izquierda				
I1	0 a 32	Puente Ruta 5 a Punta Millahue	5	La zona queda limitada por aguas abajo por la Puntilla Millahue. Aguas arriba, su elemento de control corresponde a los terraplenes de la Ruta 5 antigua y del ferrocarril. Caber señalar que dichos elementos fueron sobrepasados en crecidas anteriores (años 72, 86, etc.), pero actualmente existen defensas y el terraplén de la Ruta 5 tiene mayor altura. La zona ha sido inundada en numerosas oportunidades, y, aunque su riesgo es menor ahora que en el pasado (antes de construirse las defensas aguas arriba de la Ruta 5), se considera de alta vulnerabilidad, ya que existen varios sectores de riberas bajas, que carecen de protección contra desbordes. Se encuentran amenazados varios sectores poblados (Lo Conti, Olivar Alto y Bajo, La Alpargata, Copequén, Coinco, Los Sajos, etc.); infraestructura vial, sanitaria, de riego, etc.; y amplias áreas de explotación agrícola. Existen defensas locales las que se estiman claramente insuficientes para resistir una crecida mayor.
I2	32 a 35,5	Punta Millahue a Punta El Viento	0	Zona confinada entre dos puntillas de cerro; la mitad de aguas arriba de la longitud de la zona, cuenta con una defensa longitudinal.
I3	35,5 a 50	Punta El Viento a Puente Peumo	4	Zona con un amplio historial de inundaciones. Se encuentra parcialmente protegida por defensas, cuya cobertura que se estima insuficiente. En caso de crecidas importantes, se inunda hasta camino local de Monte Lorenzo, afectando viviendas, infraestructura y áreas agrícolas. Para crecidas extraordinarias (tipo año 86), la inundación alcanza hasta la Ruta H-590, incrementándose significativamente el número de viviendas y otros elementos afectados
I4	50 a 54,8	Puente Peumo a Estero Zamorano.	3	Zona de desarrollo agrícola, con presencia de sectores de viviendas. La zona fue inundada en forma importante en la crecida del año 1.986 y en menor medida el año 2.000. Está parcialmente protegida por defensas.
I5	54,8 a 61,9	Esteros Zamorano a Puente Codao.	4	Zona de inundaciones frecuentes, que afectan principalmente áreas agrícolas. Se encuentra amenazada la localidad de La Argentina, que fue inundada en crecida 1.986. En su extremo superior se encuentra la Bocatoma del canal Alrmahue, cuyo desborde contribuiría a la inundación del sector.
I6	61,9 a 62,9	Puente Codao. a Puntilla Mal Paso	0	Zona no crítica, cauce discurre al lado de cerro.
I7	62,9 a 78,8	Puntilla Mal Paso a Puente Las Cabras	3	Zona con inundaciones recurrentes, originadas en varios sectores críticos. Afecta principalmente predios agrícolas, aunque se han registrado inundaciones en viviendas.
I8	78,8 a 86,1	Puente Las Cabras a La Junta	1	Zona que registra inundaciones frecuentes, que se originan principalmente por el incremento del nivel de agua en el embalse Rapel, combinado con el bajo nivel del terreno. Las áreas afectadas son de uso agrícola.
Ribera Derecha				
D1	0 a 8,3	Puente Ruta 5 a Punta Cortés	3	La zona queda limitada por aguas abajo por la Punta Cortés. Aguas arriba, su elemento de control corresponde a los terraplenes de la Ruta 5 antigua y del ferrocarril. La zona sufrió numerosas inundaciones en el pasado. Actualmente se encuentra relativamente protegida, por la canoa de relaves de El Teniente, que corresponde a un canal de hormigón elevado, el que, debido a su altura, en la práctica funciona como muro de contención contra desbordes; la canoa se encuentra protegida en varios de sus tramos mediante revestimiento y espigones botadores de gaviones, protección que se considera adecuada sólo contra escurrimientos lentos de desbordes, pero no contra ataque directo del río. La zona se considera de vulnerabilidad media a alta, principalmente debido a la importancia de las áreas amagadas, las que corresponden parcialmente a Zonas de Extensión Urbana, donde ya se observa un proceso de urbanización tanto habitacional como industrial.
D2	8,3 a 23,5	Punta Cortés a Punta Cerrillos	2	Zona con fuerte desarrollo habitacional, industrial y agrícola. Se encuentra confinada entre dos puntillas de cerro. La mayor parte de la zona está protegida por la canoa de relaves de El Teniente. Cuenta con defensas longitudinales y espigones transversales en varios sectores. En el pasado sufrió graves inundaciones.

TABLA N°3.1**ZONIFICACIÓN RIBERAS
(CONTINUACIÓN)**

Zona	Km.	Descripción	C	Observaciones
Ribera Derecha				
D3	23,5 a 45	Punta Cerrillos a inicio Cuesta Idahue.	2	Zona de similares características a la D2. Gran parte de la zona se encuentra protegida por defensas longitudinales de enrocado y algunos espigones transversales.
D4	45 a 50	Cuesta Idahue	0	Zona no crítica.
D5	50 a 78,8	Puente Peumo a Puente Las Cabras	2	Zona con amplio historial de inundaciones que han afectado extensas áreas de desarrollo agrícola y marginalmente zonas pobladas de Peumo, Codao y Las Cabras. Cuenta actualmente con extensas defensas que protegen los predios inmediatos aguas abajo del puente Peumo y las zonas pobladas vulnerables de Peumo.
D6	78,8 a 86	Puente Las Cabras a La Junta	1	Corresponde a una planicie que, por su mayor nivel sobre el cauce, es poco vulnerable a inundaciones del río; en crecidas extraordinarias (1986) se han observado sólo inundaciones marginales.

Como complemento de la tabla anterior, en la siguiente tabla se entregan las superficies inundadas estimadas para la crecida de 1986, según las informaciones recopiladas en recorridos de terreno.

TABLA N°3.2**SUPERFICIE INUNDADA CRECIDA 1986**

Zona	Superficie Inundada Crecida 1986
Ribera Izquierda	
I1	3.464 Has
I2	33 Has
I3	2.075 Has
I4	402 Has
I5	452 Has
I6	0 Has
I7	956 Has
Ribera Derecha	
D1	153 Has
D2	671 Has
D3	2.321 Has
D4	443 Has
D5	3.444 Has
D6	93 Has
I8	1.302 Has

En las Figuras N°3.3-A y N°3.3-B siguientes, se presenta gráficamente la zonificación de las riberas, según Tablas N°3.1 y N°3.2.

b) Sectores Críticos por Zonas

Analizando los antecedentes recopilados directamente en los recorridos de terreno, la información rescatada del análisis de los principales eventos publicados en la prensa, la proporcionada en entrevistas a profesionales y técnicos de diversas instituciones, como asimismo la experiencia en el área de los profesionales de la Consultora, se determinó dentro de cada zona definida, los principales sectores críticos de ribera detectados.

Los sectores críticos de ribera, corresponden a aquellos donde se generan las inundaciones o donde se están produciendo erosiones relevantes.

FIGURA N°3.3 A

DEFINICIÓN DE ZONAS PARA ANÁLISIS Y SECTORES CRÍTICOS
KM. 0 AL 55

FIGURA N°3.3 B
DEFINICIÓN DE ZONAS Y SECTORES CRÍTICOS
KM. 55 AL 86

A objeto de jerarquizar los sectores definidos, según su nivel de riesgo, a cada sector crítico se le asignó un grado de vulnerabilidad (de 1 a 5) asociado al nivel previsto de pérdidas como resultado de la probable ocurrencia de una inundación y un grado de peligro o amenaza (de 1 a 5) asociado a la probabilidad de ocurrencia de una inundación.

3.4.- Información y Diagnóstico Directo de Sectores en el Cauce

En el presente acápite, se presenta el diagnóstico realizado, el que ha sido organizado por ribera, de acuerdo a la sectorización entregada en el punto anterior.

3.4.1.- Ribera Derecha

a) Zona D-1 (Km. 0,0 a Km. 8,3)

► Sector Puente Ruta 5 - Punta de Cortés (Km. 0,0 a Km. 8,2)

- **Comuna:** Rancagua
- **Cauce:** El cauce en este sector presenta un eje longitudinal recto pero con gran variabilidad en su ancho, siendo su valor medio de 1.000 m.

En su sección inicial del puente de la Ruta 5, la longitud del puente, o ancho del cauce es de 260 m, luego, antes de llegar al puente de la autopista de by-pass de Rancagua, alcanza a 850 m, y en el puente de esa autopista, en el Km. 3,1, su ancho es de 740 m, correspondiente a la longitud del puente

En el Km. 5 alcanza su ancho máximo de 1.400 m.

En el Km. 8.2, al término del sector, en Punta de Cortés, toma su ancho mínimo, de 170 m, magnitud determinada por la existencia de obras de defensa en ese lugar. En ese punto el eje del cauce inicia una curva hacia la izquierda.

Desde el punto de vista geomorfológico el sector se ha definido como medianamente vulnerable desde el Km. 7,3 hasta el término de él.

Asimismo, del análisis de la variación de la pendiente longitudinal general del cauce, se desprende que este sector está inserto en un tramo verticalmente estable de su lecho móvil, es decir, estando libre de factores antrópicos que pudiesen alterar esta tendencia, como pudiesen ser las extracciones masivas de áridos o los trabajos de rectificación del cauce, en él no existe la propensión natural a la degradación o agradación de su lecho.

- **Bocatomas de Canales:** Existe la bocatoma del canal Canales Unidos en el Km. 0,04 de la Asociación Canalistas Ribera Norponiente
- **Descargas al Cauce:**
 - Estero La Cadena, que descarga sus aguas en el río Cachapoal en el sector de Punta de Cortés, en el Km. 8,1. El caudal de crecida de este curso natural, según estudio realizado por la Consultora CCP Ingeniería Ltda. son: para Tr = 100 años 465 m³/s, para Tr = 50 años 382 m³/s, para Tr = 25 años 291 m³/s, para Tr = 10 años 186 m³/s y para Tr = 5 años 103 m³/s.

- Futura Descarga de las Aguas Lluvias de Rancagua. La D.O.H. Sexta Región ha previsto descargar las aguas lluvias del colector Alameda de Rancagua en ese sector, aproximadamente en el Km. 7 del Cachapoal. Para ello ya posee un estudio de factibilidad.
- **Extracciones de Áridos**
 - Extracción artesanal del Sindicato de Areneros, en el Km. 0,50
 - Extracción mecanizada de Farías Hnos. 350 m³/mes, en Km. 0,80
 - Extracción artesanal 2º sector, sin información
- **Obras de Defensas Fluviales:** En el sector existen las siguientes obras de defensa:
 - Espigón de Defensa Aislado. Ubicado en el Km. 0,35. Del tipo L de 35 • 110 m, ejecutado de roca.
 - Defensa Sector Puente Alta. Situado entre Km. 1,85 y 3,15. Consiste en un revestimiento de ribera peraltada con terraplén, ejecutado con roca, de 1.320 m de longitud. Algunos sectores de esta defensa están complementados con espigones transversales cortos, la mayoría de ellos socavados y semidestruídos. Esta protección pasa bajo el puente de la autopista y continúa 100 m más allá de ella.
 - Defensa de la Canoa de Relaves de El Teniente. Es una obra longitudinal de gaviones complementada con espigones cortos de ese mismo material, distanciados a 15 m. Esta obra de 3.3 km de longitud discurre adyacente a dicha canoa, y en forma paralela al cauce. Se inicia en el Km. 2,4 y finaliza en el Km. 5,7, inmediatamente aguas arriba del campo deportivo La Mina. Su diseño corresponde al de una protección directa de la canoa de relaves frente a la acción de las aguas desbordadas del río, en una crecida. No es una defensa frente a la migración lateral de un canal principal de escurrimiento en el cauce, que llegase a alcanzarla después de socavar la ribera.
 - Defensa del Sector Los Suspiros. Es una obra artesanal realizada por los propietarios ribereños. Consiste en un espigón de 40 m de longitud construido con “patas de cabra”. Esta obra, de características precarias, ha sido reparada o reconstruida en varias ocasiones por los interesados. Se ubica frente al Km. 4,17 del río.
 - Defensas en el Sector de Punta de Cortés. En este lugar existe una batería de tres espigones de roca que protegen aproximadamente 800 m de ribera. Desde aguas arriba hacia aguas abajo, el tercer espigón del conjunto, además de defender la ribera posee la función de mejorar, desde el punto de vista hidráulico, la descarga del estero La Cadena al río Cachapoal, atenuando el efecto de peraltamiento que el río origina en ese estero durante sus crecidas, y así, reduciendo los niveles de inundación en las áreas ribereñas en la sección final de ese curso.
- **Puentes:** En este sector se localizan:
 - El puente de la Ruta 5, que marca el Km. 0,0 del eje definido para este estudio, de doble calzada y 260 m de longitud
 - El puente de la autopista de Bypass de Rancagua, en el Km 3,1. En realidad, se trata de dos puentes adyacentes, de doble calzada cada uno. Cada uno de ellos posee una longitud de 740 m
- **Desbordes, Áreas Inundables, Daños:** Las áreas ribereñas de este sector han sido periódicamente socavadas e inundadas a través de su historia, afectando particularmente a terrenos agrícolas y a la Ruta H30. A raíz del mayor poblamiento del área, la intensificación

de la explotación agrícola, forestal y pecuaria, y la ejecución de todo tipo de construcciones para diferentes usos en esas áreas, las crecidas recientes, particularmente las de 1986, 1992 y 2002, han afectado a mayor cantidad de bienes.

En las entrevistas a lugareños, se ha informado que las inundaciones se han debido principalmente a desbordes en los sectores de Puente Alta y Los Suspiros. Las aguas provenientes de estos desbordes han escurrido por las áreas ribereñas afectando cultivos, viviendas y otras construcciones en los sectores de Santa Filomena, La Granja y finalmente, Punta de Cortés, descargándose allí en el estero Las Cadenas para reingresar al río.

Las socavaciones de ribera han ocurrido aleatoriamente en puntos situados en toda su longitud.

Algunos de los principales daños reportados por diferentes lugareños del sector a raíz de las crecidas del año 1986 son: Desde el sector Santa Julia hacia aguas abajo se informa inundación originada por desborde en bocatoma de Canal Unido:

- Pérdida total de suelo agrícola, por erosión: 8 Ha de duraznos y hortalizas.
- Destrucción de canal revestido con cemento.
- Casa inundada, con pérdida de enseres.
- Pérdidas totales de suelo, 4 Ha, y plantaciones de frutales por \$ 20 millones en 1986.
- Pérdida de suelo agrícola, 1 Ha, y plantaciones de eucaliptos, 2 Ha: \$ 20 millones.
- Pérdida de plantación de manzanos 2 Ha: \$ 40 millones.
- Pérdida de carpeta de rodado en camino interior: 100 m.
- Socavación del suelo con pérdidas de almendros, manzanos, alfalfa y plantaciones de eucaliptos.
- Inundación de 12 viviendas, hasta 1 m de agua, con pérdida de enseres, radieres y pisos de madera.

Mayores detalles de estos y otros daños pueden encontrarse en las Fichas de Inundación de este estudio.

- **Diagnóstico:** Este sector de ribera del río Cachapoal presenta una limitada protección frente a las crecidas de ese curso. La ribera en este sector alcanza una longitud total de 8.200 m, de los cuales sólo 2.000 m de ribera y 70 Ha de terrenos agrícolas, de un total de 200 Ha, aproximadamente, pueden considerarse protegidos frente a posibles socavaciones creadas por divagaciones naturales, no predecibles, del cauce.

No se ha considerado en este recuento a las defensas de la canoa de relaves de El Teniente, diseñadas para proteger esa obra de las inundaciones superficiales con sus efectos de socavación local, pero no adecuadas para defender esa obra de una posible socavación profunda derivada de una migración lateral del cauce

- **Bienes Directamente Amagados, a Proteger**

- Localidades de Santa Julia, La Granja y Punta de Cortés
- Numerosas viviendas y construcciones, situadas entre la Ruta H30 y la ribera.
- Canoa de relaves de cobre, de El Teniente
- Ruta H30
- Terrenos de uso agrícola, u otro = 200 Ha

- **Sectores Críticos:** Preliminarmente, se considera a los tramos de ribera situado entre los Km. 1,94 y 2,7 y Km. 5,2 y 5,9, y al tramo que abarca desde los Km. 7,0 y 7,6 como los más críticos del sector, y prioritarios en un planteamiento de obras de protección.

En los 2 primeros de ellos el cauce amaga directamente, a reducida distancia, a la canoa de relaves y a la Ruta H30, como a numerosas viviendas y otras construcciones. Ciertamente, la ruptura de dicha canoa crearía consecuencias desastrosas para el medio ambiente, además de sus efectos en la industria del cobre.

El tercer tramo, por situarse al inicio de una curva cóncava de la ribera, está con mayor riesgo a la socavación, de ocurrir una crecida. Una obra de protección en ese tramo, además, daría continuidad hacia aguas arriba a las defensas de espigones, existentes inmediatamente a continuación de este tramo. Los principales bienes amagados en ese lugar son, al igual que los del tramo anterior, viviendas y otras construcciones, la canoa de relaves y la Ruta H30.

b) Zona D-2 (Km. 8,3 - Km. 23,5)

► Sector Punta de Cortés - Lo Miranda (Km. 8,3 - Km. 14,9)

- **Comuna:** Doñihue
- **Cauce:** En toda la longitud de este tramo, desde aguas arriba hacia aguas abajo, el cauce se desarrolla en un gran arco circular, en dirección hacia la derecha, con radio de curvatura de aproximadamente 5 km y longitud de desarrollo de aproximadamente 7 km.

En este sector presenta un ancho medio relativamente uniforme, de aproximadamente 650 m, aunque su valor mínimo, en Punta de Cortés, está restringido a sólo 170 m. Este estrechamiento está acentuado por la existencia de obras de defensas en el lugar.

Desde el punto de vista geomorfológico, 5 km de este sector se ha definido como medianamente vulnerable, y los 2 km (Km. 9 a 11) restantes, como altamente vulnerable.

Asimismo, del análisis de la variación de la pendiente longitudinal general del cauce (ver Figura N°3.1), se desprende que este sector está inserto en un tramo verticalmente estable de su lecho móvil, es decir, estando libre de factores antrópicos que pudiesen alterar esta tendencia, como pudiesen ser las extracciones masivas de áridos o los trabajos de rectificación del cauce, en él no existe la propensión natural a la degradación o agradación de su lecho.

- **Bocatomas de Canales:** En este tramo existen dos bocatomas de canales, a saber:
 - Canal Lo Miranda, en el Km. 8,6
 - Canal Isla Grande, en el Km. 9,37

Ambas bocatomas poseen compuertas de entrada.

Mayores detalles de estas estructuras pueden encontrarse en las Fichas de Obras, Bocatomas, de este estudio.

- **Descargas al Cauce:** En este tramo existe una descarga de aguas al Río Cachapoal, correspondiente al emisor de aguas residuales tratadas, de la empresa Agrosuper, en el Km. 14,9, en uso actual. Su conducción es por tubería de 8 pulgadas de diámetro, protegida con defensas de enrocados en su punto de descarga al cauce.
- **Extracciones de Áridos:** En el sector existe una extracción de áridos establecida, correspondiente a la industria Áridos California, situada en el Km. 15,1. Es una extracción del tipo mecanizada.

- **Obras de Defensas Fluviales:** En el sector existen las siguientes obras de defensa:

- Defensa Ruta H30 entre Sector Punta de Cortés y el Canal Lo Miranda. Es una protección longitudinal de roca de 300 m de longitud complementada con algunos espigones cortos realizados con ese mismo material. Esta obra discurre al pié del cerro Punta de Cortés, protegiendo los rellenos que soportan a la Ruta H30. Se localiza entre los Km. 8,1 y 8,4.
- Defensa del Sector Los Gallineros. Es una obra longitudinal de roca soportada por un terraplén, de m de longitud, situada frente a la localidad de Lo Miranda, entre los Km. 8,58 y 9,86, con una longitud de 1.280 m.
- Defensas en el Sector Lo Miranda Bajo. Es una obra de roca situada entre los Km. 14,10 y 14,74, compuesta por 2 espigones de 70 m de longitud cada uno, y un revestimiento de ribera de 540 m, obra que proporciona protección continua a 640 m de ribera.

- **Desbordes, Áreas Inundables, Daños:** De entrevistas a lugareños, se obtiene información de desbordes e inundaciones en este sector, en los años 1982, 1986, 1992, 1996 y 1997. Se reporta que el río se desborda en el sector de El Chaco y la inundación continúa hasta el sector de California.

Se informa de pérdidas totales de 83 Ha de suelo agrícola dedicado al cultivo de manzanas, alfalfa, trigo, papas y trébol, como la inundación de 4 casas, con pérdida de enseres, y de 7 familias aisladas.

Mayores detalles de estos y otros daños pueden encontrarse en las Fichas de Inundación de este estudio.

- **Diagnóstico:** Este sector de ribera del río Cachapoal presenta una insuficiente protección frente a las crecidas de ese curso. La ribera derecha en este sector alcanza una longitud total de 6.480 m, de los cuales 2.220 m de ribera pueden considerarse protegidos frente a posibles socavaciones y desbordes del río en crecida.
- **Bienes Directamente Amagados:** En este sector, entre la canoa de relaves y Ruta H30, y el río Cachapoal, faja considerada como la directamente amagada, existe una superficie de cultivos agrícolas de 225 Ha y de 90 Ha de galpones para criaderos de aves. De esta superficie, las defensas existentes dan protección a un área aproximada total de 56 Ha.

No es descartable que una crecida de gran magnitud pudiese inundar terrenos situados más allá de la canoa de relaves y la Ruta H30, afectando, además de esas dos obras, a una extensa área urbana de Lo Miranda, originando daños de compleja evaluación.

- **Sectores Críticos:** Se considera al tramo de ribera situado entre los Km. 9,9 y 11,55, como el más críticos del sector, y prioritarios en un planteamiento para ejecutar obras de protección. Este tramo constituye una prolongación de la defensa existente en el lugar, dando continuidad a ella.

Otro tramo considerado crítico en el sector, aunque en un grado menor al anterior, es el comprendido entre los Km. 10,5 y 11,6. La protección de este sector significaría una prolongación de la defensa anteriormente considerada y, junto con ésta, daría continuidad a la primera obra existente de este sector.

