



**INSTITUTO NACIONAL DE HIDRAULICA
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

***VOLUMEN II: INFORME FINAL
PROPOSICIÓN DE DESLINDES***

**ESTUDIO "DIAGNOSTICO HIDRÁULICO RÍO
MATAQUITO, LICANTÉN A DESEMBOCADURA, REGIÓN
DEL MAULE**

01/ DICIEMBRE / 2025



FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO						
PROYECTO REALIZADO PARA						
DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS						
NOMBRE DEL PROYECTO					FECHA	
ESTUDIO "DIAGNOSTICO HIDRÁULICO RÍO MATAQUITO, LICANTÉN A DESEMBOCADURA, REGIÓN DEL MAULE					01/12/2025	
MIEMBROS DEL EQUIPO						
Nombre Apellido (NA)		Especialidad, Cargo en el proyecto, Unidad				
Jaime Cotroneo (JC)		Ingeniero Civil, jefe de proyecto, I+d+i				
Francisco Ulloa (FU)		Ingeniero Civil, jefe de proyecto (S), Ingeniería				
Claudia Sanhueza (CS)		Ingeniero Civil, Ingeniera de Proyecto, Ingeniería				
Camila Osorio (CO)		Ing. Civil en Geografía, Ingeniera de Proyecto, Ingeniería				
Marcos Diaz (MD)		Ingeniero Geomensor, responsable trabajos de terreno, Operaciones				
Bastián Venegas (BV)		Dibujante, Dibujante, Operaciones				
Ronald Chamorro (RC)		Ingeniero Geomensor, Geomensor, Operaciones				
CONTRAPARTE TÉCNICA						
Nombre Apellido (NA)		Especialidad, Departamento				
Alexis Quiroz (AQ)		Ingeniero Civil, Inspección Fiscal, DOH				
REVISADO Y APROBADO POR		INH			INSP. FISCAL	
Rev.	Fecha	Preparó	Revisó	Aprobó	Reviso	Aprobó
A	10/11/2025	JC/FU	FU	RH		NP
B	01/12/2025	JC/FU	FU	RH		NP
CLASIFICACION DEL INFORME						
Revisión Cliente						

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. ALCANCE	3
4. DESLINDES.....	4
4.1 ESTUDIOS BÁSICOS.....	4
4.1.1 Estudio Topográfico.....	4
4.1.2 Estudio Hidráulico	6
4.1.3 Estudio Geomorfológico	17
4.2 PROPOSICIÓN DE DESLINDES	43
4.2.1 FUNDAMENTOS LEGALES	43
4.2.2 FUNDAMENTOS TÉCNICOS	44
4.2.3 DESLINDE	47
4.3 OBRAS DE PROTECCIÓN DE DESLINDES.....	48
4.3.1 Criterios generales de diseño para obras fluviales de defensas longitudinales con enrocados.....	48
4.3.2 Localización en planta.....	48
4.3.3 Diseño perfil enrocados.....	50
4.3.4 Implicancias ambientales	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
6. REFERENCIAS.....	53
7. ANEXOS PROPOSICIÓN DE DESLINDES RIO MATAQUITO.	54
7.1 PERFILES TRANSVERSALES PLANICIES DE INUNDACION	54
7.2 PROYECTO QGIS	57
7.3 LISTADO DE PUNTOS DESLINDE	60
7.3.1 Deslinde ribera norte	60
7.3.2 Deslinde ribera norte	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Área de estudio	1
Figura 4-1: Levantamiento LiDAR Marzo 2024.	5
Figura 4-2: Batimetría en la zona de la desembocadura. La zona delimitada en línea segmentada corresponde a donde no se pudo obtener datos de batimetría.	5
Figura 4-3: Ejemplo del ráster de pendiente topográfica. Se agrega el perfil de elevación de la topobatimetría PT-1.	6
Figura 4-4: Condición de fondo del modelo numérico. Azul: fondo fijo. Rojo: fondo morfo dinámico.	7
Figura 4-5: Áreas de inundación sector Licantén-Puente Lautaro simuladas numéricamente para el caudal máximo medio mensual y los periodos de retorno de la Tabla 4-1.	9
Figura 4-6: Áreas de inundación sector Puente Lautaro-Desembocadura simuladas numéricamente para el caudal máximo medio mensual y los periodos de retorno de la Tabla 4-1.	10
Figura 4-7: Delimitación de zonas de aguas quietas para el sector fluvial.	11
Figura 4-8: Delimitación de zonas de aguas quietas para el sector estuarino.	12
Figura 4-9: Razón entre esfuerzo de fondo y esfuerzo crítico de arrastre para la crecida de periodo de retorno de 2 años.	13
Figura 4-10: Razón entre esfuerzo de fondo y esfuerzo crítico de arrastre para la crecida de periodo de retorno de 5 años.	14
Figura 4-11: Potencial erosivo en las planicies de inundación de las crecidas de periodo de retorno 2 y 5 años, en el sector de Licantén.	15
Figura 4-12: Anomalía en el y potencial erosivo en la ribera Sur justo aguas arriba de la pasarela.	16
Figura 4-13: Potencial erosivo en las planicies de inundación de las crecidas de periodo de retorno 2 y 5 años, en el sector entre la pasarela y el puente Lautaro.	16
Figura 4-14: Potencial erosivo en las planicies de inundación de las crecidas de periodo de retorno 2 y 5 años, en el sector de aguas abajo del puente Lautaro, frente al estero Curepto.	17
Figura 4-15: Ubicación en planta de los perfiles usados para nivel de estrechamiento y relación Ancho/profundidad. En escala de colores profundidad del lecho, en color amarilla menor profundidad y color morado mayor profundidad.	18
Figura 4-16: Vista a la ribera sur, mirando desde el perfil PT26 hacia aguas arriba.	19
Figura 4-17: Perfil longitudinal batimétrico del tramo estudiado (azul) y D50 de las calicatas realizadas (rojo). Sinuosidad (P) y relación de estrechamiento (ER) para el tramo en estudio	20
Figura 4-18: Razón entre el ancho y la profundidad del canal a nivel de banco lleno (índice A/H). Ver ubicación de los perfiles en la Figura 4-15.	21

Figura 4-19: Guía ilustrativa para la clasificación rosgen A,B y C mostrando la sección transversal, composición y criterios de nivel de estrechamiento (Entrh), Sinuosidad (Sin), relación Ancho/Profundidad (W/D) y pendiente. (Fuente: (Rosgen, 1994))	22
Figura 4-20: Esquema de secuencias riffle-pool.	23
Figura 4-21: Fotografías satelitales (Sentinel) de la barra litoral y la descarga del río en diferentes instantes de tiempo (EPSG: 32718 UTM 18S).	26
Figura 4-22: Detección de barra intervenida antrópicamente por agricultura entre el km 5.5 y 7.4. QMM corresponde al área de inundación con la simulación numérica con el caudal máximo medio mensual.	28
Figura 4-23: Detección de barra intervenida antrópicamente por agricultura entre el km 11.5 y 15.4. QMM corresponde al área de inundación con la simulación numérica con el caudal máximo medio mensual.	29
Figura 4-24: Detección de barra intervenida antrópicamente por agricultura entre el km 14 y 16. QMM corresponde al área de inundación con la simulación numérica con el caudal máximo medio mensual.	30
Figura 4-25: Perfil transversal PI-2 (ver Figura 4-28), sector Licantén. Desde aguas arriba hacia aguas abajo.	31
Figura 4-26: Perfil transversal PI-4 (ver Figura 4-28), sector Aeródromo. Desde aguas arriba hacia aguas abajo.	32
Figura 4-27: Perfil transversal PI-7 (ver Figura 4-28), sector puente Lautaro. Desde aguas arriba hacia aguas abajo.	32
Figura 4-28: Mapa de barras fluviales, litoral y planicies de inundación en el área de estudio. Arriba: sector de Licantén. Abajo: sector Puente Lautaro-Puente Mataquito-Desembocadura.	33
Figura 4-29: Histograma con el porcentaje de superficie de agua detectada en la colección Landsat L5 y L8.	35
Figura 4-30: Cantidad de registros satelitales mensuales Landsat utilizados para la detección del río Mataquito.	35
Figura 4-31: Resultados detección satelital del río Mataquitos.	37
Figura 4-32: Antiguos brazos del cauce ubicados entre los kilómetros 20 y 25.5.	38
Figura 4-33: Identificación en terreno de secuencia Riffle-Pool en el kilómetro 0.8 del tramo de estudio.	39
Figura 4-34: Identificación de zonas propensas a erosión de laderas en secuencia rifle-pool.	40
Figura 4-35: Identificación de zonas propensas a erosión de laderas por velocidad del flujo.	41
Figura 4-36: Bancos de arena en ribera norte del puente Lautaro. Imagen tomada en la campaña de terreno de Marzo 2024.	42
Figura 4-37: Imagen satelital año 2024 Google Earth sector puente Lautaro.	42
Figura 4-38: Esquema perfil transversal del criterio para delimitar los deslindes.	44



Figura 4-39: Ejemplo de aplicación del fundamento técnico para el trazado del deslinde mediante la identificación de la caja a través del mapa de pendiente y simulación QMM sector puente Lautaro. 45

Figura 4-40: Zonas incluidas en el deslinde correspondientes a la inundación de la crecida de 2 años de periodo de retorno. Se muestra además el potencial erosivo calculado en la sección 4.1.2.4.1. 47

Figura 4-41: Zonas expuestas a erosión 49

INDICE DE TABLAS

Tabla 4-1: Caudales de crecida en Río Mataquito en Licantén	6
Tabla 4-2: Estadísticos del caudal medio mensual en Río Mataquito en Licanten. Se destaca el caudal máximo medio mensual.	7
Tabla 4-3: Resumen clasificación Rosgen, según tramos rio Mataquito.	25
Tabla 4-4 : Identificación de zonas expuestas a erosión de ribera en deslinde norte.	49
Tabla 4-5 : Identificación de zonas expuestas a erosión de ribera en deslinde sur.	49
Tabla 4-6 :Diseño de enrocados de defensa longitudinal.	50
Tabla 4-7 :Socavación en zonas de protección.....	51
Tabla 7-1: Coordenadas deslinde ribera norte	60
Tabla 7-2: Coordenadas deslinde ribera sur	64

1. INTRODUCCIÓN

La Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP) encargó el realizar el estudio “DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO RÍO MATAQUITO, LICANTÉN A DESEMBOCADURA, REGIÓN DEL MAULE” al Instituto Nacional de Hidráulica (INH). La necesidad de este estudio surge a raíz de los eventos meteorológicos extremos ocurridos en junio y agosto de 2023. Estos fenómenos se caracterizaron por precipitaciones significativas y una isoterma cero en cotas inusualmente altas, lo que generó crecidas extraordinarias en los cauces de la zona central de Chile, incluyendo el río Mataquito.

Como parte del estudio, se realizó una proposición de fijación de deslindes de ambas riberas del río Mataquito desde la localidad de Docamávida (justo al Este de Licantén) hasta la desembocadura del río Mataquito en el sector de Rancura, con una longitud aproximada de 37 km de cauce, como se muestra en el mapa de la Figura 1-1.

Este informe muestra los estudios básicos, fundamentos legales y técnicos utilizados para la elaboración de una propuesta de deslindes conforme a lo establecido en el DS N° 609 del Ministerio de Bienes Nacionales para el cauce del río Mataquito.

Con respecto a los estudios básicos, se realizaron levantamientos topobatemétricos, así como estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos en la zona de estudio.

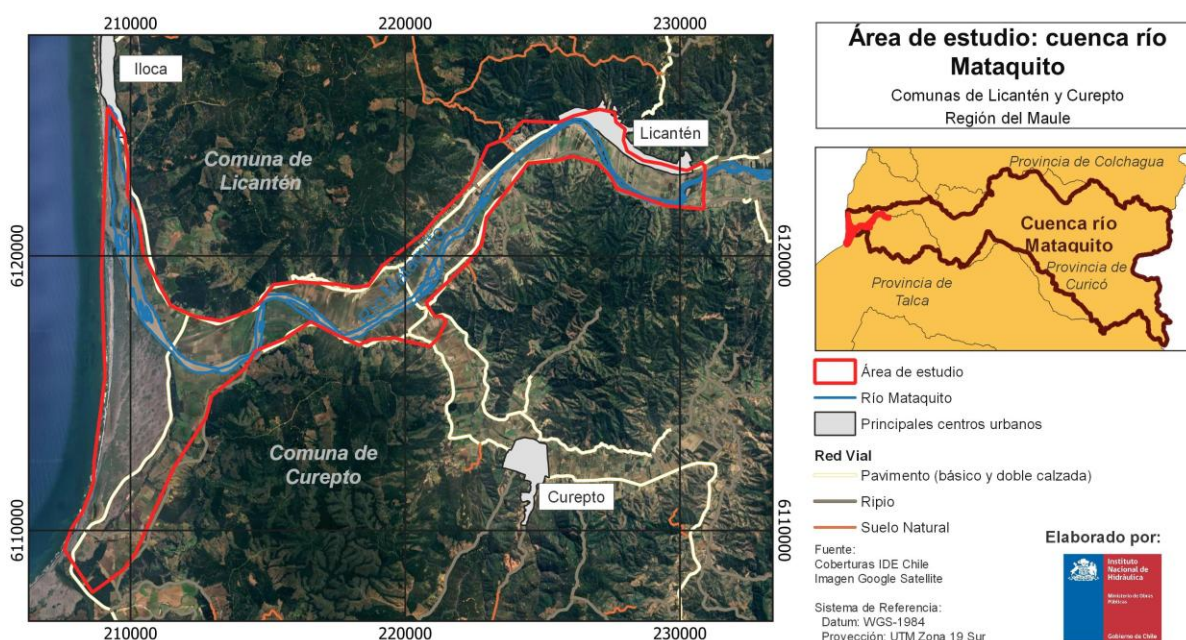


Figura 1-1: Área de estudio

2. OBJETIVOS

En el presente estudio de ingeniería, a través del análisis del comportamiento hidráulico fluvial del cauce del río Mataquito en la zona de Licantén, se espera obtener un diagnóstico de la dinámica fluvial y marítima del sector, que permita elaborar una propuesta de medidas estructurales y no estructurales que permitan adoptar un adecuado manejo del cauce y de los terrenos inundables.

2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, que permitan alcanzar el objetivo general, es posible señalar lo siguiente:

- i. Realizar un diagnóstico hidráulico fluvial del río Mataquito, comuna de Licantén, identificando zonas de inundación y donde existan procesos de erosión de riberas.
- ii. Efectuar una caracterización de la geomorfología del río Mataquito y su evolución en un periodo de tiempo que permita establecer patrones de dinámica fluvial.
- iii. Proponer medidas estructurales que permitan mitigar las inundaciones.
- iv. Proponer medidas no estructurales.
- v. Desarrollar los estudios técnicos y una propuesta preliminar de deslindes del cauce del río Mataquito, conforme a lo señalado en el DS N° 609 del Ministerio de Bienes Nacionales, que sirva como insumo para el Informe Técnico que debe realizar la Dirección de Obras Hidráulicas.
- vi. Realizar un estudio de la dinámica marítima fluvial que permita conocer las condiciones de borde de la descarga del río Mataquito, y posibles medidas estructurales en ese sector.

3. ALCANCE

La mayor parte de los estudios de topografía, geomorfología e hidráulica del río Mataquito, necesarios para la delimitación de los deslindes se encuentran contenidos en el ANEXO_E_PROPOSICION_DESLINDES como Memorias de Cálculo: Hidrología, Trabajo Terreno, Hidráulica Fluvial, Hidráulica Marítima y Régimen Sedimentológico. A continuación, se realiza una breve revisión y descripción de los tópicos relevantes para la delimitación de deslindes.

Esta proposición no incluye los estudios de los títulos de las propiedades

4. DESLINDES

4.1 ESTUDIOS BÁSICOS

4.1.1 Estudio Topográfico

La topografía y batimetría de la zona de estudio fue levantada en el documento Memoria de Cálculo: Trabajo Terreno. Los resultados a considerar generados por el estudio topográfico son un modelo de elevación digital obtenido con una resolución de 63 puntos por metro cuadrado y una ortofoto de igual resolución.

La topografía del terreno se obtuvo principalmente mediante un levantamiento LiDAR, realizado entre el 13 de marzo y el 24 de marzo de 2024 específicamente, cuya extensión se muestra en el mapa de la Figura 4-1. Se utilizó un dron DJI Matrice 300 RTK equipado con un sensor DJI Zenmuse L1. Los datos se procesaron con el software DJI TERRA para generar un Modelo Digital de Elevaciones (MDE).

Por otro lado, la batimetría del lecho del río se realizó utilizando una embarcación Zodiac con un Ecosonda Hidrográfico Odom Hydrotrac. El posicionamiento se hizo con un sistema GNSS Trimble R6-2 y el software HYPACK 2018. En zonas con poca caudal y poca profundidad se utilizó un aerodeslizador (Hovercraft). En áreas donde el ecosonda no fue viable, se recolectó la información directamente en terreno con un sistema GNSS en modalidad RTK.

Todos los trabajos de campo se vincularon a un Sistema de Transporte de Coordenadas (STC) único, definido por una red GNSS de 10 vértices, incluido uno del IGM. Este sistema está referido al Dátum Sirgas y proyectado al sistema UTM Huso 18 Sur. La nivelación geométrica complementó la componente vertical de los vértices.

En el sector de la rompiente y desembocadura del río, no fue posible realizar la batimetría debido a la presencia de oleaje. En tal caso, los datos batimétricos fueron creados artificialmente mediante la interpretación de imágenes satelitales y aplicación de relaciones empíricas para estimar el ancho y cota de fondo en función del caudal y pendiente del lecho. La batimetría creada se muestra en la Figura 4-2, a la izquierda se muestran los datos de elevación, donde se evidencia los canales de sección trapezoidal creados artificialmente. Adicionalmente, se muestra la elevación del terreno en el perfil transversal con líneas segmentadas.

Un insumo relevante para el estudio fue el ráster de pendientes topográficas, generado a partir de la topobatimetría levantada en terreno. Este producto permitió identificar con claridad los bordes de la caja del cauce, constituyendo un elemento clave para el trazado de los deslindes. En la imagen de la Figura 4-3 se muestra un tramo del cauce con su pendiente topográfica mapeada y además un perfil de elevaciones para evidenciar que el ráster de pendientes permite identificar la caja del cauce y terrazas de inundación de manera clara.

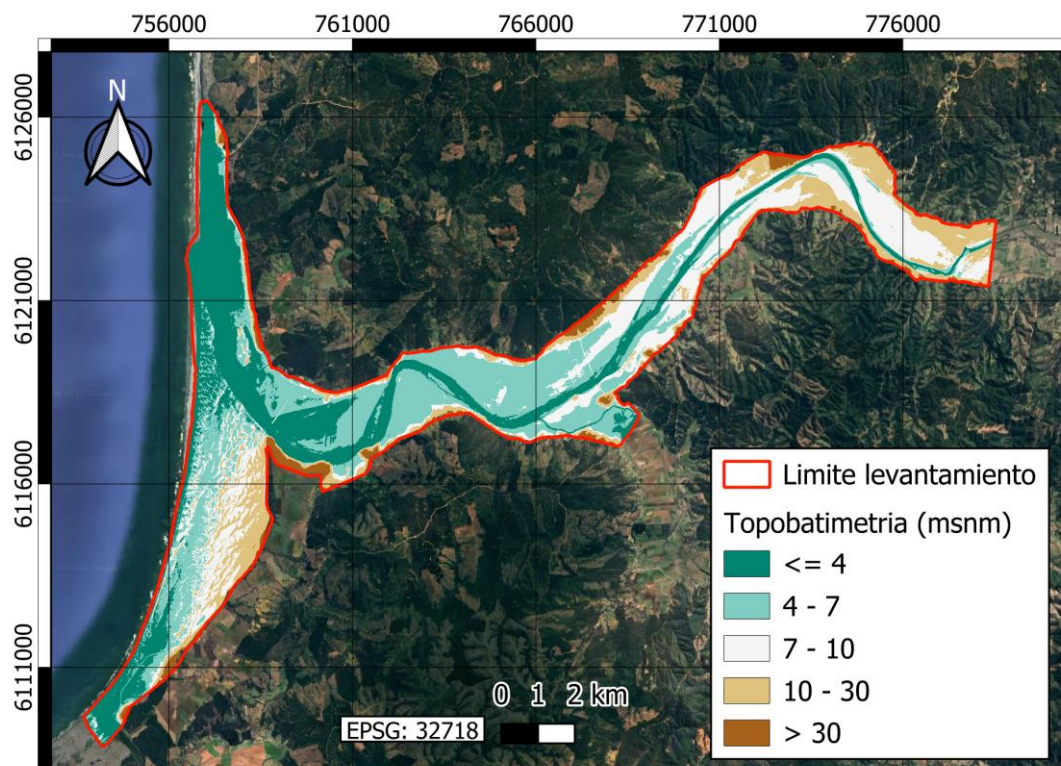


Figura 4-1: Levantamiento LiDAR Marzo 2024.

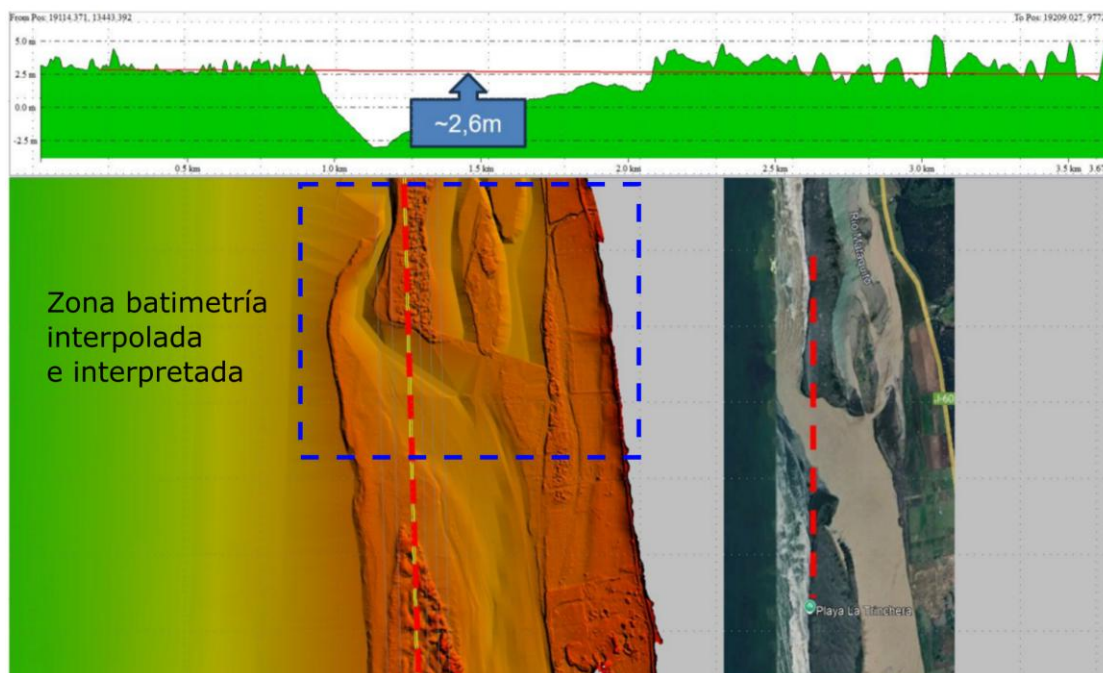


Figura 4-2: Batimetría en la zona de la desembocadura. La zona delimitada en línea segmentada corresponde a donde no se pudo obtener datos de batimetría.

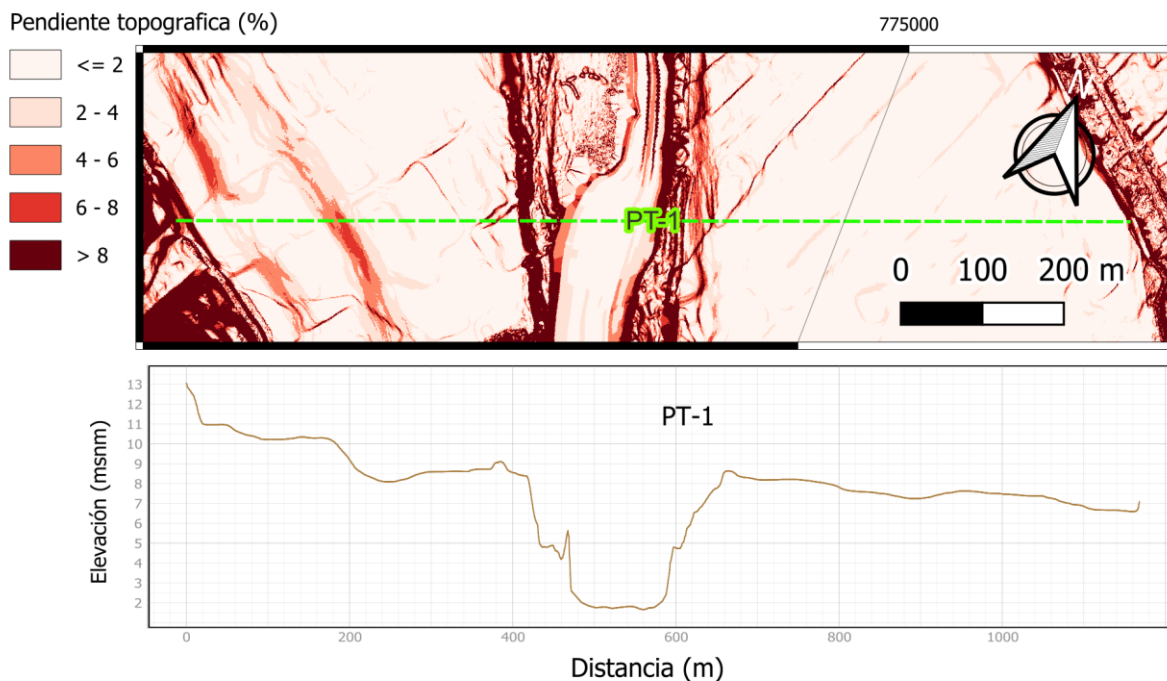


Figura 4-3: Ejemplo del ráster de pendiente topográfica. Se agrega el perfil de elevación de la topobatimetría PT-1.

4.1.2 Estudio Hidráulico

4.1.2.1 Hidrología

El estudio hidrológico se encuentra en el documento Memoria de Calculo: Hidrología. A grandes rasgos, para determinar los caudales de crecida en la zona de estudio se analizaron 37 años de registros en la estación fluviométrica "Río Mataquito en Licantén". En la Tabla 4-1 se resumen los valores de caudales de crecidas según la función de distribución de probabilidad Pearson III, que fue la seleccionada luego de aplicar test de bondad de ajuste.

Tabla 4-1: Caudales de crecida en Río Mataquito en Licantén

Periodo retorno (años)	Caudal (m ³ /s)
2	1309.3
5	2527.4
10	3375.8
20	4194.0
25	4453.0
50	5247.0
75	5705.5
100	6028.7

Adicionalmente, se determinó el promedio, máximo y mínimo del caudal medio mensual en la estación fluviométrica Río Mataquito en Licantén, los que se muestran en la Tabla 4-2.

El valor del caudal medio mensual máximo se obtuvo en el mes de Julio equivalente a 920.1 m³·s⁻¹.

Tabla 4-2: Estadísticos del caudal medio mensual en Río Mataquito en Licanten. Se destaca el caudal máximo medio mensual.

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	PROM
PROMEDIO	42.7	92	193.9	195.3	195.4	129.6	102.5	112.4	95.5	47	25.6	25.2	104.76
MÁXIMO	146.4	347.5	654.9	920.1	804.5	376.1	283.2	245.8	222.2	179.1	96.2	70.4	362.20
MÍNIMO	7.4	25.5	33.5	25.2	35.7	23.5	19.1	10.2	2.4	0.4	1	1.4	15.44

4.1.2.2 Modelación numérica hidráulica

Se realizó un modelo numérico bidimensional, implementado en el software TELEMAC 2D, documentado en la Memoria de Cálculo: Hidráulica Fluvial. El objetivo de las modelaciones es determinar el área de inundación para distintos periodos de retorno. En la zona costera esta área está influenciada en gran parte por la combinación de la existencia y forma de una barra litoral, el nivel de marea existente al momento de una crecida y la magnitud del caudal durante el evento.