► **Sector California, Paraguay y Puente Coinco Aguas Abajo (Km. 14,9 – Km. 23,5)**

- **Comuna:** Doñihue

- **Cauce:** Entre los Km 15,1 y 18 de este sector, desde aguas arriba hacia aguas abajo, el cauce se desarrolla en un primer tramo, en un gran arco circular, en dirección hacia la izquierda, con radio de curvatura de aproximadamente 5 km y longitud de desarrollo de 3 km.

Luego, en un segundo tramo, entre los Km. 18 y 23,6, el cauce se desarrolla en una recta, que se cruza con el puente Coinco.

En todo este sector el cauce presenta un ancho bastante irregular, variando entre 300 y 600 m, con un ancho medio de aproximadamente 400 m. En la sección del puente Coinco el ancho se restringe a 270 m, que corresponde a la longitud de ese viaducto. Finalmente, al término del sector el cauce se ensancha a 800 m.

Desde el punto de vista geomorfológico, este sector se ha definido como de mediana a alta vulnerabilidad.

Del análisis de variación de la pendiente longitudinal general del cauce, se desprende que este sector está inserto en un tramo verticalmente estable de su lecho móvil, es decir, estando libre de factores antrópicos que pudiesen alterar esta tendencia, como pudiesen ser las extracciones masivas de áridos o los trabajos de rectificación del cauce, en él no existe la propensión natural a la degradación o agradación de su lecho.

- **Bocatomas de Canales:** En este tramo existe una bocatoma, correspondiente al canal Doñihue-Parral. Esta bocatoma posee una estructura de entrada provista de compuerta de control. Se encuentra en buenas condiciones y operando. Se ubica en el Km. 17,4 del río Cachapoal.

Mayores detalles de esta obra pueden encontrarse en las Fichas de Obras, Bocatomas, de este estudio.

- **Descargas al Cauce:** En el sector existe la descarga del estero Seco, que colecta las aguas lluvias de los cordones de cerros situados al norte del cauce.
- **Extracciones de Áridos:** En el sector no existen extracciones de áridos establecidas.
- **Obras de Defensas Fluviales:** En el sector existen las siguientes obras de defensa:
 - Defensa Directa Ruta H30 entre los Km. 15,3 y 16,3. Es una protección longitudinal de roca de 1.000 m de longitud complementada con algunos 4 espigones cortos realizados con ese mismo material. Esta obra discurre adyacente a la Ruta H30, protegiéndola en forma directa.
 - Defensa Longitudinal Sectores California, Paraguay y Puente Coinco. Es una defensa longitudinal continua, de roca, que abarca desde el Km. 16,3 hasta el Km. 20,6, desde California hasta 530 m pasado el puente Coinco, con una longitud total de 4.498 m. Esa obra da protección a numerosas viviendas y otras construcciones que se han ubicado en la franja comprendida entre la Ruta H30 y el río, en los sectores de California y Paraguay, como también a una extensa área agrícola y al terraplén de acceso del puente Coinco, que cruza en el Km. 20 del Cachapoal.

En algunos sectores esa obra longitudinal ha sido complementada con espigones cortos.

- **Desbordes, Áreas Inundables, Daños:** En este sector los lugareños reportan inundaciones durante las crecidas de los años 1986, 1990 y 2000.

Se informa que habitualmente durante las crecidas el río se desborda en los sectores de Cerrillos, Paradero 17 y El Bambi.

En 1986 el río desbordó en Isla Chica, lugar donde desemboca el estero Seco en el río Cachapoal, juntándose las aguas y produciendo una inundación desde ese punto hasta la calle Cachapoal, en Doñihue.

En el año 2000 hubo desbordes en el Paradero 17 y en el sector de Paraguay, cuando las aguas sobrepasaron las defensas existentes en esos lugares.

En el año 2003 las aguas del río en crecida originaron la rotura de aproximadamente 100 m de las defensas de roca existentes en el sector de Paraguay.

Se informa de cuantiosos daños durante esos episodios:

- Pérdida total de suelos agrícolas: 72 Ha
- Inundación de suelos agrícolas, embanques: 100 Ha
- Pérdidas de vacunos: 200 u
- Pérdida de caballos: 200 u
- Pérdida de cerdos: 20 u
- Pérdida de aves: 5.000 u
- Pérdida total de viviendas: 20 u
- Viviendas dañadas, pérdidas de enseres: 80 u
- Familias albergadas por 1 semana: 20 u

Se informa también de embanques con arena y lodo de la Ruta H30 y la calle Cachapoal, como importantes pérdidas en automóviles y maquinaria agrícola, durante dichas crecidas.

Mayores detalles de estos y otros daños pueden encontrarse en las Fichas de Inundación de este estudio.

- **Diagnóstico:** Este extenso sector de ribera del río Cachapoal presenta un conjunto de obras de defensas que abarcan en forma casi continua a todo este sector de riberas con 5 km de longitud.

La importante inversión histórica destinada a la protección de este sector se explica por las experiencias de inundaciones ocurridas en el pasado, como por la importancia de los bienes afectados o potencialmente expuestos a riesgos de inundación y socavación con las crecidas de este río.

- **Bienes Protegidos por las Defensas Existentes:** En este sector, entre el Km. 15,3 y el Km. 16,3, el cauce discurre en forma paralela y a pocos metros de distancia, de la Ruta H30. En ese tramo existe una defensa longitudinal de roca afirmada en un terraplén de material fluvial como elemento de respaldo que cumple también la función de peraltar la ribera. Esta obra está complementada con 5 espigones, también de roca, que contribuyen a dar mayor seguridad al sistema.

Entre el Km. 16,3 y el Km. 17,3, la obra de protección longitudinal señalada, ahora desprovista de espigones complementarios, se aparta aproximadamente hasta 100 m de la Ruta H30, dejando una franja de ese ancho, que es ocupada por aproximadamente 30 viviendas y por una industria procesadora de áridos.

Entre el Km. 17,3 y el Km. 20 del puente Coinco, la defensa anteriormente señalada, siguiendo la línea de ribera del cauce, se continúa separando de la Ruta H30 hasta alcanzar a 1.150 m en la sección del puente señalado, dejando un área que es ocupada por la

localidad de Paraguay, con aproximadamente 40 viviendas, y terrenos agrícolas con una superficie de 140 Ha.

La Ruta H30, como las viviendas y otras construcciones, y el área agrícola, señalados, pueden considerarse bienes protegidos en mayor o menor grado, por la obra de defensa existente.

A estos bienes, puede añadirse el camino pavimentado de acceso y áreas urbanas de Doñihue, que aún existiendo la obra de defensa referida, ya fueron afectados en el pasado por grandes crecidas, extraordinarias, del río Cachapoal, cuya ocurrencia futura no es descartable.

Entre el puente Coinco, Km. 20 y el Km. 20,54, existe una defensa longitudinal de roca, de 540 m de longitud, que finaliza complementada con dos espigones transversales de ese material, de 40 m de longitud cada uno. Esta obra actúa como transición hidráulica de salida, en la sección del puente, protegiendo sólo terrenos agrícolas.

- **Sectores Críticos:** Por la cercanía del cauce a los bienes amagados, como por las pérdidas asociadas que pueden vislumbrarse, y conociendo las condiciones actuales de las obras de defensa existentes en el tramo con espigones socavados en sus secciones de cabeza, se considera al tramo de ribera situado entre los Km. 14,9 y 17,3, como el más críticos del sector, y prioritario en un planteamiento para ejecutar nuevas obras de protección o mejorar obras existentes.

En segundo término, por ya haber sido afectadas sus estructuras y sobrepasadas las defensas existentes con ocasión de crecidas pasadas, se considera crítico el sector de Paraguay, situado entre los Km. 17,3 y 18,7.

d) Zona D-3 (Km. 23,5 a Km. 45,0)

► Sector Los Marcos a Coltauco Bajo (Km. 23,5 a Km. 36,4)

- **Comuna:** Doñihue
- **Cauce:** En este sector de 12,8 km de longitud el cauce presenta un alineamiento prácticamente recto desde su inicio hasta 10,8 km aguas abajo Luego vira hacia la derecha y continúa por 2 km para finalizar el tramo en el Km. 36,4.

En todo este sector el cauce presenta un ancho bastante irregular, variando entre 300 y 800 m, con un valor medio de aproximadamente 500 m. El valor de su pendiente longitudinal varía entre 0,67% en su parte superior y 0,50% en su parte inferior, con una media de 0,60%.

Desde el punto de vista geomorfológico, este sector se ha definido como de mediana a alta vulnerabilidad.

Del análisis de variación de la pendiente longitudinal general del cauce, se desprende que este sector está inserto en un tramo con tendencia a la degradación en el largo plazo. Esta tendencia se maximiza en las proximidades del Km. 27.

- **Bocatomas de Canales:** En este tramo de la ribera derecha existen 4 bocatomas, de los siguientes canales:
 - Canal Lo Cuevas Parral, en el Km. 23,73, posee compuerta con estructura de hormigón.

- Canal El Almendro, en el Km. 23,91. Posee compuerta metálica con estructura de hormigón, inserta en las defensas del sector.
- Canal Montegrande. Posee compuertas de hormigón.
- Canal El Bajo. Posee estructuras de hormigón. Esta bocatoma no está en uso actualmente.
- **Descargas al Cauce:** En el sector no existen descargas de aguas naturales, de riego, servidas ni tratadas.
- **Extracciones de Áridos:** En el sector existe una extracción mecanizada de áridos, establecida, correspondiente a la empresa de áridos Montegrande. Esta faena se ubica en el Km. 27,2.
- **Obras de Defensas Fluviales:** En este amplio se tramo de 12,8 km de ribera existe un complejo de defensas fluviales ejecutadas en diferentes épocas desde hace decenas de años, obedeciendo, en general, a necesidades locales emergentes después de la ocurrencia de crecidas extraordinarias del río Cachapoal y de consecuentes daños en las áreas ribereñas.

Por tal motivo, en estas defensas se observa gran variedad de tipos de obra que no obedecen a un patrón de diseño, ni han sido ejecutadas obedeciendo a un plan, aunque en todas ellas se ha empleado el material de roca.

Así, en este tramo existen obras longitudinales de protección, en forma de revestimiento de enrocados, apoyados ya sea directamente en la ribera o en terraplenes conformados para este efecto. En la mayoría de los casos estas obras han sido complementadas con espigones de roca de corta o mediana longitud.

Igualmente, existe una variada gama de obras transversales de protección, o espigones, de diferentes diseños y disposiciones.

Estas defensas proporcionan un cubrimiento de protección casi continuo en los primeros 10,8 km del sector. Luego, los 2 km finales están desprovistos de defensas.

El detalle de las obras referidas puede encontrarse en la Fichas de Obras de Defensa, de este estudio, para las obras de defensa de la ribera derecha existentes en el tramo que abarca desde el Km. 23,6 hasta el Km. 36,4, correspondiente a los sectores ribereños de Los Marcos, Santa Luisa, El Molino, Montegrande Arriba, Montegrande Abajo, El Almendro y Santa Julia y Coltauco abajo todos pertenecientes a la comuna de Coltauco.

- **Desbordes, Áreas Inundables, Daños:** En este sector los lugareños reportan inundaciones durante las crecidas de los años 1982, 1986, 1992.

Se informa:

- Desbordes por el canal El Almendro y el canal Parral-Lo Cuevas, llegando la inundación hasta la localidad de Coltauco. Las pérdidas informadas incluyen 30 Ha de terrenos agrícola forestal, con pérdida total por erosión, y 40 Ha de frutales que fueron inundadas y embancadas.
- Pérdida total de las estructuras de la bocatoma del canal El Almendro.
- Inundación de la población El Álamo, en 1986, a través del canal Cerrillo, por desbordes en el sector de Doñihue, con pérdida total de 20 casas de adobe, inundación de 251

casas con pérdida de enseres, pérdida total de 200 norias, destrucción de la red de agua potable, albergue de 290 damnificados.

- Desbordes en sector Santa Luisa (1972, 1982 y 1986) inundando los sectores de El Molino, Montegrande Arriba, Montegrande Abajo y El Almendro, con pérdidas total de 70 Ha de suelo agrícola erosionado, y 250 Ha de suelos inundados y embancados con arena y lodo, pérdida de 100 cabezas de vacuno, 200 caballares, 100 cerdos y 2.000 aves, importantes pérdidas en las tomas y canales de la Asociación de Canalistas de Coltauco.

Mayores detalles de estos y otros daños pueden encontrarse en las Fichas de Inundación de este estudio.

- **Diagnóstico:** Este extenso sector de 12,8 km de ribera del río Cachapoal, presenta, en los primeros 10,8 km un conjunto de obras de defensas que lo abarcan en forma casi total, existiendo en él sólo pequeñas discontinuidades. Los últimos 2 km de ribera están desprovistos de defensas.

La significativa inversión histórica aplicada en obras de defensas para la protección de este sector, se explica por las experiencias de inundaciones ocurridas en el pasado, como por la importancia de los bienes afectados, o los potencialmente expuestos a riesgos de inundación y socavación por las crecidas de este río.

- **Bienes Ribereños Amagados por las Crecidas:** De no existir las defensas actuales o de ser éstas poco confiables, las particulares características de las áreas agrícolas y pobladas del sector, situados en terrenos planos y de bajo nivel referido al nivel del cauce, dejan a estas áreas en riesgo de ser inundadas y socavadas con la ocurrencia de una crecida extraordinaria del río. En realidad estos terrenos constituyen una llanura de inundación del río.

La superficie total del área potencialmente amagada alcanza a un valor aproximado a las 2.500 Ha, abarcando extensas áreas agrícolas y numerosas localidades, tales como Montegrande Arriba, Loreto, Montegrande Abajo, Tres Esquinas, Coltauco e Idahue.

- **Sectores Críticos:** Por la estrechura del cauce al inicio de este sector, como por la magnitud de los posibles daños que pudiesen ocurrir con una crecida y eventual desborde en ese lugar, se considera al tramo de Los Marcos (Km 23,6 a 25,9) como crítico. También, los sectores de Montegrande (Km. 28,2 a 28,5) y Tres Esquinas (Km. 28,8 a 30,2) se consideran críticos en este sector. El primero de ellos constituye una discontinuidad de la defensa existente, y el segundo, posee una defensa de altura insuficiente. Ese primer tramo del sector, como prácticamente toda la ribera que se sitúa a continuación hasta el término del sector, se encuentra actualmente defendido.

► Sectores San Luís, Idahue y Cuesta Idahue (Km. 36,4 a Km. 45,0)

- **Comuna:** Doñihue
- **Cauce:** En este sector de 12,1 km de longitud el cauce presenta un alineamiento prácticamente recto desde San Luís hasta el inicio de la Cuesta Idahue, tramo que tiene una longitud de 8,6 km. Luego vira en 45 grados hacia la izquierda para continuar con su ribera derecha adosada al cordón de cerros del lugar, al pie de la Ruta H30.

En todo el sector, el cauce presenta un ancho bastante irregular, variando entre 300 y 800 m, con un valor medio de aproximadamente 500 m. El valor de su pendiente longitudinal varía entre 0,48% en su parte superior y 0,32% en su parte inferior, con una media de 0,40%

Desde el punto de vista geomorfológico, este sector se ha definido como de mediana a alta vulnerabilidad.

Del análisis de variación de la pendiente longitudinal general del cauce se desprende que este sector está inserto en un tramo con tendencia a la degradación en el largo plazo. Esta tendencia se maximiza en las proximidades del Km. 41.

- **Bocatomas de Canales:** En este tramo de la ribera derecha no existen bocatomas de canales.
- **Descargas al Cauce:** En el sector no existen descargas de agua servidas ni tratadas.

En el Km. 38,1 descarga el estero Purén. Este curso natural posee un área tributaria de aproximadamente 160 km², también recibe los derrames de riego de una superficie agrícola de aproximadamente 8.000 Ha. Los caudales de crecida de este curso, en su sección de desembocadura en el río Cachapoal, según estudio de CCP - Ingelog, del año 2000, son: para Tr = 100 años 255 m³/s, para Tr = 50 años 212 m³/s, para Tr = 25 años 177 m³/s y para Tr = 10 años 131 m³/s.

En el Km. 43,7 descarga el estero Zanjón Grande. Este curso natural posee un área tributaria de aproximadamente 50 km², también recibe los derrames de riego de una superficie agrícola de aproximadamente 1.300 Ha.

En el tramo de ribera de 3,5 km de longitud, situado al pie del cordón de Cuesta Idahue, el río recibe pequeñas quebradas del cerro, que en conjunto drenan las aguas lluvias de una superficie de 2,3 km².

- **Extracciones de Áridos:** En el sector no existen una extracciones de áridos artesanales o mecanizadas, establecidas.
- **Obras de Defensas Fluviales:** En el tramo comprendido entre los Km. 36,4 y 45, de 8,6 Km de longitud, existen las siguientes obras de defensas, que en conjunto dan protección a aproximadamente 2.600 m de la ribera derecha, cubriendo, por tanto, el 30% de su longitud.
 - Defensa A. Sánchez. Es una defensa longitudinal de roca en forma de un revestimiento apoyado en terraplén, con una longitud de 150 m, que se desarrolla entre los Km. 36,42 y 36,57.
 - Defensa San Luís. Es una defensa longitudinal de roca de 1.320 m de longitud, de los cuales 640 m se desarrollan como revestimiento de terraplén y el resto como revestimiento de ribera. Esta obra se sitúa entre los Km. 36,5 y 37,5.
 - Espigón La Palma. Este es un solitario espigón transversal, de material fluvial revestido en roca. Posee 110 m de longitud. Se ubica en el Km. 38,95
 - Defensa Km. 42,0 a 42,2. Es una defensa longitudinal de roca de 200 m de longitud complementada en su extremo final con un espigón de 80 m de longitud, situada entre los kilómetros indicados.
 - Defensa Inicio Cuesta Idahue. Es una defensa longitudinal de roca en forma de terraplén revestido, de 600 m de longitud, que se ubica entre los Km. 43,8 y 44,3.
- **Desbordes, Áreas Inundables, Daños:** Los lugareños reportan las últimas grandes inundaciones en 1986 y en 1992. Se informan desbordes en toda la ribera de los sectores de Santa Julia a San Luís, donde las aguas se juntaban con otras desbordadas aguas arriba, en Montegrande.

Sector San Luís. Los daños reportados incluyen pérdida total de 87 Ha de terrenos agrícolas, por socavación, los embanques con arena y daños a los cultivos en 300 Ha, pérdidas de cercos, embanque de canales Montegrande, San Luís de Idahue y La Cueva, con embanques en 1.300 m. 36 viviendas inundadas en población San Luís con daños en estructuras y pérdida de enseres.

Sector San José. Se informa de 500 Ha de suelo agrícola erosionado, con pérdida total, y 800 Ha inundadas afectadas por embanques. Pérdida total de 15 casas. Pérdida de 3 grandes casas patronales. Inundación de 20 casas. El canal San Luís es embancado en 4.000 m. Caminos interiores con pérdida de carpeta de rodado.

Mayores detalles de estos y otros daños pueden encontrarse en las Fichas de Inundación de este estudio.

- **Diagnóstico:** Sin incluir el tramo de ribera limitada naturalmente por el cordón de cerros que finaliza en la Punta de Peumo, el tramo restante comprendido entre San Luís y el inicio de la Cuesta Idahue, de 8,6 km, posee 5 sectores con defensas de ribera que protegen en forma parcial y discontinua ese tramo.

En un recuento de la longitud de riberas que pueden considerarse protegidas por las obras de defensas existentes, de 2.650 m con relación a la total requerida, en el tramo se determina una relativamente pobre cobertura de protección, de 30%.

- **Bienes Ribereños Amagados por las Crecidas:** De no existir las defensas actuales o de ser éstas poco confiables, las particulares características de las áreas agrícolas y pobladas del sector, situados en terrenos planos y de bajo nivel referido al nivel del cauce, dejan a estas áreas en riesgo de ser inundadas y socavadas con la ocurrencia de una crecida extraordinaria del río. En realidad estos terrenos constituyen una llanura de inundación del río.

Si se considera que la Ruta H30, cuya base se constituye en un dique que limita las inundaciones en el sector, la superficie total del área potencialmente amagada por inundación alcanza a un valor aproximado a las 530 Ha, abarcando extensas áreas de cultivos agrícolas y forestales, y conteniendo una centena de viviendas, canales, caminos internos, y otros bienes. Esa área queda expuesta a inundación con escurrimiento lento.

Por otro concepto, las áreas agrícolas inmediatamente vecinas al cauce activo están expuestas a pérdida total al ser socavadas en profundidad por migración de los canales de escurrimiento del cauce, o al ser superficialmente erosionado el suelo en las cercanías de los lugares de devolución al cauce de caudales desbordados. En el sector, se ha calculado que aproximadamente 80 Ha de terreno agrícola están expuestos a este tipo de daño con la ocurrencia de una crecida extraordinaria.

- **Sectores Críticos:** En el tramo Estero Purén - Cuesta Idahue se determinan sectores particularmente críticos, a saber:
 - Sector desembocadura estero Purén. Se debe mejorar hidráulicamente esta confluencia en tal forma de minimizar el efecto de peraltamiento de este estero durante las crecidas del río, e impedir los desbordes de este curso menor en dirección al poniente, inundando terrenos agrícolas.
 - El sector continuo que abarca desde la desembocadura del estero Purén hasta el inicio de la Cuesta de Idahue. Este sector, de aproximadamente 5 km de longitud, prácticamente carece de defensa, siendo frecuentemente afectado por las crecidas.

e) Zonas D-4 (Km. 45,0 a Km. 50,0), D-5 (Km. 50,0 a Km. 78,8) y D-6 (Km. 78,8 a Km. 86,0)

► **Sectores Puente Peumo - La Rosa Sofruco (Km. 45,0 a Km. 71,3)**

- **Comuna:** Peumo
- **Cauce:** Este tramo de ribera de 22,8 km de longitud se ubica dentro de la comuna de Peumo. Abarca la totalidad de la ribera perteneciente a esa comuna.

En este espacio el cauce presenta un alineamiento hacia el sur en los primeros 2,5 km. Luego vira sensiblemente en dirección hacia el NW para seguir en esta dirección 20 km, hasta el término del tramo.

En este trayecto el cauce pasa por los siguientes sectores de la ribera derecha: Puente Peumo, El Molino, La Granja, La Isla, Sofruco, Concha y Toro, La Ratonera, Puente Peumo, La Rosa.

Ancho. En todo el sector, el cauce presenta un ancho bastante irregular, variando entre 700 m, aguas arriba del puente Peumo, luego algo menos de 200 m aguas abajo de ese puente, y así continuando con significativas variaciones hasta alcanzar su máximo de 1.100 m en el término del tramo, frente al fundo La Rosa. El ancho medio aproximado es de 450 m.

Pendiente. El patrón de variación de la pendiente longitudinal del cauce, desde el sector de inicio de este estudio en el puente de la Ruta 5, Km. 0,0) cambia significativamente en el área del puente Peumo, en el Km. 50, al inicio de este tramo.

Así, si en esos primeros 50 km, cuyo término marca el inicio de este tramo, la pendiente baja desde el 1% hasta el 0,3% (reducción de 0,7%), en los siguientes 30 km en los que se inserta este tramo, la pendiente se mantiene bastante uniforme, reduciéndose desde 0,3% a 0,22% (reducción menor de 0,1%).

En el tramo presente las pendientes longitudinales características del cauce, son:

- Inicio Km. 48.5 : 0,30%
- Término Km. 71 : 0,25%
- Pendiente media : 0,27%

Estabilidad Vertical del Lecho. Se un análisis de la variación de la pendiente longitudinal, se desprende que en este tramo de 22,5 km existen dos sectores del cauce con tendencia a la agradación en el largo plazo. Estos se sitúan en las cercanías de los Km. 51 y Km. 69. También existe un sector con tendencia a la degradación entre los Km. 58 y 62, que se maximiza en el Km. 60.

Desde el punto de vista geomorfológico, este sector se ha definido como de mediana a alta vulnerabilidad.

- **Bocatomas de Canales:** En este tramo de la ribera derecha existen las bocatomas de 2 canales de regadío, a saber:
 - Canal de Canales Unidos de Peumo, en Km. 49,99
 - Canal Cocalán, en Km. 50,13
- **Descargas al Cauce:** En el sector existe la descarga de agua tratadas proveniente de la planta de tratamiento de Peumo, de ESSBIO, en el Km. 57,15.

- **Extracciones de Áridos:** En el sector no existen extracciones de áridos artesanales o mecanizadas, establecidas en la ribera derecha del cauce.
- **Obras de Defensas Fluviales:** En este amplio sector de ribera, de 12,1 km de longitud, los últimos 3,5 km, entre los Km. 45 y 48,5, el río discurre al pie del cordón de cerros de Cuesta Idahue, por lo que no existe en dicho lugar área ribereña de la ribera derecha con riesgo de inundación o socavación.

No obstante, en las laderas de dicho cordón, a una altura variable sobre el cauce, está trazada la Ruta H30. Ella está ejecutada básicamente en secciones de corte en la ladera. Aunque puntualmente también existen rellenos de base de esa vía, algunos de los cuales eventualmente pueden ser alcanzados y socavados por el escurrimiento en crecida, por tratarse de problemas netamente viales, generalmente ya resueltos por el MOP, ese sector ha sido excluido de las fases de reconocimiento, diagnóstico y proposición de soluciones, de este estudio.

En este amplio sector de ribera, de 22,8 km de longitud, se localizan las siguientes obras de defensas, o complejos de defensas, de la ribera derecha:

- Defensas El Molino y La Granja, Km. 50,1 a Km. 55,4. Es una defensa de roca, longitudinal y continua, complementada con espigones cortos. Posee la forma de revestimiento de ribera peraltada con terraplén, diseñada con altura adecuada para evitar los desbordes durante las crecidas. Es una defensa segura, consolidada por el crecimiento de vegetación en los espacios protegidos entre espigones. Es una obra de defensa importante, que da protección a 5,4 km de ribera.
- Defensas La Isla, Km. 55,8 a Km. 57,05. Es una obra de roca, longitudinal, continua, en forma de revestimiento de ribera peraltada con terraplén. Su longitud es de 300 m.
- Defensas Sofruco, Km. 57,2 a Km. 59,94. Es un complejo de 4 obras de defensas sucesivas de roca dejando cortos espacios sin protección entre ellas. Cada una de Estas obras está dispuesta longitudinalmente, en la dirección del eje del río. Poseen la forma de revestimiento de ribera peraltada con terraplén. El conjunto estas obras se han construido en un tramo de 2,9 km de ribera. Las longitudes parciales de estas defensas, desde aguas arriba hacia aguas abajo, son: 370 m, 485 m, 500 m y 300 m.
- Defensas La Ratónera, Km. 60,9 a Km. 61,8. Es un complejo de 4 espigones transversales al eje del río, que cumple la función de rectificar la dirección del escurrimiento en el cauce en la sección del puente Codao, haciéndolo aproximadamente perpendicular al eje de ese viaducto. En esta forma logra reducir las socavaciones al pie de las pilas del puente, afectado en años pasados por el hundimiento de esas estructuras.

El conjunto de estas obras comprende: 2 espigones largos (150 y 250 m) revestidos en roca, con la forma de cabeza de martillo; 2 espigones cortos, de forma L. Adicionalmente, este conjunto proporciona protección a la ribera en una longitud aproximada de 1.000 m.

- Defensas La Rosa, Km. 63,4 a Km. 71,3. Es un conjunto de 6 defensas longitudinales de roca dispuestas sucesivamente en el tramo señalado, de 7,9 km de longitud de ribera. Cada una de ellas posee el diseño de revestimiento de ribera. Aunque entre ellas dejan importantes espacios de discontinuidad, quedando sectores de riberas desprotegidas, ellas cumplen el rol de proteger los sectores más críticos del tramo. La ubicación individual y longitud de cada una de estas obras es:

Obra	Km. de Inicio	Longitud
Obra 1	63,4	850 m
Obra 2	65,5	800 m
Obra 3	66,7	550 m
Obra 4	67,9	300 m
Obra 5	68,9	500 m
Obra 6	70,1	400 m

• Desbordes, Áreas Inundables, Daños

- Sector Aguas Claras. Los lugareños informan de las últimas grandes inundaciones en los años 1986 y 2002. Se informan que en ocasiones el agua desbordó por la bocatoma de los Canales Unidos, en el sector de puente Peumo, y también por algunos sectores de los predios ribereños. En 1986, se señala que se hizo medición del caudal de crecida en Puente Peumo, determinándose 3.600 m³/s.

Daños: Se reportaron importantes daños a la agricultura y viviendas, como:

- > Pérdida de 34 Ha de limones, paltas y plantaciones de álamos.
- > Daños en 350 Ha de suelo cultivables, por inundación y embanques.
- > 47 viviendas inundadas en Población Aguas Claras con pérdidas en paredes pisos y enseres.
- > 3.000 personas damnificadas.
- Sector Sofruco. Se informa respecto a las crecidas de 1982 y 2002, que las inundaciones se originaron en las bocatomas de los Canales Unidos y Cocalán, como también por desbordes frente a los predios El Molino, La Granja y La Isla.

Se reportaron pérdida de 2 Ha de paltos y 3 Ha de kivilis, daños a 250 Ha de suelos cultivables, por embanques, importantes pérdidas en cercos, canales y caminos.

- Sector La Ratónera. Se informa respecto a mayores perjuicios por crecidas de los años 1986 y 2005, y origen de las inundaciones particularmente por desbordes en el sector del fundo Sofruco.

Daños:

- > Pérdida total de 111 Ha de suelos cultivables erosionados.
- > Daños en 150 Ha de suelos embancados, pérdidas y daños en cercos, acequias, caminos internos y bodegas.
- > 2 casas con pérdida total.
- > 30 familias aisladas.
- > Operativos de rescate empleando helicópteros y botes de bomberos.
- > Pérdida total de escuela La Ratónera.
- Sector La Rosa. Se informa de mayores daños por la crecida de 1982. Se indica que origen de inundaciones estaría en los desbordes del canal Aguas Claras y ocurridos en las riberas frente al predio La Rosa.

Daños:

- > Pérdidas parciales en 160 Ha de suelo cultivable
- > Pérdida de 10 animales y 100 aves
- > Pérdidas en cercos y caminos
- > Rotura del canal Cocalán

Mayores detalles de estos y otros daños pueden encontrarse en las Fichas de Inundación de este estudio.

- **Diagnóstico:** Cobertura de protección actual. Este extenso sector de casi 23 km de longitud posee defensas de ribera que protegen aproximadamente 13 km de ella. Sin considerar a los 1,5 km de este sector, entre su inicio y el puente Peumo, que no requiere de protección por estar limitado por el faldeo del cerro Punta de Peumo, se determina una actual cobertura nominal de protección de 60%, determinada bajo un hipotético supuesto de existir una operación adecuada de esas obras con la ocurrencia de una crecida extraordinaria

Bienes y personas amagadas. Se determina que en gran proporción los bienes amenazados de daños por las crecidas están en áreas agrícolas con cultivos de valor, como también viviendas, otras construcciones e instalaciones vinculadas a esas áreas, además del propio suelo y plantaciones agrícolas de ellas

También existen dos poblaciones o centros urbanos potencialmente amenazados por las crecidas, como son las localidades de Peumo y Aguas Claras.

De ellas, la ciudad de Peumo se considera relativamente bien protegida por las defensas de 5 km de longitud construidas aguas abajo del puente Peumo, aunque se estima conveniente verificar la seguridad de algunos tramos de esa obra, según se refiere más adelante, en el punto de los sectores críticos.

Aguas Claras se considera parcialmente protegida por la defensa señalada, aunque aún queda en riesgo de ser afectada por desbordes que puedan ocurrir inmediatamente aguas abajo de esa protección.

- **Canales:** Se mencionan a las bocatomas del canal Canales Unidos de Peumo y el canal Cocalán como frecuentes puntos de desbordes y consecuentes inundaciones. Sus diseños, defensas y condición presente, deben ser revisados.
- **Sectores Críticos:** Se estima al tramo de ribera que enfrenta a la localidad de Aguas Claras (Km 55.5 a 57.0) como el sector más crítico, pues un desborde de importancia en esa ribera desprotegida puede llegar a afectar de inundación a esa localidad.

También, vista la importante función de protección que significa para la seguridad de las localidades de Peumo y Aguas Claras, se estima necesario revisar los diseños y la condición actual que poseen las defensas existentes aguas abajo del puente Peumo, en el sector El Molino, entre los Km 50.2 y 50.8 en un tramo del río que está significativamente limitado en su ancho por las defensas existentes en ambas riberas, creando una condición desfavorable para la seguridad de esas obras frente a una posible acción de socavación general en el lecho, que pudiese poner en riesgo la estabilidad de sus fundaciones durante una crecida extraordinaria.

► Sector Las Cabras – Lago Rapel (Km. 71,3 a Km. 86,0)

- **Comuna:** Las Cabras
- **Cauce:** En toda la longitud de este tramo la ribera derecha del cauce se desarrolla en su totalidad en la comuna de Las Cabras.

El cauce presenta en este sector con un alineamiento recto y un ancho medio bastante variable, entre 800 m como máximo, y 200 m como mínimo, aproximadamente. El ancho medio se estima en 400 m.

La principal singularidad que se presenta en este tramo del Cachapoal es el puente Las Cabras, obra construida en años recientes. Este viaducto posee una longitud de 880 m.

Desde el punto de vista geomorfológico, 5 km de este sector se ha definido como altamente vulnerable.

Del análisis de la variación de la pendiente longitudinal general del cauce, se desprende que en este sector existen dos sub-sectores con diferentes tendencias relativas en la estabilidad vertical de su lecho.

Así, desde el Km. 71 hasta el Km. 79 existe una tendencia, a largo plazo, a la degradación del lecho. Al contrario, desde el Km. 79 en adelante, hasta el Km. 86, en la desembocadura al lago Rapel, existe una tendencia acentuada a la agradación, o embancamiento del cauce y sus áreas de inundación

- **Bocatomas de Canales:** No existen bocatomas de canales en este tramo.
- **Descargas al Cauce:** Sólo existen 2 pequeñas descargas en el sector:
 - En el Km. 74,4 aguas tratadas provenientes de la planta de tratamiento de Las Cabras.
 - En el Km. 76,9, canal colector de derrames de riego, que también opera como colector local de aguas lluvias.

No existen descargas de esteros o quebradas.

- **Extracciones de Áridos:** En el sector existen dos faenas establecidas de extracción de áridos, ambas mecanizadas. Éstas son:
 - Áridos Cabaña Blanca, en el Km. 76,4.
 - Áridos El Seminario, en el Km. 81,0.

- **Obras de Defensas Fluviales**

- Sector Santa Priscila. Esta defensa comprende 4 obras longitudinales sucesivas ubicadas frente al predio de ese nombre, que abarcan desde el Km. 74,01 hasta el Km. 75,43, es decir, dando protección a aproximadamente 1,42 km de ribera.

Desde aguas arriba hacia aguas abajo sus longitudes son 840, 180, 130 y 200 m. Las separaciones entre ellas, en el mismo orden son 50, 40 y 80 m. El tramo 2 de este conjunto es una obra artesanal construida con tambores y gaviones.

- Sector El Seminario. En el sector de El Seminario existen restos de un antiguo espigón de defensa, hoy considerada sin utilidad efectiva.

- **Desbordes, Áreas Inundables, Daños**

- Sector La Pereira. Se ubica entre los Km. 71 y 77. De entrevistas a lugareños, se obtiene información de desbordes e inundaciones en este sector, en los años 1986 y 2005. Se reporta que el río se desborda en el sector de La Rosa, y la inundación continúa hasta el sector de La Pereira. Se informa:
 - > Pérdida total de 170 Ha de suelo agrícola, por erosión.
 - > Daños en 300 Ha de suelo, por embanque.
 - > Pérdida de 640 cabezas de animales y 2.000 aves.
 - > Pérdidas de cercos, acequias y canales.

- > Destrucción de 2 viviendas.
 - > Inundación con pérdida de ensere, de 15 viviendas.
 - > Operaciones de rescate de personas en helicópteros.
 - > 20 familias albergadas.
- Sector El Seminario. Se ubica entre los Km. 81 y 82,5. De entrevistas a lugareños, se obtiene: la siguiente información de daños con las crecidas del Cachapoal en los años 1986 y 2005:
- > Pérdida total de 150 Ha de suelo, por erosión.
 - > Daños en 300 Ha de suelo, por inundación y embanques.
 - > Pérdida de 200 caballos y vacunos.
 - > Daños en cercos, canales y caminos internos.

Mayores detalles de estos y otros daños pueden encontrarse en las Fichas de Inundación de este estudio.

- **Diagnóstico:** Este sector de ribera del río Cachapoal presenta una insuficiente protección frente a las crecidas de ese curso. La ribera alcanza una longitud total de 14.800 m, de los cuales sólo 1.200 m pueden considerarse protegidos frente a posibles socavaciones y desbordes del río en crecida. Sin embargo, el tramo comprendido entre el Km. 77,4 y el Km. 82, es decir, de 4,6 km, puede considerarse como naturalmente protegido de ser socavado, por estar conformada esta ribera por material resistente a la acción socavación del escurrimiento.

Según lo señalado, este sector posee una cobertura de protección de 15%.

- **Bienes Directamente Amagados:** De los reporte de daños ocurridos en pasadas crecidas se desprende que las áreas ribereñas en este sector son especialmente de uso agrícola. La superficie cultivable directamente amenazada es de aproximadamente 200 Ha. Los bienes y personas con riesgo frente a las crecidas están vinculados al uso de estas áreas.
- **Sectores Críticos:** Se considera al sector comprendido entre el Km. 75,45, de término de las defensas de Santa Priscila, y el Km. 77,15, como el más crítico del tramo, vista la configuración general de la ribera y el cauce en el lugar y la trayectoria probable de las aguas de inundación, de ocurrir un desborde en ese sector, poniendo en riesgo la cercana Ruta H30, la población Santa Julia, y numerosas viviendas, instalaciones y otras construcciones del área, además de cultivos de frutales y una extensa superficie de área agrícola.

Otro sector que puede ser considerado como prioritario, aunque en un grado menor al anterior, es el de El Seminario, (Km 82.3 a 82.8) sometido a los efectos de inundación y embancamiento por situarse en un área ribereña cercana a la desembocadura del río en el lago Rapel.

Esta área está muy influenciada por el nivel de ese cuerpo de agua. La peor condición se presenta con la ocurrencia de una crecida estando el lago en su nivel máximo. Esta es una condición de muy probable ocurrencia en inviernos lluviosos.

3.4.2.- Ribera Izquierda

a) Zonas I-1 (Km. 0,0 a Km. 32) e I-2 (Km. 32 a Km. 35,5)

► Sector Puente Ruta 5 – Olivar Bajo (Km. 0,0 a Km. 13,9)

- **Comuna:** Olivar
- **Cauce:** El cauce en este sector presenta un eje longitudinal recto de 8 kilómetros de longitud, entre su inicio en el puente de La Ruta 5 (Km 0,0) y la Punta de Cortés (Km 8), y donde se estrecha y vira bruscamente a la izquierda. En ese punto inicia una trayectoria hacia la derecha describiendo un gran arco circular de aproximadamente 5 km de longitud, que finaliza en Olivar Bajo, al término de este tramo, en el Km. 13,9.

Ancho. En este sector presenta gran variación. En su sección inicial del puente de la Ruta 5, el ancho del cauce, o longitud del puente, es de 260 m. Luego, antes de llegar al puente de la autopista By-pass de Rancagua, alcanza a 850 m, y en el puente de esa autopista, en el Km. 3,1, su ancho es de 760 m, que es la longitud del puente. En el Km. 5 alcanza su ancho máximo de 1.400 m. En el Km. 8,2, en Punta de Cortés, toma su ancho mínimo, de 170 m, magnitud determinada por la existencia de obras de defensa en ese lugar. En el tramo en curva, de 5,7 km, que va desde Punta de Cortés hasta Olivar Bajo, término del sector en el Km. 13,9, el ancho del cauce es relativamente uniforme, de 600 m aproximadamente.

Desde el punto de vista geomorfológico en el sector se han definido áreas medianamente y altamente vulnerables.

Del análisis de variación de la pendiente longitudinal general del cauce, se desprende que este sector está inserto en un tramo verticalmente estable de su lecho móvil, es decir, estando libre de factores antrópicos que pudiesen alterar esta tendencia, como pudiesen ser las extracciones masivas de áridos o los trabajos de rectificación o encauzamiento en gran longitud del cauce, en él no existe la propensión natural a la degradación o agradación de su lecho.

- **Bocatomas de Canales:** En el sector se localizan las bocatomas de los siguientes canales:
 - Canal Olivar en el Km. 0,0 de la Asociación Canalistas Canal Olivar. Es una bocatoma de hormigón que posee compuerta de paso y compuerta de descarga lateral para devolución al río. En sus primeros 60 m, el canal posee un revestimiento de gaviones de su pared derecha.
 - Canal Copequén (construida en 1992). Esta bocatoma se ubica en el Km. 13,0. Pertenece a la Asociación de Canalistas Canal Copequén. Es una estructura de hormigón. Su compuerta posee una hoja de 1,4 m de ancho. Proporciona riego a aproximadamente 800 Ha.
- **Descargas al Cauce:** En el sector no existen descargas importantes de esteros o quebradas. Las descargas de aguas menores son las siguientes:
 - Descarga de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Gultro, en Km. 8,5.
 - Descargas de derrames de riego y aguas lluvias locales, en los Km. 2,3, 3,8, 4,7, 8,2, 9,1, 9,7, 11,5 y 12,4.
- **Extracciones de Áridos:** En el sector existen las siguientes extracciones de áridos establecidas:

- Extracción mecanizada de Áridos Leiva, en Km. 1,00
- Extracción artesanal Lo Conti, en Km. 1,7
- Extracción artesanal Asociación Areneros Artesanales Ribera Sur Km. 1,7
- Extracción artesanal sector puente By pass Km. 3,0
- Extracción artesanal 2º sector, sin información
- Extracción mecanizada Carlos Pérez Rodríguez Sector La Alpargata Km. 4,8
- Extracción mecanizada Olivar Alto Km. 8,0

● **Obras de Defensas Fluviales:** En el sector existen las siguientes obras de defensa:

- Defensa sector Flor del Cachapoal. Es una obra longitudinal de roca conformada como revestimiento de ribera. Posee aproximadamente 450 m de longitud, aunque en sectores ha sido cubierta por escombros rechazos de las extracciones de áridos del lugar. Se ubica entre los Km. 1,5 y 2,0.
- Defensa Sector La Alpargata. Está constituida por 4 espigones de roca, del tipo L. Se sitúan en el sector La Alpargata, en el Fundo La Marina. Esta obra da protección a aproximadamente 800 m de ribera. Los espigones se localizan en los siguientes kilometrajes:
 - > Espigón 1 : Km. 5.17
 - > Espigón 2 : Km. 5.35
 - > Espigón 3 : Km. 5.55
 - > Espigón 4 : Km. 5.77
- Defensa Olivar Bajo, Tramo 1. Es una obra longitudinal continua de roca, en forma de revestimiento de ribera peraltada con terraplén. Esta obra continua, de longitud total de 2.030 m, se ha dividido en 2 tramos. Este tramo 1, de 1.360 m de longitud, pertenece a la comuna de Olivar, y el siguiente tramo 2, de 670 m de longitud, a la comuna de Coinco.

Este tramo 1 se inicia en el Km. 12,54 y finaliza en el Km. 13,9, que marca el término de la comuna de Olivar.

● **Puentes:** En este sector se localizan:

- El puente de la Ruta 5, que marca el Km. 0,0 del eje definido para este estudio, de doble calzada y 260 m de longitud
- El puente de la autopista de Bypass de Rancagua, en el Km. 3,1. En realidad, se trata de dos puentes adyacentes, de doble calzada cada uno. Cada uno de ellos posee una longitud de 740 m

● **Desbordes, Áreas Inundables, Daños:** Las áreas ribereñas de este sector han sido periódicamente socavadas e inundadas a través de su historia, afectando particularmente a terrenos agrícolas y a la localidad de Lo Conti.

- Sector Lo Conti y Villa El Bosque. En las entrevistas a lugareños y a un operador de maquinaria pesada que trabajó durante las emergencias, se informa de las últimas grandes crecidas en los años 1986 y 2006. Se señala que en 1986 las inundaciones se debieron principalmente a desbordes en el sector Los Copihues, situado aguas arriba del puente de la Ruta 5. Esas aguas inundaron Gultro y luego a la población Lo Conti. En 2006 el río desbordó por la compuerta del canal Olivar inundando nuevamente a la población Lo Conti. En 1986 se reporta de 200 casas dañadas por inundación, una casa destruida, 250 personas evacuadas, 18 personas albergadas, pérdida de enseres, etc.