El modelo considera la evolución del lecho en el sector ubicado aguas abajo del puente Mataquito, con el propósito de simular la dinámica de apertura de la barra litoral ante eventos de sobrepaso asociados a distintas crecidas. La selección de este sector se fundamentó en la revisión de imágenes satelitales de diferentes fechas, mediante las cuales fue posible identificar las zonas donde habitualmente se produce la apertura de la barra. En la Figura 4-4 se delimita el área en la que se implementó el lecho móvil dentro del modelo numérico, donde el esquema es capaz de reproducir procesos de erosión y deposición de sedimento.

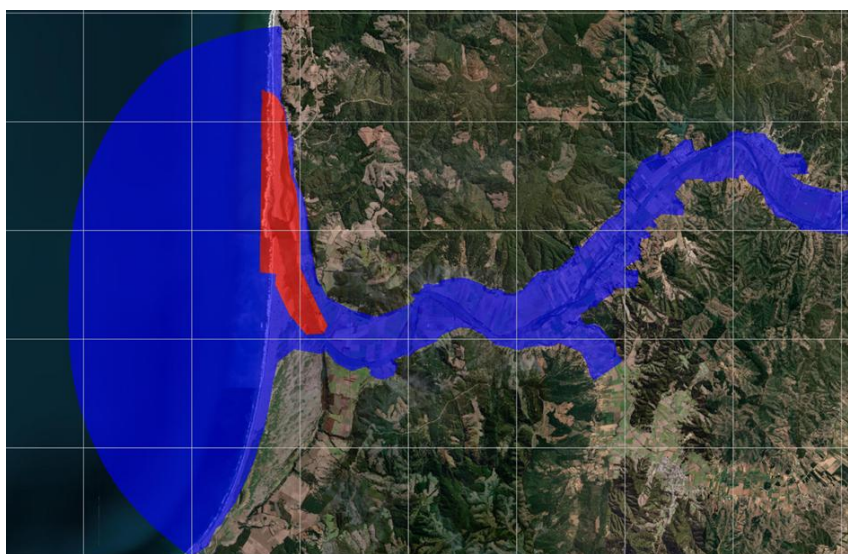


Figura 4-4: Condición de fondo del modelo numérico. Azul: fondo fijo. Rojo: fondo morfo dinámico.

En relación con la barra litoral, se determinó que desde un Tr 2 años la barra es sobrepasada, pero no se puede determinar con exactitud si se abre por completo, por lo que, para crecidas de 2, 5 y 10 años se considera la existencia de la barra en un modelo morfodinámico en dicho sector mediante el módulo GAIA para TELEMAT 2D.

Las características del modelo numérico se pueden encontrar en la sección de Hidráulica Fluvial del informe de la etapa IV del proyecto, las que se mencionan brevemente a continuación:

- La topobatemetría utilizada corresponde a la levantada en la etapa 3 del proyecto.
- Las celdas, éstas tienen un tamaño variable que va desde los 5m para las zonas pobladas, hasta celdas de 10 m para el centro del cauce. En la zona marítima se simuló con celdas de tamaño 100 m.
- El modelo fue configurado considerando dos tipos de condiciones de fondo: un tramo con fondo fijo y otro con comportamiento morfodinámico. El sector morfodinámico corresponde al tramo comprendido entre la desembocadura y el puente Mataquito, incluyendo la barra litoral. Por otro lado, el tramo entre el inicio del modelo y el puente Mataquito se adoptó la condición de fondo fijo.
- Para el modelo de transporte de sedimentos se consideró una densidad del sedimento igual a 2650 kg/m^3 y un diámetro característico de 0.25 mm en función de las calicatas levantadas.
- El modelo considera 8 valores de coeficientes de Manning, dependiendo de la zona modelada. Para el cauce se consideraron valores entre 0.02 y 0.03, mientras que para la zona marítima se consideró 0.015.
- Respecto a las condiciones de borde, el modelo posee dos entradas, una en Licantén y otra en Curepto. Por otro lado, en la zona marítima se da una condición de altura según el nivel de marea.
- La rugosidad de Manning fue calibrada en base a los datos registrados de la superficie libre durante los eventos de junio y agosto del 2023, y las mediciones realizadas en agosto del 2024 durante el desarrollo de la etapa 3 del proyecto.

Los modelos considerados para el trazado de los deslindes corresponden a simulaciones en régimen permanente y con lecho fijo, utilizando como caudal de entrada tanto el caudal medio mensual máximo (QMM) igual a $920 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, como aquellos asociados a periodos de retorno entre 2 ($1309 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) y 100 años ($6029 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). La salida del estuario se fijó por el sector norte, imponiéndose una condición de marea alta con valor fijo, con el fin de obtener la línea de aguas máximas del cauce en la zona estuarina y además, con el objetivo de compatibilizar el trazado del deslinde con la definición de la línea de playa dada por el SHOA (2023). Para dicha condición de borde en la zona marítima, se adoptó un valor fijo de 1,57 m, determinado conforme a la metodología propuesta por el (Ministerio del Medio Ambiente, 2019)

En las Figura 4-5 y Figura 4-6 se muestran las áreas de inundación asociado a las simulaciones consideradas para el trazado de deslindes. Se observa que, las áreas de inundación no cambian considerablemente a partir del caudal de periodo de retorno 25

años. Respecto al estudio de los patrones de inundación, éstos están detallados en las Memorias de Cálculo Hidráulica Fluvial y Diagnostico.

En el presente estudio se considera que el caudal medio mensual máximo es representativo del caudal a caja llena (bankfull), sin perjuicio de que la mancha de inundación de éstas simulación tenga algunas discrepancias con la caja del río.

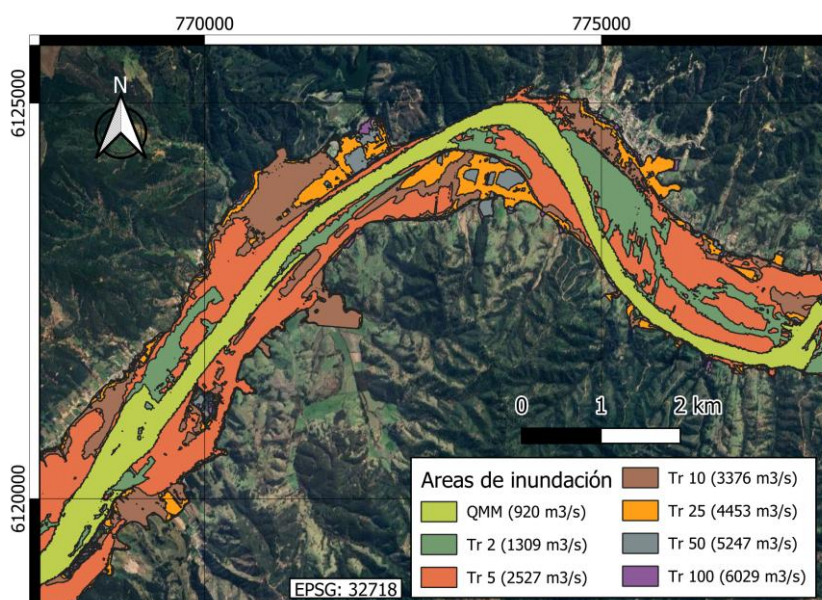


Figura 4-5: Áreas de inundación sector Licantén-Puente Lautaro simuladas numéricamente para el caudal máximo medio mensual y los periodos de retorno de la Tabla 4-1.

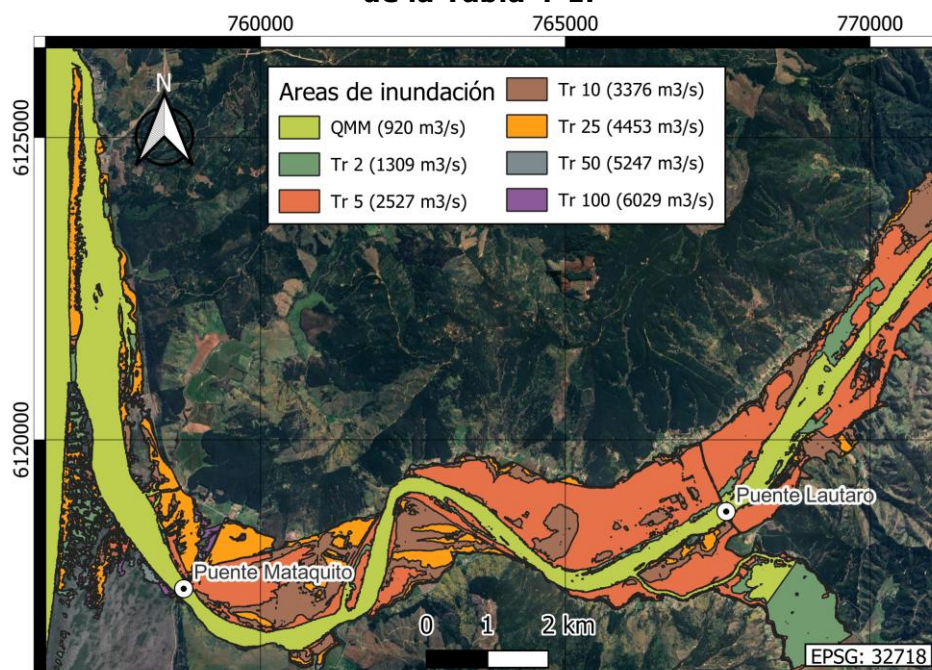


Figura 4-6: Áreas de inundación sector Puente Lautaro-Desembocadura simuladas numéricamente para el caudal máximo medio mensual y los periodos de retorno de la Tabla 4-1.

4.1.2.3 Identificación de zonas de aguas quietas para el caudal máximo medio mensual.

Se identificaron zonas de inundación para el caudal medio mensual máximo que poseen bajas velocidades y en algunas ocasiones bajas profundidades y que no serían representativas de la caja del cauce. La identificación de estas zonas se realizó a través del cruce de información del ráster de velocidades y el ráster de pendientes topográficas. Específicamente se detectaron zonas inundadas de baja velocidad que sobrepasan el borde de caja llena. Las zonas identificadas para la parte fluvial del tramo estudiado se muestran en la Figura 4-7, además se adiciona el kilometraje del eje central del tramo en estudio para su fácil reconocimiento. La Figura A muestra una zona de inundación por remanso mientras que las zonas B, C y D corresponden a inundaciones por sobre la caja del río con bajas velocidades.

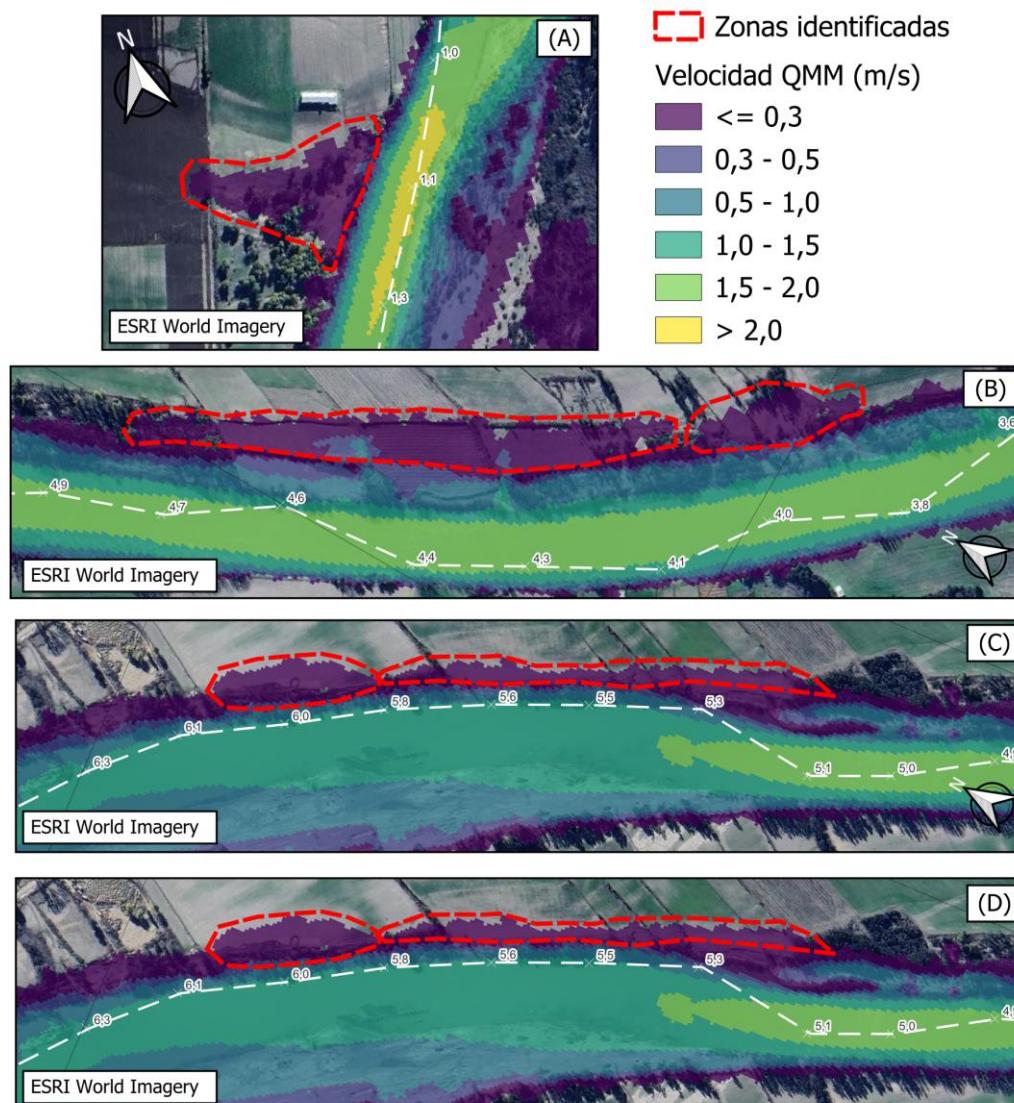


Figura 4-7: Delimitación de zonas de aguas quietas para el sector fluvial.

Por otro lado, se identificaron zonas de aguas quietas en la parte estuarina del tramo en estudio, específicamente la ribera Norte del río. En este caso las zonas identificadas corresponden a zonas donde el agua inunda en forma de remanso, entrando por quebradas y zonas levemente deprimidas, apozándose fuera de la caja del río. Las zonas identificadas se muestran en la Figura 4-8, donde se incluye las coordenadas en UTM para su reconocimiento en planta ya que el eje longitudinal del tramo termina antes de la descarga por el sector Norte de la barra.

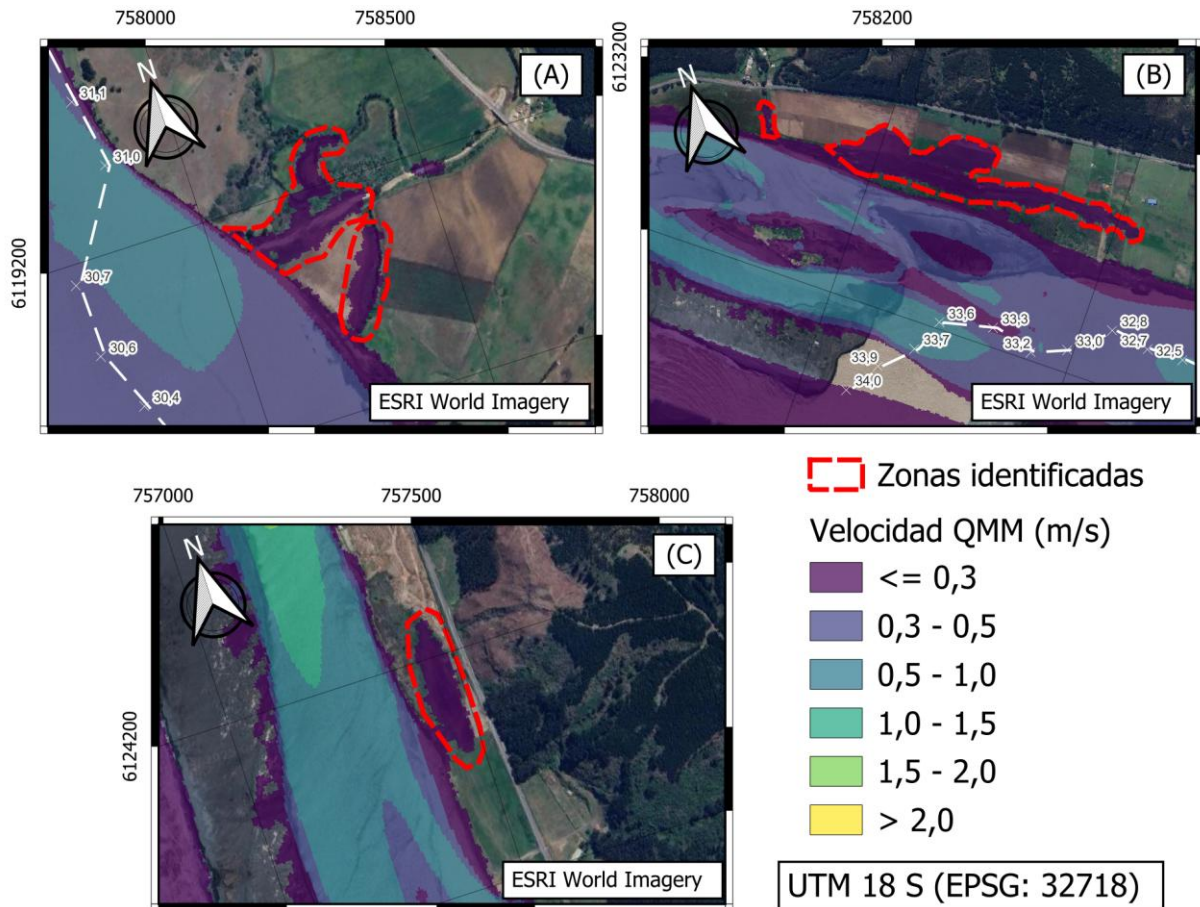


Figura 4-8: Delimitación de zonas de aguas quietas para el sector estuarino.

4.1.2.4 Erosión de fondo

4.1.2.4.1 Cálculo del potencial erosivo del flujo

El potencial de erosividad del cauce se evaluó en función de los resultados del esfuerzo de corte de fondo de la modelación numérica. Este esfuerzo es medido de forma adimensional a través del número de Shields (τ^*) y se relaciona con el esfuerzo de corte crítico (τ_c^*), que es el valor mínimo necesario para que las partículas comiencen a moverse.

El parámetro de Shields (Shields, 1936) es:

$$\tau^* = \frac{\tau}{(\rho_s - \rho)gd_s} \quad (4-1)$$

Donde τ es el esfuerzo de fondo, ρ_s es la densidad del sólido adoptada con el valor de $2650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, ρ es la densidad del agua ($1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), g es la aceleración de gravedad ($9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) y d_s es el diámetro representativo del lecho considerado en este caso como el diámetro D50 igual a 0.25 mm .

Por otro lado, para el cálculo del esfuerzo de corte crítico incipiente se utilizó la expresión propuesta por Brownlie (Brownlie, 1981):

$$\tau_c^* = 0.22 \frac{Re_p^{-0.6}}{(1 + 0.06 Re_p^{0.77})} \quad (4-2)$$

Donde $Re_p = u_* d_s / \nu$ es el número de Reynolds de la partícula, ν es la viscosidad cinemática del agua ($10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) y $u_* = \sqrt{\tau / \rho}$ es la velocidad friccional o velocidad de corte. Si bien se reconoce que el esfuerzo de corte crítico varía en función de la velocidad friccional, para el presente análisis se adoptó un valor estándar de 0.047.

Se calculó la razón entre el esfuerzo de corte de fondo y el esfuerzo de corte crítico (τ^* / τ_c^*), con el objetivo de determinar zonas que pudiesen tener alto potencial erosivo en las planicies de inundación de 2 y 5 años de periodo de retorno (consideradas crecidas ordinarias).

En las Figura 4-9 y Figura 4-10 se presentan los resultados del cálculo de la razón entre el esfuerzo de corte de fondo y el esfuerzo de corte crítico para las crecidas con periodos de retorno de 2 y 5 años, correspondientes al sector de Licantén y, más aguas abajo, al sector del Puente Lautaro, respectivamente. Los resultados indican que, en ciertas zonas, el esfuerzo de fondo puede superar hasta en 200 veces el esfuerzo crítico. En general, los valores más elevados se localizan dentro del cauce principal, mientras que en las planicies de inundación esta relación es considerablemente menor.

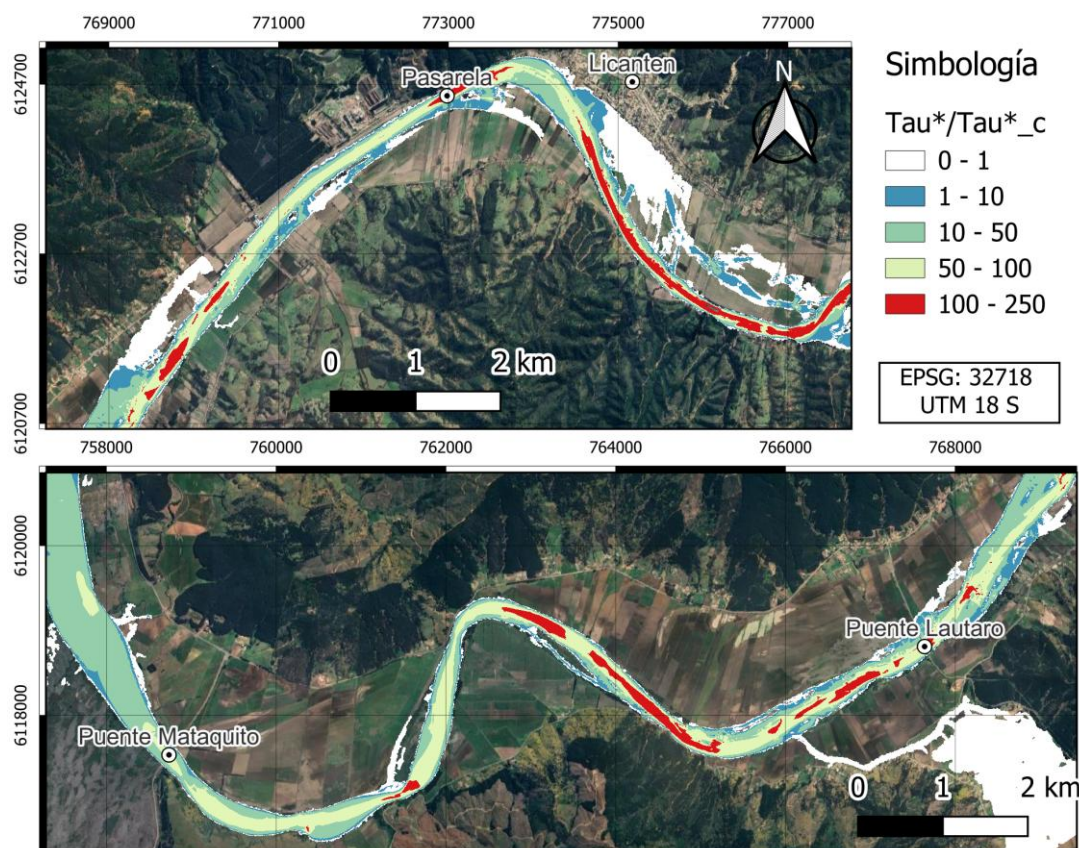


Figura 4-9: Razón entre esfuerzo de fondo y esfuerzo crítico de arrastre para la crecida de periodo de retorno de 2 años.

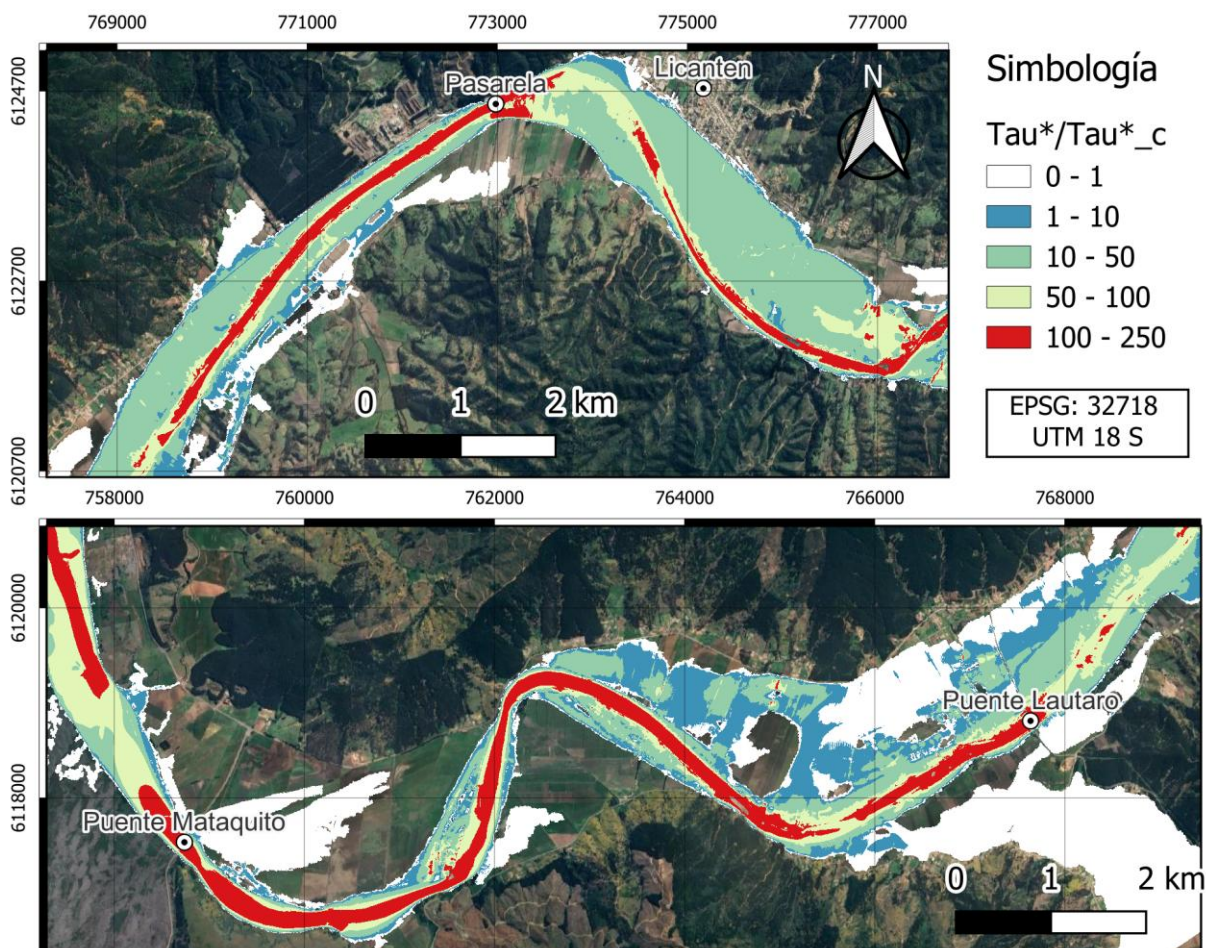


Figura 4-10: Razón entre esfuerzo de fondo y esfuerzo crítico de arrastre para la crecida de periodo de retorno de 5 años.

4.1.2.4.2 Análisis de erosión de fondo para inundaciones de 2 y 5 años de periodo de retorno.

Se identificaron zonas de inundación asociadas a los periodos de retorno de 2 y 5 años que presentan un potencial erosivo significativo y que no forman parte de la mancha de inundación correspondiente al caudal medio mensual máximo. La detección y análisis de estas áreas resulta relevante, dado que permiten evaluar la pertinencia de incorporarlas dentro de los deslindes del cauce, en función de su aporte a la dinámica fluvial y al riesgo de erosión.

La primera zona de inundación identificada se ubica en las chacras colindantes con el poblado de Licantén, específicamente entre el kilómetro 1 y 7 por la ribera Norte, y se muestra en la Figura 4-11. Se observa que, para el periodo de retorno de 2 años, la zona inundada en su mayoría posee un esfuerzo de fondo de arrastre inferior al esfuerzo de arrastre crítico incipiente. Por otro lado, para el periodo de retorno 5 años, la zona inundada posee en su mayoría esfuerzos de fondo entre 10 a 50 veces más alto que el esfuerzo crítico.