- Sector Olivar Alto. Se entrevista a un agricultor, un agrónomo y una dueña de casa. Se informa de las últimas grandes crecidas en 1977, 1986 y 2000. Los desbordes se originaron en el sector La Alpargata, del fundo La Marina, y en la bocatoma del canal Olivar. Se reportan, entre otros, los siguientes daños: Pérdida de 30 Ha de suelo cultivable, por erosión; daños en 200 Ha de suelo agrícola por inundación; embanque del canal Olivar; daños en caminos internos y bodegas; 20 viviendas inundadas con pérdida de enseres en el sector El Bajo; 30 familias aisladas; 30 familias albergadas; pérdidas en caminos internos; pérdida de 3,5 Ha de peras y ciruelos; deterioro de la bocatoma del Canal Olivar
- Sector Olivar Bajo. Se informa de origen de desbordes en Olivar Alto, en la parcela La Capellanía y otros predios agrícolas. Daños reportados: 50 Ha de pérdida de suelos por erosión; 100 Ha de daños en suelos, por inundación; pérdida de 25 vacunos y caballares y 1.000 aves; embanques en el canal Copequén; daños en cercos, caminos internos y bodegas; 5 viviendas inundadas; 3 familias aisladas; 30 albergados en el teatro municipal de Olivar

Mayores detalles de estos y otros daños pueden encontrarse en las Fichas de Inundación de este estudio.

- **Diagnóstico:** Este sector de ribera del río Cachapoal, de 13,9 km de longitud presenta una pobre protección frente a sus crecidas.

Las obras de defensa existentes en los sectores de Flor del Cachapoal, La Alpargata, y Tramo 1 de Olivar Bajo, en conjunto dan protección a 2.610 m de ribera, lo que significa una cobertura de menos de 20%.

De la información histórica de inundaciones se desprende que la población Lo Conti ha sido afectada en varias oportunidades.

En 1982 fue inundada por desbordes ocurridos en Los Copihues, aguas arriba del puente de la Ruta 5, es decir, en un área no cubierta por este estudio. Es recomendable verificar la seguridad de las obras de protección construidas en ese lugar, como también todo el complejo de defensas que se ha construido en la ribera izquierda, desde Siete Puentes hasta Gultro, cuya seguridad determina la protección no sólo de la población Lo Conti y Villa El Bosque, sino también de toda el área ribereña de Olivar Alto.

En 1986, esa población fue inundada por desbordes del canal Olivar, cuya bocatoma fue dañada y superada por las aguas, que ingresaron sin control por dicho canal, inundando también una importante área agrícola. Con posterioridad esa bocatoma fue reparada. Es conveniente revisar el diseño y seguridad de esa obra de toma, como también la protección que posee el primer tramo del Canal Olivar, 100 m inmediatamente después de la compuerta, cuando ese canal discurre por la ribera del cauce, expuesto a socavación durante crecidas.

El sector de La Alpargata ha sido otro punto de origen de desbordes que han afectado al área de Olivar Alto y posiblemente Olivar Bajo. En ese lugar se ha construido una defensa constituida por una batería de 4 espigones. Se detectó que si bien esa obra proporciona adecuada protección a la ribera, contra la erosión, en una longitud de aproximadamente 800 m, ella no está diseñada para evitar los desbordes. Debiese ser complementada con una obra de peraltamiento de ribera, como pudiese ser un dique de tierra.

El sector de ribera izquierda situado frente a Punta de Cortés, situado entre los Km. 7,4 y el Km. 8,7, se considera particularmente crítico por la gran estrechez del cauce en ese lugar y por la existencia de la planta de tratamiento Olivar, de aguas servidas, en la cercanía, con riesgo de ser afectada por una crecida extraordinaria.

En Olivar Bajo las inundaciones que se informan tienen su origen en desbordes ocurrido en Olivar Alto. No obstante, se detectó la ocurrencia de socavaciones al pie de la ribera escarpada, alta, no superable por las aguas en crecida, existente en el sector de Olivar Bajo.

Particularmente, se observan procesos erosivos en las cercanías de los Km. 9,2, 9,8, y 10,5. Estas erosiones de borde afectan áreas de frutales, con pérdida irreversible de suelo. Este proceso puede ser controlado mediante la ejecución de obras de diseño especial.

A continuación, el Tramo 1 de Olivar Bajo, aunque protegido por una defensa de roca que continúa más allá de la comuna de Olivar, en el Tramo 2, por la trascendencia y magnitud de los daños esperados de un eventual desborde del río en ese tramo, se lo considera crítico para los efectos para los objetos de ser sujeto de observación, evaluación y

► **Sector Olivar Bajo a Sector Punta del Viento (Km. 13,9 a Km. 35,5)**

- **Comuna:** Olivar
- **Cauce:** El cauce en este sector posee una longitud de 21,6 km. En su inicio describe una extensa curva hacia la izquierda, de 4 km de longitud y radio de 5 km. A continuación se desarrolla en una gran recta, de 15,5 km de longitud. Finalmente describe una corta curva hacia la derecha, de 1 km de longitud, para finalizar en una recta, 1 km más allá, en Puntilla del Viento, punto de término de la comuna de Coinco e inicio de la comuna de San Vicente.
- **Ancho:** En este tramo, el cauce mantiene un ancho relativamente regular, variando entre 450 y 650 m. Existen algunos estrechamientos, como es el que significa el puente Coinco, que posee 280 m de longitud, o el situado frente al predio de Santa Luisa, a 1,5 km aguas arriba de Chillehue, donde su ancho es de 350 m.
- **Geomorfología:** Desde el punto de vista geomorfológico en el sector se han definido áreas medianamente y altamente vulnerables.

Del análisis de variación de la pendiente longitudinal general del cauce, se desprende que este sector está inserto en un tramo verticalmente estable de su lecho móvil, desde su inicio hasta el Km. 21. Luego, entre este kilómetro y el Km. 31 existe una leve tendencia a largo plazo, a la degradación del lecho. Esta tendencia se maximiza en el Km. 28.

- **Bocatomas de Canales:** En el sector no existen bocatomas de canales
- **Descargas al Cauce:** En el sector no existen descargas importantes de esteros o quebradas. Las descargas de aguas menores están constituidas por canales de derrames de riego que a la vez actúan como vías de drenaje de aguas lluvias.

En este tramo no existen descargas de esteros o quebradas, u otras significantes, al río. Sólo existen canales que conducen derrames de aguas de riego y drenan aguas lluvias locales. Los principales de estos canales se sitúan en los siguientes kilometrajes: 14,3, 14,47, 16,72, 19,3, 21,6, 23,1, 26,9, 31,6 y 34,0.

- **Extracciones de Áridos:** En el sector no existen extracciones de áridos establecidas.
- **Obras de Defensas Fluviales:** En el sector existen las siguientes obras de defensa:
 - Defensa sector Olivar Bajo, Tramo 2. Esta defensa es la prolongación en la comuna de Coinco, del Tramo 1 en la comuna de Olivar.

Se sitúa entre los Km. 13,9 y 14,57. Es una obra longitudinal de roca conformada como revestimiento de ribera, peraltada con un terraplén de material fluvial.

El tramo 2 posee una longitud de 670 m. La longitud total de la obra, tramo 1 y tramo 2, en ambas comunas, es de 2.030 m.

- Defensa de Espigones en el Sector El Crucero. Esta obra se sitúa inmediatamente aguas abajo del Tramo 2 de la defensa Olivar Bajo. Está constituida por 6 espigones del tipo L y un tramo de defensa longitudinal, todos de roca. Esta defensa se desarrolla en forma discontinua entre los Km. 14,5 y 15,9, proporcionando protección a 1.360 m de ribera, con la excepción de un tramo intermedio de 340 m que no queda cubierto, constituyendo una discontinuidad de esta obra.
- Defensa Puente Coinco, Aguas Arriba. Es una obra longitudinal continua de roca, de 530 m de longitud, en forma de revestimiento de ribera, peraltada con terraplén. Se desarrolla entre los Km. 19,52 y 20,0.

Su función es constituir una transición hidráulica en la ribera izquierda entre la sección natural del cauce y la sección del puente. A la vez protege el terraplén sur de acceso a ese viaducto, y defiende 530 m de ribera.

- Defensa Puente Coinco, Aguas Abajo. Es una obra longitudinal continua de roca, de 1.440 m de longitud, que se desarrolla en una recta, entre los Km. 20,0 y 21,44 Es una obra longitudinal de roca conformada como revestimiento de ribera. Ésta ha sido peraltada con un terraplén de material fluvial.
- Defensa de 3 Puentes. Es una obra constituida por una batería de 4 espigones revestidos en roca. Este conjunto se localiza a 250 m aguas abajo de la defensa Puente Coinco Aguas Abajo, señalada en el punto anterior. Se localiza entre los Km. 21,7 y 22,4, proporcionando protección a 950 m de ribera
- Defensa de Chillehue. Está constituida por un espigón tipo L de 80 • 70 m, continúa, 150 m más abajo, con una defensa longitudinal en forma de arco cóncavo hacia el río, de 300 m de longitud, complementada con 4 espigones de 15 m de longitud. Todos ellos ejecutados con roca, en forma de revestimiento de ribera o terraplén de material fluvial. En conjunto, esa obra proporciona protección a 550 m de ribera.
- Defensa de Millaje. Es una defensa longitudinal diseñada como revestimiento de terraplén ejecutado con material fluvial. Nace de la punta rocosa llamada Puntilla Millaje, Km. 31,75, en la cual se empotra. Su longitud es de 1.340 m. Está complementada con 14 espigones revestidos de roca, de 25 m de longitud cada uno.

Esta defensa defiende 1.300 m de ribera, y da protección a aproximadamente 80 Ha de terrenos agrícolas.

- **Desbordes, Áreas Inundables, Daños:** Las áreas ribereñas de este sector han sido periódicamente socavadas e inundadas a través de su historia, afectando particularmente a terrenos, instalaciones, bodegas, cercos, caminos, canales y otros bienes vinculados a la agricultura en las áreas ribereñas del tramo, como también a centros poblados como son las localidades de Copequén, Coinco, Tres Puentes, Maruza, Chillehue, El Rulo y Millahue.

Se informa que las últimas grandes crecidas que han afectado a esta área ocurrieron en los años 1968, 1986, 2000, 2002 y 2005.

Sector Copequén y Coinco. En las entrevistas a agricultor, dueña de casa y ex alcalde de la Municipalidad de Coinco, se informa: de los siguientes daños:

- Pérdida de 25 Ha de suelo por erosión y daños a 100 Ha por inundación
- Pérdidas de cercos, acequias, caminos internos, compuertas, bodegas, etc.

- En Coinco 20 viviendas inundadas en 1986, y 15 viviendas en 2000, con pérdidas de enseres
- En Copequén 10 viviendas inundadas en 1986 y en 2000, con pérdida de enseres
- Numerosos albergados en Copequén y Coinco
- Familias aisladas y operaciones de rescate en caballos
- Daños en 7 km de caminos públicos, con pérdida de carpeta

Se señala que en 1997 el río desbordó en el sector de El Crucero, después de romper las defensas de ese lugar. Nota: en 2001 la DOH ejecutó nuevas defensas en ese lugar.

También se informa que en 1968 se reportó la más grande inundación de Coinco, que debió ser reubicado hacia su parte alta, que se observa hoy.

Se señala también como causa de desbordes a la acumulación de troncos de árboles y diferentes materiales en el puente Coinco, que lo obstruyeron y originaron desbordes

Sector Tres Puentes Km. 21,5 a 25. Se informa de inundaciones en 1986, 2000 y 2006, siendo origen de desbordes en Olivar Bajo, puente Coinco y riberas de predios agrícolas

Daños reportados:

- 30 Ha de pérdida de suelos por erosión
- 400 Ha de daños en suelos, por inundación y embanque.
- Pérdida de 10 vacunos, 20 cerdos y 300 aves
- Daños en cercos, caminos internos, acequias y bodegas
- Pérdida total de 30 arados y una máquina para fabricar escobas.
- 18 viviendas inundadas, con daños y pérdida de enseres
- 3 viviendas con pérdida total
- 1 Iglesia de madera con pérdida total
- 15 familias albergadas, 8 personas aisladas
- 30 puentes internos, destrucción total
- 40 km de caminos públicos dañados con pérdida de carpeta

Sector Chillehue y Los Sajos Km. 25 a 28. En entrevistas a 3 agricultores y un ex alcalde de Coinco, se informa de inundaciones en 1986, 2000 y 2005, siendo origen de desbordes el sector de Tres Puentes y riberas de predios agrícolas del lugar.

Daños reportados en 1986:

- 50 Ha de pérdida de suelos por erosión
- 180 Ha de daños en suelos, por inundación y embanque.
- Daños en cercos, caminos internos, acequias y bodegas
- Embanque 5 km canales Estero Grande y Estero Claro
- Daños en 8 km de caminos internos, con pérdida de carpeta
- Daños en 36 bodegas
- 4 viviendas con pérdida total
- 35 viviendas inundadas, con daños y pérdida de enseres, en Los Sajos
- 8 viviendas inundadas, con daños y pérdida de enseres, en Maruza
- 30 albergados
- Operaciones de rescate con carretelas
- Escuela de Chillehue con daños en paredes y piso, embanque
- 5 km de caminos públicos socavados

Sector El Rulo km 28 a 32,5. En entrevistas a 2 agricultores y un ex alcalde de Coinco, se informa de inundaciones en 1982, 2000, 2002, siendo origen de desbordes el sector de Coinco y riberas de predios agrícolas del lugar.

Daños reportados:

- 80 Ha de pérdida de suelos por erosión
- 350 Ha de daños en suelos, por inundación y embanque
- Daños en cercos, caminos internos, acequias y bodegas
- 12 viviendas de adobe con pérdida total, en poblado de Monte Chico, destruido totalmente
- 5 viviendas inundadas, con daños y pérdida de enseres
- 20 albergados

Mayores detalles de estos y otros daños pueden encontrarse en las Fichas de Inundación de este estudio

- **Diagnóstico:** Este tramo de ribera del río Cachapoal, de 21,6 km de longitud presenta una relativamente pobre protección global frente a la condición natural de sus riberas, inundables y/o socavables con la ocurrencia de crecidas extraordinarias del río

Se tienen los siguientes sectores de riberas protegidas, y las longitudes de esas protecciones:

Sector	Longitud
Olivar Bajo, Tramo 2	670 m
El Crucero	1.000 m
Puente Coinco, aguas arriba	530 m
Puente Coinco, aguas abajo	1.440 m
Tres Puentes	950 m
Chillehue	550 m
Millahue	1340 m
Total	6.480 m

Lo que significa una cobertura de protección de 30%.

Resulta importante considerar las características del plano de inundación ribereño, que en este tipo de ríos no posee una pendiente preferencial del terreno hacia el cauce. Los desbordes crean así un flujo de inundación paralelo al del río por las áreas ribereñas. Esto significa que los desbordes en los sectores altos del tramo pueden originar hacia aguas abajo inundaciones de significativa longitud por dichas áreas, causando daños sucesivos en grandes superficies de terrenos agrícolas y localidades rurales.

Esta realidad es corroborada por las entrevistas a personas del sector, quienes informan, como se señaló anteriormente:

- Las inundaciones de Copequén, Coinco y Tres Puentes, provienen de Olivar Bajo
- Las inundaciones de Olivar Bajo provienen de Olivar Alto
- Las inundaciones de Chillehue provienen de Tres Puentes
- Las inundaciones de El Rulo provienen del sector Coinco

Por lo señalado y al margen de problemas de riesgo inmediato y de situaciones locales particulares que puedan existir en un lugar, en general se estima conveniente que en la planificación de su ejecución, las obras de defensas deben ser priorizadas desde aguas arriba hacia aguas abajo, iniciándose ellas preferentemente desde un lugar de control que impide los desbordes tras él, como puede ser una puntilla de cerro o una defensa existente que cumple esa condición.

Otro criterio de priorización puede basarse en la posibilidad de ejecutarlas inmediatamente aguas arriba o aguas abajo de obras de defensas existentes, de tal manera de proteger a

ellas mismas de socavación de su terraplén de respaldo por escurrimiento en su parte posterior, como para dar continuidad a la protección de una mayor longitud de ribera.

La información obtenida de lugareños como el conocimiento del terreno y la interpretación de aerofotografías, permite determinar la existencia de algunos sectores críticos sobre los cuales se podrán enfocar y priorizar soluciones.

- **Sectores Críticos**

- Tramo 2 de Olivar Bajo. Este sector, en conjunto con el inmediatamente anterior Tramo 1 perteneciente a la comuna de Olivar, se estima que representan al tramo más crítico de la ribera izquierda del río Cachapoal.

La condición crítica señalada y la experiencia histórica de inundaciones originadas en ese sector, han llevado en el pasado a la ejecución de una gran obra de defensa de rocas, con longitud de 2.000 m, que cubre el tramo de mayor riesgo del lugar.

Un desborde de magnitud en ese tramo pudiese originar ingentes daños, de compleja cuantificación, a numerosos centros poblados que ya han sido afectados por crecidas históricas en el pasado, situados aguas abajo, como son : El Crucero, Copequén, Angostura, Coinco, Tres Puentes, Chillehue, Los Sajos y El Rulo, como también a las tierras agrícolas, plantaciones y cultivos, viviendas, caminos, canales, instalaciones, cercos, bodegas, maquinarias, vehículos y, en general a todos los bienes asociados a un área agrícola de uso intensivo, de aproximadamente 2.800 hectáreas.

Siendo esta antigua protección una obra clave para la seguridad de gran cantidad de bienes y población, se estima que ella debe ser objeto de permanente observación para evaluar sus condiciones de seguridad presentes, y ejecutar las obras de reparación y mejoramiento adecuadas.

- Sector El Crucero. Se sitúa inmediatamente aguas abajo del sector señalado en el punto anterior. También es un sector crítico que ha dado origen a antiguos desbordes e inundaciones.

Ese lugar fue defendido en años pasados por obras artesanales conocidas como patas de cabra, las que fueron colapsadas por sucesivas crecidas del río.

En 2001, la DOH Regional ejecutó en ese punto, entre los Km. 14,6 y 15,9, una obra de defensa de rocas, constituida por una batería de 5 espigones transversales y 2 tramos de revestimiento longitudinal. Esa obra presenta una discontinuidad de protección como un diseño orientado proteger de socavación la ribera, no así de inundación.

Se estima conveniente que la obra señalada sea complementada para superar su discontinuidad y proteger a la ribera de inundación por desborde, como también ser prolongada hacia aguas abajo hasta el Km. 18,5, tramo que se estima continúa siendo crítico, después del señalado.

- Sector Tres Puentes a Sector Chillehue. Ese sector se sitúa inmediatamente a continuación de las defensas de Tres Puentes, donde el cauce inicia un significativo estrechamiento desde 600 a 300 m, aproximadamente, que finaliza 2 km aguas abajo del término de las defensas señaladas.

Vistos los antecedentes de crecidas e inundaciones del lugar, como la configuración de la ribera y sectores ribereños, se estima como sector crítico, con riesgo de desbordes e inundación de una extensa área agrícola ribereña situada hacia aguas abajo, al tramo de ribera localizado entre los Km. 22,25 y 25,0 del río.

b) Zonas I-3 (Km. 35,5 a Km. 50), I-4 (Km. 50 a Km. 54,8), I-5 (Km. 54,8 a Km. 61,9), I-6 (Km. 61,9 a Km. 62,9), I-7 (Km. 62,9 a Km. 78,8) e I-8 (Km. 78,8 a Km. 86,1)

► **Sector Punta del Viento a Estero Zamorano (Km. 35,5 a Km. 54,6)**

- **Comuna:** San Vicente de Tagua-Tagua
- **Cauce:** El cauce, al aproximarse al sector de Punta del Viento lo hace en dirección hacia el NE. Luego de alcanzar este punto toma una curva hacia la izquierda recorriendo en ella 3,5 km hasta tomar una dirección SW. Luego continúa en una recta de 5,5 km en esa dirección. Posteriormente toma nuevamente una curva a la izquierda recorriendo en ella 2 km. Luego toma una recta en dirección SE, recorriendo en esa dirección 2,5 km. Desde ese punto toma una curva hacia la izquierda rodeando la Punta de Peumo, recorriendo 3,5 km en ella. Desde ese punto avanza 2 km en una recta hasta alcanzar el estero Zamorano, punto de término de esta comuna y de inicio de la comuna de Pichidegua.
- **Ancho:** En este tramo, el cauce posee un ancho medio de aproximadamente 550 m, alcanzando su ancho máximo de 900 m en el sector de Monte Lorenzo Arriba. Sus anchos mínimos los alcanza en Punta del Viento (240 m), Toquigua Abajo (200 m), y en el Km. 50,5, es decir, 500 m aguas abajo del puente Peumo (160 m).
- **Geomorfología:** Desde el punto de vista geomorfológico en el sector se han definido áreas medianamente y altamente vulnerables.
- **Estabilidad Vertical:** En este tramo de 19,1 km de longitud, la pendiente varía desde 0,49% en su parte superior, reduciéndose hasta 0,28% en su sección final. En el gráfico que representa la variación de la pendiente general del cauce, se observa que en este tramo existe un subtramo, desde el Km. 36 hasta el Km. 46, con tendencia a la degradación del lecho. Esa tendencia se maximiza en el Km. 41. Asimismo, entre los Km. 46 y el Km. 54,6, de término del tramo, la tendencia a largo plazo es la de agradación del lecho. Esta tendencia se maximiza en el Km. 51.
- **Bocatomas de Canales:** En el sector se localizan las bocatomas de 2 canales:
 - Canal Punta del Viento. Bocatoma ubicada en el Km. 36,95, de la Asociación Canalistas Canal Punta del Viento. Es una bocatoma de hormigón que posee compuerta de paso. De ella derivan los canales Zúñiga y Toquigua, y la acequia Millahue, que riega pequeñas propiedades del sector. Este canal proporciona riego a aproximadamente 2.000 Ha.
 - Canal Monte Lorenzo. Esta bocatoma se ubica en el Km. 42,9, pertenece a la Asociación de Canalistas Canal Monte Lorenzo. Posee estructura de hormigón. Este canal riega 255 Ha.
- **Descargas al Cauce:** En el sector existen las dos más importantes descargas de cursos naturales al río Cachapoal, como son el río Claro y el estero Zamorano, que contribuyen a incrementar sus caudales de crecida.

Río Claro, en Tunca- Puente Zúñiga. Sus caudales de crecida para diferentes períodos de retorno, según estudio de Electro Watt Ingeniería Consultores (Chile) S.A., de 1996, son:

Tr (años)	Q (m³/s)
10	675
50	1.342
100	1.712
200	2.141

Este río descarga en el Km. 48,8 del Cachapoal.

Estero Zamorano, en Niche. Sus caudales, basados en el estudio Diagnóstico de Defensas Fluviales en los esteros Chimbarongo y Antivero-Zamorano, de 1996 (DOH Regional) para la sección de El Niche, son:

Tr (años)	Q (m³/s)
5	636
10	850
25	1.060
50	1.350
100	1.570
200	1.925

El estero Zamorano descarga en el Km. 54,6

Las principales descargas de aguas menores de derrames de regadío y aguas lluvias locales, se ubican en los siguientes kilometrajes: 37,2, 40,2 y 48,0.

- **Extracciones de Áridos:** En el sector existen dos extracciones de áridos establecidas situadas, una aguas arriba y la otra aguas abajo del puente Peumos. Ellas son:
 - Áridos Carlos Cancino. Es una extracción mecanizada que se ubica en Tunca Abajo, en el Km. 49,5 del río Cachapoal.
 - Áridos San Vicente. Se ubica en Tunca Abajo, en el Km. 50,1 del río. Es una faena mecanizada que extrae y procesa áridos para los hormigones premezclados de la empresa Pétreos S.A., cuya planta se localiza en el lugar.
- **Obras de Defensas Fluviales:** En el sector existen las siguientes obras de defensa, ordenadas desde aguas arriba hacia aguas abajo:
 - Defensa Sector Punta del Viento (o Romeral de Zúñiga). Es un conjunto de 4 obras de defensa ejecutadas con roca, ubicadas entre los Km. 35,6 y 38,0 del río, que proporcionan una protección continua a 2.400 m de ribera. Estas obras son:
 - > Cabeza de enrocado colocado como protección de la bocatoma del Canal Punta del Viento. Se ubica en el Km. 35,6.
 - > Revestimiento de ribera con terraplén de peralte entre los Km. 35,65 y 36,47, complementada con 6 espigones cortos, con una longitud de obra de 780 m.
 - > Revestimiento de ribera con terraplén de peralte entre los Km. 36,8 y 37,21, complementada con 1 espigón de 20 m, con una longitud de obra de 437 m.
 - > Revestimiento de ribera con terraplén de peralte entre los Km. 37,4 y 38,0, complementada con 4 espigones cortos, con una longitud de 670 m.
 - Defensa Sector Monte Lorenzo Arriba. Esta es una antigua obra de defensa, de roca en forma de revestimiento de ribera, ejecutada en 1970-1972. Su longitud es de aproximadamente 1.100 m. Hoy se encuentra en general cubierta de vegetación y también parcialmente enterrada. Se localiza aproximadamente entre los Km. 41,6 y 42,7. Por sus condiciones actuales, no se la considera como una obra de protección efectiva.
 - Defensa de Espigones en Monte Lorenzo Abajo. Es una protección constituida por dos espigones transversales ejecutados con núcleo de material fluvial revestido con roca. Fue

construida en 2003. El espigón 1 posee una longitud de 65 m, y el espigón 2, 85 m. Se localizan en los Km. 46,78 y 46,97.

- Defensa Toquigua Abajo. Es una antigua obra longitudinal de defensa, de roca, construida por los años 70. Hoy se encuentra en malas condiciones, habiendo sido socavada. Posee una longitud de 90 m. Se ubica entre los Km. 48,0 y 48,1. Por sus condiciones presentes no se la considera como una obra de protección efectiva.
- Defensa Tunca Abajo. Abarca desde la desembocadura del río Claro en el Cachapoal, hasta el puente Peumo. Comprende las siguientes obras de defensa, de roca:
 - > Revestimiento longitudinal con terraplén de peraltamiento de ribera, con una longitud de 370 m, entre los Km. 48,7 y 48,9. Esa obra se adentra 150 m, aproximadamente, en la ribera izquierda del río Claro
 - > 3 espigones transversales, tipo L, de 95, 70, y 50 m de longitud, en los Km. 49,32, 49,58 y 49,82.
- Defensa Las Cruces (de Puente Peumo a 3,2 km Aguas Abajo). Comprende los sectores de Tunca Abajo, La Palma, Pencahue y Pencahue Abajo. Es una defensa de roca, longitudinal, continua, en forma de revestimiento de ribera peraltada con terraplén de material fluvial, complementada con 6 espigones transversales. Posee una longitud de 3.630 m. Abarca desde el Km. 50,09 hasta el Km. 52,79, es decir, protege a 3.190 m de longitud de ribera izquierda.

Desde su término hasta el punto de desembocadura del estero Zamorano en el río Cachapoal, que marca el término de este sector, como también el límite entre las comunas de San Vicente y Pichidegua, deja una discontinuidad de ribera sin cobertura, de 1 km de longitud.

- **Desbordes, Áreas Inundables, Daños:** Las áreas ribereñas de este sector han sido periódicamente socavadas e inundadas a través de su historia, afectando a terrenos, instalaciones, bodegas, cercos, caminos, canales, viviendas rurales y otros bienes vinculados a la agricultura en las áreas ribereñas, en este tramo.

Se informa que las últimas grandes crecidas que han afectado a esta área ocurrieron en los años 1982, 1986, 2000 y 2005.

- Sector Romeral Zúñiga. Informa Administrador 2ª Sección Junta de Vigilancia Río Cachapoal: El río durante sus creces se desborda en el sector de Punta del Viento, a través de las bocatomas de los canales Toquigua y Zúñiga. También desborda por los predios del lugar. Aunque en 2005 las aguas desbordadas tomaron su trayectoria por el camino a Zúñiga, sin causar mayor daño a la población, en crecidas mayores, como la de 1986 se reportaron daños como los siguientes:
 - > 100 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 300 Ha daños al suelo por inundación
 - > Pérdida de 40 animales, vacunos y caballos
 - > Pérdida de cercos, compuertas, ruptura de canales, daños en caminos internos
 - > Pérdida total de 10 viviendas
 - > Daños y pérdida de enseres de 30 viviendas, por inundación
 - > 5,6 km pérdida carpeta rodado en camino público Romeral a Zúñiga
- Sector Monte Lorenzo Arriba a Monte Lorenzo Abajo. Informa Administrador 2ª Sección Junta de Vigilancia Río Cachapoal: Daños por desbordes en los sectores de Punta del Viento, Romeral, por el camino de Campo Sport a Zúñiga y riberas de predios agrícolas:

- > 200 Ha pérdida de suelo por erosión
- > 200 Ha daños al suelo por inundación
- > Pérdida de cercos, compuertas, ruptura de canales, daños en caminos internos.
- > 3.000 m del canal Monte Lorenzo embancado
- > 5 km camino público de Romeral a Zúñiga con pérdida carpeta
- > 3 km camino Las Piedras a Campo Sport con pérdida de carpeta
- Sector Toquigua Abajo. Informa agricultor Toquigua Abajo:
 - > 50 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 100 Ha daños al suelo por inundación
 - > Pérdida de 60 animales, vacunos y caballares
 - > Pérdida de cercos, compuertas, ruptura de canales, daños en caminos internos.
 - > 800 m Canal Monte Lorenzo, destruido
 - > 15 viviendas inundadas, con daños y pérdida de enseres
 - > 1.000 m pérdida camino vecinal. Hoy es lecho de río
 - > 700 m camino El Choro, con pérdida de carpeta de rodaje
- Sector Tunca Bajo. Informa agricultor Tunca Bajo:
 - > 35 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 80 Ha daños al suelo por inundación
 - > Pérdida de cercos, daños en caminos internos, daños en 3 bodegas
 - > 3 viviendas inundadas con daños y pérdida de enseres
 - > 4 familias aisladas; operación de rescate en botes.
- Sector Pencahue Abajo - Los Niches. Informan agricultor Pencahue y Encargado Agua Potable Lo Argentina:
 - > 90 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 200 Ha daños al suelo por inundación
 - > Pérdida de 65 animales, vacunos, caballares y cerdos, y 300 aves
 - > Pérdida de cercos, acequias, caminos internos, inundación de 10 bodegas
 - > 30 viviendas inundadas con daños y pérdida de enseres
 - > 4 familias aisladas; operación de rescate en botes
 - > 2 familias albergadas por una semana
- **Diagnóstico:** Este tramo de ribera del río Cachapoal, de 19,1 km de longitud presenta una relativamente pobre protección global frente a la condición natural de sus riberas, en general inundables y/o socavables con la ocurrencia de crecidas extraordinarias.

En el cuadro siguiente se señalan los nombres de los sectores, y las correspondientes longitudes de riberas protegidas:

Sector	Longitud
Punta del Viento (o Romeral)	2.400 m
Monte Lorenzo Arriba	0 m
Monte Lorenzo Abajo	430 m
Toquigua Abajo	0 m
Las Cruces	3.250 m
Total	6.080 m

Lo que significa una cobertura de protección de 32%.

De las informaciones relacionadas con las últimas grandes crecidas del río, recogidas en el área entre lugareños, referentes a los sectores de desbordes, las áreas inundadas o socavadas y a los efectos de las inundaciones, como también del reconocimiento directo en

el terreno y en forma especial de la foto-interpretación de fotografías satelitales, pudo plantearse algunas conclusiones referidas a los siguientes sectores críticos, en este tramo de 19 km de ribera:

- Sector Punta del Viento: En varios testimonios de lugareños es señalado como fuente de desbordes, en especial los ocurridos en el año 1986. Esta afirmación puede ser corroborada por las trayectorias de paleocanales existentes en el área, que pudieron ser detectados en fotografías satelitales. En ellas se determinan esas trayectorias del escurrimiento, paralelas al camino de Romeral a Zúñiga.

Después de la crecida de 1986, y vistos los riesgos evidentes que afrontaba toda un área agrícola de aproximadamente 1.500 hectáreas, numerosas viviendas en Romeral, Toquigua, Zúñiga, Monte Lorenzo Arriba, Monte Lorenzo Abajo, Tunca Abajo, como otras viviendas y construcciones, cultivos y tierras fértiles en las áreas rurales, llevaron la Municipalidad, el Gobierno Regional, la DOH y particulares, a financiar la construcción, en varias etapas, de las defensas de Punta del Viento, que cubren 2.400 m de ribera en el sector más crítico, en este tramo.

El reconocimiento del terreno como algunos antecedentes conocidos respecto a daños experimentados localmente por estas obras durante crecidas, hacen ver la conveniencia de evaluar técnicamente estas defensas (algunos de cuyos tramos fueron ejecutados por particulares) y eventualmente plantear la necesidad de ejecutar obras de reforzamiento en ellas.

Asimismo, conocidos antecedentes que señalan a la bocatoma del canal Punta del Viento como origen de inundaciones pasadas, se plantea la necesidad de verificar las condiciones actuales de seguridad de esta obra frente a una crecida, y eventualmente proponer las obras de mejoramiento correspondientes.

- Sector Campo Sport: Es otro sector crítico, origen de desbordes hacia Monte Lorenzo Arriba y Monte Lorenzo Abajo, con riesgo de inundaciones en esas localidades y áreas agrícolas aledañas. A diferencia del sector anterior, éste no posee una protección efectiva frente a las crecidas.

En el lugar sólo existe una antigua defensa de roca, ejecutada en la década de los 70, que ha sido afectada con las sucesivas crecidas.

Previo reconocimiento y diagnóstico más detallado de esta obra existente, de aproximadamente 1.000 m de longitud, hoy enterrada o cubierta por vegetación en amplios sectores, se estima prioritaria la necesidad de estudiar, proyectar y ejecutar una nueva obra de defensa integral del sector, con posible aprovechamiento de esa antigua defensa o de sus rocas componentes.

- Sector Monte Lorenzo Abajo: Es un sector actualmente afectado durante las crecidas por un proceso activo de socavación al pie de un borde escarpado, con pérdida irreversible de suelo agrícola.

Frente a esta situación la DOH inició en 2003 un plan de protección de riberas, ejecutando 2 espigones transversales, de roca, en el sector de mayor compromiso.

Los resultados de esta obra han sido satisfactorios, protegiendo aproximadamente 400 m de ribera.

Hoy se ve la necesidad de continuar la ejecución de esa obra, tanto hacia aguas abajo como hacia aguas arriba.

- Sector Toquigua Abajo, Aguas Arriba de Confluencia con Río Claro: Los testimonios de lugareños lo señalan como un área que habitualmente es inundada durante las grandes crecidas. Esto, por efecto de desborde del río Claro que es represado por el Cachapoal desde su punto de confluencia, debido a los mayores niveles de este curso durante esos episodios.

El fenómeno señalado es común en la mayoría de los ríos aluviales. Así, durante las crecidas el curso dominante (Cachapoal) impide la libre descarga en él de un curso afluente secundario (Claro), creando su represamiento con desbordes e inundaciones en la zona de confluencia.

Es un problema complejo. Generalmente se trata de inundaciones lentas, no acompañadas de socavaciones.

- Sector Puente Peumo a Desembocadura Estero Zamorano (Incluye a los Sectores Ribereños de Pencahue, Las Cruces, La Palma y Pencahue Abajo): En este sector existe una defensa continua de roca de 2.700 m de longitud, que abarca desde el Km. 50,60 hasta el Km. 53,28. El estero Zamorano es el punto de término de este tramo, y límite entre las comunas de San Vicente y Pichidegua.

La defensa existente en ese tramo posee la forma de un revestimiento de borde, peraltado con terraplén de material fluvial y complementado con 6 espigones.

Protege de inundación a aproximadamente 400 hectáreas de terrenos agrícolas, además de las localidades de Pencahue, Las Cruces y Pencahue Abajo.

En el tramo comprendido entre los Km. 50,3 y 51,0 de este sector, el cauce se ve estrechado sensiblemente entre sus defensas de las riberas derecha e izquierda, condición que crea un riesgo de socavación general del lecho en este tramo, con la posibilidad de ser afectadas las fundaciones y estabilidad de ambas defensas con ocurrencia de una crecida extraordinaria. Es recomendable estudiar con mayor detalle esta situación, preferiblemente en modelos numéricos hidráulico-sedimentológicos, con el objeto de tomarse las eventuales medidas de mejoramiento, si fuese necesario.

Al igual que en el encuentro del río Cachapoal con el río Claro, en el área de confluencia del Cachapoal con el estero Zamorano durante las crecidas se crea una zona de complejos fenómenos hidráulicos en régimen subcrítico, que originan el peraltamiento hacia aguas arriba de dicho estero, con resultado de desborde e inundación de sus áreas vecinas. La inundación de esas áreas ocurre con aguas de escurrimiento lento, normalmente sin crear efectos de socavación.

Vistas la imposibilidad práctica de deprimir los ejes hidráulicos de ambos cursos y de aislar la zona afectada permitiendo a la vez su drenaje, se estima no viable una solución a los problemas de inundación general, en el sector referido de confluencia.

► **Sector Estero Zamorano a Desembocadura en Lago Rapel (Km. 54,6 a Km. 86,0)**

- **Comuna:** Pichidegua
- **Cauce:** En este tramo del Cachapoal, de 31,5 km de longitud, el río toma una dirección general recta hacia el NW, discurriendo por sobre su llanura aluvial que se encuentra confinada lateralmente entre dos cordones montañosos.

El ancho medio de esta llanura es de aproximadamente 6 km.

El ancho medio del cauce en este tramo es de aproximadamente 450 m. Posee algunos sectores de significativos estrechamientos, como son:

Nombre	Km.	Ancho del Cauce
"Estrechura"	55,3	200 m
Larmahue Viejo	58,6	160 m
Puente Codao	61,9	240 m
Puente Las Cabras aguas abajo	80,0	180 m

También, algunos sectores de importantes ensanchamientos, como son:

Nombre	Km.	Ancho del Cauce
La Argentina	56,5	700 m
San Ignacio	60,5	650 m
Bajo Las Pataguas	70,6	1.000 m

- **Geomorfología:** Desde el punto de vista geomorfológico en el sector se han definido áreas medianamente y altamente vulnerables.
- **Estabilidad Vertical:** En este tramo de 31,5 km de longitud, la pendiente varía desde 0,29% en su parte superior, reduciéndose hasta 0,19% en el Km. 80, para luego caer a 0% en el Km. 86,0, sección final del estudio y punto de desembocadura del río Cachapoal en el lago Rapel.

En el gráfico que representa la variación de la pendiente general del cauce, del Anexo N°1 se determina que en el primer subtramo, desde el Km. 54,6 hasta el Km. 80, existen 2 sectores con tendencia a la degradación en el largo plazo. Éstos se maximizan en las proximidades de los Km. 60 y 76.

También existen dos sectores en los cuales el cauce tiende a la agradación, o embancamiento general. Éstos se localizan en las proximidades del Km. 69, y en forma acentuada en el tramo final desde el Km 80 hasta el Km 86,0, con los desbordes e inundaciones en crecidas, influenciados por un alto nivel de aguas en el lago.

- **Bocatomas de Canales:** En el sector se localizan las bocatomas de dos canales:
 - Canal Almahue, en el Km. 54,8, administrado por la Asociación Canalistas Canal Almahue. Es una bocatoma de hormigón que posee 3 compuertas de paso. Cada una de ellas posee un ancho libre de 1,2 m. Sistema de izamiento mecánico. Posee compuerta desarenadota. Riega 9.000 Ha aproximadamente.
 - Canal Pichidegua. Esta bocatoma se ubica en el Km. 61,05, en el sector de Mal Paso de Larmahue. Es administrado por la Asociación de Canalistas Canal Pichidegua. Es una bocatoma precaria ejecutada con patas de cabra, reconstruida anualmente para cada temporada de riego.
 - Canal El Molino Esta bocatoma se ubica en el Km. 62,86. Es administrado por la Asociación de Canalistas Canal El Molino. Su estructura es de hormigón. Posee 4 hojas de acero de 80 cm de ancho cada una; de izamiento mecánico. También posee compuertas desarenadoras y vertedero lateral de caudales excedentes. Se trata de una obra de muy buen diseño.
 - Canal Villelano. Este canal, en el Km. 70,9, posee una obra de toma precaria construida en el cauce con patas de cabra. Luego, un largo canal de aproximación, de 1.200 m de longitud, construido en la ribera y protegido de las crecidas con enrocados, y finalmente, en el Km. 72,12, la obra de paso y regulación, de hormigón, provista de dos hojas de hierro de 2 m de ancho, de accionamiento manual, y complementada con una compuerta

desarenadora con descarga al río. Esta obra toma un caudal de 3.000 l/s para riego de aproximadamente 2.000 Ha.

- Canal Santa Elena. Es administrado por la Asociación de Canalistas Canal Santa Elena. Su bocatoma se ubica en el Km. 73,2. Posee estructura de hormigón. Está provista de 2 hojas de hierro, de 1.1 m de ancho cada una. Proporciona riego para 123 Ha.
- **Descargas al Cauce:** Desde la Puntilla Estrechura, inmediatamente aguas abajo del estero Zamorano (incluido entre las descargas del tramo anterior) hasta el lago Rapel, no existen descargas de esteros o quebradas de alguna importancia que descargue sus aguas al cauce del Cachapoal.

No obstante, en ese trayecto el cauce recibe lateralmente, a través de numerosos bajos o canales receptores de derrames de riego, las aguas lluvias provenientes de la vertiente norte del cordón montañoso del lugar, y de las áreas del llano aluvial de ese costado del cauce. La superficie tributaria total que descarga sus aguas en la ribera izquierda, en ese tramo de 31,5 km de ribera, es de aproximadamente 12.000 Ha.

Algunos de los principales puntos de descarga se localizan en los siguientes kilómetros del cauce: 57,9; 67,6; 69,2; 78,2 y 83,5.

- **Extracciones de Áridos:** No existen extracciones de áridos establecidas en este tramo.
- **Obras de Defensas Fluviales:** En el sector existen las siguientes obras de defensa:
 - Defensa Canal Almahue. Esta defensa se localiza inmediatamente aguas abajo de la desembocadura del estero Zamorano, entre los Km. 54,38 y 54,7. Su longitud es de 410 m. Esta obra es un enrocado dispuesto como revestimiento de ribera, sobre una base de fundación consistente en jaulas de barras de acero rellenas con grandes bolones del material fluvial. Esta obra protege una longitud de 320 m de ribera.
 - Defensa Sector La Argentina. Es una defensa de roca dispuesta como revestimiento de terraplén de material fluvial. Se localiza entre los Km. 55,05 y 55,22. Posee una longitud de 170 m. En su inicio se empotra en el cerro Puntilla La Estrechura. Esta obra protege 170 m de ribera.
 - Defensa Sector Santa Cecilia. Es una defensa lineal de roca dispuesta como revestimiento de ribera. Se localiza entre los Km. 57,55 y 58,35. Su longitud es de 825 m. Está complementada con 3 espigones cortos. Esta obra protege 800 m de ribera.
 - Defensa Sector Viceparroquia. Es un revestimiento longitudinal de ribera, de roca, compuesta de dos tramos, de 90 m y 180 m, con una discontinuidad entre ellas de 20 m. Se localiza entre los Km 59,33 y 59,65. Esta obra protege 290 m de ribera.
 - Defensa Fundo San Ignacio. Es una obra de roca compuesta por un revestimiento longitudinal de ribera, de 275 m de longitud, seguida por 4 espigones transversales. Esta defensa se localiza entre los Km 59,73 y 60,86, protegiendo 1.200 m de ribera.
 - Defensa Sector Mal Paso de Larmahue. Esta defensa abarca desde el Km. 62,79 hasta el Km. 63,61, protegiendo en forma continua a ese tramo de ribera.

Está formada por un primer tramo, de 85 m de longitud, que es un muro de hormigón que constituye una protección y transición de entrada de la bocatoma del canal El Molino. Luego, 40 m más allá de la bocatoma se inicia una defensa longitudinal de roca, constituyendo un revestimiento de terraplén. Esa obra tiene una longitud de 735 m. Ella

está complementada con 3 espigones transversales. Esta obra proporciona protección continua a 820 de ribera.

- Defensa Sector Pichidegua Arriba. Está constituida por una batería de 3 espigones de roca, del tipo L. Estas obras se localizan en los siguientes kilometrajes del cauce:
 - > Espigón 1 : Km. 64,21
 - > Espigón 2 : Km. 64,40
 - > Espigón 3 : Km. 64,59

Esta obra proporciona protección continua a aproximadamente 600 m de ribera.