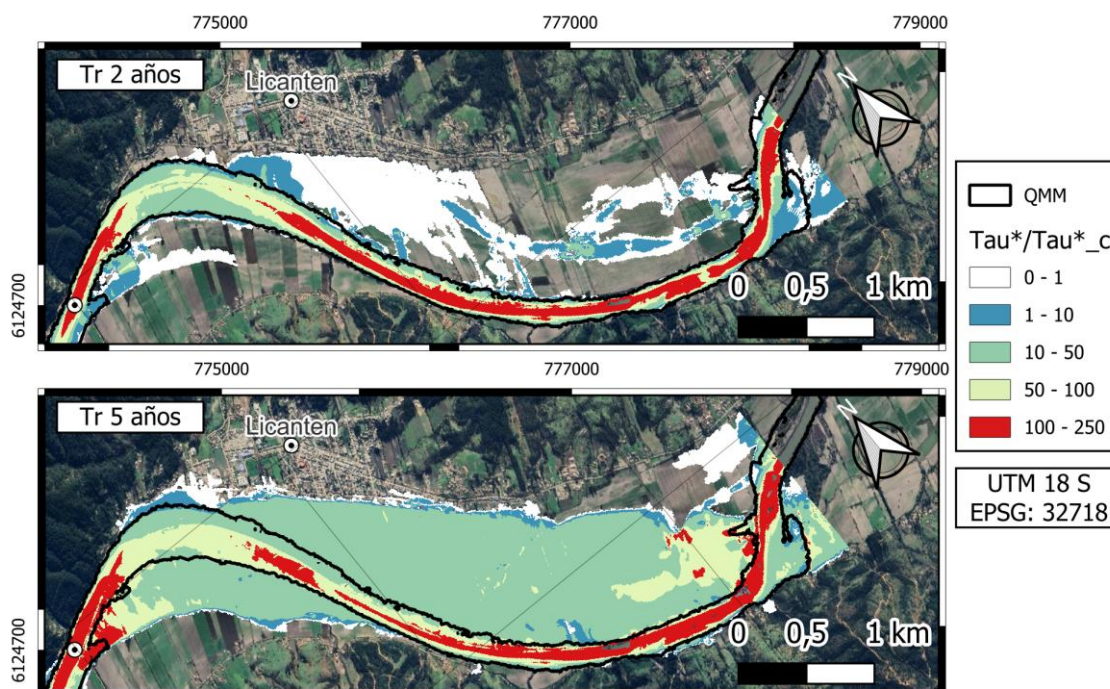


Figura 4-11: Potencial erosivo en las planicies de inundación de las crecidas de periodo de retorno 2 y 5 años, en el sector de Licantén.

Del mismo modo se observa que en la ribera Sur, justo en frente del poblado de Licantén, aguas arriba de la pasarela, para el periodo de retorno de 2 años, existe una zona inunda con esfuerzo de fondo significativo entre 1 a 10 veces el esfuerzo crítico. Sin embargo, se piensa que dicha zona refleja este comportamiento debido a la intervención antrópica de las chacras presentes, que modifican el terreno formando un canal de flujo del mismo ancho que uno de los predios como se muestra en la Figura 4-12 y que podría no ser representativo de la situación real, ya que no se encontraron indicios de marcas del paso habitual del agua por dicho sector.

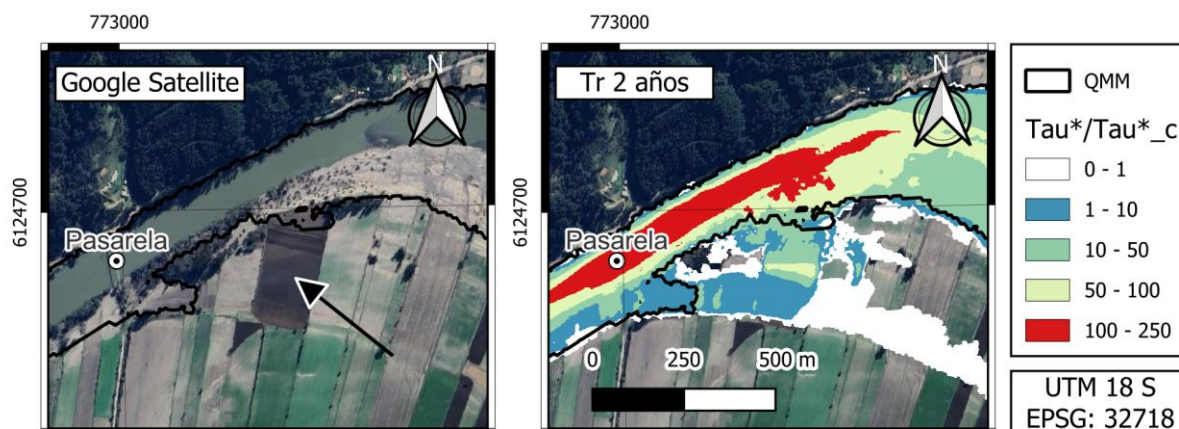


Figura 4-12: Anomalía en el y potencial erosivo en la ribera Sur justo aguas arriba de la pasarela.

La segunda zona identificada se ubica entre los kilómetros 8.6 y 11.1 de la ribera Sur, la cual se muestra a la derecha de la Figura 4-13. Para el caso de la crecida de periodo de retorno de 2 años se observa se observa entre el kilómetro 8.8 y 9.5 una zona con potencial erosivo entre 1 y 10, sin embargo, no se observa la formación de un canal erosivo ya que esta zona está rodeada por flujos con potenciales erosivos menores a 1. Por otro lado, un poco más aguas abajo se puede observar la formación de un canal erosivo entre el kilómetro 10 y 11.1, con valores de esfuerzo de fondo considerables entre 10 a 50 veces el esfuerzo crítico de arrastre incipiente. Con respecto a la crecida de 5 años, se observa que el potencial erosivo en la zona mencionada toma valores entre 10 y 100. Se observa además la formación de nuevos canales que alcanzan a mojar la ruta vehicular y que tienen un bajo potencial erosivo.

En el mismo sector, por la ribera Norte entre el kilómetro 10 y 13.1 se observan zonas inundadas sin potencial erosivo para la crecida de periodo de retorno de 2 años, que pareciese corresponder a una zona de inundación de aguas quietas. Por otro lado, para la crecida de periodo de retorno 5 años se observa un potencial erosivo considerable que tiene valores entre 10 y 50, denotando el desarrollo del flujo en dicha zona.

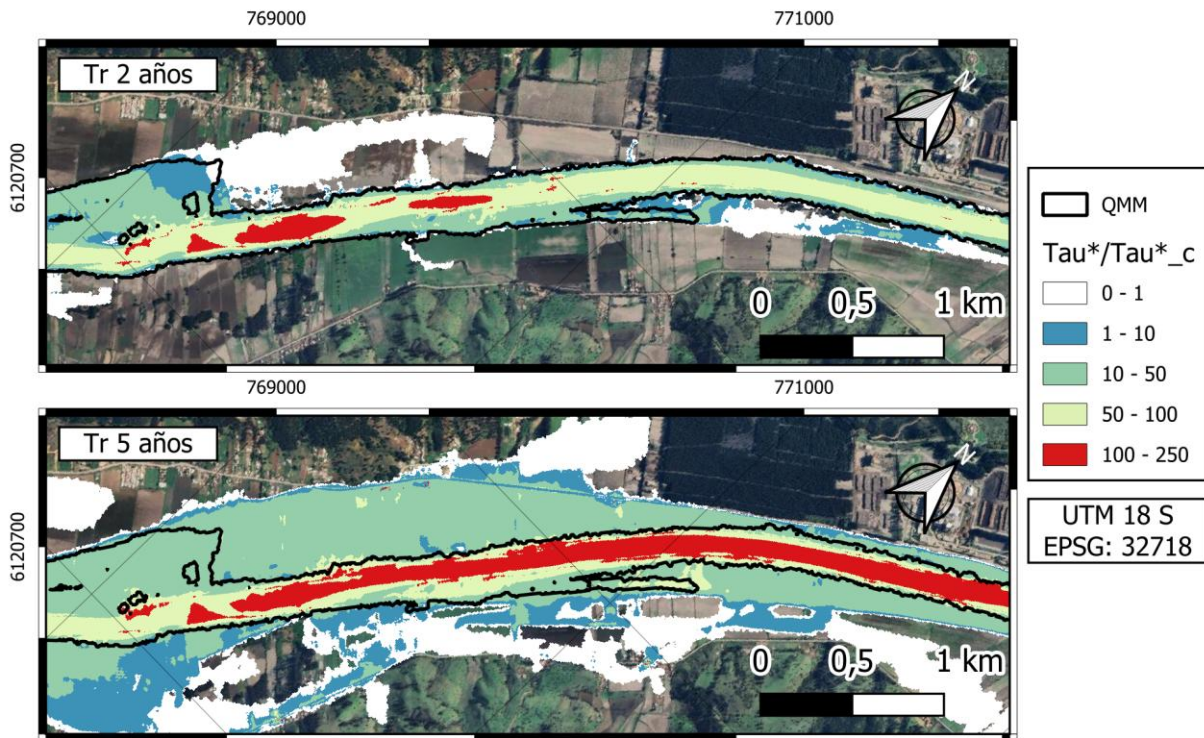


Figura 4-13: Potencial erosivo en las planicies de inundación de las crecidas de periodo de retorno 2 y 5 años, en el sector entre la pasarela y el puente Lautaro.

Finalmente, aguas abajo del puente Lautaro, justo en frente del estero Curepto se observó la formación de un canal en la ribera Norte para la crecida de periodo de retorno 2 años, como se muestra en la Figura 4-14. Dicho canal presenta valores de potencial erosivo entre

1 y 10. Se observa además que la mancha de inundación del caudal QMM logra encerrar las zonas con mayor potencial entre 10 y 50. Por otro lado, con respecto a la crecida de periodo de retorno de 5 años, el canal mencionado alcanza valores de potencial erosivo mayores entre 10 y 50.

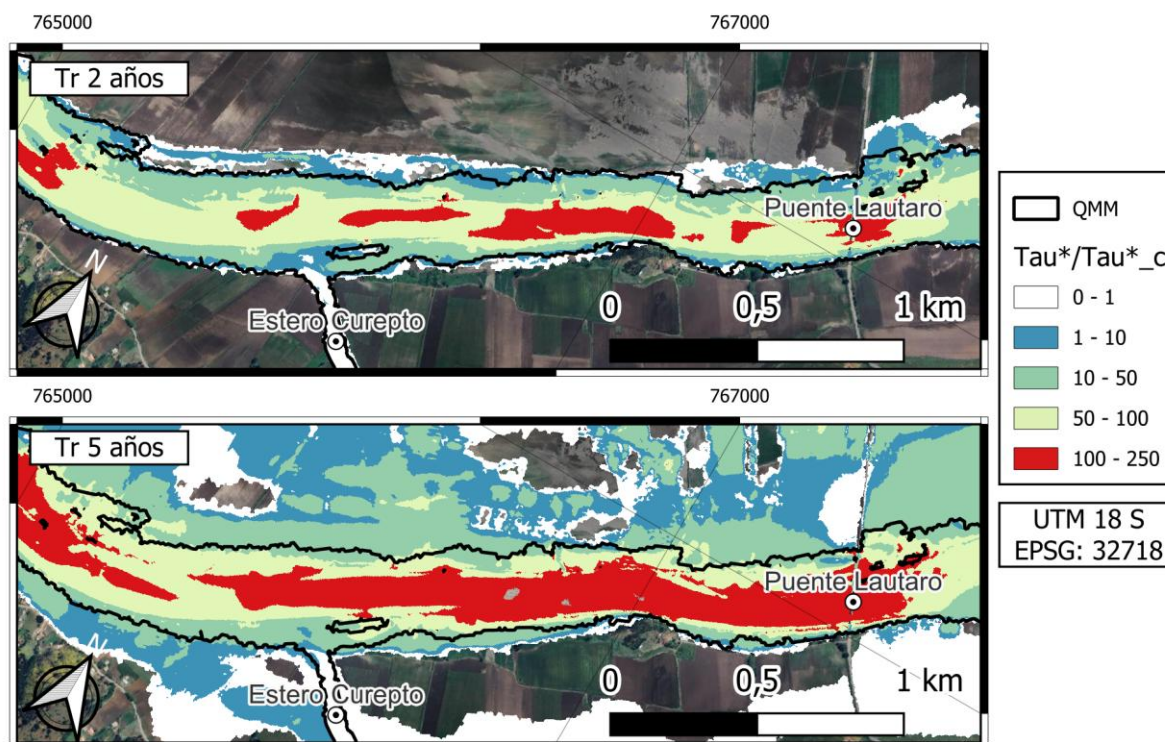


Figura 4-14: Potencial erosivo en las planicies de inundación de las crecidas de periodo de retorno 2 y 5 años, en el sector de aguas abajo del puente Lautaro, frente al estero Curepto.

Los resultados del análisis demuestran que el caudal medio mensual máximo ($Q_{(MM)}$) tiene algunas zonas donde no captura la dinámica fluvial del río en el sector de Licantén. Específicamente, se identificaron múltiples zonas de inundación asociadas a los periodos de retorno de 2 años que exhiben un potencial erosivo significativo ($\tau^*/\tau^*_{c} > 1$). La detección y caracterización de estas áreas son fundamentales, ya que su incorporación dentro de los deslindes se justifica ya que se tiene la identificación de áreas de expansión natural. El análisis georreferenciado (Figuras 4-13 a 4-16) permite identificar con precisión aquellas áreas que actúan como expansión natural y funcional del río durante eventos de 2 años.

4.1.3 Estudio Geomorfológico

4.1.3.1 Granulometría del lecho y parámetros geomorfológicos fluviales

El análisis granulométrico del sistema revela una clara diferenciación espacial en la distribución de sedimentos, con un D50 que varía significativamente a lo largo del tramo estudiado. Específicamente, los resultados de la Figura 4-17. muestran un incremento

progresivo del D50 desde 0.106 mm en la zona fluvial (superior) hasta 0.255 mm en la zona estuarina (inferior), patrón que se debe principalmente por limpieza del fino producto de las oscilaciones de la marea.

Las pozas profundas observadas en la zona estuarina del perfil longitudinal batimétrico mostrando en la Figura 4-15 y Figura 4-17 se localizan principalmente en sectores donde el cauce presenta curvatura y estrechamiento. Estos accidentes batimétricos son indicativos de procesos de socavación intensa, asociados a flujos de alta velocidad que se ven potenciados por la geometría del canal. En particular, dichos fenómenos se acentúan en tramos donde una de las márgenes está confinada por la ladera escarpada de un cerro, probablemente de naturaleza rocosa, tal como se aprecia en la Figura 4-16.

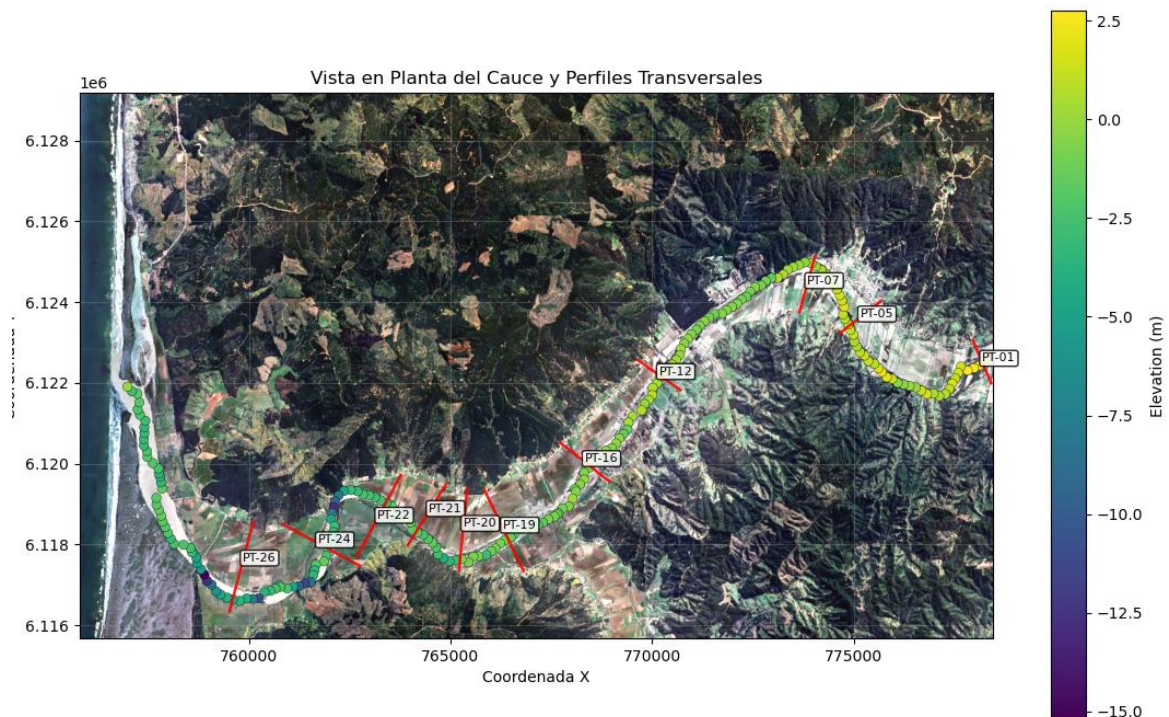


Figura 4-15: Ubicación en planta de los perfiles usados para nivel de estrechamiento y relación Ancho/profundidad. En escala de colores profundidad del lecho, en color amarillo menor profundidad y color morado mayor profundidad.



Figura 4-16: Vista a la ribera sur, mirando desde el perfil PT26 hacia aguas arriba.

La pendiente media del tramo en estudio fue estimada con un valor de 0.2%, sin embargo, se observa que, en el último tramo, a partir del kilómetro 20 de la Figura 4-17 obtenido del perfil batimétrico, puede ser aún menor, lo cual es una característica propia de las zonas estuarinas.

Adicionalmente, se calculó la sinuosidad del tramo en estudio, definida como la razón entre la longitud del canal y la longitud del valle. En general, ríos con mayor sinuosidad tienden a presentar una menor pendiente y mayor estabilidad lateral. Asimismo, se estimó la relación de encajonamiento (ER), entendida como la razón entre el ancho de la zona inundable (para efectos de la metodología de (Rosgen, 1994), se considera el ancho de la zona inundable como el ancho del perfil obtenido a partir de 2 veces la altura del perfil a banco lleno) y el ancho del canal a nivel de banco lleno. Este índice permite identificar si el cauce es estrecho o si dispone de una llanura de inundación bien desarrollada.

Los resultados de la Figura 4-17 muestran que el índice de sinuosidad (P) varía entre 1.0 y 1.6. Un índice de sinuosidad mayor a 1.5 indica que el río tiene un patrón más meándrico, lo que puede ser característico de un río en una llanura de inundación o en un entorno estuarino.

Por otro lado, en la misma Figura 4-17 se observa que el nivel de estrechamiento (ER) se mantiene por debajo de 3, lo que indica que el río no es excesivamente estrecho en comparación con su longitud. Esto es importante para la estabilidad del canal y su capacidad para manejar flujos de sedimentos.

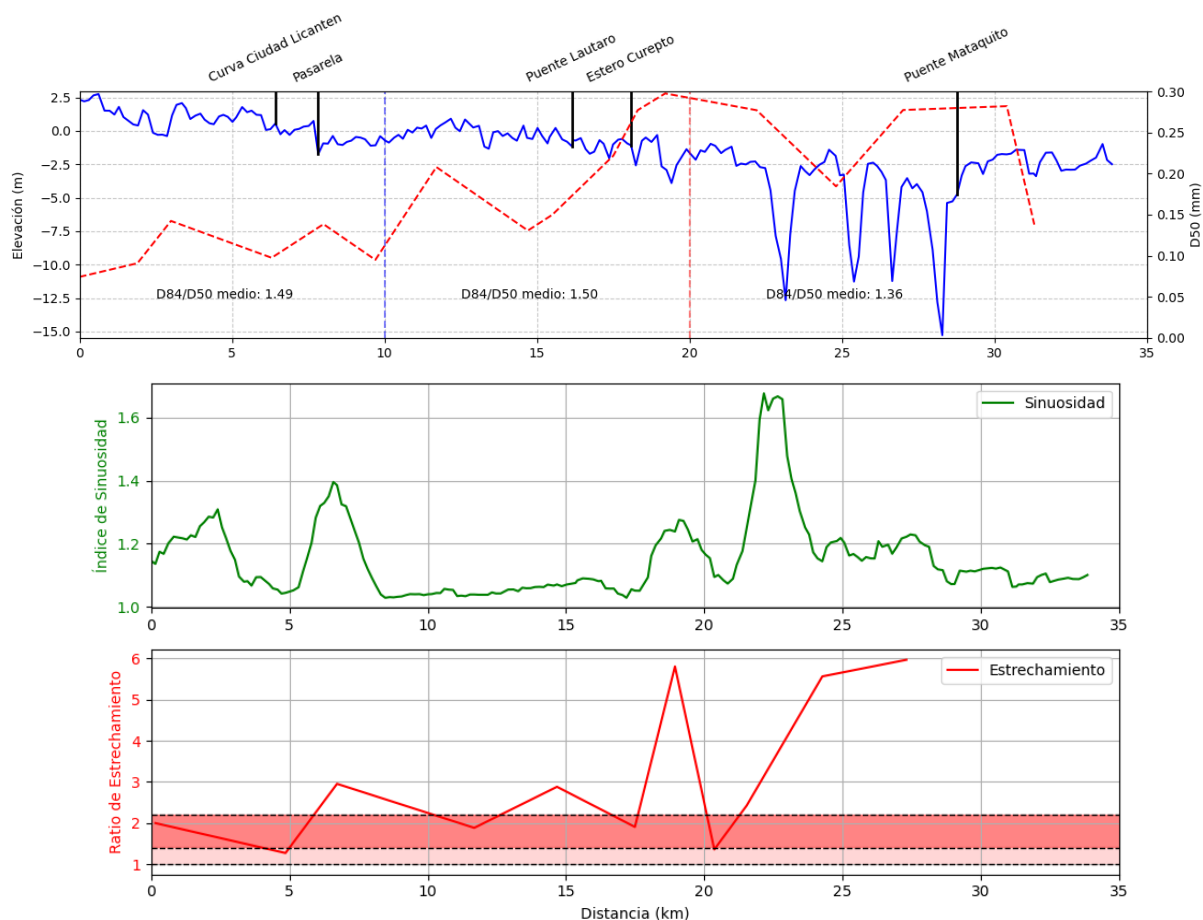


Figura 4-17: Perfil longitudinal batimétrico del tramo estudiado (azul) y D50 de las calicatas realizadas (rojo). Sinuosidad (P) y relación de estrechamiento (ER) para el tramo en estudio

Finalmente, en la Figura 4-18 se observa el cálculo de la razón entre el ancho y la profundidad del canal a nivel de banco lleno (índice A/H), la cual permite caracterizar la morfología del cauce en términos de su forma transversal: si es estrecho y profundo, o bien, ancho y somero. Los resultados indican que esta razón aumenta progresivamente en dirección aguas abajo. En los sectores más altos del tramo analizado, los valores de A/H oscilan entre 20 y 40, mientras que en la zona de desembocadura superan los 100. Esta tendencia sugiere que el canal se torna relativamente más ancho en comparación con su profundidad, lo que es típico de ríos que atraviesan llanuras de inundación o entornos estuarinos. Un valor elevado de A/H puede estar asociado a una mayor capacidad de almacenamiento de agua y sedimentos, lo cual contribuye a la estabilidad morfológica y ecológica del sistema fluvial.

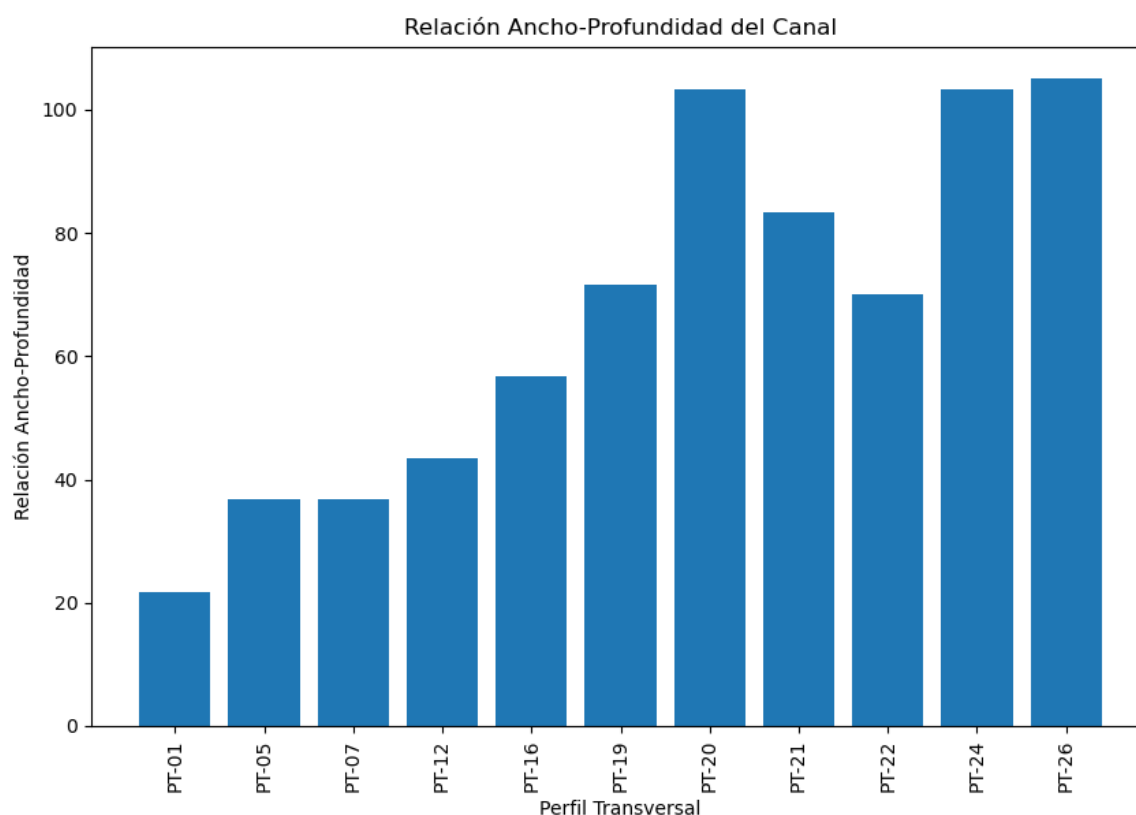


Figura 4-18: Razón entre el ancho y la profundidad del canal a nivel de banco lleno (índice A/H). Ver ubicación de los perfiles en la Figura 4-15.

4.1.3.2 Clasificación de Rosgen (1994) y unidades geomorfológicas

La clasificación de ríos de Rosgen (1994) es un sistema geomorfológico que ordena los cauces en tipos a partir de rasgos físicos medibles en terreno, con el fin de predecir su comportamiento hidromorfológico, evaluar su estabilidad y orientar decisiones de manejo y restauración. El sistema utiliza variables clave como la relación de encajonamiento, la relación ancho–profundidad a banco lleno, la sinuosidad, la pendiente del canal y el tamaño dominante del material de lecho.

Es importante señalar que la clasificación de Rosgen presupone dominancia de procesos fluviales (no mareales). Por ello, su aplicación directa en tramos con influencia estuarina o de marea puede presentar limitaciones o requerir un tratamiento específico por segmentos.

Con base en los levantamientos de terreno y los resultados de modelación, se definió el km 15 como el límite superior de la influencia mareal. En consecuencia, el río Mataquito dentro del área de estudio se analizó en dos secciones principales: un tramo fluvial aguas arriba entre los km 0 y 15, y un tramo con influencia estuarina desde el km 15 hasta el estuario.

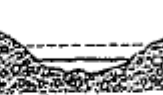
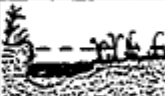
Dominant Bed Material	A	B	C
1 BEDROCK			
2 BOULDER			
3 COBBLE			
4 GRAVEL			
5 SAND			
6 SILT/CLAY			
ENTRH.	<1.4	1.4-2.2	>2.2
SIN.	<1.2	>1.2	>1.4
W/D	<12	>12	>12
SLOPE	.04-.099	.02-.039	<.02

Figura 4-19: Guía ilustrativa para la clasificación rosgen A,B y C mostrando la sección transversal, composición y criterios de nivel de estrechamiento (Entrh), Sinuosidad (Sin), relación Ancho/Profundidad (W/D) y pendiente. (Fuente: (Rosgen, 1994))

Sección Aguas Arriba (km 0-15) tipo B5 según Rosgen.

En el tramo fluvial 0–15 km, el río se emplaza entre cordones montañosos que constriñen el valle a ~1.5 km de ancho, mientras que el canal activo tiene un ancho medio cercano a 200 m. Este grado de confinamiento limita la conectividad lateral a banco lleno y concentra la energía del flujo en el cauce. En este contexto, la sinuosidad es baja ($P \approx 1.10-1.18$) y el canal se mantiene recto en la “caja” entre los km 8 y 14, con desarrollo de barras. Los indicadores de estrechamiento son consistentes con un encajonamiento moderado ($ER \approx 1.6-2.0$). La relación ancho/profundidad supera el valor de 12 en los perfiles representativos del tramo (PT-01, PT-07, PT-05 y PT-12). La granulometría muestra D50 en el rango 0.1–0.2 mm (arena fina–media) y una razón D_{84}/D_{50} cercana a 1.5 en 0–20 km. En conjunto, el tramo se clasifica como un canal tipo B5 de Rosgen (riffle–pool moderadamente encajonado con material arenoso).

Conforme a la tipología B5 de Rosgen (ver Figura 4-19), la sensibilidad del cauce a perturbaciones es moderada y el potencial de recuperación natural es excelente una vez corregidas las causas de inestabilidad. El suministro de sedimentos es moderado y el potencial de erosión de riberas también es moderado, aunque el confinamiento del valle intensifica localmente el esfuerzo cortante en los márgenes externos de curvaturas y en las transiciones riffle-pool (ver Figura 4-20). La vegetación ribereña ejerce una influencia moderada en el control del ancho/profundidad y en la estabilización de márgenes; su conservación es clave para mantener la estabilidad del tramo.

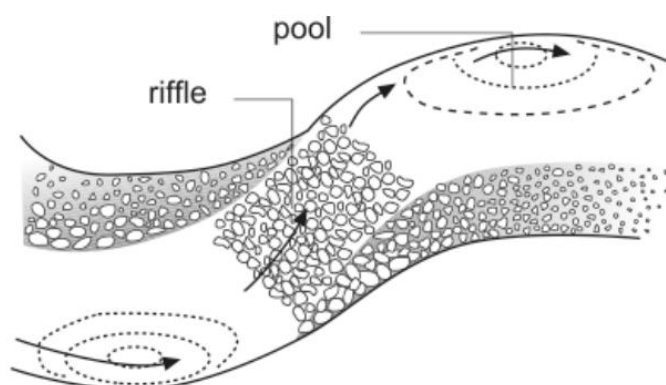


Figura 4-20: Esquema de secuencias riffle-pool.

Recomendaciones de manejo coherentes con un B5 en valle confinado:

- Priorizar la protección y refuerzo de la vegetación en márgenes activas, especialmente en exteriores de curvaturas y sectores con barras.
- Evitar extracciones de áridos y rectificaciones/cortes que aumenten el suministro de arena o alteren el patrón riffle-pool y la rugosidad efectiva.
- Gestionar crecidas y conectividad lateral sin rigidizar márgenes de manera extensa; soluciones bioingenieriles suelen ser efectivas dado el buen potencial de recuperación.
- Monitorear periódicamente la relación A/P y la dinámica de barras para detectar y corregir a tiempo tendencias de ensanchamiento o incisión.

Sección Aguas Abajo (más allá del km 16, Estuario)

Tramo estuarino (km 16–desembocadura). En este sector la hidrodinámica está controlada por la influencia mareal, por lo que la clasificación de Rosgen se aplica de forma orientativa y segmentada.

A partir del km 16 el valle se abre y aumenta la conectividad lateral, desarrollándose una extensa planicie aluvial (2 km aprox). El patrón planimétrico muestra meandros más acusados con barras de punto y centrales; hacia la boca, el canal coexiste con barras y

bancos de arenas propios de la desembocadura. En este contexto, la sinuosidad media es mayor que en el tramo fluvial ($P \approx 1.20-1.30$, con máximos >1.6 en torno a km 22-24) y la relación de encajonamiento supera 2.2 de manera sostenida en gran parte del río, indicando planicie activa y alta conectividad lateral. Con material dominante arenoso ($D_{50} \approx 0.2-0.3$ mm) y relaciones ancho/profundidad muy elevadas, el tramo 22-boca se ajusta mayoritariamente a un tipo C5 de Rosgen (ver Figura 4-19). Entre 16-22 km se reconoce una transición B5→C5, coherente con el gradiente de influencia mareal y el nivel de confinamiento del valle. Dada la dominancia de procesos de marea en los últimos kilómetros, la tipificación Rosgen se utiliza de forma orientativa.

Si bien esta clasificación, manifiesta un nivel alto de erosión en las riberas, se puede ver al contrastar imágenes satelitales poco nivel de migración laterales y corte de meandros. Esto se puede explicar debido a la dominancia mareal en el estuario, que reduce la pendiente hidráulica y por ende disminuye la energía necesaria para la migración lateral, también a la presencia de vegetación ribereña y confinamiento de cordones montañoso que estabiliza los bordes del río. En consecuencia, el patrón planimétrico y los atributos hidrogeomorfológicos se ajustan a C5, pero su dinámica lateral ha sido contenida.

Interpretación General para el Río Mataquito

El sistema muestra un gradiente longitudinal claro desde un control fluvial moderadamente confinado aguas arriba hasta un dominio mareal con amplia conectividad lateral hacia la desembocadura. Entre km 0-16, el cauce es recto a débilmente sinuoso, con barras alternadas, A/P alto y encajonamiento moderado, sobre lecho arenoso fino; se clasifica coherentemente como B5. A partir de ~km 16, el valle se abre, aumenta la sinuosidad y la zona inundable, el ER supera 2.2 y el canal evoluciona hacia una planicie arenosa meándrica bajo influencia de marea; el patrón dominante es C5, con la salvedad de que la dinámica lateral reciente se ve contenida.

En conjunto, el tramo funciona como un continuo fluvial-estuarino en equilibrio relativo: el segmento B5 aporta arena fina-media y energía suficiente para mantener barras y secuencias riffle-pool, mientras que el segmento C5 actúa como zona de almacenamiento y redistribución de esa arena dentro de una planicie activa condicionada por las mareas. La transición cerca de km 16 coincide con el final del prisma de marea (aproximadamente), donde disminuye la pendiente hidráulica efectiva, se eleva A/P y aumenta la conectividad lateral.

Implicancias para estabilidad y manejo a escala de tramo:

- Potencial de recuperación: alto a excelente en ambos segmentos si se corrigen alteraciones que pudiesen provocar el desajuste (e.g. rectificaciones, extracción de áridos, etc).
- Control clave: mantener el balance sedimento-energía y la continuidad longitudinal; proteger la franja vegetada y humedales mareales; evitar intervenciones que reduzcan la rugosidad efectiva o que alteren el patrón de barras.

- Monitorear periódicamente la relación A/P y la dinámica de barras para detectar y corregir a tiempo tendencias de ensanchamiento o incisión.

Síntesis clasificada:

- km 0–16: B5 (riffle–pool moderadamente encajonado, arena fina–media).
- km 16–boca: C5 (meándrico en planicie arenosa bajo influencia mareal), aplicado de forma orientativa por el control de marea.

Tabla 4-3: Resumen clasificación Rosgen, según tramos río Mataquito.

	Tramo	
	0–16 km (Fluvial)	16–Desembocadura
Tipo Rosgen	B5	C5 (orientativo)
Pendiente S (%)	0.15–0.20	Reducida por marea
Sinuosidad P	1.10–1.2 (baja), un pico en de 1.4 en km 8	1.20–1.30; pico >1.6 (22–24 km)
Encajonamiento ER	1.6–2.0 (moderado)	> 2.2 (alta conectividad lateral)
W/D a bankfull	20–45 (PT-01, PT-07, PT-05, PT-12)	> 80–100 (perfiles río abajo)
D50 (mm)	0.1–0.2 (arena fina–media)	0.2–0.3 (arena media)
D84/D50	≈ 1.5	≈ 1.36–1.5
Patrón morfológico	Riffle–pool; barras puntuales	Meandros desarrollados; barras de punto/centrales; barras mareales hacia la boca
Observaciones	Valle confinado ~1.5 km; canal ~200 m; tramo 8–14 km recto en río.	Clasificación referencial por control mareal; baja migración lateral.

4.1.3.3 Unidades geomorfológicas

En la zona de estudio, el río Mataquito presenta un carácter meandroso, desarrollado sobre depósitos aluviales, con meandros limitados por cordones de cerros rocosos al norte y sur. En esta sección se identificaron las barras fluviales, las planicies de inundación y la barra litoral ubicada en la desembocadura al mar.

Barra litoral

En el sector de la desembocadura se identificó una barra litoral compuesta por arenas, típica de los sectores costeros con desembocadura fluvial. Esta barra se ubica en la ribera sur y su formación está influenciada tanto por el transporte longitudinal costero en dirección

noreste como por los aportes de sedimentos del río Mataquito durante los eventos de crecida.

En condiciones normales, es decir, en ausencia de crecidas, la barra litoral desvía la descarga del río hacia el norte, haciendo que este desemboque en el mar aproximadamente 9 kilómetros al norte del puente Mataquito, a la altura del km 114.000 de la ruta J-60, como se observa en la imagen de Abril de 2023 de la Figura 4-21.

Durante eventos de crecida, el caudal del río sobrepasa la barra litoral, generando una nueva zona de descarga aproximadamente 4 kilómetros al norte del puente Mataquito, cercana al km 109.500 de la ruta J-60, como se muestra en la imagen de junio de 2023 de la Figura 4-21. Posteriormente, la barra queda abierta permitiendo el desagüe del Mataquito aproximadamente 4.5 km más hacia el Sur respecto a la situación de Abril del 2023.

Posteriormente, influenciada por el oleaje dominante con dirección noreste y el caudal del río, la descarga es poco a poco cerrada por la depositación de sedimentos y recuperación de la barra, como se evidencia en la imagen de Julio del 2025 de la Figura 4-21.

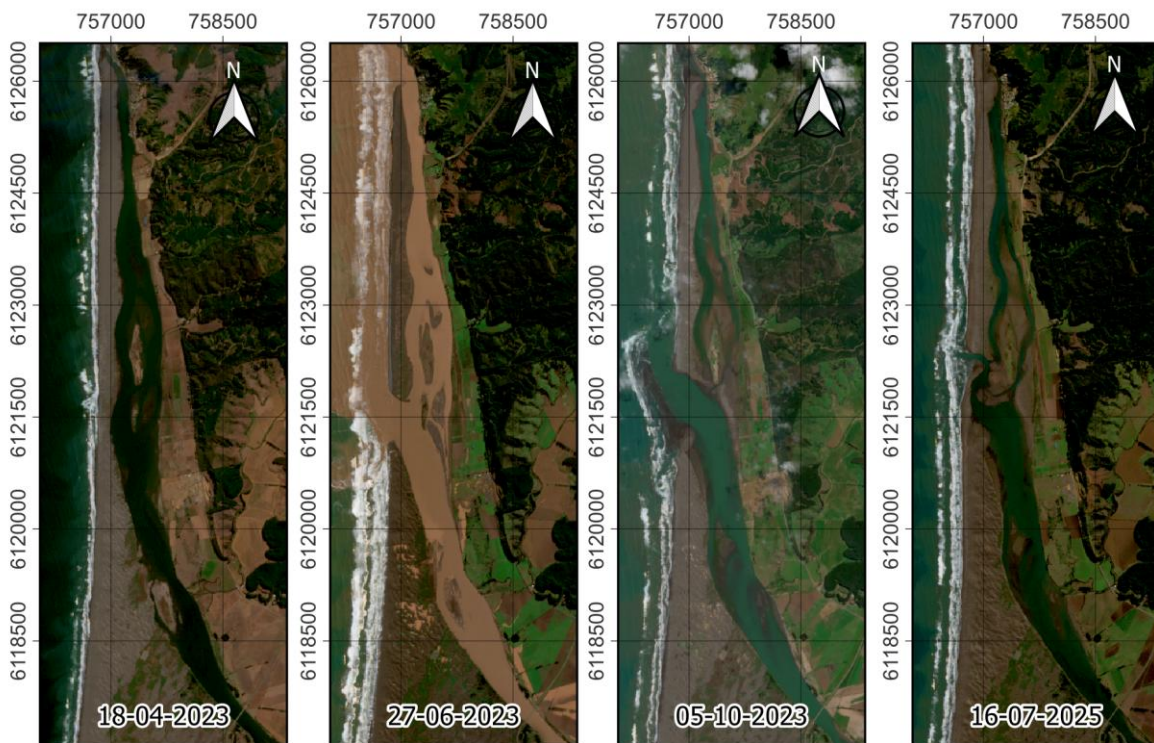


Figura 4-21: Fotografías satelitales (Sentinel) de la barra litoral y la descarga del río en diferentes instantes de tiempo (EPSG: 32718 UTM 18S).

Barras fluviales

Las barras fluviales fueron identificadas a partir de la topobatimetría levantada en terreno en marzo de 2024, complementada con imágenes satelitales. El borde interior de cada

barra se delimitó mediante la batimetría del cauce, mientras que el borde exterior se determinó a partir del análisis de imágenes satelitales y de la ribera asociada al caudal máximo medio mensual (QMM), equivalente aproximadamente al caudal de caja llena.

En general, se identificaron barras puntuales en la parte interior de las curvas, longitudinales y alternadas en tramos rectos del cauce. Cabe señalar que las barras, dependiendo de su naturaleza, pueden migrar aguas abajo y modificar su morfología, especialmente en ambientes con alta dinámica de arrastre y depósito de sedimentos. Las barras identificadas se muestran en el mapa de la Figura 4-28.

Entre el kilómetro 0 y Aguas arriba de Licantén se observó una zona con barras alternadas. Justo frente al poblado de Licantén se identificó una gran barra fija ubicada en la parte interna de una curva del cauce. Más hacia aguas abajo, inmediatamente después de la pasarela, el río presenta un tramo recto sin formación evidente de barras laterales, a excepción de una barra longitudinal. La ausencia de barras laterales en esta sección puede atribuirse al encajonamiento del cauce y a un régimen de transporte de sedimentos más uniforme en sentido longitudinal. Aproximándose al sector del Puente Lautaro, se observan barras múltiples y alternadas, lo cual denota una zona con un dinamismo morfológico elevado. Finalmente, entre el Puente Lautaro y el Puente Mataquito se observan principalmente barras fijas en la parte interna de las curvas del río.

Además, a lo largo del tramo analizado se identificó la intervención antrópica en las barras fluviales, utilizadas para actividades de siembra. Esta situación se determinó mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales obtenidas de los satélites Landsat y Sentinel, cuya resolución son 30 y 10 m respectivamente. Se complementó el análisis con observaciones del satélite ESRI que poseen mejor resolución (1 m). Las barras en cuestión se mencionan a continuación según el kilometraje y ribera en la cual se ubican:

Km 5.5 – Km 7.4 Ribera Sur (Figura 4-22): Frente al poblado de Licantén se identificó una barra fija ubicada en la parte interna de una curva del cauce. Actualmente, parte de esta barra es utilizada para siembra; sin embargo, las imágenes satelitales Landsat de 1985 y 2001 evidencian que dicha zona ya correspondía a la barra en ese entonces. Asimismo, la imagen Sentinel de 2018 muestra claros signos de erosión del suelo por acción del agua, condición que se mantiene en la actualidad. Cabe señalar que esta área es inundada por el caudal máximo medio mensual, lo que confirma que la superficie cultivada forma parte del cauce.

Km 12 – Km 15 Ribera Norte (Figura 4-23): Se identificó una barra ampliamente utilizada para siembra entre los kilómetros 12 y 15, a la altura del estadio de Lora en la ruta J-60. La imagen Landsat de 1985 evidencia que el cauce principal ocupaba originalmente esta zona. Posteriormente, la imagen Landsat de 2001 muestra el desplazamiento del río hacia la ribera sur, dejando conformada una barra alternada en la ribera norte, actualmente utilizada con fines agrícolas. Cabe señalar que esta área es inundada por el caudal máximo medio mensual, lo que confirma que constituye parte activa del cauce fluvial.

Km 14 – Km 16 Ribera Sur (Figura 4-24): Justo aguas debajo de la barra mencionada en el párrafo anterior, se identificó otra barra utilizada con fines agrícolas. Esta barra forma parte del sistema de barras alternadas característico de la zona. Las imágenes captadas por el satélite Landsat muestran la evolución del lecho del cauce, en donde inicialmente, en el año 1985, no existía barra en el lugar trazado, y la barra se ubicaba aproximadamente 1 km hacia aguas arriba. Posteriormente, en el año 2001 se observa que la barra se movilizó hacia aguas abajo aproximadamente 700 m. Ya en el año 2005 la barra casi se ubica en la

posición delimitada en la actualidad. Esta secuencia refleja el alto dinamismo morfológico del sector.

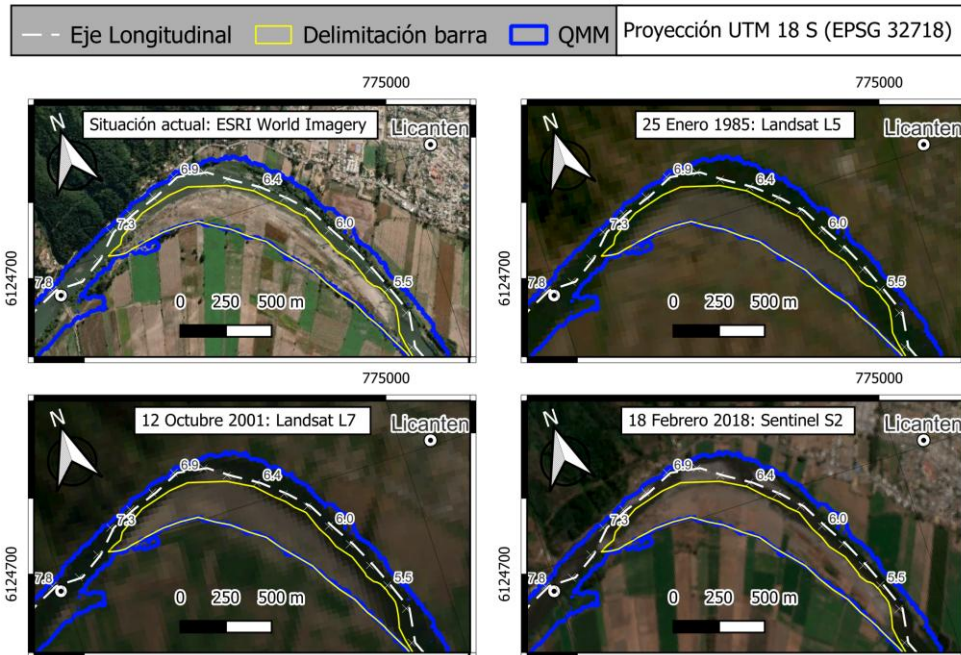


Figura 4-22: Detección de barra intervenida antrópicamente por agricultura entre el km 5.5 y 7.4. QMM corresponde al área de inundación con la simulación numérica con el caudal máximo medio mensual.

- - Eje longitudinal Delimitación barra QMM Proyección UTM 18 S (EPSG 32718)

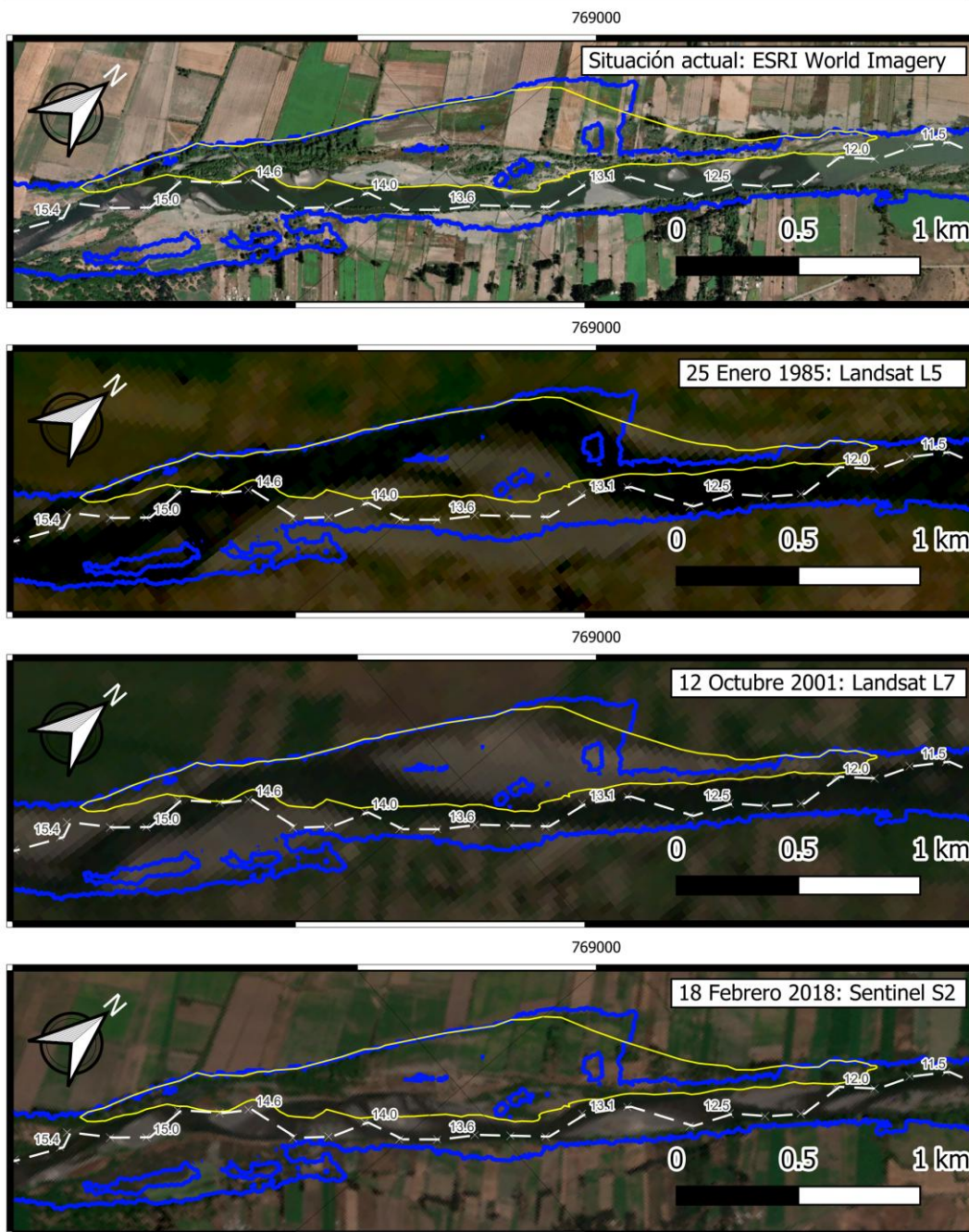
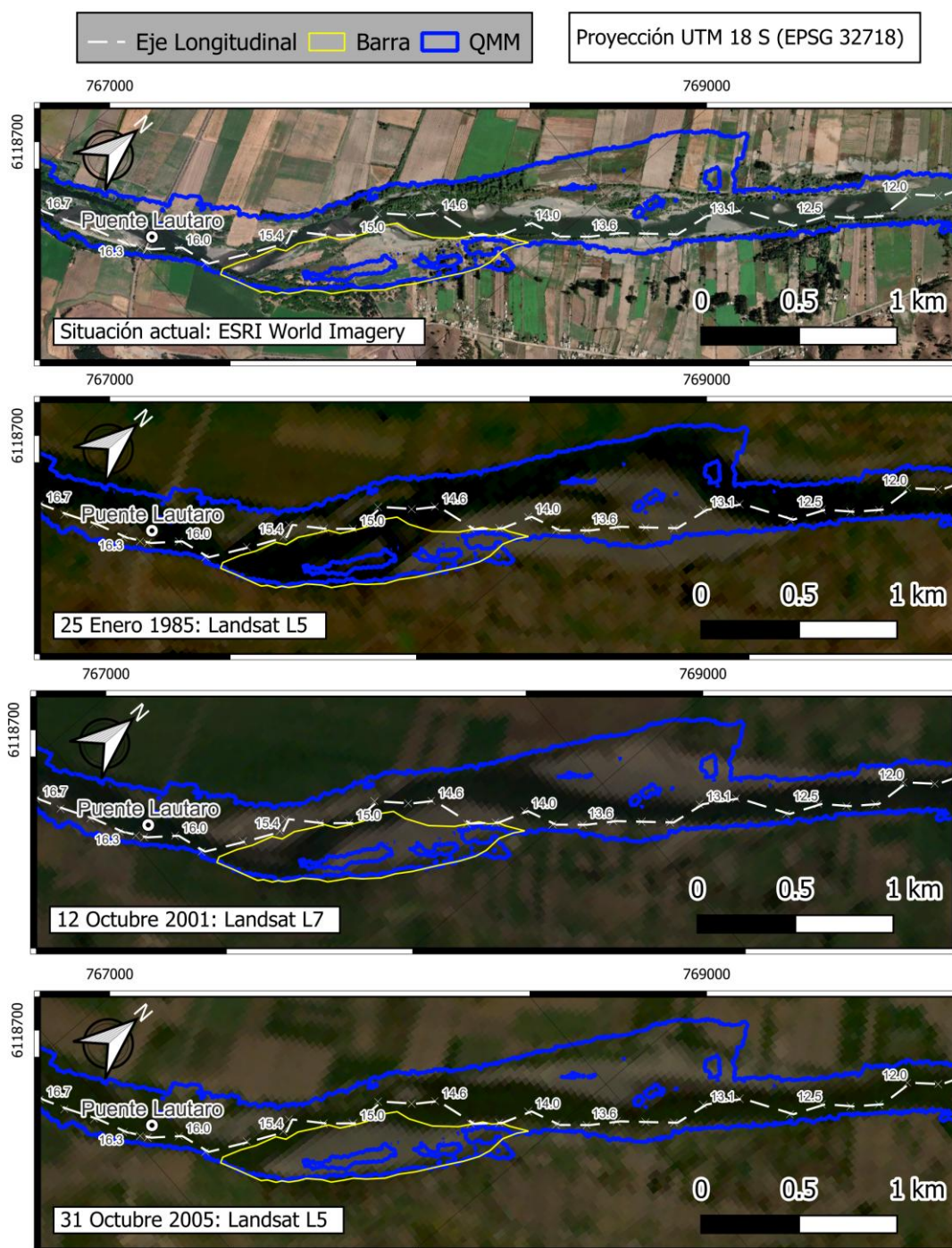


Figura 4-23: Detección de barra intervenida antrópicamente por agricultura entre el km 11.5 y 15.4. QMM corresponde al área de inundación con la simulación numérica con el caudal máximo medio mensual.



Planicies de inundación

Con respecto a las planicies de inundación, éstas se delimitaron a partir de los resultados de la modelación numérica y pueden ser visualizadas en planta en el mapa de la Figura 4-28.

En general, se observa que, para caudales con periodo de retorno igual o superior a 25 años, el cauce utiliza prácticamente toda la extensión del valle para fluir, sin diferencias significativas en el área mojada para caudales mayores. Además, se evidenció que las diferencias entre las áreas de inundación para caudales con periodos de retorno de 5 y 10 años son poco significativas.

Adicionalmente, en el mapa de la Figura 4-28, se muestran perfiles transversales trazados (PI-) utilizados para la visualización de las planicies de inundación. La grafica de algunos de estos perfiles (PI-2, PI-4 y PI-7) se muestra en las Figuras Figura 4-25, Figura 4-26 y Figura 4-27, y estas contienen la topobatemetría y las extensiones de las planicies de inundación marcadas en color. El resto de los perfiles puede ser consultado en el Anexo 7.1

El perfil de la Figura 4-25 muestra las planicies de inundación a la altura de Licantén. Se observa que todas las chacras colindantes se encuentran dentro del área inundable para un periodo de retorno de 2 años, mientras que la terraza fluvial donde se sitúa Licantén corresponde a una planicie de inundación para un caudal de periodo de retorno 25 años.