- Espigón de Defensa en el Sector La Torina Abajo. Es un espigón que se sitúa en el Km. 70,23. Posee diseño normal del DOH, con núcleo de material fluvial revestido con roca. Su longitud es de 120 m. Protege aproximadamente 300 de ribera.
- Cabezas de Roca en el Sector La Torina Abajo. Inmediatamente hacia aguas abajo de la obra anterior, entre los Km. 70,35 y 70,90, existe una serie de 20 cabezas de enrocado apoyadas en la ribera, cubriendo 760 m de ésta, hasta alcanzar a la toma del canal Vilelano. Las cabezas de roca están separadas a 50 m unas de otras. Esta obra, ejecutada por interesados particulares, debe ser reforzada y complementada para constituirse en una protección permanente de la ribera y el canal.
- Defensa Canal Vilelano. Desde su punto de toma en el río, en el Km. 70,9, el canal Vilelano recorre 1.200 m por el área lateral del cauce, regularmente protegido de las crecidas del río mediante obras de defensas que se han ido construyendo en el tiempo. En el Km. 72,12, el canal se aleja del cauce, hacia las áreas ribereñas. En ese punto posee sus compuertas de regulación y desarenadora y descarga de excedentes al río.

La defensa del canal Vilelano está constituida por 8 espigones cortos, finalizando en el sector de su compuerta con 2 espigones mayores, uno de 40 m y otro de 100 m. Es una obra irregular que debe ser complementada y reforzada para proporcionar mayor seguridad frente a los riesgos de socavaciones y desbordes en crecidas del río Cachapoal. En esta defensa se considera como efectivamente protegido al tramo cubierto por los 2 últimos espigones, cercanos a las compuertas del canal Vilelano, obras que dan protección a aproximadamente 400 m de ribera.

- Defensa Sector Bajo Las Pataguas a Sector Alto de Padilla. Es una defensa longitudinal continua, de roca, en forma de ribera peraltada con terraplén, revestida con roca. Está complementada con 11 espigones transversales, del mismo material. Esta obra se inicia en el punto donde se localiza la compuerta de paso del canal Vilelano, en el Km. 72,12, y finaliza en el sector de Alto de Padilla, en el Km. 74,05. Su longitud total es de 2.130 m. Protege una longitud de ribera de 1.930 m.
- Defensa Sector Alto de Padilla. Es una defensa longitudinal de roca, en forma de revestimiento de ribera peraltada con terraplén. Su longitud es de 160 m. Se localiza entre los Km. 74,49 y 74,51. Protege 160 m de ribera.
- Defensa Sector Patagua Orilla. Esta defensa está constituida por 2 espigones transversales de roca, de 60 y 80 m de longitud. Poseen núcleo de material fluvial y están revestidos con roca. Se localizan en los Km. 76,2 y 76,5. Este conjunto protege 450 m de ribera, aproximadamente.
- Defensa Sector Patagua Orilla Bajo. Está constituida por 3 espigones transversales, del tipo L, con núcleo de material fluvial y revestimiento de roca, de 35 m de longitud,

separados a 100 m. Se ubican en los Km. 77,06, 77,16, y 77,26. En conjunto protegen aproximadamente 350 m de ribera.

- Defensa Terraplén Acceso Sur Puente Las Cabras. Es una obra diseñada como protección del terraplén de acceso y estribo sur del puente Las Cabras. Consiste en un revestimiento de roca del terraplén de acceso sur, costado oriente, de 140 m de longitud medida desde el estribo. Está complementada con 5 espigones cortos. Esta obra se sitúa en el Km. 78,6 del cauce. No constituye una protección de ribera.

- **Puentes:** En este sector se localizan el puente Codao y el puente La Cabras.

- El puente Codao se localiza en el Km. 61,87 del cauce. Posee una longitud de 275 m.
- El puente Las Cabras se localiza en el Km. 78,59 del cauce. Su longitud es de 880 m.

Mayores detalles de estos viaductos pueden consultarse en la ficha de puentes, de este estudio.

- **Desbordes, Áreas Inundables, Daños:** Las áreas ribereñas de este sector han sido periódicamente socavadas e inundadas a través de su historia, afectando a terrenos, instalaciones, bodegas, cercos, caminos, canales, viviendas rurales y otros bienes vinculados a la agricultura en las áreas ribereñas, en este tramo.

Se informa que las últimas grandes crecidas que han afectado a esta área ocurrieron en los años 1972, 1982, 1986, 1994, 2000 y 2005.

- Sector La Argentina Km. 54 a 56. Informan: Agricultor; Encargado de Agua Potable de La Argentina. Se informa que el río durante sus creces se desborda a través de la bocatoma del canal Almahue. Hacia aguas abajo la inundación llega hasta el camino San Vicente-Pichidegua, afectando terrenos agrícolas, sin daños a las viviendas. Se reportaron daños como los siguientes:
 - > 80 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 100 Ha daños al suelo por inundación
 - > Pérdida de cercos, daños en caminos internos
- Sector Viceparroquia Km. 56 a 68. Informan: Agricultores (4), encargado Agua Potable Rural, comerciante, presidente canal El Molino. Se informa de desborde en sector 1 km aguas abajo de puente Codao, originando daños como los siguientes, entre otros:
 - > 150 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 300 Ha daños al suelo por inundación
 - > Pérdida de 30 cabezas de vacunos y caballares
 - > Pérdida de cercos, compuertas, ruptura de canales, daños en caminos internos.
 - > 2.000 m del canal Torino destruido
 - > 5 viviendas destruidas
 - > 45 viviendas inundadas, con daños y pérdida de enseres
 - > 1 familia aislada por 4 días
- Sector La Torina Km. 68 a 72. Informa: agricultor
 - > 19 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 150 Ha daños al suelo por inundación
 - > Daños en planta de tratamiento de aguas servidas
 - > 200 m embanque canal Vilelano

- Sector Patagua Orilla Km. 72 a 78,5. Informa: Tesorero Canal Villelano
 - > 200 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 230 Ha daños al suelo por inundación
 - > Pérdida de 70 vacunos
 - > Pérdida de cercos, daños en caminos internos y canales
 - > 5 viviendas perdidas totalmente
 - > 30 viviendas inundadas con daños y pérdida de enseres
 - > 30 familias aisladas; operación de rescate con helicópteros
 - > 5 familias albergadas
 - > Daños en escuela por inundación de 1 m
- Sector Patagua Cerro Km. 78,5 a 80. Informan: 2 agricultores
 - > 15 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 155 Ha daños al suelo por inundación y embanques
 - > Pérdida de 30 vacunos.
 - > Pérdida de cercos, acequias embancadas.
- Sector Las Juntas Km. 80 a 86. Informan: 4 agricultores
 - > 180 Ha pérdida de suelo por erosión
 - > 250 Ha daños al suelo por inundación, embanques
 - > Pérdida de 2 Ha de naranjos en plena producción.
 - > Pérdida de 40 vacunos y caballos
 - > Pérdida de cercos, daños en caminos internos y canales
 - > Viviendas inundadas con daños y pérdida de enseres
 - > 4 familias aisladas
 - > 1 familia rescatada en helicóptero
- **Diagnóstico:** Este tramo de ribera del río Cachapoal, de 31,5 km de longitud presenta una relativamente reducida protección global frente a la condición natural de sus riberas, en general inundables y/o socavables con la ocurrencia de crecidas extraordinarias. En el cuadro siguiente se señalan los nombres de los sectores, y las correspondientes longitudes de riberas protegidas:

Sector Defensa	Longitud
Canal Almahue	320 m
La Argentina	170 m
Santa Cecilia	800 m
Viceparroquia	290 m
San Ignacio	1.200 m
Mal Paso de Larmahue	820 m
Pichidegua arriba	600 m
La Torina abajo	300 m
La Torina abajo, cabezas de roca	0 m
Canal Villelano	400 m
Bajo Las Pataguas a Alto de Padilla	1.930 m
Alto de Padilla	160 m
Patagua Orilla	450 m
Patagua Orilla bajo	350 m
Terraplén acceso puente Las Cabras	0 m
Total	7.790 m

Cobertura de protección. De la longitud total de ribera de este sector, de 31.500 m, no se considera una longitud de 6.400 m como objeto de defensa, al estar naturalmente protegida por bordes montañosos, como son la Puntilla de La Estrechura, y el cordón de cerros situado enfrente al puente Codao, cubriendo entre ambos 2.200 m de ribera, o ser impracticable una defensa por tratarse de áreas ribereñas de bajo nivel con relación a los niveles de

inundación general, como es el caso del área influenciada por los niveles del lago Rapel, al término del sector, con 4.200 m de ribera. Así, la longitud de ribera objeto de protección de este sector queda en 25.100 m, lo que significa que las obras de defensa ejecutadas a la fecha proporcionan una cobertura de protección de 31%.

- **Sectores Críticos.** Resulta importante considerar las características del plano de inundación ribereño, que en este tipo de ríos no posee una pendiente preferencial del terreno hacia el cauce. Los desbordes crean así un flujo de inundación paralelo al del río por sobre las áreas ribereñas. Esto significa que los desbordes en los sectores altos del tramo pueden originar hacia aguas abajo inundaciones de significativa longitud por dichas áreas, causando daños sucesivos en grandes superficies de terrenos agrícolas y localidades rurales. Geológicamente, estos terrenos constituyen una llanura de inundación del río.

Por lo señalado, este diagnóstico se enfoca a la determinación de las causas originarias de las inundaciones y socavaciones, conocidos sus efectos como información requerida para el análisis de factibilidad de soluciones que se propongan.

Cualquiera solución constructiva que se plantee, basada en este diagnóstico, para ser ejecutada debe contar con los análisis hidrológicos, hidráulicos y sedimentológicos correspondientes, además de contar con un análisis de factibilidad y un proyecto de ejecución.

De las informaciones relacionadas con las últimas grandes crecidas, recogidas entre lugareños, referentes a los sectores de desbordes, las áreas inundadas o socavadas y a los efectos de las inundaciones, como también del reconocimiento directo en el terreno y de la foto-interpretación de fotografías satelitales, preliminarmente se determinan sectores críticos y se presentan algunas conclusiones respecto de ellos.

- Sector La Argentina. En testimonios de lugareños es señalado como origen de desbordes, que se inician inmediatamente aguas abajo de la Puntilla El Cerrillo, y que llegan a afectar por inundación a los sectores de La Argentina, Santa Cecilia y Viceparroquia.

En los últimos años, la DOH Regional inició una obra de defensa para prevenir los desbordes en el sector. Dicha obra, un terraplén de material fluvial revestido en roca, dispuesto en forma longitudinal, posee una longitud de 170 m. Se estima necesario continuar la ejecución de esta obra hacia aguas abajo en una longitud aproximada de 900 m, para contener los desbordes en ese lugar. Considerando que el lugar de emplazamiento de esa defensa, parte interna de una curva del cauce, está poco solicitada por el escurrimiento, se estima recomendable ejecutar allí una protección de menor estándar resistente que la defensa actual, y por tanto, más económica.

- Sector Santa Cecilia. El tramo de 1 km, aproximadamente, situado aguas arriba de la defensa de enrocado de Santa Cecilia, se lo considera expuesto a desbordes y riesgo de inundación hacia los terrenos agrícolas de Santa Cecilia, Viceparroquia y posiblemente de San Ignacio. Para prevenir esos efectos, se estima conveniente proteger ese tramo mediante una solución de defensa longitudinal, o de espigones, dando continuidad a la defensa existente señalada.
- Sector Viceparroquia. En ese lugar existe una defensa de roca de 270 m de longitud. Se estima que ella deja expuesto a desborde un tramo de 300 m situado inmediatamente aguas arriba de esa obra. Asimismo, es conveniente prolongarla hacia aguas abajo en 150 m para formar un conjunto continuo de protección con la defensa siguiente, de San Ignacio.

- Sector Mal Paso de Larmahue. En este sector existe una defensa de roca, longitudinal y continua, de 735 m de longitud. En su inicio, esta obra de roca deja un tramo de 40 m descubierto de protección, entre ella y la bocatoma del canal Molino. Tratándose de un punto complejo, origen de antiguos desbordes y dónde actualmente se localiza una costosa obra de toma, se estima conveniente cerrar esa brecha mediante una defensa de roca de similares características de la existente. Asimismo, es recomendable prolongar hacia aguas abajo la defensa existente, en su punto de término, en aproximadamente 200 m, para obtener la continuidad de protección con la defensa de espigones Pichidegua arriba, que existe en el lugar.
- Sector Pichidegua. En este sector existe una defensa de roca compuesta por 3 espigones que se localizan en un profundo entrante del cauce hacia la ribera. Esta obra protege parcialmente ese entrante, con riesgo de continuar con el proceso de socavación en él. Se estima adecuado completar la protección de dicho socavón mediante la disposición de 2 nuevos espigones, o la ejecución de un revestimiento de ribera.
- Sector La Torina. Es un sector particularmente crítico por la vulnerabilidad de sus riberas como por los daños potenciales presentes, de ocurrir una crecida extraordinaria. En esta área están en riesgo, además de una extensa superficie de terrenos agrícolas, un sector urbano de Pichidegua, una planta de tratamiento de aguas servidas y numerosas viviendas y otras construcciones vinculadas a la agricultura.

Este sector de ribera posee aproximadamente 2,5 km de longitud, entre los Km. 66,0 y 68,5. Lo recomendable es dar una protección continua a ese tramo. No obstante, en él existen sub-tramos más vulnerables, cuyas protecciones pueden ser abordadas en forma prioritaria, de acuerdo a los recursos disponibles.

Estos tramos críticos son:

- > Km. 66,0 a 66,3
- > Km. 66,9 a 67,5
- > Km. 67,9 a 68,5

- Sector La Torina Abajo. Se define a este sector como el comprendido entre el espigón denominado con este mismo nombre, en el Km. 70,23, y la toma del canal Villelano, en el Km. 70,9. Este tramo da origen a desbordes que pueden llegar a afectar por inundación a una extensa área agrícola, como a las localidades de Bajo Las Pataguas, Alto de los Padilla y Patagua Orilla, de ocurrir una crecida extraordinaria.

El tramo señalado ya ha sido medianamente protegido de socavación, por los propietarios ribereños, mediante cabezales de roca dispuestos en la ribera., separados a 50 m unos de otros. Esta defensa debe ser sustancialmente reforzada y complementada con un peraltamiento de ribera, para prevenir los efectos referidos de una crecida.

- Sector Alto de Los Padilla. Este sector se localiza al término de la extensa defensa de roca de 2,13 km de longitud, que abarca los sectores de Bajo de Las Pataguas y Salto de Los Padilla, y de una reciente defensa ejecutada a continuación de la señalada, de 160 m de longitud.

Este sector, desprovisto de protección, da origen a frecuentes desbordes con inundaciones en las áreas agrícolas del lugar. Se estima conveniente realizar una defensa en el lugar después de evaluar con mayor precisión la extensión de esos desbordes.

- Sector Aguas Abajo del Puente Las Cabras. En crecidas extraordinarias, como la ocurrida en el año 1986, el río Cachapoal inunda una gran extensión del llano aluvial izquierdo del

lugar, extendiéndose por más de 1,5 km, desde la ribera. Dicha inundación se origina de diferentes zonas de desborde, aguas arriba, pasando bajo el puente Las Cabras, que cruza por sobre parte de este llano.

Aunque controlar una inundación como la referida no es económicamente viable, sí es posible evitar los desbordes de crecidas menores que ocurren aguas abajo del puente. Particularmente, el tramo de ribera localizado entre los Km. 78,6 y 80, da origen a desbordes frecuentes que, dadas las condiciones de escurrimiento lento en esa área, será posible de controlar mediante diques longitudinales de tierra, a ser construidos paralelamente al cauce, sobre el llano.

3.5.- Análisis de Diagnóstico

3.5.1.- Sectores Críticos y sus Áreas de Influencia

La Tabla N°3.3 muestra el listado de los sectores críticos detectados en el reconocimiento de terreno como por la variada información obtenida de diferentes fuentes, además de la observación de fotografías terrestres, aéreas y satelitales

Con el objeto de calificar con mayores antecedentes el riesgo que se asocia a los sectores críticos detectados, se ha elaborado un análisis de riesgo que considera la amenaza de probables ocurrencias de eventos de desbordes o inundaciones en un sector crítico a raíz de una crecida del río, como también una estimación de los daños esperados en las áreas de influencia de dichos sectores, es decir, aquellas áreas sometidas a la amenaza de daños por desbordes o socavaciones en los sectores referidos

Siguiendo un procedimiento para este análisis, para cada uno de los sectores críticos se determinó, en forma aproximada, un área de influencia directa asociada, en la cual se sitúa el territorio con personas y bienes que pudiesen ser afectados por inundaciones y/o socavaciones originadas en un sector crítico, es decir, que incluye todos las personas y bienes del área que serán beneficiados por las obras de protección de ribera que eventualmente será ejecutada en dicho sector.

Aunque un sector crítico determinado de una zona posea un área de influencia ribereña que pueda prolongarse, hacia aguas abajo, más allá del próximo sector crítico, se ha definido un **área de influencia directa** a aquella que finaliza al inicio del próximo sector crítico situado en la misma zona.

Los límites de las áreas de influencia directa en una zona, son:

- Por el costado anterior, la línea de ribera que abarca desde el inicio de un sector crítico, hasta el inicio del próximo sector crítico.
- Por el costado posterior, la línea de inundación asociada a la crecida extraordinaria de 1986.
- Por los costados de aguas arriba y aguas abajo, las líneas perpendiculares a la línea de ribera, que nacen en los puntos de inicio del sector referido, y similar línea que corresponde al sector crítico siguiente, aguas abajo.

Las áreas de influencia de una zona finalizan al término de esa zona.

Zona: se ha definido como aquellas áreas unitarias cuyos eventos de probables inundaciones sean independientes de las otras áreas, es decir, no es posible que se transmitan de una zona a otra, al existir elementos naturales o artificiales que las separan.

TABLA N°3.3**LISTADO DE LOS SECTORES CRÍTICOS**

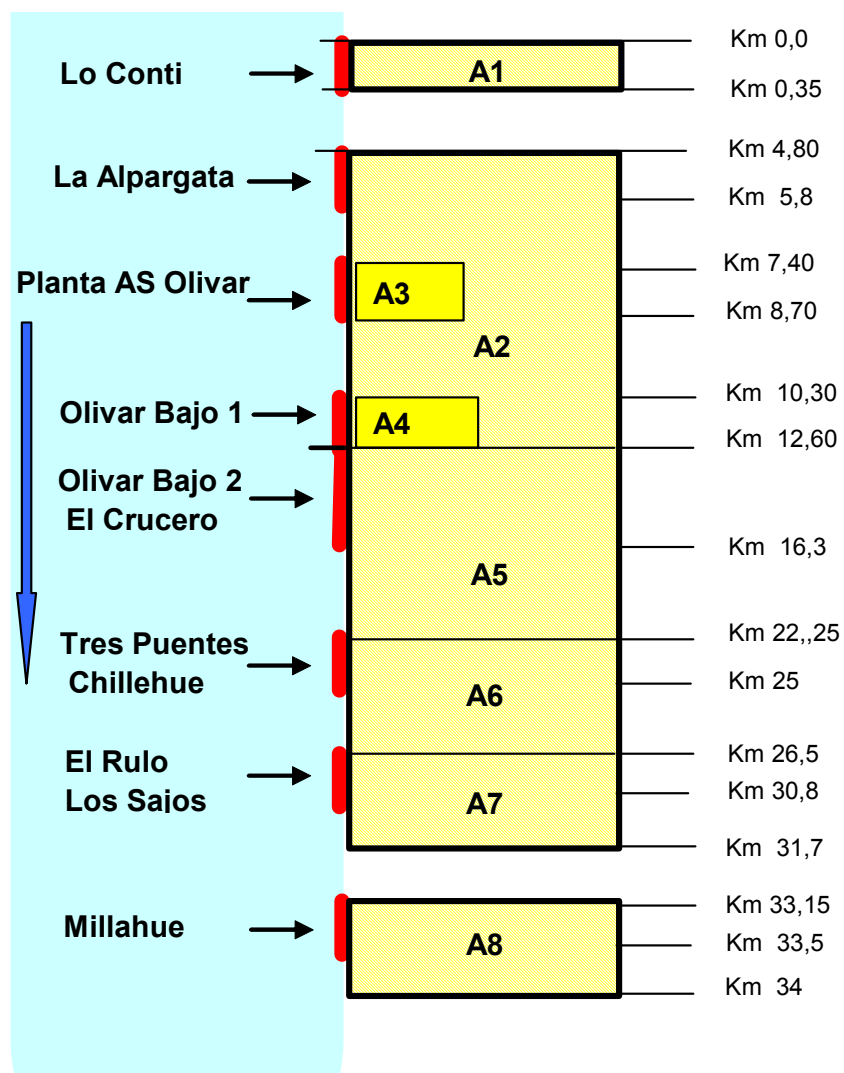
Sector	Km.	
	Inicio	Término
Ribera Izquierda		
Lo Conti	0,00	0,35
La Alpargata	4,80	5,80
Planta Aguas Servidas Olivar	7,40	8,70
Olivar Bajo 1	10,30	12,60
Olivar Bajo 2 – El Crucero	12,60	16,30
Tres Puentes - Chillehue	22,25	25,00
El Rulo - Los Sajos	26,50	30,80
Millahue	33,15	33,50
Punta del Viento	35,70	38,00
El Romeral	38,00	41,60
Monte Lorenzo Arriba	41,60	45,70
Monte Lorenzo Abajo	45,70	48,00
Toquigua Abajo	48,00	48,70
Tunca Abajo	50,00	50,60
La Palma	52,50	52,67
La Argentina	55,20	56,60
Santa Cecilia	56,60	57,50
Viceparroquia	58,40	59,70
Mal Paso de Larmahue	62,90	63,80
Pichidegua	64,80	66,50
La Torina	66,50	71,20
Alto Los Padilla	74,30	75,10
Puente Las Cabras Aguas Abajo	78,60	80,00
Ribera Derecha		
Puente Alta	1,94	2,70
La Granja	5,20	5,90
Punta de Cortés	7,00	7,60
Lo Miranda	9,90	11,60
California - Paraguay	14,90	18,70
Los Marcos	23,60	25,90
Montegrando	28,20	28,60
Tres Esquinas	30,00	31,00
Desembocadura Estero Purén - Idahue	37,50	13,70
El Molino	50,20	50,80
Aguas Claras	55,50	57,00
Santa Julia	75,45	77,15
El Seminario	82,30	82,80

En los siguientes esquemas se representan gráficamente los sectores críticos y su relación con las áreas de influencias directas e indirectas. Se indican los kilometrajes de inicio y término tanto de los sectores críticos como los de las áreas de influencia.