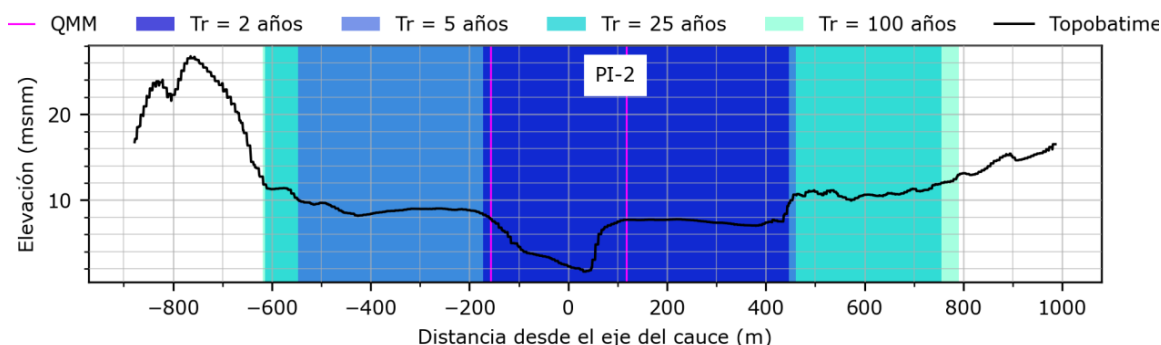


Figura 4-25: Perfil transversal PI-2 (ver Figura 4-28), sector Licantén. Desde aguas arriba hacia aguas abajo.

El perfil de la Figura 4-26 muestra las planicies de inundación del tramo inmediatamente aguas abajo de la pasarela. Se observa que el cauce se encuentra bien encajonado y la planicie correspondiente al periodo de retorno de 5 años en la ribera norte (sector del aeródromo) se extiende levemente más allá del canal activo, sin embargo, para periodos de retorno de 25 años, el caudal ocupa el valle de extremo a extremo para fluir (ver).

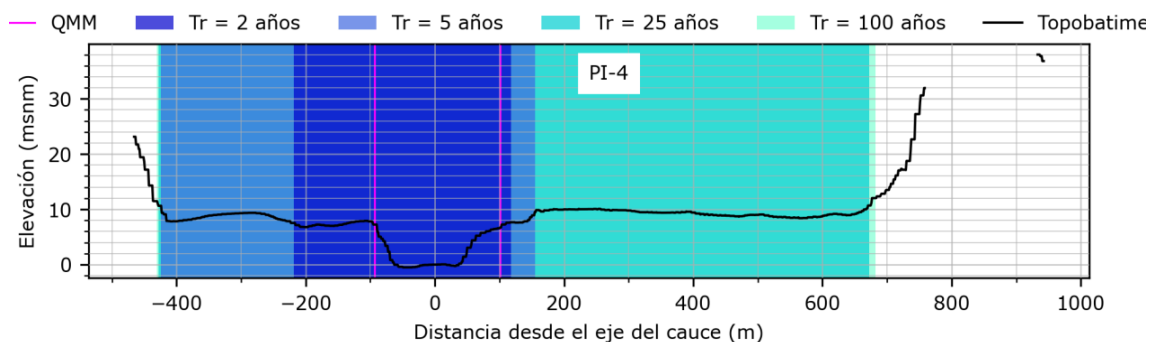


Figura 4-26: Perfil transversal PI-4 (ver Figura 4-28), sector Aeródromo. Desde aguas arriba hacia aguas abajo.

Por otra parte, en la zona del Puente Lautaro, se observa una extensa llanura de inundación hacia la ribera norte, y tanto el caudal de 5 como el de 25 y 100 años la utilizan en toda su extensión para fluir, como se muestra en el Perfil de la Figura 4-27. En contraste, el sector correspondiente a la ribera sur presenta un encajonamiento marcado, lo que restringe la expansión lateral del flujo. Siguiendo hacia aguas abajo, entre el Puente Lautaro y el Puente Mataquito, las planicies de 5 años se expanden levemente fuera del cauce, mientras que los caudales de 25 y 100 años utilizan la totalidad del valle.

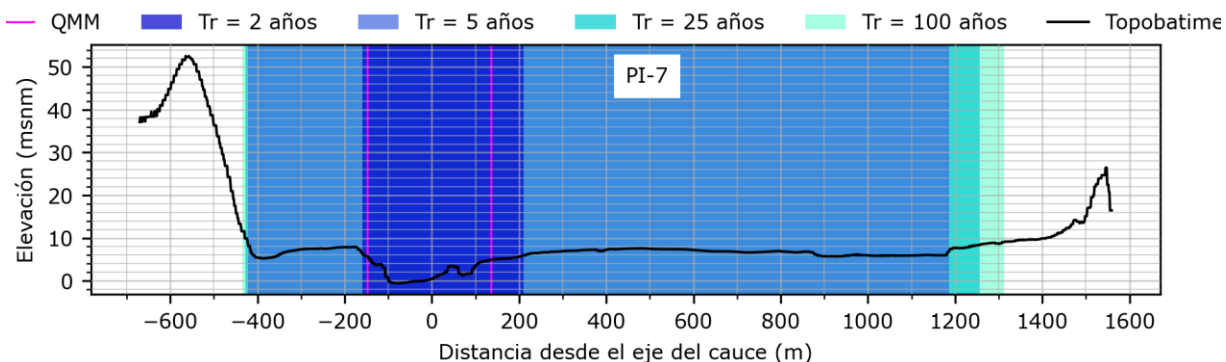


Figura 4-27: Perfil transversal PI-7 (ver Figura 4-28), sector puente Lautaro. Desde aguas arriba hacia aguas abajo.

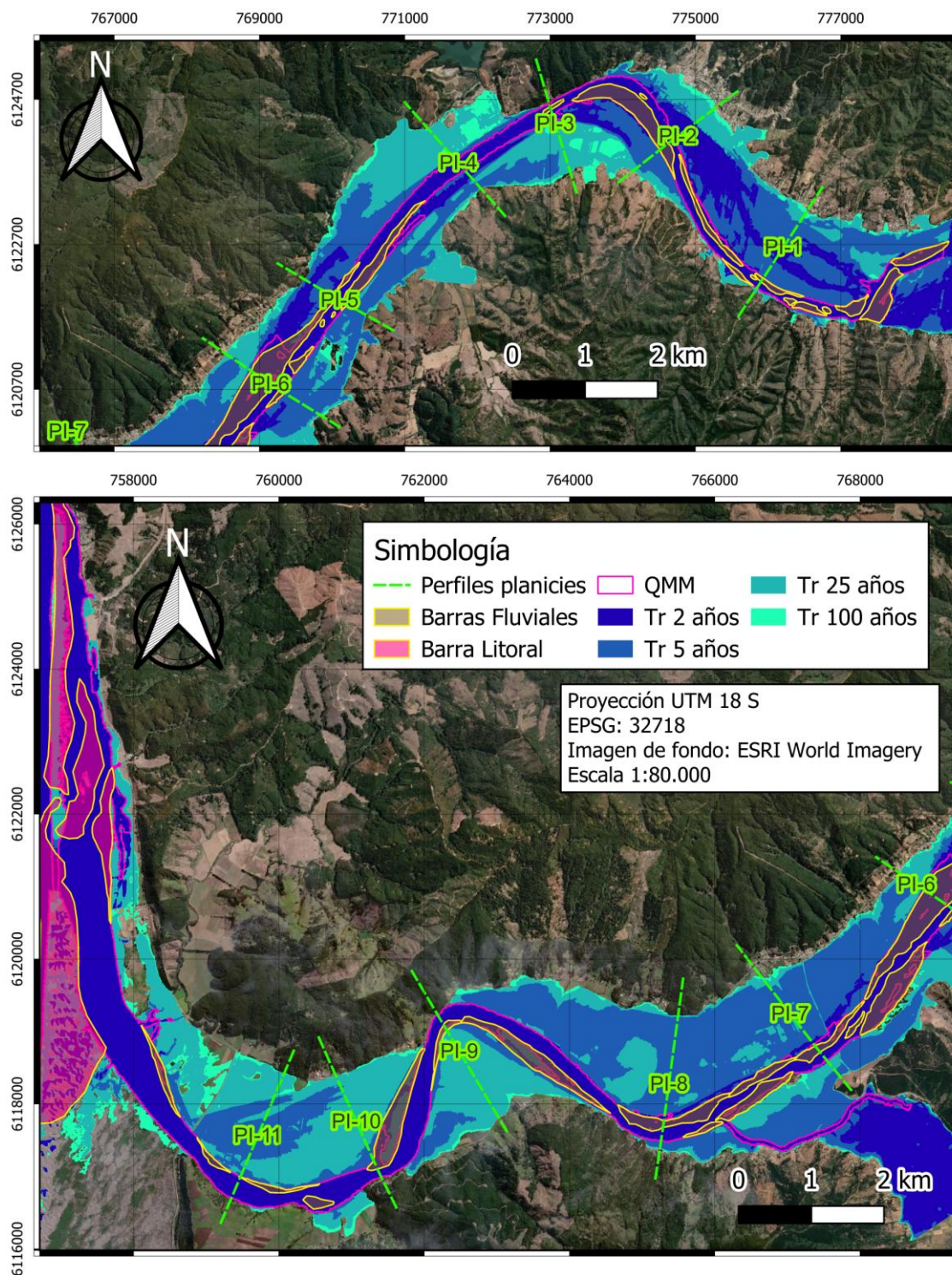


Figura 4-28: Mapa de barras fluviales, litoral y planicies de inundación en el área de estudio. Arriba: sector de Licantén. Abajo: sector Puente Lautaro-Puente Mataquito-Desembocadura.

4.1.3.4 Detección satelital del río

Se realizó una detección satelital del río Mataquito a través del tiempo, con el objetivo de visualizar posibles antiguos brazos. Para la detección, se realizó un análisis multitemporal de los registros satelitales del satélite Landsat con sus misiones L5 y L8, entre los años 1985 y 2023.

La detección del cuerpo de agua se realizó aplicando el índice de agua de diferencia normalizada NDWI (por sus siglas en inglés), propuesto por (McFeeters, 1996) El índice NDWI se proporciona información de masas de agua o el nivel de saturación de humedad en el suelo y vegetación, y se calcula para cada píxel de la imagen satelital. El cálculo del índice se realiza mediante la siguiente expresión:

$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR} \quad (4-3)$$

Donde G es la reflectancia de la banda verde y NIR es la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano. Con esto, el índice NDWI puede tomar valores entre -1 y 1. Los valores más cercanos a 1 usualmente indican la presencia de agua, mientras que los valores entre 0 y -1 indican suelo, vegetación o infraestructuras.

Para cada imagen satelital se adoptó como valor umbral el percentil 90 del índice NDWI (Spada, Molinari, Bertoldi, Vitti, & Zolezzi, 2018); en consecuencia, los píxeles con valores superiores a este umbral fueron considerados como presencia de agua.

Mediante la plataforma Google Earth Engine, se aplicó esta metodología a la totalidad de imágenes disponibles (1.081 en total), generando imágenes binarias en las que el valor 1 representa presencia de agua y el valor 0 corresponde a suelo seco.

No obstante, se identificaron falsos positivos y verdaderos negativos, lo que hizo necesario aplicar un filtro adicional basado en la proporción de superficie con agua detectada respecto al área total de estudio, expresada como porcentaje. La Figura 3-1 muestra el histograma de este porcentaje para toda la colección de imágenes. A partir de este análisis, se seleccionaron aquellas imágenes con una proporción de superficie con agua entre un 4% y un 16% (área sombreada), lo que redujo el conjunto a 593 imágenes utilizadas en el análisis.

La distribución temporal de las imágenes seleccionadas (Figura 3-2) evidencia una mayor disponibilidad a partir del año 2014, con entre 40 y 50 imágenes por año, mientras que en los años anteriores el número de imágenes varía entre 2 y 10 por año.

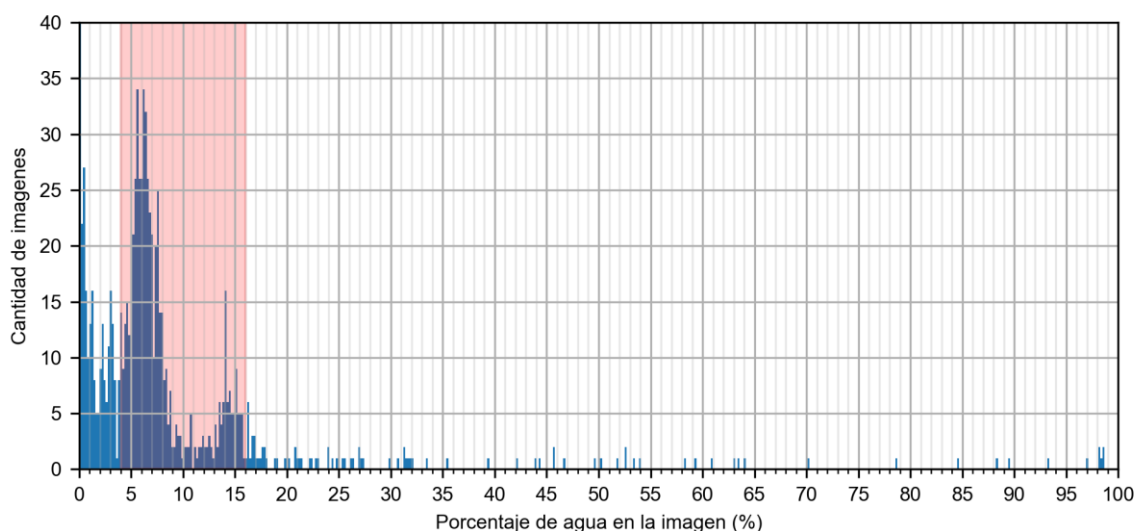


Figura 4-29: Histograma con el porcentaje de superficie de agua detectada en la colección Landsat L5 y L8.

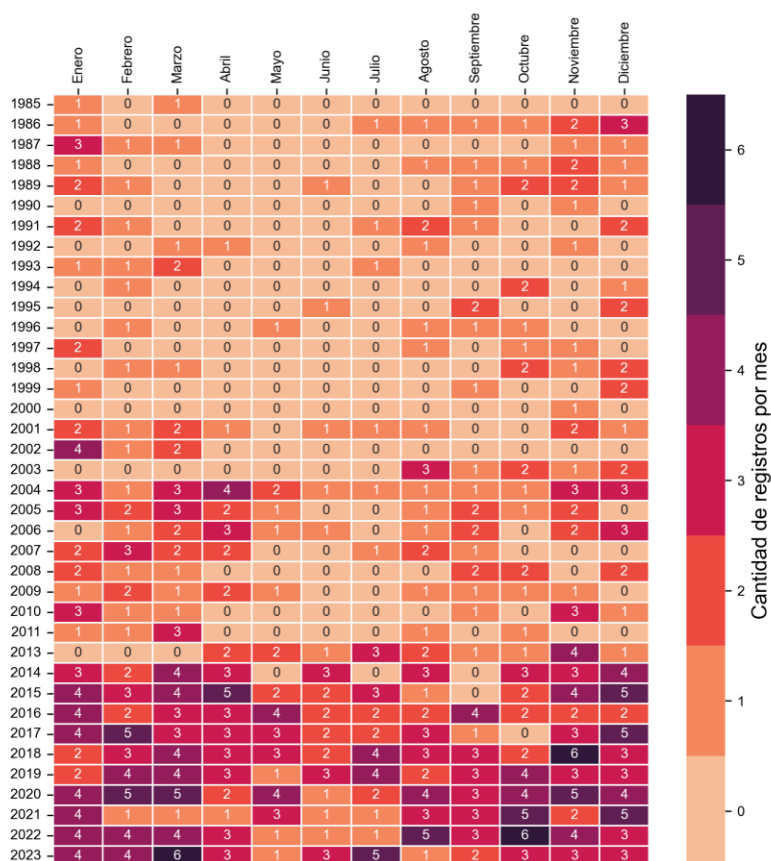


Figura 4-30: Cantidad de registros satelitales mensuales Landsat utilizados para la detección del río Mataquito.

Como producto final, se obtuvo un ráster binarizado, en el que los píxeles con valor 1 corresponden a aquellos donde se detectó agua en al menos un 2% del total de imágenes analizadas, y los píxeles con valor 0 representan aquellos identificados como agua en menos del 2% de los casos.

A partir del ráster generado (obtenido mediante teledetección), se delimitó un polígono inicial que representa la traza del cauce. Es importante destacar que este insumo proviene del sensor Landsat, el cual posee una resolución espacial de 30 metros (m).

A pesar de esta limitación de resolución, esta metodología fue de gran utilidad como apoyo para validar la delimitación del deslinde obtenida a través de los resultados de la simulación hidrodinámica. Dado que el ancho promedio del cauce del río Mataquito en el sector de estudio es de aproximadamente 150 m, la resolución de 30 m logra representar dicho ancho mediante cinco píxeles (píxeles de 30 m).

Si bien la resolución de 30 m no es adecuada para la fijación final de un deslinde preciso, la capacidad de representar el cauce con cinco píxeles (un número superior al umbral mínimo de tres píxeles requerido para una detección robusta del ancho) sí permite identificar y validar la localización general del eje fluvial y sus principales variaciones, sirviendo como una herramienta de chequeo efectiva.

En el mapa de la Figura 4-30 se muestra en línea azul el polígono resultante del análisis descrito; además, se presenta la simulación numérica correspondiente al caudal medio mensual máximo. Se observa una concordancia general entre la zona delimitada a partir de imágenes satelitales y el área de inundación estimada por la simulación numérica a lo largo del río Mataquito. No obstante, en el sector costero cercano a la desembocadura, la teledetección presenta interferencias o ruido, lo que genera discrepancias respecto a los resultados de la simulación.

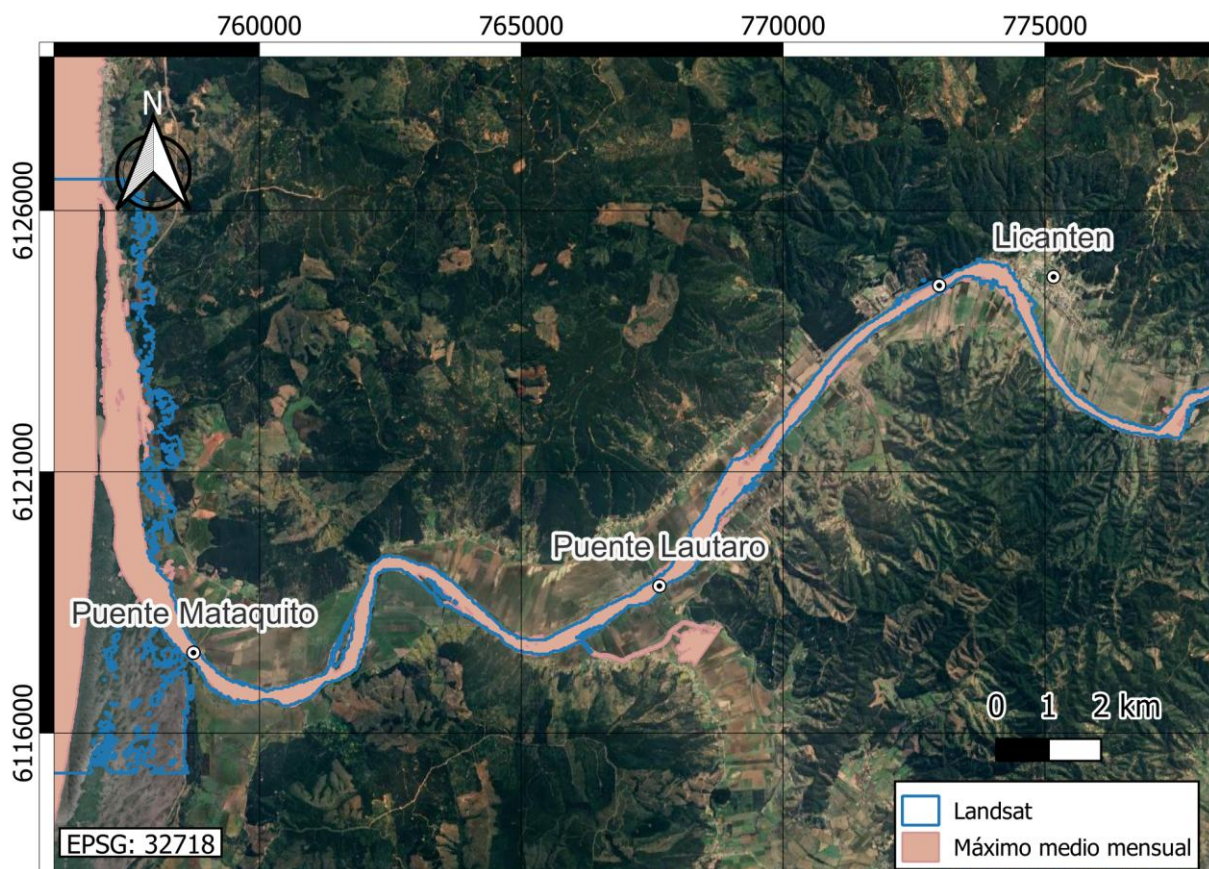


Figura 4-31: Resultados detección satelital del río Mataquitos.

Adicionalmente, se pudo identificar dos antiguos brazos del cauce que no alcanzan a activarse en la simulación con el caudal máximo medio mensual pero si con el caudal de periodo de retorno 2 y 5 años. El primer brazo se ubica hacia la ribera sur entre los kilómetros 20 y 22.5, mientras que el segundo brazo se ubica entre los kilómetros 23.5 y 25.5. En la secuencia de imágenes de la Figura 4-32 se muestra la evolución del lecho del cauce para ambos brazos, el primero esta antes de la curva y el otro luego de ésta. La imagen del año 1985 muestra que en ambos sectores existían dos barras longitudinales, posteriormente, en el año 2000 los brazos del cauce se inactivaron, sin embargo, el paso del agua erosionó el fondo dejando estos antiguos brazos fáciles de inundar y volver a activarse. Como se puede observar, los brazos antiguos logran ser detectados mediante el índice NDWI.

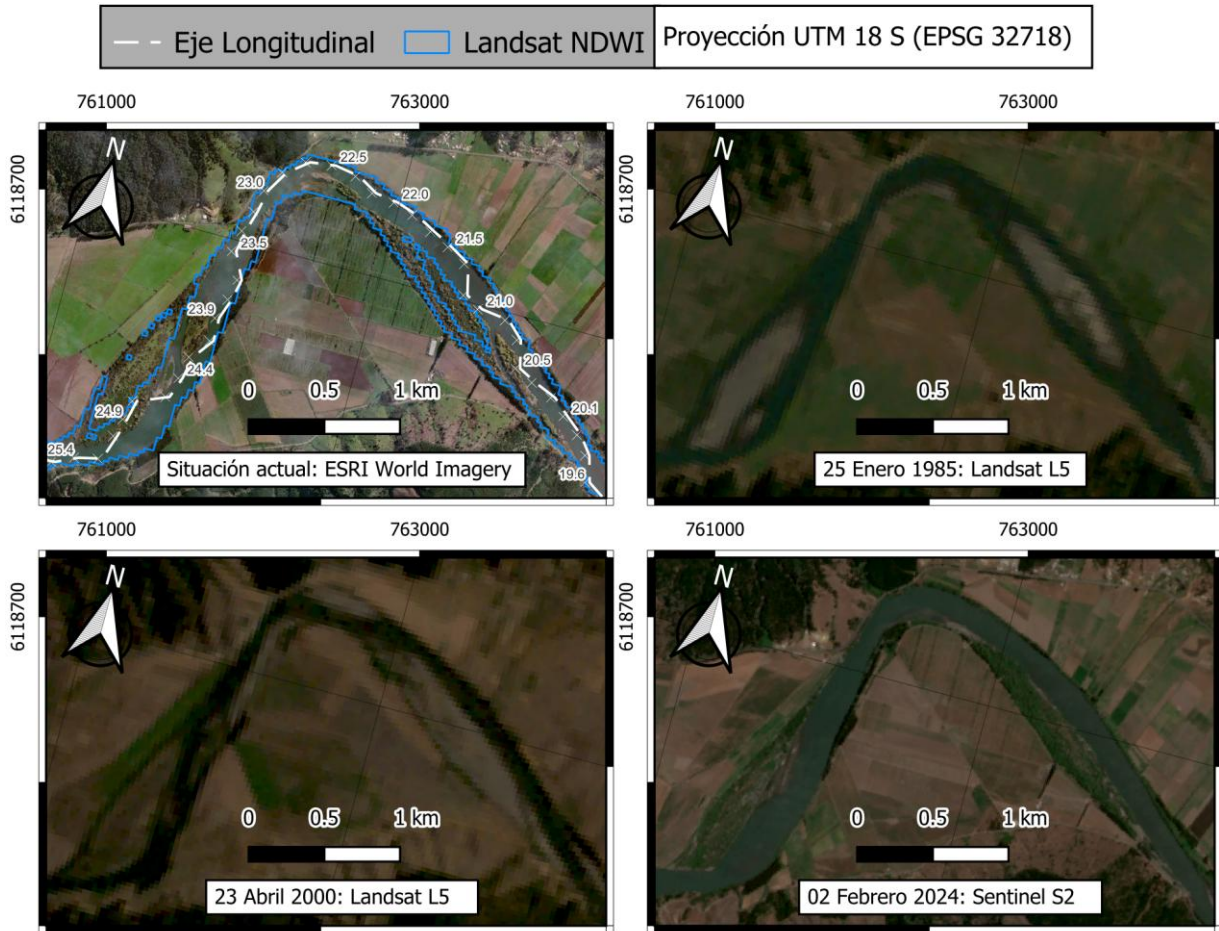


Figura 4-32: Antiguos brazos del cauce ubicados entre los kilómetros 20 y 25.5.

4.1.3.5 Identificación de zonas susceptibles a erosión.

A partir de imágenes satelitales se identificaron zonas en las riberas propensas a la erosión. Estas zonas tienen en común que forman secuencias rifle-pool, en el flujo se desvía oblicuamente hacia una de las riberas, en este caso debido a la presencia barras diagonales. Se estimó que las zonas de pozas (pool) en una secuencia rifle-pool podrían estar afectas a procesos de erosión de laderas. Para el caso del tramo en estudio, se observaron secuencias rifle-pool en el tramo de aguas arriba de Licantén entre el kilometraje 0.5 y 3. Las imágenes A y B de la Figura 4-34 evidencian la erosión provocada en una poza con secuencia rifle-pool (de la Figura 4-33), adicionalmente, las imágenes C y D de la misma figura muestran zonas que podrían estar afectas a procesos erosivos de similares características.

— - Eje Longitudinal (km)  Zona propensa a erosión



Figura 4-34: Identificación de zonas propensas a erosión de laderas en secuencia rifle-pool.

Por otro lado, mediante la topografía levantada en terreno y la velocidad del flujo simulada para la crecida de periodo de retorno 5 años, se identificaron laderas que podrían estar propensas a erosión. Se utilizó el flujo de 5 años de periodo de retorno debido a que este corresponde a una crecida de mediana frecuencia e ilustra de mejor manera los patrones de velocidad del escurrimiento que las crecidas de caudales menores simuladas.

En este caso, se determinó que las zonas propensas a erosión corresponden principalmente a laderas pronunciadas, las cuales actúan deflectando el flujo que circula a altas velocidades y, en consecuencia, pueden estar sometidas a esfuerzos hidráulicos significativos. Estas laderas se ubican con mayor frecuencia en la parte exterior de curvas pronunciadas del cauce; sin perjuicio de ello, también se identificaron laderas empinadas expuestas a altas velocidades en sectores rectos o interiores del cauce

Los sectores identificados se muestran en las imágenes de la Figura 4-35. Dentro de los sectores identificados, cabe mencionar tres sectores que poseen una ruta vehicular situada sobre la ladera identificada como propensa a erosión. El primero de estos sectores se ubica entre el kilometraje 6.7 y 8 (imagen C) correspondiente al tramo de la ruta J-60 inmediatamente al Oeste del poblado de Licantén. El segundo sector se ubica entre el kilometraje 19.5 y 20 (imagen E), correspondiente a una ladera pronunciada sobre la cual se sitúa la ruta K-24. El tercer sector se ubica entre el kilometraje 22.3 y 23.3 (imagen F), correspondiente a una ladera sobre la cual se encuentra la ruta J-60.

Cabe mencionar que éste trabajo solo se centró en la identificación de laderas que potencialmente podrían someterse a procesos de erosión. Sin embargo, se recomienda realizar estudios geomecánicos e hidráulicos focalizados en este tipo de procesos erosivos.

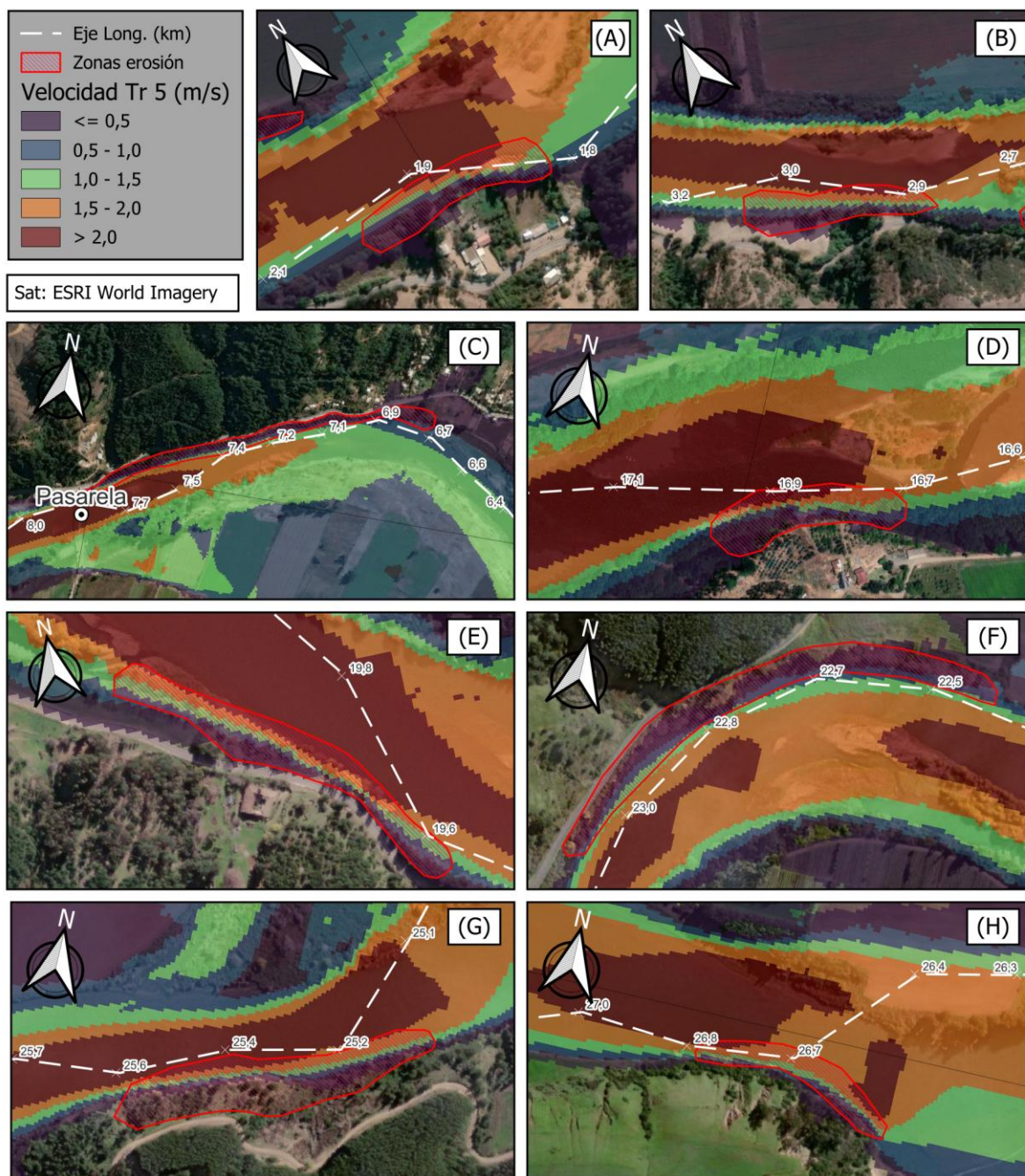


Figura 4-35: Identificación de zonas propensas a erosión de laderas por velocidad del flujo.

Finalmente, se debe mencionar la zona del puente Lautaro, la cual a simple vista se visualiza como una zona propensa a erosionarse y con alto dinamismo morfológico en su ribera Norte como se observa en la imagen de la Figura 4-37. Durante el recorrido en la

campaña de terreno de Marzo del año 2024, se pudo evidenciar que la topografía de esta zona presenta múltiples embancamientos (como se muestra en la imagen de la Figura 4-36) y evidentemente erosiones.



Figura 4-36: Bancos de arena en ribera norte del puente Lautaro. Imagen tomada en la campaña de terreno de Marzo 2024.

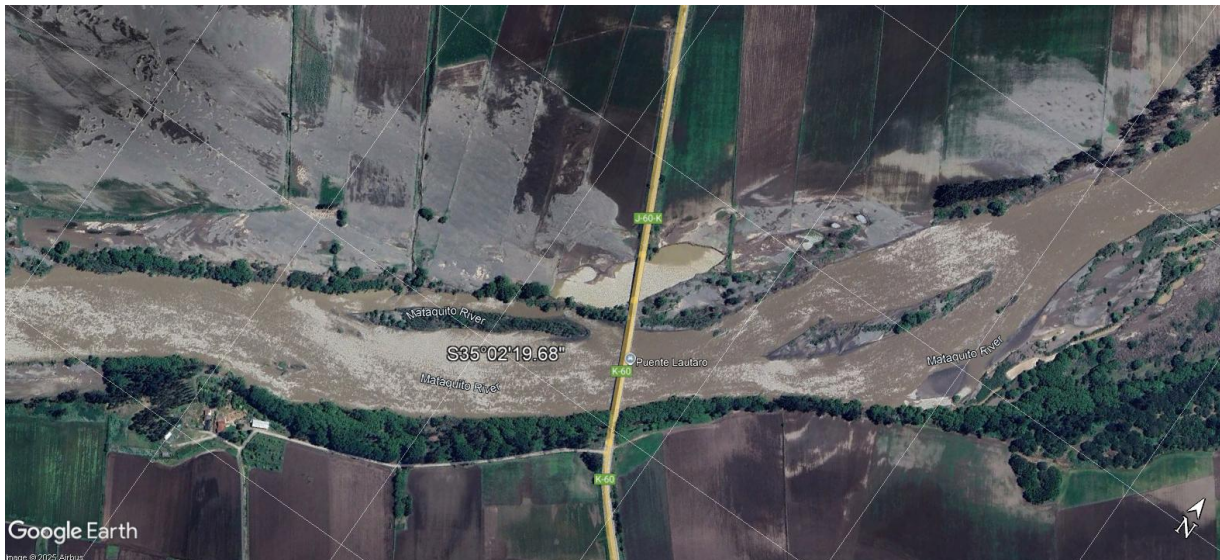


Figura 4-37: Imagen satelital año 2024 Google Earth sector puente Lautaro.

4.2 PROPOSICIÓN DE DESLINDES

4.2.1 FUNDAMENTOS LEGALES

Para el trazado del deslinde, es fundamental comprender la definición de “cauce” y distinguir qué elementos forman parte de él y cuáles no. La palabra “cauce” corresponde a está definida en el artículo 30 del *Código de Aguas* (Gobierno de Chile, 1981), el cual menciona:

“Álveo o cauce natural de una corriente de uso público es el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas.”

Equivalentemente, el SHOA (2023) en su Manual de Instrucciones Hidrográficas N°4 define como línea de aguas máximas en Ríos y Lagos como:

“Nivel hasta donde llegan las aguas en los ríos o lagos, en sus crecientes normales de invierno y verano.”

El Decreto Supremo N.º 609 (Gobierno de Chile, 1979) establece las reglas para fijar los deslindes entre las propiedades ribereñas y los bienes nacionales de uso público que constituyen los cauces de ríos, lagos y esteros, particularmente para cuerpos de agua no navegables por buques de más de 100 toneladas (SHOA, 2023). El artículo 4 del decreto profundiza y complementa la definición de “cauce”:

“Para los efectos de determinar cuáles son los terrenos que constituyen cauces de ríos, lagos y esteros, los organismos que deberán actuar en estos casos, considerarán las normas siguientes, sin perjuicio de las demás de orden técnico que deban aplicarse:

- a) Se considerará lecho o alveo de río, lago o estero, la porción de tierra por la que permanentemente corren las aguas.*
- b) Se considerará cauce de río, lago o estero la superficie que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces periódicas ordinarias.*
- c) Se considerarán creces extraordinarias, aquellas de rara ocurrencia y que se deban a causas no comunes, producidas sin regularidad, durante períodos, en general, mayores de cinco años. Los terrenos ocupados y desocupados alternativamente en estas creces extraordinarias, no se considerarán cauce de ríos, lagos y esteros y, por tanto, pertenecen a los propietarios riberanos.”*

Por otra parte, se puede observar en varios fallos de carácter jurídico que la distinción entre creces ordinarias y extraordinarias es un punto central en la delimitación de los cauces y, por ende, en la separación entre el dominio público y la propiedad privada. La jurisprudencia ha variado en el criterio para definir el cauce y generalmente se basa en la regularidad y periodicidad del fenómeno natural (Cabrera Pacheco, 2018) (Vergara Blanco, 2000). Las creces ordinarias, aunque puedan ser de gran volumen, son aquellas que ocurren con una frecuencia que la naturaleza misma ha establecido como normal dentro del comportamiento del río.

Producto de estas interpretaciones jurídicas y de acuerdo con las normas mencionadas, la definición de cauce puede asociarse a la línea de aguas máximas generada por una crecida ordinaria. Asimismo, la expresión “sin perjuicio de las demás de orden técnico que deban aplicarse” permite ampliar el análisis para su delimitación, incorporando criterios adicionales como el estudio geomorfológico y la dinámica sedimentológica del sistema fluvial.

4.2.2 FUNDAMENTOS TÉCNICOS

La proposición del trazado del deslinde se basó en la determinación de la línea de aguas máximas asociada a crecidas ordinarias, para lo cual se consideraron diferentes fuentes de información, utilizadas de forma complementarias. Estas fuentes corresponden a la topobatimetría levantada en Marzo del 2024, la simulación numérica del caudal medio mensual máximo, y 2 años de periodo de retorno, la delimitación geomorfológica de las barras fluviales y los antiguos brazos del cauce detectados a partir del análisis multitemporal de imágenes satelitales.

El criterio principal para la delimitación de los deslindes fue identificar los bordes del banco lleno (bankfull) del río que corresponden al área ocupada por las crecidas del río y situar el deslinde en una superficie de baja pendiente lo más apegado a este borde como se indica en el esquema de la Figura 4-38.

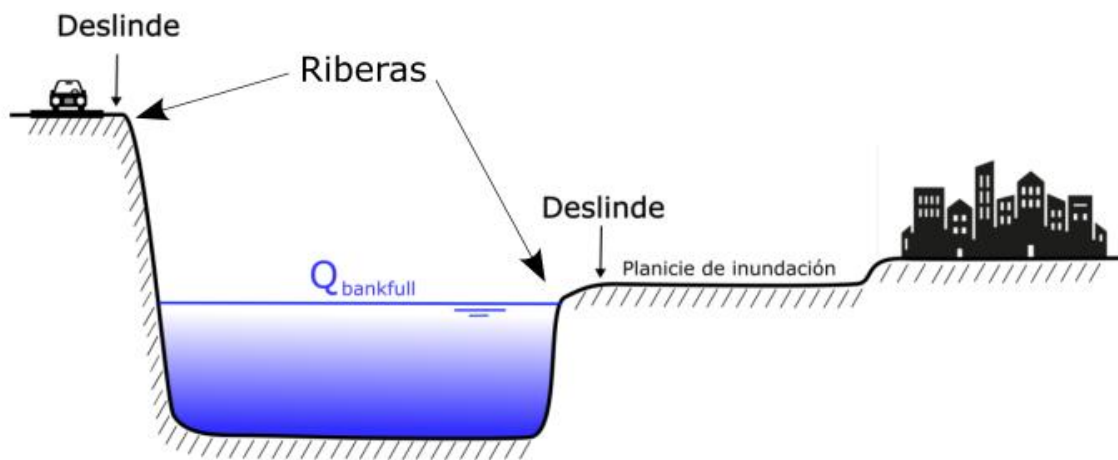


Figura 4-38: Esquema perfil transversal del criterio para delimitar los deslindes.

Para la identificación de las riberas a caja llena se utilizó el ráster de pendiente topográfica (Figura 4-3), junto con el área de inundación de la simulación del caudal medio mensual máximo (QMM) igual a $920 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, valor que se aproxima al caudal de banco lleno. En particular, se utilizó la mancha de inundación del caudal QMM para identificar el borde la caja en el mapa de pendientes y de esta forma trazar el deslinde como lo muestra la Figura 4-39.

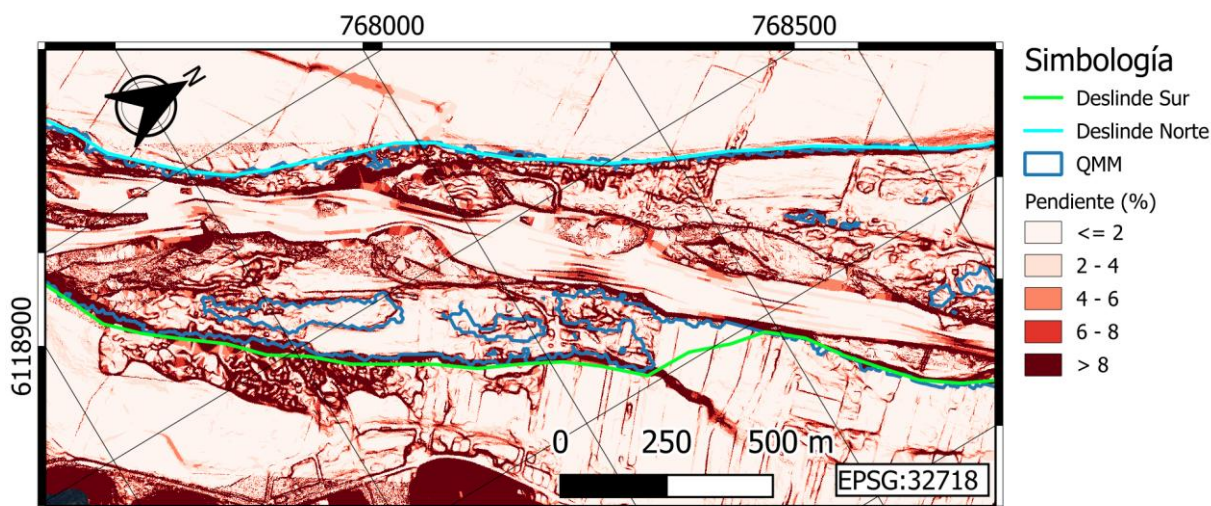


Figura 4-39: Ejemplo de aplicación del fundamento técnico para el trazado del deslinde mediante la identificación de la caja a través del mapa de pendiente y simulación QMM sector puente Lautaro.

Adicionalmente, se utilizaron los resultados de sectores de inundación de la crecida de periodo de retorno de 2 años y que no quedan dentro de la mancha de inundación del caudal medio mensual máximo (QMM), en la sección 4.1.2.4.2 “Análisis de erosión de fondo para inundaciones de 2 y 5 años de periodo de retorno.” se identificaron aquellas donde se formaban canales paralelos al cauce principal con un potencial erosivo significativo. Estas zonas fueron incluidas dentro de los deslindes ya que podrían llegar a ser parte de la caja del río, sobre todo en las zonas donde la ribera no está definida claramente. En particular se incluyó como parte del cauce el tramo comprendido entre los kilómetros 8.6 y 11.1 de la ribera Sur (imagen A de la Figura 4-40), otro pequeño sector de la ribera Sur entre los kilómetros 13.9 y 14.2 (imagen B de la Figura 4-40) y el sector de la ribera Norte ubicado aguas abajo del puente Lautaro entre los kilómetros 16.2 y 19.6 (imagen C de la Figura 4-40), determinando como caja del río la ribera contigua a estos canales secundarios.

Las crecidas asociadas a caudales iguales o superiores a periodos de retorno de 5 años ayudaron junto con la topografía plana y de baja pendiente del sector de Licantén determinar la presencia de extensas planicies de inundación. En este contexto, un evento clasificado como extraordinario resultaría en una ocupación completa y uniforme de la totalidad del ancho hidráulico de la zona potencialmente inundable.

Cabe mencionar que todas las zonas de barras delimitadas en la sección 0 “Barras fluviales” forman parte del cauce, incluyendo las zonas de barras en las que se determinó que están han sido ocupadas por intervenciones antrópicas para uso agrícola. Del mismo modo, los brazos inactivos de cauce que se muestran al final de la sección 4.1.3.4 “Detección satelital del río” también fueron incorporados a éste por tratarse se zonas con elevado dinamismo morfológico, y, por lo tanto, presentan una mayor probabilidad de activarse con caudales ordinarios.

Una vez definido el trazado inicial de los deslindes, se realizó un chequeo de factibilidad en terreno utilizando imágenes satelitales de alta resolución (Google Earth y ESRI World Imagery). El objetivo fue asegurar que el límite propuesto fuese demarcable de forma eficiente y reconocible por terceros.

Específicamente, en aquellos puntos donde el trazado original caía sobre sectores de vegetación densa, pendientes muy pronunciadas (como laderas o barrancos), o áreas que presentaban obstáculos que dificultarían la materialización física del deslinde, este se ajustó. Cuando fue técnicamente posible, el límite se desplazó unos pocos metros hasta alcanzar zonas más planas, despejadas o caminos existentes.

Adicionalmente, en sectores con laderas pronunciadas se identificaron áreas no habitadas ni cultivadas, con vegetación frondosa y contigua al cauce, las cuales corresponden a riberas del cauce. Estas zonas fueron incorporadas como parte del cauce, aun sin ser afectadas por el caudal máximo medio mensual, con el fin de incorporar las laderas y facilitar el trazado del deslinde en terrenos topográficamente más planos.

Con respecto a la zona costera del deslinde Norte, se aplicó como criterio técnico identificando las riberas como el ilustrado en el esquema de la Figura 4-38. Para ello se determinó a partir del mapa de pendientes y la mancha de inundación obtenida en la simulación con caudal medio mensual, la cual considera una condición de borde de marea alta en la salida del modelo, descrita en la sección 4.1.2.2 "**Modelación numérica hidráulica**". Cabe mencionar que se tuvo especial cuidado de que todos los enrocados presentes en la zona quedasen como parte del cauce. En este tramo del estudio únicamente se delimitó la ribera Norte del cauce. No se consideró el trazado del deslinde Sur debido que éste quedaría sobre la barra litoral, la cual posee un alto dinamismo morfológico como se mostró en la sección 0 "**Barra litoral**" del presente informe.

Respecto a los sectores de inundación de la crecida de periodo de retorno de 2 años y que no quedan dentro de la mancha de inundación del caudal medio mensual máximo (QMM), en la sección 4.1.2.4.2 "Análisis de erosión de fondo para inundaciones de 2 y 5 años de periodo de retorno." se identificaron aquellas donde se formaban canales paralelos al cauce principal con un potencial erosivo significativo. Estas zonas fueron incluidas dentro de los deslindes ya que podrían llegar a ser parte de la caja del río, sobre todo en las zonas donde la ribera no está definida claramente. En particular se incluyó como parte del cauce el tramo comprendido entre los kilómetros 9.4 y 11.1 de la ribera Sur (imagen A de la Figura 4-40), otro pequeño sector de la ribera Sur entre los kilómetros 13.4 y 14.7 (imagen B de la Figura 4-40) y el sector de la ribera Norte ubicado aguas abajo del puente Lautaro entre los kilómetros 16.2 y 18.8 (imagen C de la Figura 4-40), determinando como caja del río la ribera contigua a estos canales secundarios.

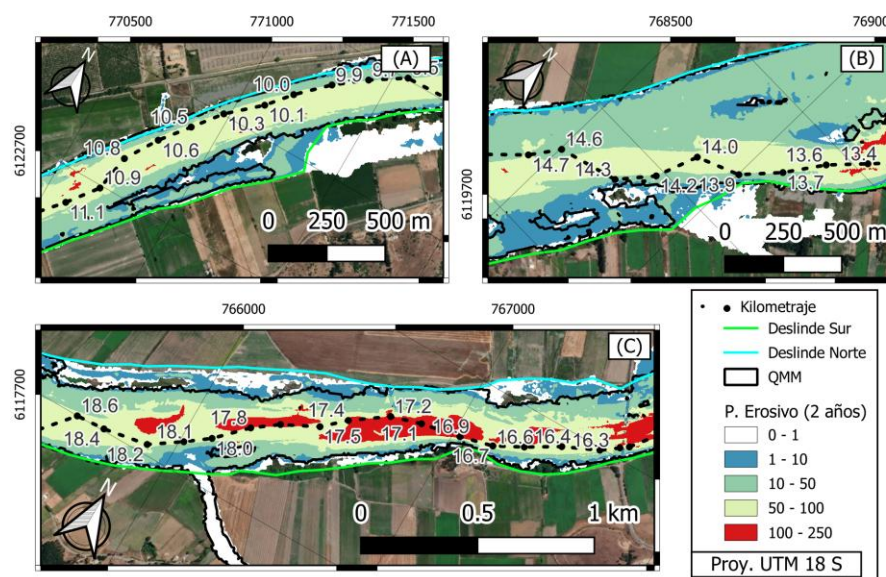


Figura 4-40: Zonas incluidas en el deslinde correspondientes a la inundación de la crecida de 2 años de periodo de retorno. Se muestra además el potencial erosivo calculado en la sección 4.1.2.4.1.

Las zonas de aguas quietas identificadas en la sección 4.1.2.3 "Identificación de zonas de aguas quietas para el caudal máximo medio mensual." no fueron consideradas como parte del cauce ya que no son representativas de la caja del río ni forman parte del escurrimiento principal.

4.2.3 DESLINDE

Se trazaron los deslindes de las riberas norte y sur del río Mataquito. El trazado del deslinde de la ribera Norte se realizó desde la localidad de Docamavida (ubicada al este de Licantén) hasta el límite sur de la localidad Rancura su trazado tiene una longitud aproximada de 37 km. Por otro lado, el trazado del deslinde de la ribera sur se realizó desde la localidad Docamávida hasta el límite de la última propiedad de la ribera ubicado aproximadamente 930m aguas abajo del puente Mataquito. La longitud de éste es aproximadamente 29 km.

La propuesta de deslinde se adjuntó como mapa ANEXO_E_PROPOSICION_DESLINDES para que pueda ser visualizado y revisado por las entidades pertinentes. Adicionalmente, se adjuntan los vértices de las líneas de los deslindes de las riberas norte y sur separados equidistantemente cada 100 m.

Finalmente, se anexa una carpeta que contiene el proyecto QGIS con el cual se trazó el deslinde. El proyecto contiene las siguientes capas:

- Ortofoto de la campaña de terreno de Marzo del 2024
- Modelo de elevación digital levantado en las campañas de terreno de los meses Marzo y Abril del 2024.
- Mapa de pendientes topográficas
- Delimitación del área de inundación de la simulación numérica con el caudal medio mensual máximo.
- Delimitación satelital histórica del río Mataquito.
- Trazado de la propuesta de deslinde para la ribera norte y sur.
- Vértices del deslinde de ambas riberas cada 100 m.

4.3 OBRAS DE PROTECCIÓN DE DESLINDES

En este subcapítulo, de acuerdo con los resultados de los análisis previos y la detección de zonas propensas a erosión de ribera, se proponen defensas longitudinales con enrocados para mitigar los problemas hidráulicos para una crecida asociada al periodo de retorno de 100 años.

Estas defensas longitudinales con enrocados se desarrollan a un nivel de ingeniería de perfil.

Las calicatas contempladas en el presente estudio se han diseñado primordialmente para lograr una caracterización general de las planicies de inundación de origen fluvial. No obstante, es importante precisar que, para obtener una determinación precisa de la socavación, resulta indispensable ejecutar prospecciones específicas en aquellos sectores donde finalmente se proyecte la construcción de obras de protección.

Bajo este contexto, el presente capítulo tiene como propósito fundamental desarrollar un análisis preliminar de las zonas seleccionadas para ser intervenidas. A través de esta evaluación, se busca establecer tanto la magnitud de la socavación general en cada sector como las dimensiones técnicas requeridas para el diseño del enrocado de protección, sentando así las bases necesarias para la seguridad de las estructuras.

Todos los cálculos y supuestos utilizados en este diseño tipo perfil se encuentran respaldadas en las memorias de cálculo respectivas.

4.3.1 Criterios generales de diseño para obras fluviales de defensas longitudinales con enrocados

El Volumen 3 del Manual de Carreteras, en su numeral 3.708.101(1) indica lo relativo a las Defensas Longitudinales y Transversales de Riberas.

- **Defensas longitudinales:** utilizadas tanto para prevenir inundaciones de terrenos aledaños al cauce, como para evitar erosión y dar estabilidad a las riberas sometidas a la corriente del cauce. También son usadas para mejorar las condiciones locales de escurrimiento en puntos particulares del cauce.
- **Densas transversales:** también conocidos como espigones, corresponden a estructuras emergentes desde la orilla hacia el interior de la corriente, tiene como objetivo proteger de la erosión los bordes o riberas del cauce alejando el escurrimiento principal de las orillas.

El Manual de Carreteras indica "las defensas longitudinales, por su parte, tienen la ventaja de fijar la orilla protegida en forma definitiva, además que se diseñan de manera de no reducir el área hidráulica original o área del cauce primario. Sin embargo, en el caso de cauces con riberas o cauce primario poco definido, el trazado de las defensas debe ser avalado por un estudio hidráulico y mecánica fluvial, de manera que la reducción del área de escurrimiento no provoque descensos excesivos en el nivel del lecho (socavación general) producto del aumento de velocidad del flujo."

4.3.2 Localización en planta

Se identifican 14 zonas expuestas a erosión de ribera, 5 en la ribera norte y 9 en la ribera sur.

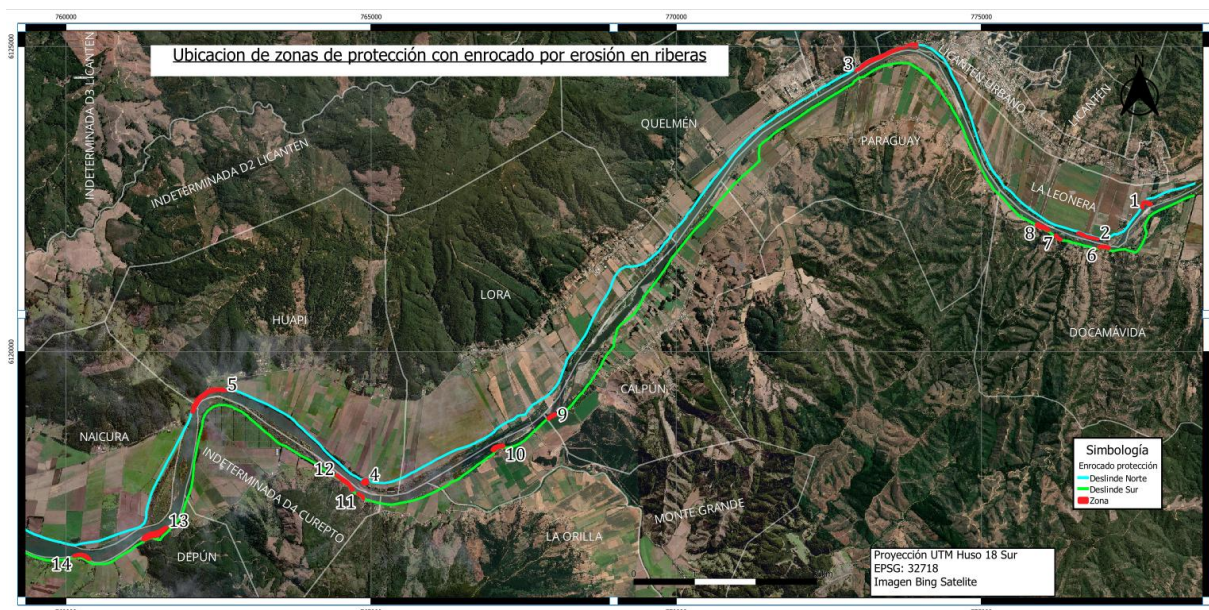


Figura 4-41: Zonas expuestas a erosión

Tabla 4-4 : Identificación de zonas expuestas a erosión de ribera en deslinde norte.