Las áreas señaladas se han denominado con un prefijo A y un número correlativo, si son de la ribera izquierda, y B, aquellas de la ribera derecha.

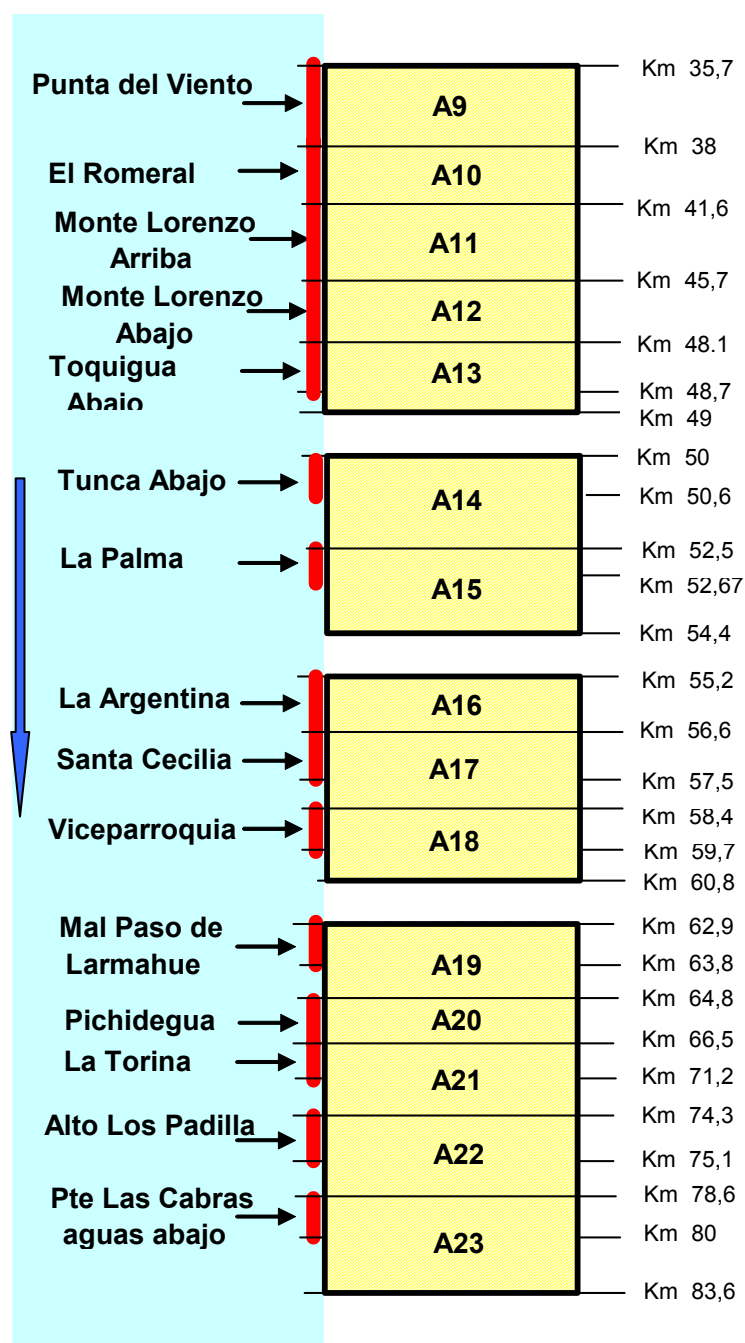
ESQUEMA N°1

**SECTORES CRÍTICOS DE RIBERA - ÁREAS VULNERABLES
PRIMER TRAMO RIBERA IZQUIERDA**

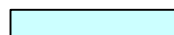


ESQUEMA N°2

**SECTORES CRÍTICOS DE RIBERA - ÁREAS VULNERABLES
SEGUNDO TRAMO RIBERA IZQUIERDA**



Cauce



Sector Crítico de Ribera

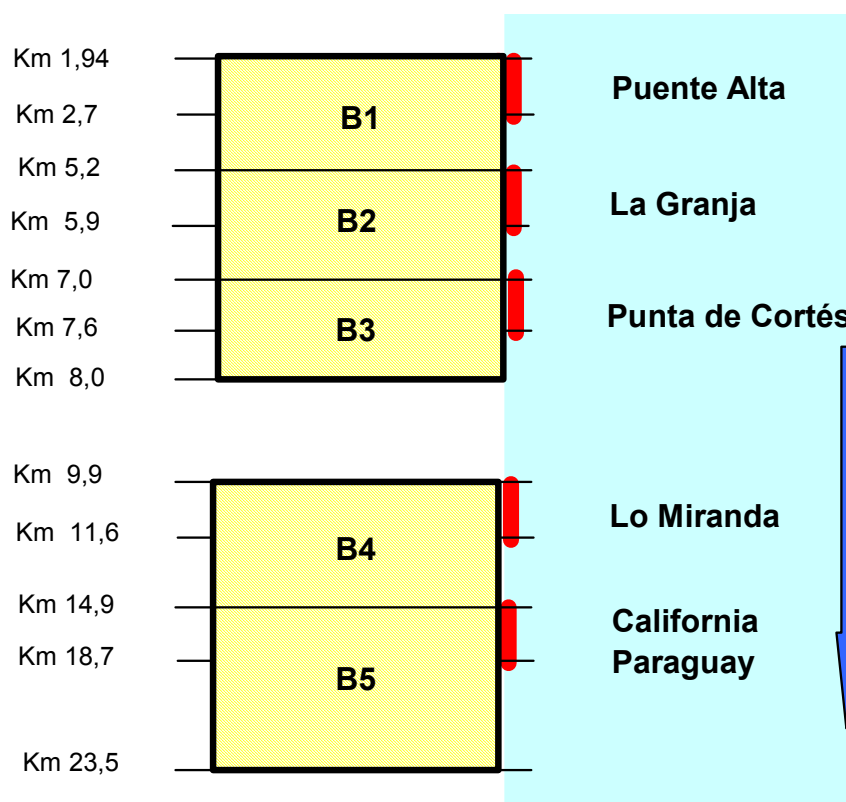


Área Vulnerable Inundación



ESQUEMA N°3

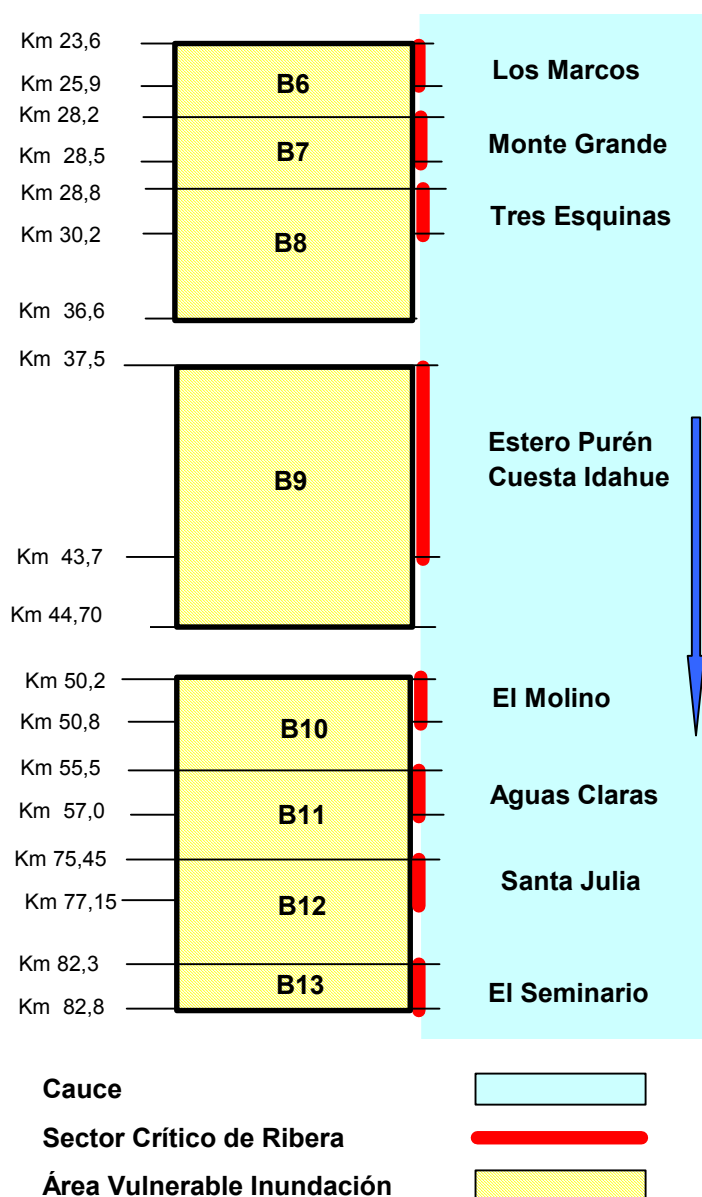
SECTORES CRÍTICOS DE RIBERA - ÁREAS VULNERABLES
PRIMER TRAMO RIBERA DERECHA



Cauce

Sector Crítico de Ribera

Área Vulnerable Inundación

ESQUEMA N°4**SECTORES CRÍTICOS DE RIBERA - ÁREAS VULNERABLES
SEGUNDO TRAMO RIBERA DERECHA****3.5.2.- Valorización de Bienes. Daño Económico Esperado**

Sobre la base de aerofotografías satelitales, se cuantificaron en forma aproximada los principales bienes contenidos en las áreas de influencia directa definidas para cada una de los sectores críticos A1 al A23 y B1 al B12.

Para estos efectos se midieron, dentro de cada una de las áreas señaladas:

- Las superficies correspondientes.

- La longitud de los caminos pavimentados y no pavimentados.
- El número de viviendas.
- La cantidad de galpones, bodegas, industrias, tranques, plantas de tratamiento de aguas.

En las Tablas N°3.4 y N°3.5 se señala la cuantificación de esos bienes, de la ribera izquierda y derecha, respectivamente.

En la Tabla N°3.6 se presentan los valores unitarios básicos, para ser aplicados sobre las unidades medidas en las anteriores tablas, para obtener una valorización estimativa de ellos. Esta tabla también incluye una columna que muestra un factor de pérdida que se asigna a cada uno de los tipos de bienes considerados, para determinar así, un valor estimado de los daños esperados en cada área de influencia directa.

En las Tablas N°3.7 y N°3.8 se valorizan los daños esperados en los bienes de cada área de influencia en la ribera izquierda y derecha, respectivamente. Se han calculado sobre la base de la información contenida en las Tablas N°3.4, N°3.5 y N°3.6.

En las Tablas N°3.9 y N°3.10 se muestra la asignación de los valores de los daños esperados en las diferentes áreas de influencia en la ribera izquierda y la derecha, respectivamente, a los sectores críticos, empleando los factores de transferencia señalados en esos cuadros.

En la Tabla N°3.11 se resumen, para ambas riberas, los daños esperados, calculados como se indicó, asociados a cada sector crítico. Este valor del Daño Esperado, es el equivalente al Daño Directo Evitado con la materialización de las obras de un proyecto de defensa que proporcione protección a un sector crítico de ribera, relacionado con el área eventualmente afectada.

TABLA N°3.4

PRINCIPALES BIENES AMENAZADOS EN ÁREAS PARCIALES DE INFLUENCIA
RIBERA IZQUIERDA

Área	Superficie Agrícola		Vivien- das	Galpones, Bodegas, etc.	Industrias, Otros	Planta Tratamiento AS	Caminos		Tranque	Defensas Fluviales en Riesgo
	Inun- dación	Pérdida de Suelo					Tierra	Pavimento		
	ha						km			
				N°				N°	km	
A1	6		328					1,8		
A2	215		143	4	1	1	17,9	0,0		
A3		10								
A4		12								
A5	1.159		307	8			12,5	3,1		
A6	550		653	15			4,6	4,8		
A7	362									
A8	2		59				0,8	0,4		
A9	213		111		1		6,7			
A10	643		305	3			10,4	0,4		
A11	904		429	5			14,6	0,5		
A12	263	12	85	4			5,5	0,0		
A13	52		49				1,0	0,0		
A14	250		181	4			2,9	0,0		
A15	171		67	2			1,2	0,6		
A16	108		87				4,5	1,0		
A17	48		32				4,0	0,0		
A18	194		12	6			8,7	0,0	1	
A19	69		24		1		3,5	0,0		
A20	170		31	2	1		3,2	0,0		
A21	466		297	11		1	14,4	1,6		
A22	281		161	3			3,8	1,1		
A23	536		9	10	1		11,6	0,0		
Σ	6.662	34	3.370	77	5	2	131,8	15,4	1	

TABLA N°3.5

**PRINCIPALES BIENES AMENAZADOS EN ÁREAS PARCIALES DE INFLUENCIA
RIBERA DERECHA**

Área	Superficie Agrícola		Vivien- das	Galpones, Bodegas, etc.	Industrias, Otros	Planta Tratamiento AS	Caminos			Tran- que	Defensas Fluviales en Riesgo N°
	Inun- dación	Pérdida de Suelo					Tierra	Pavi- mento	Ruta H30		
	ha				N°		km				
B1	84		24	1			2,8	0,8	0,0		
B2	42		8	1			0,5	0,0	0,0		
B3	25		10	1			1,1	0,0	0,0		
B4	214		31	6			5,3	0,0	0,0		
B5	453		393	13	2		15,3	1,5	3,2		
B6	711		1.195	23	3		15,3	4,6	3,8		
B7	464		406	12			9,0	0,0	0,0		
B8	1.765		2.448	16	6		39,2	11,9	2,8		
B9	755	30	274	14	1		22,3	0,0	4,6		
B10	273		6				8,0	0,0	0,0		
B11	3.266		290	15	1	1	45,3	3,5	0,0	8	
B12											
B13	0		16				3,7	0,0	0,0		
Σ	8.052	30	5.101	102	13	1	167,7	22,3	14,4	8	0

TABLA N°3.6

DAÑO ECONÓMICO ESPERADO PARA DIFERENTES TIPOS DE BIENES AMENAZADOS

Tipo de bien amenazado	Unidad	Valor	Factor de Pérdida	Pérdida
Pérdidas por inundación de terrenos agrícolas y embancamiento de canales.	MM\$/Ha	7	0,10	0,7
Pérdida irreversible de suelo por erosión, en terrenos agrícolas	MM\$/Ha	7	1,00	7,0
Viviendas, daños estructurales y pérdida de enseres	MM\$/U	10	0,15	1,5
Galpones, bodegas, silos, etc., .daños generales y pérdida de productos y elementos	MM\$/U	6	0,15	0,9
Agro-Industrias, industrias en general, estaciones de servicio, etc. Pérdidas generales	MM\$/U	80	0,15	12,0
Planta de tratamiento de aguas servidas. Pérdidas por embanques y daños a instalaciones	MM\$/U	120	0,20	24,0
Caminos de tierra. Reposición de estabilizado	MM\$/Km	8	0,70	5,6
Camino pavimentado. Reparación de base y pavimento	MM\$/Km	350	0,15	52,5
Ruta H30. Reparación de base y pavimento, obras de desvío	MM\$/Km	500	0,15	75,0
Tranque regulación de agua de riego. Desembanque, reparación muro dique	MM\$/U	40	0,25	10,0
Defensas fluviales. Pérdida = Costo diferencial obra nueva - reforzamiento obra existente	MM\$/Km rib	250	0,30	75,0

TABLA N°3.7

**DAÑOS ECONÓMICOS DIRECTOS ESPERADOS CRECIDA PERÍODO DE RETORNO 25 AÑOS
PARA ÁREAS PARCIALES DE INFLUENCIA - RIBERA IZQUIERDA**

Área	Superficie Agrícola		Vivien- das	Galpones, Bodegas, etc.	Indus- trias, Otros	Planta Trata- miento AS	Caminos		Tran- que	Defensas Fluviales en Riesgo	Total Daños
	Inun- dación	Pérdida de Suelo					Tierra	Pavi- mento			
	MM\$										
A1	4		492					96			592
A2	151		215	4	12	24	100				505
A3		70									70
A4		84									84
A5	811		461	7			70	163			1.512
A6	385		980	14			26	252			1.656
A7	253										253
A8	1		89				4	21			115
A9	149		167		12		38				365
A10	450		458	3			58	21			990
A11	633		644	5			82	26			1.389
A12	184	84	128	4			31				430
A13	36		74				6				116
A14	175		272	4			16				466
A15	120		101	2			7	32			260
A16	76		131				25	53			284
A17	34		48				23				104
A18	136		18	5			49		10		218
A19	48		36		12		20				116
A20	119		47	2	12		18				197
A21	326		446	10		24	81	84			970
A22	197		242	3			21	60			522
A23	375		14	9	12		65				475
Σ	4.663	238	5.055	69	60	48	738	807	10	0	11.689

TABLA N°3.8

**DAÑOS ECONÓMICOS DIRECTOS ESPERADOS CRECIDA PERÍODO DE RETORNO 25 AÑOS
PARA ÁREAS PARCIALES DE INFLUENCIA - RIBERA DERECHA**

Área	Superficie Agrícola		Vivien- das	Galpones, Bodegas, etc.	Indus- trias, Otros	Planta Trata- miento AS	Caminos			Tran- que	Defensas Fluviales en Riesgo	Total Daños
	Inun- dación	Pérdida de Suelo					Tierra	Pavi- mento	Ruta H30			
	MM\$											
B1	59		36	1			15	43				154
B2	29		12	1			3					45
B3	18		15	1			6					40
B4	150		47	5			30					231
B5	317		590	12	24		86	80	242			1.349
B6	498		1.793	21	36		86	243	288			2.964
B7	325		609	11			50					995
B8	1.236		3.672	14	72		219	624	208			6.045
B9	529	210	411	13	12		125		344			1.643
B10	191		9				45					245
B11	2.286		435	14	12	24	254	181		80		3.286
B12												0
B13			24				21					45
Σ	5.636	210	7.652	92	156	24	939	1.170	1.082	80	0	17.040

TABLA N°3.9

**FACTORES DE TRANSFERENCIA DE INUNDACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES ÁREAS DE INFLUENCIA
ASOCIACIÓN DE SECTORES CRÍTICOS DE RIBERA CON BIENES AMENAZADOS
RIBERA IZQUIERDA**

AREA LOCAL		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23
BIENES AMENAZADOS	MM\$	592	505	70	84	1.512	1.656	253	115	365	990	1.389	430	116	466	260	284	104	218	116	197	970	522	475
SECTOR	MM\$																							
Lo Conti	592	1,0																						
La Alpargata	505		1,0																					
Planta Aguas Servidas Olivar	70			1,0																				
Olivar Bajo 1	84				1,0																			
Olivar Bajo 2 - El Crucero	2.390					1,0	0,5	0,2																
Tres Puentes – Chillehue	1.782						1,0	0,5																
El Rulo - Los Sajos	253							1,0																
Millahue	115								1,0															
Punta del Viento	1.838									1,0	0,7	0,5	0,2											
El Romeral	1.770										1,0	0,5	0,2											
Monte Lorenzo Arriba	1.627											1,0	0,5	0,2										
Monte Lorenzo Abajo	488												1,0	0,5										
Toquigua Abajo	116													1,0										
Tunca Abajo	596														1,0	0,5								
La Palma	260															1,0								
La Argentina	380																1,0	0,5	0,2					
Santa Cecilia	213																	1,0	0,5					
Viceparroquia	218																		1,0					
Mal Paso de Larmahue	461																			1,0	0,5	0,2	0,1	
Pichidegua	881																				1,0	0,5	0,2	0,2
La Torina	1.326																					1,0	0,5	0,2
Alto Los Padilla	759																						1,0	0,5
Puente Las Cabras Aguas Abajo	475																							1,0

TABLA N°3.10

FACTORES DE TRANSFERENCIA DE INUNDACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES AREAS DE INFLUENCIA
ASOCIACION DE SECTORES CRITICOS DE RIBERA CON BIENES AMENAZADOS
RIBERA DERECHA

Sector	Km. Inicio	Km. Término	MM\$	AREAS AMENAZADAS												
				B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13
				154	45	40	231	1.349	2.964	995	6.045	1.643	245	3.286	0	45
Puente Alta	1.94	2.70	184	1,0	0,5	0,2										
La Granja	5.20	5.90	64		1,0	0,5										
Punta de Cortés	7.00	7.60	40			1,0										
Lo Miranda	9.90	11.60	636				1,0	0,3								
California - Paraguay	14.90	18.70	1.349					1,0								
Los Marcos	23.60	25.90	4.670						1,0	0,5	0,2					
Monte Grande	28.20	28.50	4.017							1,0	0,5					
Tres Esquinas	28.80	30.20	6.045								1,0					
E. Purén - Cuesta Idahue	37.50	43.70	1.643									1,0				
El Molino	50.20	50.80	2.873										1,0	0,8	0,1	
Aguas Claras	55.50	57.00	3.286											1,0	0,1	
Santa Julia	75.45	77.15	13												1,0	0,3
El Seminario.	82.30	82.60	45													1,0

TABLA N°3.11

**DAÑO ESPERADO, ASIGNADO A CADA SECTOR CRÍTICO
PARA Q = 25 AÑOS**

Ribera Izquierda		Ribera Derecha	
Sector Crítico	Daño Esperado MM\$	Sector Crítico	Daño Esperado MM\$
Lo Conti	592	Puente Alta	184
La Alpargata	505	La Granja	64
Planta Aguas Servidas Olivar	70	Punta de Cortés	40
Olivar Bajo 1	84	Lo Miranda	636
Olivar Bajo 2 - El Crucero	2.390	California - Paraguay	1.349
Tres Puentes - Chillehue	1.782	Los Marcos	4.670
El Rulo - Los Sajos	253	Monte Grande	4.017
Millahue	115	Tres Esquinas	6.045
Punta del Viento	1.838	Desembocadura Estero Purén - Cuesta Idahue	1.643
El Romeral	1.770	El Molino	2.873
Monte Lorenzo Arriba	1.627	Aguas Claras	3.286
Monte Lorenzo Abajo	488	Santa Julia	13
Toquigua Abajo	116	El Seminario.	45
Tunca Abajo	596		
La Palma	260		
La Argentina	380		
Santa Cecilia	213		
Viceparroquia	218		
Mal Paso de Larmahue	461		
Pichidegua	881		
La Torina	1.326		
Alto Los Padilla	759		
Puente Las Cabras Aguas Abajo	475		

3.5.3.- Análisis de Riesgo de los Sectores Críticos

- **Amenaza:** Se asocia a la probabilidad de ocurrencia de una crecida del río que ocasione daños a los bienes y personas localizados en las áreas ribereñas. La amenaza se puede estimar por:
 - Las acciones hidráulicas solicitantes del río, altura y velocidad del agua y efectos socavantes del lecho, su morfología en el sector de interés, particularmente su posible estrechura o localización en curva, que pueden incidir en los efectos mencionados
 - Los elementos resistentes naturales o artificiales existentes en dichos sectores, como pueden ser la altura suficiente de la ribera, ya sea natural o peraltada, defensas artificiales de ribera, como enrocados, gaviones o patas de cabra, o protecciones naturales como es la forestación o un terreno de la ribera naturalmente resistente a la socavación.