(Fuente: Elaboración propia).

ID	Vértice deslindes	Longitud (m)
1	DN-8 a DN-12	389.6
2	DN-21 a DN-26	495.4
3	DN-68 a DN-81	1193.8
4	DN-191 a DN-193	198.2
5	DN-220 a DN-229	895.2

Tabla 4-5 : Identificación de zonas expuestas a erosión de ribera en deslinde sur.

(Fuente: Elaboración propia).

ID	Vértice deslindes	Longitud (m)
6	DS-20 a DS24	293.5
7	DS-30 a DS-34	296.8
8	DS-34 a DS-39	299.5
9	DS-160 a DS-163	296.5
10	DS-171 a DS-175	294.8209
11	DS-199 a DS-201	198.6
12	DS-201 a DS-208	481.2513
13	DS-254 a DS-261	587.3385
14	DS-270 a DS-275	495.0816

4.3.3 Diseño perfil enrocados

Para cada una de las zonas de posible erosión de ladera, se dimensiona el enrocado requerido utilizando la velocidad máxima del eje del río en la zona de ubicación en planta del enrocado para un periodo de retorno de 100 años. Para el diseño se categorizan los enrocados de acuerdo con las clases definidas en el Manual de Carreteras, considerando para el dimensionamiento del enrocado el diámetro de una esfera. En la 4-6 se presenta el resumen del dimensionamiento del enrocado.

Tabla 4-6 :Diseño de enrocados de defensa longitudinal.

(Fuente: Elaboración propia).

ID	Deslinde	V _{max} deslinde (m/s)	V _{max} eje río (m/s)	W _{max} deslinde (kg)	W _{max} eje río (kg)	D _{cubo} (mm)	D _{esfera} (mm)
1	DN	1.31	2.07	3.92	60.86	284.20	353
2	DN	1.49	2.01	8.35	51.77	269.30	334
3	DN	1.39	3.33	5.48	1,063.52	737.60	915
4	DN	1.51	1.51	9.20	9.16	151.20	188
5	DN	1.00	2.94	0.79	505.08	575.50	714
6	DS	1.29	2.02	3.63	52.70	270.90	336
7	DS	0.80	1.92	0.20	38.86	244.80	304
8	DS	1.08	2.00	1.22	49.80	265.90	330
9	DS	1.09	1.79	1.31	25.35	212.30	263
10	DS	0.64	2.55	0.05	211.79	430.70	534
11	DS	0.49	1.51	0.01	9.05	150.60	187
12	DS	1.27	2.21	3.29	91.37	325.50	404
13	DS	1.20	2.56	2.34	216.32	433.80	538
14	DS	1.55	1.88	10.55	34.36	234.90	291

En cuanto al peso mínimo de las unidades de roca, se permite el uso de elementos de 100 kg siempre que representen la proporción menor del perfil y el peso de diseño sea superior. No obstante, la normativa nacional (Manual de Carreteras, Vol. 3) y la práctica en Chile establecen un peso mínimo de diseño de 300 kg. En consecuencia, y según los cálculos realizados, se establece un peso mínimo de 300 kg por roca para todos los enrocados, con excepción de la Zona ID 3 (deslinde DN). Esta zona requiere una protección de mayor masa y diámetro que la Clase III, debiendo considerarse un diámetro medio D_{50} superior a 1000 mm y un peso mayor a 1100 kg para una velocidad local admisible de 3.33 m/s.

Finalmente, la socavación de las obras proyectadas se evaluó mediante el método de Neill (cuyo desarrollo y estimaciones se detallan en la memoria de cálculo respectiva). Este método requiere el diámetro representativo del material del lecho en el emplazamiento de la estructura. Dado que las calicatas de este estudio se diseñaron para una caracterización general de las planicies de inundación y no específicamente para el cálculo de socavación, los resultados solo se consideran válidos en los sectores donde la calicata es cercana a la

zona de las obras. En la siguiente tabla se presentan los valores de socavación obtenidos para cada zona donde se proyectan enrocados.

Tabla 4-7 :Socavación en zonas de protección

(Fuente: Elaboración propia).

ID	Deslinde	Vmax deslinde (m/s)	Vmax eje río (m/s)	ID calicata	Estrato	Diámetro sedimento (mm)	Profundidad (m)	Altura de escurrimiento para arrastre crítico	Socavación (m)	Ancho (m)	Radio (m)	Socavación en Curva
1	DN-8 a DN-12	1.31	2.07	A2	3	44.785	10.7	7.70	-	950	1039	No cumple con $2 < r/B < 22$
2	DN-21 a DN-26	1.49	2.01	A2	3	44.785	7.2	5.36	-	N/A	.	N/A
3	DN-68 a DN-81	1.39	3.33	A2	3	44.785	10.64	11.52	No Valido	232	42	No cumple con $2 < r/B < 22$
4	DN-191 a DN-193	1.51	1.51	A7	4	0.36	8.05	42.24	No Valido	1300	470	No cumple con $2 < r/B < 22$
5	DN-220 a DN-229	1.00	2.94	A7	3	0.36	18.54	172.64	No Valido	1000	707	No cumple con $2 < r/B < 22$
6	DS-20 a DS24	1.29	2.02	A2	3	44.785	12.32	8.51	-	N/A	N/A	N/A
7	DS-30 a DS-34	0.80	1.92	A2	2	44.785	10	6.82	No Valido	N/A	N/A	N/A
8	DS-34 a DS-39	1.08	2.00	A2	4	44.785	10	7.06	No Valido	N/A	N/A	N/A
9	DS-160 a DS-163	1.09	1.79	A5	3	0.39	9.22	18.41	No Valido	N/A	N/A	N/A
10	DS-171 a DS-175	0.64	2.55	A5	2	0.39	8.47	12.25	No Valido	N/A	N/A	N/A
11	DS-199 a DS-201	0.49	1.51	A5	2	0.39	8.05	19.04	No Valido	N/A	N/A	N/A
12	DS-201 a DS-208	1.27	2.21	A5	2	0.39	9.6	15.67	No Valido	N/A	N/A	N/A
13	DS-254 a DS-261	1.20	2.56	A7	4	0.36	3.89	6.13	2.24	N/A	N/A	N/A
14	DS-270 a DS-275	1.55	1.88	A7	3	0.36	10.47	20.40	No Valido	N/A	N/A	N/A

4.3.4 Implicancias ambientales

Cabe destacar que todo proyecto de defensas fluviales, ya sean públicos o privados, deberán someterse a los preceptos contenidos en la Ley 19.300 de 1994 y sus modificaciones, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Por otro lado, en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental queda establecido el tipo de proyectos que deban someterse al sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

El Manual de Carreteras indica los requerimientos de información ambiental para el desarrollo de un proyecto de defensas fluviales, los que se enumeran a continuación:

- Identificación de los efectos que es originan en la calidad de los recursos naturales como el agua, aire y suelo por efecto de la construcción de las obras.
- Evaluación de la necesidad de reubicar comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- Análisis de la proximidad de poblaciones, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Análisis del grado de alteración, en términos de magnitud o duración del valor paisajístico o turísticos de una zona.
- Estudio de la posibilidad de interferencia de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se realizó el trazado de los deslindes del río Mataquito. La zona en estudio abarcó desde la localidad de Docamavida hasta la localidad costera de Rancura ubicada en la desembocadura del río.

El deslinde de la ribera norte tiene una longitud total de 37 km, abarcando el tramo comprendido entre la localidad de Docamavida (aguas arriba) y la localidad de Rancura. Por otro lado, el trazado del deslinde de la ribera sur tiene una longitud de 29 km, y comprende el tramo desde la localidad de Docamavida hasta el puente Mataquito, aproximadamente.

Para la tramitación y la fijación definitiva de los deslindes, resulta imprescindible contar con el estudio detallado de los títulos de dominio de las propiedades colindantes. Este análisis es fundamental para contrastar la propuesta técnica de deslinde (basada en criterios hidráulicos y geomorfológicos) con los límites legales y efectivos de cada propiedad.

Con respecto al criterio técnico utilizado para el trazado de deslinde se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- generación del mapa de pendientes topográficas es fundamental para identificar las terrazas fluviales y los márgenes del cauce, lo que resulta clave en el trazado de los deslindes.
- La identificación de barras y la clasificación sedimentológica del cauce son fundamentales para comprender e interpretar tanto los registros satelitales como la morfología fluvial.
- Con el objetivo de tener una mejor visualización de los sectores propensos a erosión de laderas, sería de utilidad un modelo tridimensional fotogramétrico ya que facilitaría la detección de estas zonas.

Con respecto a las obras de protección, el estudio permitió estimar valores referenciales con el fin de establecer un orden de magnitud preliminar respecto a las características del enrocado. Para este análisis, se utilizaron los datos sedimentológicos obtenidos de la calicata más próxima a cada zona de intervención, lo que proporciona una base técnica inicial para la evaluación de materiales.

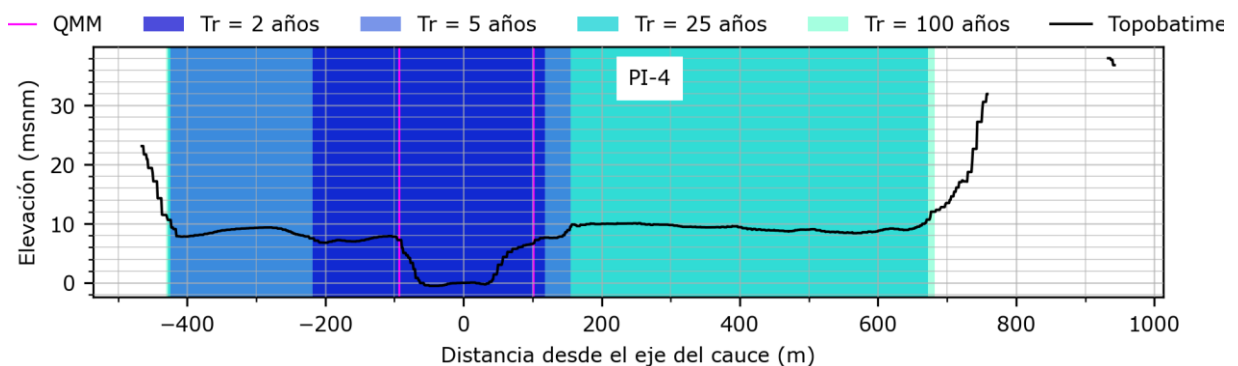
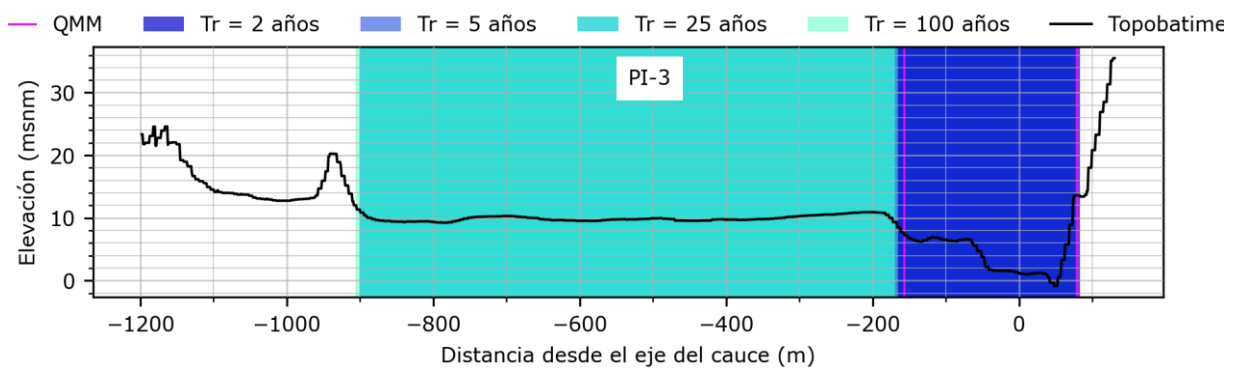
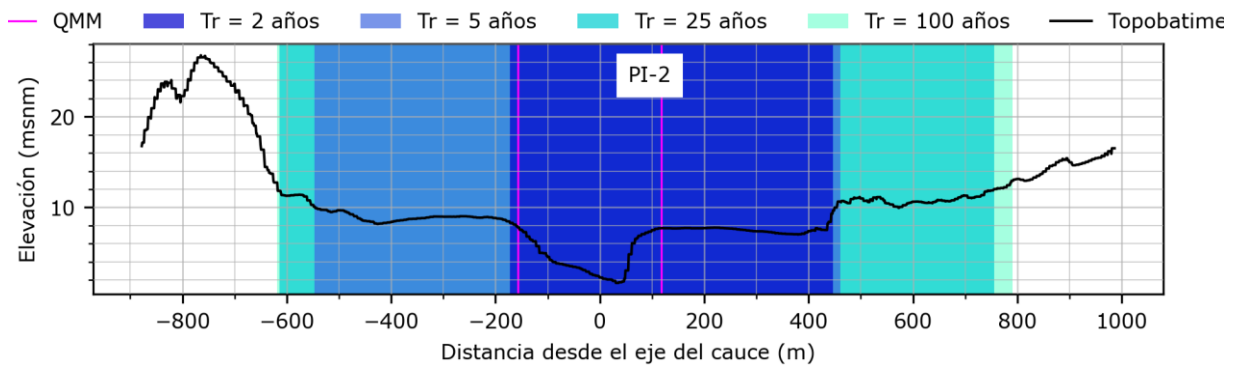
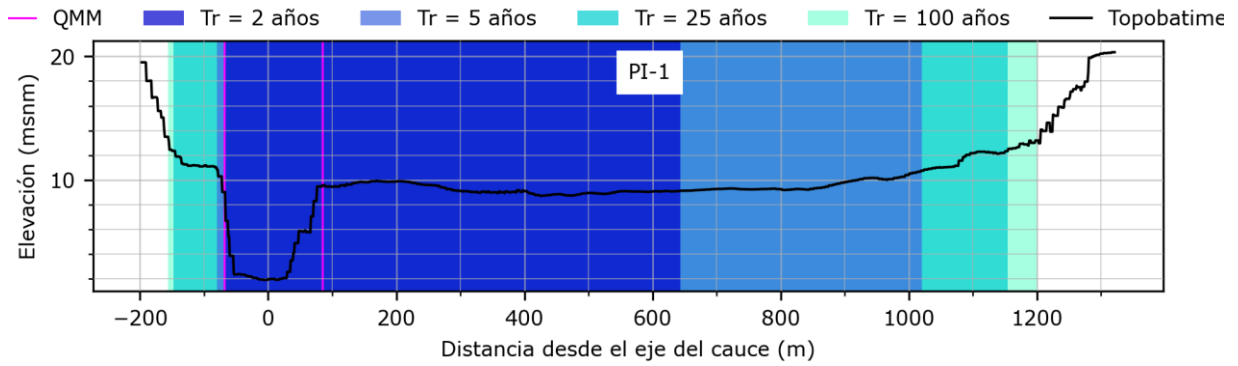
Sin embargo, para la fase de diseño definitivo y ejecución de las obras, es imperativo realizar prospecciones y cálculos específicos en cada emplazamiento. Dichos estudios deberán considerar las particularidades de cada estructura, incluyendo su tipología y dimensiones tanto longitudinales como transversales, garantizando así que el diseño se ajuste estrictamente a las condiciones hidráulicas y geotécnicas locales.

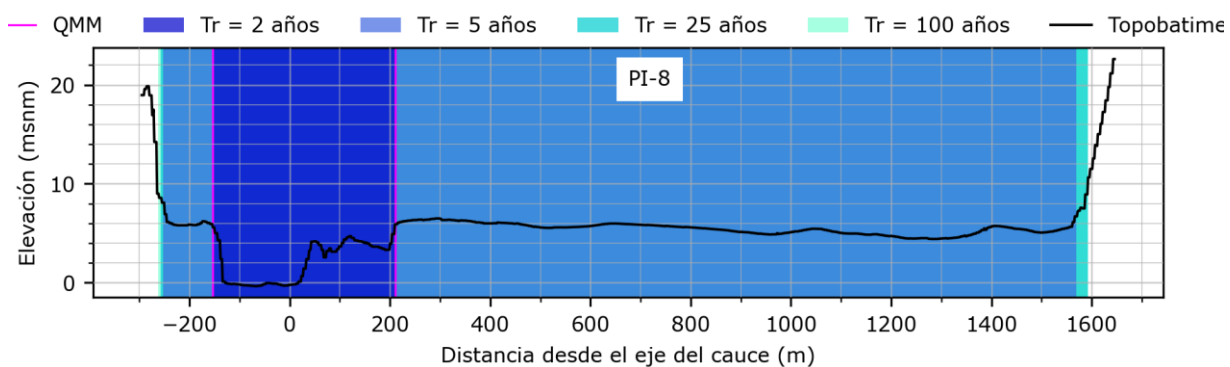
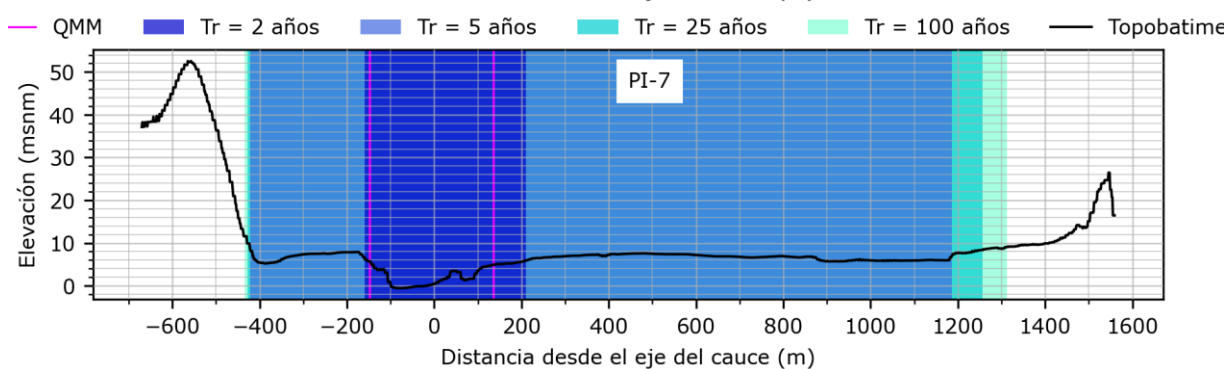
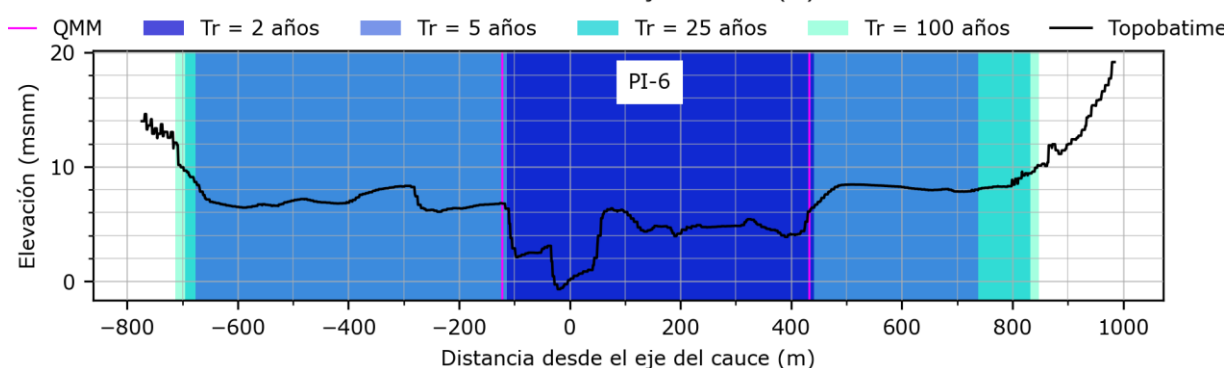
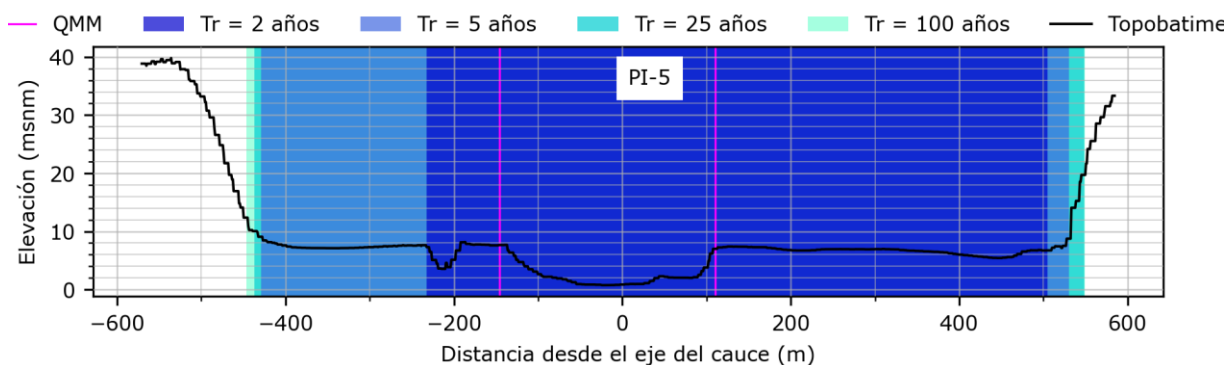
6. REFERENCIAS

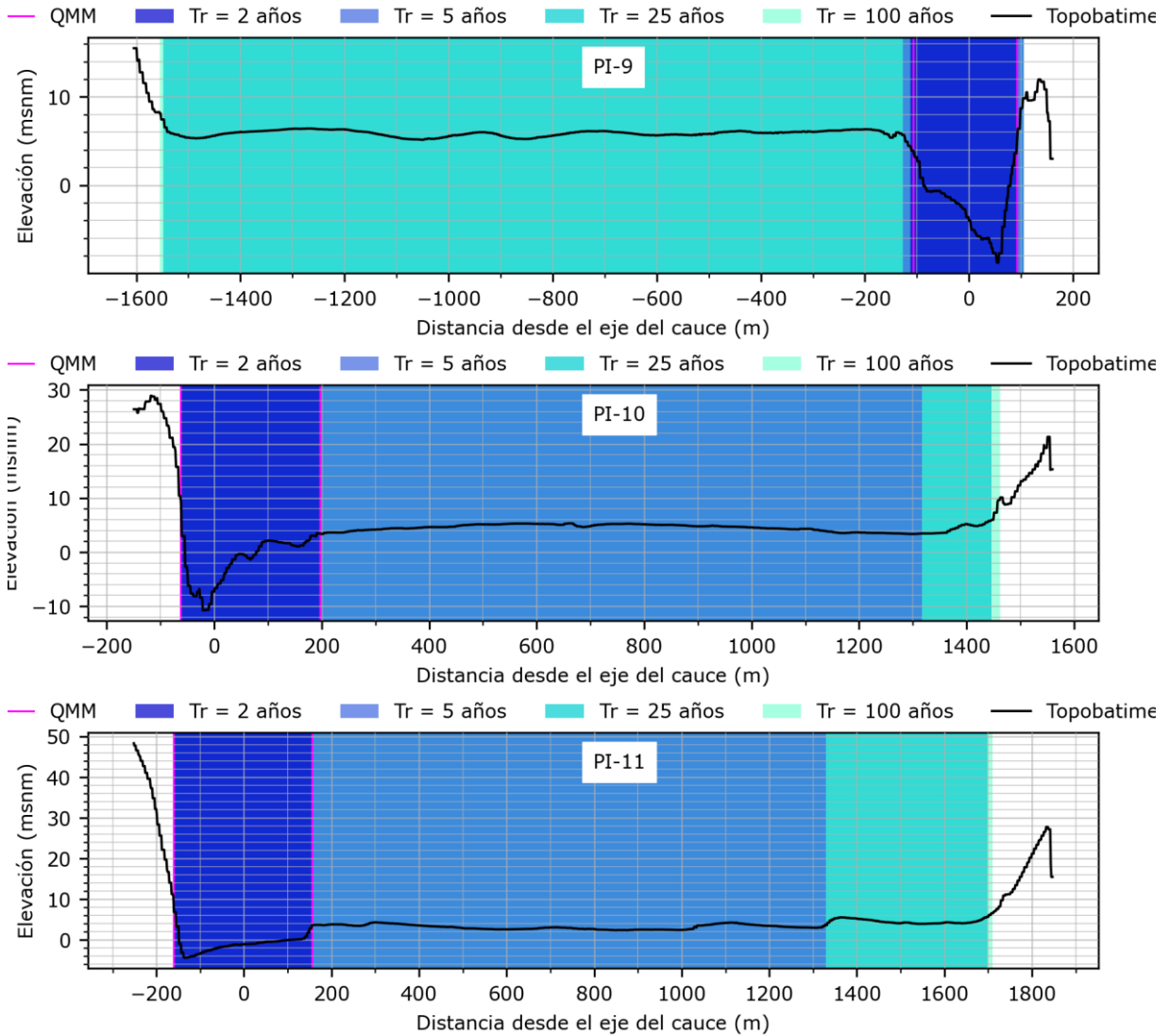
- Brownlie, W. (1981). Compilation of Alluvial Channel Data: Laboratory and Field. *California Institute of Technology (Caltech), Pasadena, CA, USA.*, KH-R-43.
- Cabrera Pacheco, A. (2018). DETERMINACIÓN Y FIJACIÓN DE LOS CAUCES NATURALES EN CHILE. EL LÍMITE ENTRE UN BIEN NACIONAL DE USO PÚBLICO Y LA PROPIEDAD PRIVADA. *Derecho Público Iberoamericano*, 13-41.
- Gobierno de Chile. (1979). *Decreto Supremo N° 609, de 1978: Deroga Decreto N° 1.204, de 1947, y fija normas para establecer deslindes propietarios riberaños con el bien nacional de uso público por las riberas de los ríos, lagos y esteros*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: Ministerio de Tierras y Colonización.
- Gobierno de Chile. (1981). *Código de Aguas*. Santiago: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- McFeeters, S. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sensing*, 1425-1432.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2019). *Determinación del Riesgo de los Impactos del Cambio Climático en las costas de Chile*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Rosgen, D. L. (1994). A classification of natural rivers. *Catana*, 169-199.
- Shields, I. (1936). Anwendung der ähnlichkeitmechanik und der turbulenzforschung auf die gescheibebewegung. *Mitt. Preuss Vers. Wasserbau Schiffbau*, 5-24.
- Spada, D., Molinari, P., Bertoldi, W., Vitti, A., & Zolezzi, G. (2018). Multi-Temporal Image Analysis for Fluvial Morphological Characterization with Application to Albanian Rivers. *Int. J. of Geo-Information*.
- Vergara Blanco, A. (2000). LOS CAUCES NATURALES COMO BIENES NACIONALES DE USO PÚBLICO. EL CASO DE LAS CORRIENTES DISCONTINUAS FORMADAS POR AGUAS PLUVIALES CUYO CAUCE CRUZA VARIAS PROPIEDADES RIBEREÑAS. *Revista Chilena de Derecho*, 581-596.

7. ANEXOS PROPOSICIÓN DE DESLINDES RIO MATAQUITO.

7.1 PERFILES TRANSVERSALES PLANICIES DE INUNDACION







7.2 PROYECTO QGIS

Se adjunta Proyecto QGIS "ANEXOS/ANEXO_E_PROPOSICION_DESLINDES/PROYECTO QGIS/DESLINDES_MATAQUITO_ANEXO" con las capas de información geográfica que se listan en las dos siguientes tablas. Adicionalmente, se entregan todas las capas señaladas en formato .kmz.