Sobre la base de la información disponible relativa a los antecedentes históricos de socavaciones e inundaciones en un sector, como de las condiciones actuales en él, como pueden ser la incidencia de un canal activo sobre dicho sector, su localización en un tramo estrecho del cauce, o en una curva externa, se ha definido un indicador de amenaza con la siguiente escala:

Indicador de Amenaza	Calificación
1	Muy leve
2	Leve
3	Mediana
4	Alta
5	Muy Alta

En las Tablas N°3.12 y N°3.13 se muestran los indicadores de Amenaza, junto con los elementos considerados para su estimación en cada uno de los sectores críticos. Estos son la existencia de especiales solicitaciones hidráulicas del escurrimiento, las condiciones morfológicas del cauce, los elementos naturales o artificiales resistentes a dichas solicitaciones, y la posible afectación del

sector ocurrida durante recientes crecidas, en cuyo caso se ha definido un indicador de amenaza máxima. Sobre la base de estos antecedentes, finalmente se define un indicador de amenaza, con escala de 1 a 5, vinculado a cada sector.

TABLA N°3.12**CALIFICACIÓN DE AMENAZA EN SECTORES CRÍTICOS – RIBERA IZQUIERDA**

Sector	Km.		Comuna	Solicitud Hidráulica			Condición resistente de la ribera			Amenaza Calificada (Escala 1 a 5)
	Inicio	Término		Factores Mayorantes			Factores Minorantes		Factor Mayorante	
				Sección Estrecha del Cauce	Canal Principal Incide en Ribera	Ribera en Curva Externa	Ribera de Altura Insuficiente	Ribera Afectada Reciente-mente	Ribera con Defensa (Insegura o Precaria)	
Lo Conti	0 ,00	0 ,35	Olivar		si		si			2
La Alpargata	4 ,80	5 ,80					si		si	2
Planta Aguas Servidas Olivar	7 ,40	8 ,70		si		si	si			3
Olivar Bajo 1	10 ,30	12 ,60			si	si		si		5
Olivar Bajo 2 - El Crucero	12 ,60	16 ,30			si	si			si	2
Tres Puentes - Chillehue	22 ,25	25 ,00	Coinco	si	si	si	si			4
El Rulo - Los Sajos	26 ,50	30 ,80					si			2
Millahue	33 ,15	33 ,50			si			si	si	5
Punta del Viento	35 ,70	38 ,00	San Vicente		si				si	2
El Romeral	38 ,00	41 ,60			si	si	si			3
Monte Lorenzo Arriba	41 ,60	45 ,70			si	si +	si			4
Monte Lorenzo Abajo	45 ,70	48 ,10			si		si			3
Toquigua Abajo	48 ,10	48 ,70			si			si		5
Tunca Abajo	50 ,00	50 ,60		si	si			si		4
La Palma	52 ,50	52 ,67			si		si	si		5
La Argentina	55 ,20	56 ,60		si			si	si		5
Santa Cecilia	56 ,60	57 ,50			si		si			3
Viceparroquia	58 ,40	59 ,70			si		si			3
Mal Paso de Larmahue	62 ,90	63 ,80	Pichidegua		si		si			3
Pichidegua	64 ,80	66 ,50			si		si			3
La Torina	66 ,50	71 ,20			si		si	si		5
Alto Los Padilla	74 ,30	75 ,10					si			3
Puente Las Cabras	78 ,60	80 ,00								
Aguas Abajo					si		si			4

Nivel de Amenaza	
0	Inexistente
1	Muy leve
2	Leve
3	Mediano
4	Alto
5	Muy alto

TABLA N°3.13**CALIFICACIÓN DE AMENAZA EN SECTORES CRÍTICOS – RIBERA DERECHA**

Sector	Km.		Comuna	Solicitud Hidráulica			Condición resistente de la ribera			Amenaza Calificada (Escala 1 a 5)
	Inicio	Término		Factores Mayorantes			Factores Minorantes		Factor Mayorante	
				Sección Estrecha del Cauce	Canal Principal Incide en Ribera	Ribera en Curva Externa	Ribera de Altura Insuficiente	Ribera Afectada Recientemente	Ribera con Defensa (Insegura o Precaria)	
Puente Alta	1 ,94	2 ,70	Rancagua		si	si			si	1
La Granja	5 ,20	5 ,90				si	si			2
Punta de Cortés	7 ,00	7 ,60			si	si				2
Lo Miranda	9 ,90	11 ,60			si		si			2
California - Paraguay	14 ,90	18 ,70	Doñihue		si	si		si	si	5
Los Marcos	23 ,60	25 ,90	Coltauco	si	si	si			si	3
Monte Grande	28 ,20	28 ,50						si		5
Tres Esquinas	28 ,80	30 ,20						si	si	5
Desembocadura Estero Purén - Cuesta Idahue	37 ,50	43 ,70			si	si	si			3
El Molino	50 ,20	50 ,80	Peumo	si					si	1
Aguas Claras	55 ,50	57 ,00		si	si	si	si			4
Santa Julia	75 ,45	77 ,15	Las Cabras				si			1
El Seminario.	82 ,30	82 ,60			si	si	si			3

Nivel de Amenaza	
0	Inexistente
1	Muy leve
2	Leve
3	Mediano
4	Alto
5	Muy alto

- **Vulnerabilidad:** Se asocia a los daños económicos y sociales derivados de la ocurrencia de una crecida y sus secuelas de desbordes, socavaciones y consecuentes daños a la agricultura, viviendas, industria, personas y enseres.

Frente a la incierta cuantificación de los daños económicos, acumulados a los daños a las personas, como son los gastos médicos, daños a la salud física, daños inmateriales como son los daños psicológicos, la sensación de inseguridad presente aún antes de ocurrir el evento de inundación, etc., para los efectos de valorizarlos considerando también estos aspectos sociales, se ha optado por ponderar, a través de factores multiplicadores, al valor de los bienes con mayor vinculación a las personas, como los de las viviendas y de las vías de tránsito afectadas, entre todos los bienes amenazados que han sido considerados en la evaluación económica, que ha determinado el daño económico esperado.

Los factores multiplicadores empleados, fueron:

- Viviendas : 10
- Caminos Pavimentados : 8
- Caminos de Tierra : 5

En esta forma se determinó un valor de daño, definido como económico-social, que ciertamente no es una expresión económica, aunque ha sido generado en una valorización de ese tipo. En las Tablas N°3.14 y N°3.15, se muestra el cálculo del valor que representa al Daño Económico-Social asociado a las áreas de influencia directa, en las riberas izquierda y derecha, respectivamente

Al igual que en el procedimiento empleado para cuantificar el daño económico, el valor representativo del daño económico-social asignado a las áreas de influencia directa, de ambas riberas, se reasignan a los diferentes sectores críticos, empleando los mismos factores de transferencia entre áreas. En las Tablas N°3.16 y N°3.17 se señalan los valores representativos del Daño Económico-Social, transferidos desde las áreas de influencia, a los sectores críticos

Finalmente, con los valores del ese daño vinculado a cada sector crítico, se generó un indicador de Vulnerabilidad con escala de números enteros de 1 a 5, cuyos significados, de muy leve a muy alto, son similares a los indicadores definidos para la Amenaza

El Indicador de Vulnerabilidad se generó según los rangos del daño económico social esperado, según lo siguiente:

Daño Económico-Social	Indicador de Vulnerabilidad
De 0 a 4.000 millones	1
De 4.000 a 8.000 millones	2
De 8.000 a 12.000 millones	3
De 12.000 a 16.000 millones	4
Sobre 16.000 millones	5

En la Tabla N°3.18 se muestran para ambas riberas los valores indicativos del Daño Económico-Social Esperado de cada sector crítico, y sus correspondientes indicadores de Vulnerabilidad.

TABLA N°3.14

DAÑOS ECONÓMICO-SOCIALES ESPERADOS CON CRECIDA DE PERÍODO DE RETORNO 25 AÑOS
ÁREAS PARCIALES DE INFLUENCIA - RIBERA IZQUIERDA

Área	Superficie Agrícola		Viviendas	Galpones, Bodegas, etc.	Industrias, Otros	Planta Tratamiento AS	Caminos		Tranques	Defensas Fluviales	Valor Indicativo Daños
	Inundación	Pérdida de Suelo					Tierra	Pavimento			
	MM\$										
A1	8		8.200					512			8.721
A2	301		3.575	5	16	48	716				4.661
A3		70									70
A4		84									84
A5	1.623		7.675	10			500	868			10.675
A6	770		16.325	18			184	1.344			18.641
A7	507										507
A8	3		1.475				32	112			1.622
A9	298		2.775		16		268				3.357
A10	900		7.625	4	0		416	112			9.057
A11	1.266		10.725	6			584	140			12.721
A12	368	84	2.125	5			218				2.800
A13	73		1.225				42				1.339
A14	350		4.525	5			115				4.995
A15	239		1.675	2			49	168			2.134
A16	151		2.175				181	283			2.790
A17	67		800				161				1.029
A18	272		300	7			348		12		939
A19	97		600		16		140				852
A20	238		775	2	16		127				1.158
A21	652		7.425	13		48	575	448			9.162
A22	393		4.025	4			151	319			4.892
A23	750		225	12	16		466				1.469
Totales	9.327	238	84.250	92	80	96	5.272	4.306	12	0	103.674

TABLA N°3.15

DAÑOS ECONÓMICO-SOCIALES ESPERADOS CON CRECIDA DE PERÍODO DE RETORNO 25 AÑOS
ÁREAS PARCIALES DE INFLUENCIA - RIBERA DERECHA

Área	Superficie Agrícola		Viviendas	Galpones, Bodegas, etc.	Industrias, Otros	Planta Tratamiento AS	Caminos			Tranques	Defensas Fluviales	Valor Indicativo Daños
	Inundación	Pérdida de Suelo					Tierra	Pavimento	Ruta H30			
												MM\$
B1	118		600	1			110	227			95	1.151
B2	58		200	1			18					278
B3	35		250	1			46					332
B4	300		775	7			213				475	1.770
B5	634		9.825	16	32		613	426	161			11.707
B6	995		29.875	28	48		611	1.296	192		188	33.233
B7	650		10.150	14			360					11.174
B8	2.471		61.200	19	96		1.568	3.326	139			68.819
B9	1.057	420	6.850	17	16		891		229			9.480
B10	382		150				318				75	925
B11	4.572		7.250	18	16	48	1.812	966		96		14.778
B12												0
B13			400				147					547
Totales	11.272	420	127.525	122	208	48	6.707	6.241	721	96	833	154.194

TABLA N°3.16

**FACTORES DE TRANSFERENCIA DE INUNDACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES ÁREAS DE INFLUENCIA
ASOCIACIÓN DE SECTORES CRÍTICOS DE RIBERA CON DAÑOS ECONÓMICO-SOCIALES
RIBERA IZQUIERDA**

SECTOR	MM\$	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23
		8721	4661	70	84	10675	18641	507	1622	3357	9057	12721	2800	1339	4995	2134	2790	1029	939	852	1158	9162	4892	1469
Lo Conti	8721	1,0																						
La Alpargata	4661		1,0																					
Planta Aguas Servidas Olivar	70			1,0																				
Olivar Bajo 1	84				1,0																			
Olivar Bajo 2 - El Crucero	20097					1,0	0,5	0,2																
Tres Puentes - Chillehue	18894						1,0	0,5																
El Rulo - Los Sajos	507							1,0																
Millahue	1622								1,0															
Punta del Viento	16617									1,0	0,7	0,5	0,2											
El Romeral	15977										1,0	0,5	0,2											
Monte Lorenzo Arriba	14389											1,0	0,5	0,2										
Monte Lorenzo Abajo	3470												1,0	0,5										
Toquigua Abajo	1339													1,0										
Tunca Abajo	6061														1,0	0,5								
La Palma	2134															1,0								
La Argentina	3492																1,0	0,5	0,2					
Santa Cecilia	1498																	1,0	0,5					
Viceparroquia	939																		1,0					
Mal Paso de Larmahue	3753																			1,0	0,5	0,2	0,1	
Pichidegua	7011																				1,0	0,5	0,2	0,2
La Torina	11902																					1,0	0,5	0,2
Alto Los Padilla	5627																						1,0	0,5
Puente Las Cabras Aguas Abajo	1469																							1,0

TABLA N°3.17

FACTORES DE TRANSFERENCIA DE INUNDACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES ÁREAS DE INFLUENCIA
ASOCIACIÓN DE SECTORES CRÍTICOS DE RIBERA CON DAÑOS ECONÓMICO-SOCIALES
RIBERA DERECHA

Sector	VALOR	AREAS AMENAZADAS												
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13
		1151	278	332	1.770	11.707	33.233	11.174	68.819	9.480	925	14.778	0	547
Puente Alta	1.356	1,0	0,5	0,2										
La Granja	444		1,0	0,5										
Punta de Cortés	332			1,0										
Lo Miranda	5.282				1,0	0,3								
California - Paraguay	11.707					1,0								
Los Marcos	52.584						1,0	0,5	0,2					
Monte Grande	45.584							1,0	0,5					
Tres Esquinas	68.819								1,0					
E. Purén - Cuesta Idahue	9.480									1,0				
El Molino	12.748										1,0	0,8	0,1	
Aguas Claras	14.778											1,0	0,1	
Santa Julia	164												1,0	0,3
El Seminario.	547													1,0

TABLA N°3.18**INDICADORES DE VULNERABILIDAD VALORES INDICATIVOS DEL DAÑO ECONÓMICO-SOCIAL ESPERADO ASIGNADO A CADA SECTOR CRÍTICO PARA Q 25 AÑOS**

Sector Crítico	Daño E-S Esperado Valor Indicativo	Vulnerabilidad Indicador
Ribera Izquierda		
Lo Conti	8.721	3
La Alpargata	4.661	2
Planta Aguas Servidas Olivar	70	1
Olivar Bajo 1	84	1
Olivar Bajo 2 - El Crucero	20.097	5
Tres Puentes - Chillehue	18.894	5
El Rulo - Los Sajos	507	1
Millahue	1.622	1
Punta del Viento	16.617	5
El Romeral	15.977	4
Monte Lorenzo Arriba	14.389	4
Monte Lorenzo Abajo	3.470	1
Toquigua Abajo	1.339	1
Tunca Abajo	6.061	2
La Palma	2.134	1
La Argentina	3.492	1
Santa Cecilia	1.498	1
Viceparroquia	939	1
Mal Paso de Larmahue	3.753	1
Pichidegua	7.011	2
La Torina	11.902	3
Alto Los Padilla	5.627	2
Puente Las Cabras Aguas Abajo	1.469	1
Ribera Derecha		
Puente Alta	1.356	1
La Granja	444	1
Punta de Cortés	332	1
Lo Miranda	5.282	2
California - Paraguay	11.707	3
Los Marcos	52.584	5
Monte Grande	45.584	5
Tres Esquinas	68.819	5
Desembocadura Estero Purén - Cuesta Idahue	9.480	3
El Molino	12.748	4
Aguas Claras	14.778	4
Santa Julia	164	1
El Seminario.	547	1

- **Riesgo**

Para los efectos de priorización, y con el objeto de establecer una escala de riesgo de 1 a 5, similar y con el mismo significado, desde muy leve a muy alto, el indicador de Riesgo se define como la media geométrica entre los indicadores de Amenaza y Vulnerabilidad, es decir, se calcula como la raíz cuadrada de sus productos.

$$R = \sqrt{V \cdot A}$$

donde:

R : Indicador de Riesgo
 V : Indicador de Vulnerabilidad
 A : Indicador de Amenaza

En la tabla siguiente se resumen los valores finales obtenidos, para cada sector, de los indicadores de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, determinados de acuerdo a los procedimientos descritos.

TABLA N°3.19
INDICADORES DE RIESGO

Sector	Vulnerabilidad	Amenaza	Riesgo	Color
	1 a 5	1 a 5	1 a 5	(*)
Ribera Izquierda				
Lo Conti	3	3	3,0	Cyan
La Alpargata	2	2	2,0	Verde
Planta Aguas Servidas Olivar	1	3	1,7	Verde
Olivar Bajo 1	1	5	2,2	Verde
Olivar Bajo 2 - El Crucero	5	2	3,2	Cyan
Tres Puentes - Chillehue	5	4	4,5	Rojo
El Rulo - Los Sajos	1	2	1,4	Verde
Millahue	1	5	2,2	Verde
Punta del Viento	5	2	3,2	Cyan
El Romeral	4	3	3,5	Cyan
Monte Lorenzo Arriba	4	4	4,0	Rojo
Monte Lorenzo Abajo	1	3	1,7	Verde
Toquigua Abajo	1	5	2,2	Verde
Tunca Abajo	2	4	2,8	Cyan
La Palma	1	5	2,2	Verde
La Argentina	1	5	2,2	Verde
Santa Cecilia	1	3	1,7	Verde
Viceparroquia	1	3	1,7	Verde
Mal Paso de Larmahue	1	3	1,7	Verde
Pichidegua	2	3	2,4	Cyan
La Torina	3	5	3,9	Rojo
Alto Los Padilla	2	3	2,4	Cyan
Puente Las Cabras Aguas Abajo	1	4	2,0	Verde
Ribera Derecha				
Puente Alta	1	1	1,0	Verde
La Granja	1	2	1,4	Verde
Punta de Cortés	1	2	1,4	Verde
Lo Miranda	2	2	2,0	Verde
California - Paraguay	3	5	3,9	Rojo
Los Marcos	5	3	3,9	Rojo
Monte Grande	5	5	5,0	Rojo
Tres Esquinas	5	5	5,0	Rojo
Desembocadura Estero Purén - Cuesta Idahue	3	3	3,0	Cyan
El Molino	4	1	2,0	Verde
Aguas Claras	4	4	4,0	Rojo
Santa Julia	1	1	1,0	Verde
El Seminario.	1	3	1,7	Verde

(*): En las Figuras N°3.4-A y N°3.4-B, con el mapa de los sectores críticos de ambas riberas en toda el área de estudio, se ilustra la información mencionada asociando a cada sector su nivel de riesgo, empleando tres colores, de acuerdo al siguiente cuadro:

Nivel de Riesgo	Calificación	Color
1,0 a 2,3	Bajo	Verde
2,3 a 3,7	Medio	Cyan
3,7 a 5,0	Alto	Rojo

FIGURA N°3.4-A
MAPA SECTORES CRÍTICOS

FIGURA N°3.4-B
MAPA SECTORES CRÍTICOS

3.5.4.- Conclusiones

En el presente punto se entregan las principales conclusiones derivadas del Diagnóstico, basado en los estudios y análisis de los antecedentes recopilados y levantados en terreno.

- a) En el sector en estudio del río Cachapoal, los sectores críticos se localizan a lo largo de todo su recorrido, lo que se evidencia por la magnitud de las inundaciones que se han registrado históricamente en ambas riberas. De un análisis de riesgo se determinó la existencia de varios sectores que presentan características de alto riesgo frente a las solicitaciones de una crecida.
- b) Debido a lo anterior, a lo largo de los últimos años se han venido construyendo importante cantidad de obras de defensas fluviales en todo el tramo de este estudio, con mayor énfasis en la ribera derecha. Mayoritariamente estas obras han sido ejecutadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP). También, varias de ellas han sido construidas por propietarios ribereños. En este último caso, algunas de esas obras no han contado con la debida autorización del MOP, lo que en oportunidades ha generado conflictos entre propietarios ribereños de márgenes opuestas.
- c) Los más importantes daños ocasionados en las áreas ribereñas se asocian a crecidas mayores del río Cachapoal, como la ocurrida el año 1986, que corresponde a un evento con período de retorno aproximado de 25 años. Las crecidas registradas los años 2000 y 2005, corresponden a eventos de ocurrencia más frecuente, con daños ocasionados considerados de menor importancia relativa.
- d) Los daños reportados por los habitantes ribereños y otros actores entrevistados señalan fenómenos de inundaciones tanto en las áreas de uso urbano como agrícola. Asimismo se han detectado importantes procesos de erosión de riberas, con resultado de pérdida de suelo.
- e) Según se ha reportado, una parte de los problemas de inundación se originaron en las bocatomas de los canales de riego, varias de las cuales presentan problemas estructurales y de operación en periodo invernal. También se reportaron otras acciones negativas, como son las faenas de extracciones de áridos mal reguladas y/o mal fiscalizadas.
- f) En la mayoría de los casos, los desbordes y erosiones de riberas son originados por las características naturales, propias del río en estudio, determinadas éstas por sus condiciones de cauce aluvial, de alta pendiente, inestable. De un análisis de la evolución de la pendiente del cauce con su kilometraje, se pudo detectar la existencia de extensos tramos del lecho con tendencia a ser degradado, o al embancamiento.

Elas pueden facilitar el depósito del material de arrastre, originando tramos de riberas con poca altura, y por lo tanto vulnerables a ser superadas por crecidas regulares, además de favorecer cambios de curso del río, que afectan con erosión a las riberas, o tramos en los cuales es esperable un proceso profundización del nivel medio del lecho, debido a la relativa mayor capacidad de arrastre sólido que posee el escurrimiento en tales tramos.
- g) De acuerdo a lo observado en terreno, una proporción de las obras de defensa existentes requieren de mantenimiento, ya sea para reparar los sectores dañados, particularmente fundaciones de revestimientos de enrocados y cabezas de espigones, o para peraltar los pretilos y revestimientos de enrocado existentes.
- h) En el caso de las bocatomas, dada la vulnerabilidad que algunas de ellas presentan frente a las crecidas, es común que ellas requieran ser complementadas con compuertas terraplenes-fusibles de caudales mayores, peralte de muros y/o, defensas fluviales, cuando carecen de estos elementos.
- i) La mayor parte de las riberas del cauce del río Cachapoal, se observan sin forestación, lo que desfavorece su seguridad frente al riesgo de erosión de las mismas con la ocurrencia de crecidas.