NOMBRE CAPA	EXTENCIÓN	UNIDADES	EPSG	DESCRIPCION
topobatimetria	TIF	msnm	32718	DEM topográfico y batimétrico marzo 2024.
pendiente_topografica	TIF	%	32718	Pendiente topográfica calculada a partir de topobatimetría.
t2_tau_star_ratio	TIF	-	32718	Razón entre el esfuerzo de fondo y el esfuerzo crítico de arrastre para flujo de periodo retorno 2 años.
t5_tau_star_ratio	TIF	-	32718	Razón entre el esfuerzo de fondo y el esfuerzo crítico de arrastre para flujo de periodo retorno 5 años.
depth_tr_QMM	TIF	m	32718	Profundidad simulación numérica QMM
depth_tr_2	TIF	m	32718	Profundidad simulación numérica Tr 2 años
depth_tr_5	TIF	m	32718	Profundidad simulación numérica Tr 5 años
depth_tr_10	TIF	m	32718	Profundidad simulación numérica Tr 10 años
depth_tr_25	TIF	m	32718	Profundidad simulación numérica Tr 25 años
depth_tr_50	TIF	m	32718	Profundidad simulación numérica Tr 50 años
velocidad_tr_QMM	TIF	m/s	32718	Velocidad simulación numérica Tr 50 años
velocidad_tr_2	TIF	m/s	32718	Velocidad simulación numérica Tr 50 años
velocidad_tr_5	TIF	m/s	32718	Magnitud velocidad simulación numérica Tr 50 años
velocidad_tr_10	TIF	m/s	32718	Magnitud velocidad simulación numérica Tr 50 años

NOMBRE CAPA	EXTENCIÓN	UNIDADES	EPSG	DESCRIPCION
velocidad_tr_25	TIF	m/s	32718	Magnitud velocidad simulación numérica Tr 50 años
velocidad_tr_50	TIF	m/s	32718	Magnitud velocidad simulación numérica Tr 50 años
S2_20250716	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Sentinel S2 16/07/2025
S2_20240202	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Sentinel S2 02/02/2024
S2_20230418	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Sentinel S2 18/04/2023
S2_20180218	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Sentinel S2 18/02/2018
L5_20051031	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Landsat L5 31/10/2005
L5_20031026	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Landsat L5 26/10/2003
L7_20021022	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Landsat L7 22/10/2002
L7_20011012	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Landsat L7 12/10/2001
L7_20001009	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Landsat L7 09/10/2000
L7_20000712	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Landsat L7 12/07/2000
L7_20000423	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Landsat L7 23/04/2000
L5_19850125	TIF	RGB	32718	Imagen satelital Landsat L5 25/01/1985

NOMBRE CAPA	EXTENCION	GEOMETRIA	EPSG	DESCRIPCION
eje_km	shp	Multi-punto	32718	Eje cuenta kilómetro del cauce
lim_lidar	shp	Poligono	32718	Límites del levantamiento LiDAR marzo 2024
area_inundacion_QMM	shp	Poligono	32718	Área inundación simulación numérica del caudal máximo medio mensual
area_inundacion_tr_2	shp	Poligono	32718	Área inundación simulación numérica del caudal de periodo de retorno 2 años
area_inundacion_tr_5	shp	Poligono	32718	Área inundación simulación numérica del caudal de periodo de retorno 5 años

area_inundacion_tr_10	shp	Poligono	32718	Área inundación simulación numérica del caudal de periodo de retorno 10 años
area_inundacion_tr_25	shp	Poligono	32718	Área inundación simulación numérica del caudal de periodo de retorno 25 años
area_inundacion_tr_50	shp	Poligono	32718	Área inundación simulación numérica del caudal de periodo de retorno 50 años
area_inundacion_tr_100	shp	Poligono	32718	Área inundación simulación numérica del caudal de periodo de retorno 100 años
Landast_historico	shp	Poligono	32718	Delimitación satelital histórica del río
Barras	shp	Multi-Poligono	32718	Delimitación visual de barras en el cauce
Barra_litoral	shp	Multi-Poligono	32718	Delimitación visual de la barra litoral
path_DN	shp	Linea	32718	Delimitación del deslinde de la ribera Norte
path_DS	shp	Linea	32718	Delimitación del deslinde de la ribera Sur
vertices_DN	shp	Multi-punto	32718	Puntos cada 100 m del deslinde Norte
vertices_DS	shp	Multi-punto	32718	Puntos cada 100 m del deslinde Sur
zona_aguas_quietas	shp	Multi-Poligono	32718	Polígonos que delimitan zonas de aguas quietas para la simulación QMM
zonas_erosion_laderas	shp	Multi-Poligono	32718	Polígonos que delimitan zonas potencialmente susceptibles a erosión

7.3 LISTADO DE PUNTOS DESLINDE

En el presente anexo se adjuntan los vértices de los deslindes trazados por la ribera norte y sur por separado. Las coordenadas (Este, Norte) están expresadas en coordenadas UTM referenciadas al huso 18S (EPSG:32718).

7.3.1 Deslinde ribera norte

Tabla 7-1: Coordenadas deslinde ribera norte

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-1	778488.8	6122746.43
DN-2	778393.96	6122714.75
DN-3	778299.69	6122681.68
DN-4	778202.76	6122657.27
DN-5	778105.27	6122635.03
DN-6	778010.61	6122602.88
DN-7	777921.01	6122558.95
DN-8	777831.19	6122515
DN-9	777736.33	6122503.45
DN-10	777645.16	6122424.49
DN-11	777622.56	6122354.44
DN-12	777574.42	6122267.05
DN-13	777507.72	6122193.84
DN-14	777447.07	6122115.14
DN-15	777392.61	6122033.13
DN-16	777325.77	6121958.88
DN-17	777276.87	6121945.18
DN-18	777238.04	6121919.73
DN-19	777176.9	6121920.51
DN-20	777067.85	6121843.39
DN-21	776970.41	6121847.91
DN-22	776872.6	6121868.53
DN-23	776776.73	6121896.82
DN-24	776681.42	6121924.53
DN-25	776591.4	6121961.02
DN-26	776495.18	6121984.7
DN-27	776404.05	6122015.12

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-28	776311.05	6122042.55
DN-29	776215.92	6122067.38
DN-30	776125.18	6122109.03
DN-31	776039.32	6122160.03
DN-32	775959.42	6122218.33
DN-33	775876.74	6122274.02
DN-34	775796.74	6122332.23
DN-35	775717.84	6122389.98
DN-36	775640.72	6122453.55
DN-37	775569.24	6122523.22
DN-38	775510.6	6122592.32
DN-39	775427.33	6122665.82
DN-40	775372.33	6122694.61
DN-41	775289.58	6122831.33
DN-42	775223.79	6122904.32
DN-43	775162.88	6122990.68
DN-44	775118.67	6123083.71
DN-45	775079.09	6123167.5
DN-46	775036.69	6123264.65
DN-47	775000.19	6123344.83
DN-48	774956.5	6123427.59
DN-49	774925.82	6123528.01
DN-50	774892.95	6123622.44
DN-51	774863.46	6123718
DN-52	774837.25	6123807.44
DN-53	774800.75	6123914.87
DN-54	774758.48	6123990.3

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-55	774730.08	6124084.11
DN-56	774685.87	6124176.12
DN-57	774654.78	6124264.53
DN-58	774615.97	6124358.59
DN-59	774566.62	6124439.8
DN-60	774519.33	6124523.59
DN-61	774488.46	6124602.18
DN-62	774447.78	6124691.41
DN-63	774384.66	6124794.47
DN-64	774328.57	6124835.88
DN-65	774256.23	6124899.37
DN-66	774179.88	6124959.08
DN-67	774090.66	6125002.95
DN-68	773993.5	6125020.44
DN-69	773893.85	6125024.64
DN-70	773795.42	6125011.76
DN-71	773725.06	6124986.07
DN-72	773652.84	6124982.98
DN-73	773588.33	6124948.03
DN-74	773512.83	6124926.6
DN-75	773426.22	6124876.74
DN-76	773333.79	6124838.73
DN-77	773218.48	6124795.48
DN-78	773170.55	6124784.73
DN-79	773064.83	6124714.81
DN-80	772990.03	6124649.24
DN-81	772900.6	6124610.63
DN-82	772817.84	6124554.88

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-83	772729.95	6124514.14
DN-84	772642.99	6124467.67
DN-85	772559.15	6124420.03
DN-86	772480.81	6124368.14
DN-87	772391.3	6124324.86
DN-88	772309.34	6124272.12
DN-89	772230.02	6124216.55
DN-90	772148.81	6124160.46
DN-91	772059.73	6124115.72
DN-92	771976.91	6124060.08
DN-93	771891.77	6124007.67
DN-94	771807.13	6123956.42
DN-95	771722.13	6123904.25
DN-96	771637.48	6123851.87
DN-97	771560.06	6123788.69
DN-98	771477.94	6123731.86
DN-99	771397.72	6123672.2
DN-100	771320.2	6123609.15
DN-101	771242.92	6123545.73
DN-102	771171.86	6123477.55
DN-103	771103.35	6123404.94
DN-104	771035.21	6123332.16
DN-105	770967.59	6123258.54
DN-106	770904.91	6123180.74
DN-107	770845.55	6123100.35
DN-108	770784.27	6123025.26
DN-109	770721.52	6122952.72
DN-110	770661.67	6122877.01
DN-111	770596.07	6122803.64
DN-112	770541.36	6122725.57
DN-113	770480.81	6122646.18
DN-114	770420.8	6122566.55
DN-115	770361.82	6122486.14
DN-116	770306.86	6122402.84
DN-117	770251.02	6122320.75

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-118	770181	6122249.55
DN-119	770134.96	6122165.12
DN-120	770072.01	6122088.07
DN-121	770003	6122016.5
DN-122	769931.89	6121948.2
DN-123	769892.69	6121860.2
DN-124	769823.81	6121788.33
DN-125	769763.62	6121709.33
DN-126	769705.03	6121628.74
DN-127	769627.85	6121567.24
DN-128	769554.24	6121499.67
DN-129	769472.48	6121442.26
DN-130	769376.99	6121404.49
DN-131	769264.69	6121386.31
DN-132	769165.31	6121387.52
DN-133	769070.78	6121335
DN-134	769003.72	6121246.13
DN-135	768948.99	6121133.02
DN-136	768919.71	6121034.98
DN-137	768875.48	6120945.57
DN-138	768822.05	6120861.04
DN-139	768768.98	6120776.35
DN-140	768716.38	6120691.44
DN-141	768671.39	6120602.25
DN-142	768624.14	6120515.09
DN-143	768584.17	6120423.68
DN-144	768542.29	6120333.09
DN-145	768495.91	6120244.55
DN-146	768436.01	6120164.57
DN-147	768384.46	6120080.16
DN-148	768321.43	6120003.67
DN-149	768252.11	6119933.59
DN-150	768203.65	6119852.11
DN-151	768173.84	6119755.18
DN-152	768137.94	6119663.25

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-153	768106.46	6119569.72
DN-154	768069.77	6119482.88
DN-155	768012	6119402.72
DN-156	767943.83	6119329.74
DN-157	767874.49	6119258.38
DN-158	767791.07	6119215.74
DN-159	767715.37	6119160.65
DN-160	767640.47	6119121.51
DN-161	767579.11	6119048.92
DN-162	767525.45	6118963.57
DN-163	767397.6	6118942.94
DN-164	767337.11	6118884.29
DN-165	767247.75	6118850.61
DN-166	767163.43	6118805.01
DN-167	767057.81	6118735.13
DN-168	767014.04	6118679.91
DN-169	766939.35	6118626.3
DN-170	766858.65	6118574.53
DN-171	766769.4	6118534.7
DN-172	766682.21	6118486.41
DN-173	766590.17	6118447.38
DN-174	766499.2	6118416.76
DN-175	766401.37	6118390.64
DN-176	766320.26	6118353.98
DN-177	766245.79	6118317.21
DN-178	766130.77	6118258.9
DN-179	766060.66	6118226.59
DN-180	765976.57	6118173.43
DN-181	765875.99	6118121.77
DN-182	765800.15	6118080.98
DN-183	765718.58	6118031.49
DN-184	765651.22	6118002.62
DN-185	765552.69	6117944.2
DN-186	765468.38	6117911.2
DN-187	765396.89	6117882.79

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-188	765329.07	6117861.71
DN-189	765223.21	6117839.71
DN-190	765134.31	6117843.38
DN-191	765019.52	6117857.59
DN-192	764919.17	6117918.76
DN-193	764835.6	6117892.24
DN-194	764752.62	6117945.59
DN-195	764664.65	6117991.15
DN-196	764589.06	6118053.47
DN-197	764518.34	6118122.07
DN-198	764445.34	6118189.94
DN-199	764366.14	6118250.71
DN-200	764293.43	6118314.63
DN-201	764223.39	6118385.89
DN-202	764162.8	6118464.63
DN-203	764090.66	6118533.89
DN-204	764013.25	6118597.17
DN-205	763938.94	6118663.83
DN-206	763869.42	6118735.63
DN-207	763792.71	6118799.54
DN-208	763729.39	6118874.62
DN-209	763648.8	6118933
DN-210	763564.09	6118986.09
DN-211	763475.52	6119032.48
DN-212	763387.61	6119080.15
DN-213	763300.11	6119128.54
DN-214	763208.42	6119168.19
DN-215	763116.03	6119206.46
DN-216	763025.82	6119249.47
DN-217	762934.92	6119290.83
DN-218	762842.9	6119329.97
DN-219	762749.14	6119364.69
DN-220	762651.57	6119385.41
DN-221	762551.67	6119386.34
DN-222	762452.22	6119393.35

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-223	762355.3	6119370.3
DN-224	762272.19	6119319.13
DN-225	762191.04	6119260.89
DN-226	762126.99	6119185.66
DN-227	762089.35	6119093.14
DN-228	762051.43	6119000.7
DN-229	762026.08	6118904.1
DN-230	761988.02	6118811.84
DN-231	761938.24	6118726.57
DN-232	761894.27	6118637.55
DN-233	761847.26	6118549.31
DN-234	761800.89	6118460.72
DN-235	761755.87	6118371.43
DN-236	761706.59	6118284.44
DN-237	761657.23	6118197.49
DN-238	761612.24	6118108.18
DN-239	761567.24	6118018.88
DN-240	761521.41	6117930.01
DN-241	761474.81	6117841.53
DN-242	761429.2	6117752.6
DN-243	761391.25	6117660.11
DN-244	761364.1	6117563.86
DN-245	761334.51	6117468.36
DN-246	761309.74	6117372.29
DN-247	761312.45	6117272.52
DN-248	761277.55	6117181.05
DN-249	761203.11	6117118.44
DN-250	761108.08	6117087.82
DN-251	761012.22	6117059.33
DN-252	760917.21	6117028.19
DN-253	760822.69	6116995.55
DN-254	760729.15	6116960.24
DN-255	760635.14	6116926.2
DN-256	760541.27	6116891.74
DN-257	760442.48	6116876.52

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-258	760343.36	6116863.35
DN-259	760244.68	6116847.63
DN-260	760149.05	6116818.94
DN-261	760051.98	6116833.53
DN-262	759955.38	6116859.03
DN-263	759857.97	6116881.28
DN-264	759760.8	6116904.13
DN-265	759664.88	6116931.16
DN-266	759573.87	6116968.88
DN-267	759479.85	6116995.63
DN-268	759390.52	6117040.47
DN-269	759303.02	6117088.62
DN-270	759221.25	6117145.96
DN-271	759146.62	6117211.95
DN-272	759076.05	6117279.71
DN-273	759003.85	6117346.27
DN-274	758952.37	6117431.21
DN-275	758892.88	6117511.16
DN-276	758831.64	6117586.58
DN-277	758768.59	6117662.78
DN-278	758704	6117736
DN-279	758645.94	6117817.37
DN-280	758597.06	6117904.39
DN-281	758557.41	6117996.11
DN-282	758533.86	6118093.21
DN-283	758499.77	6118187.1
DN-284	758469.13	6118281.97
DN-285	758446.3	6118379.04
DN-286	758431.89	6118477.94
DN-287	758392.02	6118569.64
DN-288	758345.52	6118657.55
DN-289	758303.49	6118747.78
DN-290	758257.83	6118835.89
DN-291	758208.68	6118922.24
DN-292	758159.03	6119008.83

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-293	758101.21	6119090.37
DN-294	758041.16	6119170.33
DN-295	757983.74	6119252.12
DN-296	757922.12	6119330.46
DN-297	757871.79	6119415.23
DN-298	757843.42	6119510.79
DN-299	757820.75	6119607.69
DN-300	757809.26	6119706.51
DN-301	757788.19	6119801.64
DN-302	757773.07	6119899.31
DN-303	757767.84	6119998.99
DN-304	757742.46	6120094.11
DN-305	757733.05	6120193.66
DN-306	757718.48	6120292.47
DN-307	757705.49	6120391.55
DN-308	757688.28	6120489.74
DN-309	757685.71	6120588.6
DN-310	757683.89	6120688.26
DN-311	757681.73	6120787.42
DN-312	757682.47	6120887.28
DN-313	757686.13	6120986.56
DN-314	757696.2	6121084.5
DN-315	757687.12	6121181.39
DN-316	757673.15	6121275.18
DN-317	757678.52	6121374.55
DN-318	757687.11	6121473.91
DN-319	757705.69	6121571.95
DN-320	757710.84	6121671.76
DN-321	757702.9	6121771.27
DN-322	757716.04	6121831.03
DN-323	757697.6	6121864.72
DN-324	757684.89	6121963.43
DN-325	757673.94	6122062.63
DN-326	757675.19	6122162.49

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-327	757688.75	6122261.41
DN-328	757724.91	6122354.64
DN-329	757745.82	6122408.52
DN-330	757724.91	6122548.95
DN-331	757707.04	6122646.75
DN-332	757692.36	6122745.45
DN-333	757690.12	6122845.34
DN-334	757675.82	6122943.97
DN-335	757663.89	6123043.14
DN-336	757635.03	6123138.56
DN-337	757591.96	6123227.49
DN-338	757575.21	6123325.46
DN-339	757553.19	6123422.89
DN-340	757535.9	6123521.38
DN-341	757505.34	6123615.95
DN-342	757435.95	6123677.16
DN-343	757418.94	6123774.49
DN-344	757415.07	6123873.65
DN-345	757419.09	6123972.24
DN-346	757407.12	6124066.69
DN-347	757377.94	6124160.59
DN-348	757364.3	6124255.59
DN-349	757361.02	6124353.59
DN-350	757366.99	6124449.85
DN-351	757340.64	6124542.45
DN-352	757319.75	6124629.35
DN-353	757300.55	6124722.58
DN-354	757286.48	6124764.1
DN-355	757292.76	6124817.8
DN-356	757307.47	6124912.25
DN-357	757311.73	6124960.57
DN-358	757357.16	6124982.64
DN-359	757348.83	6125074.26
DN-360	757334.93	6125172.76

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DN-361	757298.27	6125265.48
DN-362	757264.94	6125358.1
DN-363	757271.93	6125454.1
DN-364	757276.04	6125494.22
DN-365	757267.73	6125553.08
DN-366	757263.08	6125637.74
DN-367	757262.34	6125731.5
DN-368	757251.58	6125749.15
DN-369	757240.42	6125848.27
DN-370	757240.12	6125874.2
DN-371	757262.34	6125953.89
DN-372	757256.27	6125987.06
DN-373	757234.2	6126011.5
DN-374	757227.98	6126027.65
DN-375	757229.01	6126071.49
DN-376	757207.72	6126127.17
DN-377	757204.58	6126148.36
DN-378	757189.76	6126174.13
DN-379	757168.73	6126195.9
DN-380	757132.74	6126224.12
DN-381	757117.67	6126256.56
DN-382	757104.93	6126315.13
DN-383	757096.93	6126333.94
DN-384	757076.35	6126350.68
DN-385	757068.13	6126375.22
DN-386	757023.48	6126463.99
DN-387	757015.38	6126529.34
DN-388	757001.65	6126560.12

7.3.2 Deslinde ribera norte

Tabla 7-2: Coordenadas deslinde ribera sur

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DS-1	778478.88	6122551.33
DS-2	778383.46	6122521.41
DS-3	778291.91	6122482.29
DS-4	778202.66	6122437.39
DS-5	778111.72	6122395.84
DS-6	778020.23	6122355.66
DS-7	777928.39	6122316.23
DS-8	777839.28	6122270.95
DS-9	777758.65	6122212.97
DS-10	777706.8	6122128.29
DS-11	777676	6122036.91
DS-12	777711.08	6121943.68
DS-13	777679.15	6121852.81
DS-14	777638.86	6121762.78
DS-15	777588.79	6121678.35
DS-16	777536.75	6121619.52
DS-17	777405.92	6121654.19
DS-18	777360.34	6121674.55
DS-19	777258.61	6121666.22
DS-20	777144.46	6121641.62
DS-21	777058.31	6121684.04
DS-22	777017.32	6121698.02
DS-23	776937.56	6121681.75
DS-24	776864.81	6121683.18
DS-25	776771.62	6121715.52
DS-26	776674.44	6121735.51
DS-27	776580.56	6121764.09
DS-28	776483.47	6121787.19
DS-29	776447.83	6121804.22
DS-30	776389.61	6121812.54
DS-31	776292.35	6121820.32

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DS-32	776247.28	6121839.25
DS-33	776199.15	6121891.61
DS-34	776134.94	6121938.07
DS-35	776088.25	6121972.87
DS-36	776050.18	6121989.6
DS-37	775960.55	6122033.6
DS-38	775906.4	6122054.68
DS-39	775876.17	6122083.42
DS-40	775790.08	6122133.6
DS-41	775703.8	6122176.82
DS-42	775616.85	6122222.48
DS-43	775554.54	6122291.63
DS-44	775484.39	6122361.65
DS-45	775418.85	6122436.66
DS-46	775353.68	6122512.51
DS-47	775281.36	6122581.53
DS-48	775207.45	6122648.36
DS-49	775156.04	6122733.5
DS-50	775098.25	6122814.22
DS-51	775051.06	6122897.79
DS-52	775007.87	6122980.01
DS-53	774961.59	6123068.48
DS-54	774916.19	6123157.55
DS-55	774874.7	6123247.87
DS-56	774830.3	6123330.2
DS-57	774792.93	6123416.27
DS-58	774750.07	6123505.87
DS-59	774719.24	6123595.91
DS-60	774682.54	6123688.01
DS-61	774639.33	6123766.56
DS-62	774595.9	6123853.67
DS-63	774543.46	6123935.28

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DS-64	774500.06	6124024.17
DS-65	774437.8	6124101.83
DS-66	774384.15	6124184.98
DS-67	774337.09	6124270.98
DS-68	774271.61	6124346.53
DS-69	774203.75	6124419.79
DS-70	774144.05	6124499.28
DS-71	774062.18	6124556.36
DS-72	773984.54	6124618.9
DS-73	773897.93	6124668.3
DS-74	773820.61	6124719.35
DS-75	773720.93	6124726.11
DS-76	773621.86	6124722.32
DS-77	773523.78	6124705.35
DS-78	773425.85	6124685.24
DS-79	773329.85	6124657.68
DS-80	773243.25	6124610.38
DS-81	773159.08	6124557.6
DS-82	773079.68	6124501.92
DS-83	772990.15	6124480.92
DS-84	772906.88	6124420.78
DS-85	772900.71	6124390.72
DS-86	772828.75	6124350.11
DS-87	772753.71	6124310.02
DS-88	772669.88	6124253.56
DS-89	772582.81	6124204.43
DS-90	772496.87	6124153.45
DS-91	772412.66	6124099.53
DS-92	772327.32	6124047.4
DS-93	772240.65	6123997.56
DS-94	772156.65	6123943.43
DS-95	772074.83	6123885.94
DS-96	771993.8	6123827.44

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DS-97	771910.39	6123773.03
DS-98	771826.53	6123719.08
DS-99	771741.38	6123667.06
DS-100	771659.44	6123611.26
DS-101	771581.86	6123553.47
DS-102	771514.83	6123489.03
DS-103	771435.54	6123434.61
DS-104	771365.6	6123369.56
DS-105	771351.81	6123239.47
DS-106	771363.73	6123118.49
DS-107	771283.07	6123045.63
DS-108	771248.25	6123012.64
DS-109	771172.87	6122943.44
DS-110	771063.34	6122852.71
DS-111	771013.62	6122793.6
DS-112	770938.93	6122734.71
DS-113	770864.24	6122642.6
DS-114	770807.87	6122575.01
DS-115	770743.49	6122499.86
DS-116	770685.32	6122434.53
DS-117	770623.63	6122356.02
DS-118	770565.42	6122275.33
DS-119	770506.28	6122194.81
DS-120	770438.6	6122121.29
DS-121	770364.6	6122054.02
DS-122	770295.15	6121982.44
DS-123	770231.1	6121905.65
DS-124	770168.92	6121829.78
DS-125	770108.99	6121751.32
DS-126	770045.48	6121674.19
DS-127	769983.42	6121595.96
DS-128	769920.18	6121519.24
DS-129	769871.72	6121432.44
DS-130	769817.91	6121348.18
DS-131	769758.8	6121269.08

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DS-132	769706.69	6121191.7
DS-133	769642.03	6121115.62
DS-134	769583.1	6121035.73
DS-135	769519.48	6120959.9
DS-136	769460.46	6120879.89
DS-137	769416.4	6120792.96
DS-138	769374.01	6120705.94
DS-139	769316.44	6120624.84
DS-140	769241.63	6120558.91
DS-141	769173.61	6120500.53
DS-142	769093.31	6120444.81
DS-143	769032.43	6120371.56
DS-144	769014.63	6120287.11
DS-145	768980.7	6120193.39
DS-146	768977.87	6120081.09
DS-147	768901.92	6119998.28
DS-148	768847.39	6119927.18
DS-149	768800.12	6119837.9
DS-150	768756.9	6119745.8
DS-151	768697.47	6119666.06
DS-152	768645.7	6119580.7
DS-153	768594.46	6119495.64
DS-154	768528.31	6119420.84
DS-155	768474.13	6119337.25
DS-156	768402.82	6119269.31
DS-157	768343.19	6119190.84
DS-158	768281.88	6119113.62
DS-159	768213.32	6119044.38
DS-160	768122.48	6119002.63
DS-161	768032.15	6118959.8
DS-162	767941.52	6118917.6
DS-163	767858.39	6118868.59
DS-164	767788.99	6118801.83
DS-165	767718.73	6118732.64
DS-166	767644.15	6118667.34

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DS-167	767576.38	6118598.69
DS-168	767505.04	6118533.24
DS-169	767421.18	6118479.65
DS-170	767328.64	6118442.36
DS-171	767232.01	6118420.89
DS-172	767132.91	6118427.91
DS-173	767081.79	6118412.51
DS-174	767047.38	6118382.23
DS-175	766988.08	6118306.42
DS-176	766906.81	6118258.18
DS-177	766829.81	6118196.61
DS-178	766745.5	6118144.36
DS-179	766668.85	6118081.07
DS-180	766591.66	6118023.76
DS-181	766508.39	6117968.71
DS-182	766432.35	6117905.05
DS-183	766339.79	6117867.29
DS-184	766287.16	6117842.58
DS-185	766261.24	6117810.64
DS-186	766174.23	6117761.55
DS-187	766083.43	6117719.66
DS-188	765994.17	6117674.68
DS-189	765902.66	6117634.36
DS-190	765811.11	6117594.2
DS-191	765715.89	6117563.8
DS-192	765619.56	6117537.67
DS-193	765521.17	6117521.5
DS-194	765425.4	6117501.21
DS-195	765327.2	6117485.13
DS-196	765228.42	6117496.4
DS-197	765129.83	6117510.94
DS-198	765033.37	6117536.88
DS-199	764936.79	6117560.97
DS-200	764848.47	6117605.97
DS-201	764763.86	6117658.3

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DS-202	764691.02	6117704.68
DS-203	764638.11	6117787.98
DS-204	764612.83	6117817.11
DS-205	764559.92	6117847.36
DS-206	764524.55	6117861.02
DS-207	764485.37	6117907.18
DS-208	764400.32	6117956.36
DS-209	764314.78	6118006.74
DS-210	764227.89	6118055.78
DS-211	764157	6118108.58
DS-212	764052.38	6118178.82
DS-213	763951.63	6118237.91
DS-214	763837.8	6118291.68
DS-215	763758.85	6118345.93
DS-216	763645.99	6118412.77
DS-217	763589.8	6118452
DS-218	763538.46	6118461.21
DS-219	763477.99	6118497.32
DS-220	763402.95	6118563.3
DS-221	763330.28	6118630.93
DS-222	763249.32	6118689.62
DS-223	763174.68	6118755.91
DS-224	763101.28	6118823.39
DS-225	763023.91	6118886.42
DS-226	762952.88	6118954.77
DS-227	762872.01	6119012.98
DS-228	762789.89	6119049.67
DS-229	762702.48	6119095.85
DS-230	762605.52	6119118.88
DS-231	762506.37	6119120.68
DS-232	762411.23	6119093.58
DS-233	762330.75	6119035
DS-234	762269.71	6118956.26
DS-235	762235.66	6118864.68
DS-236	762224.59	6118765.3

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DS-237	762199.9	6118672.61
DS-238	762176	6118576.1
DS-239	762152.04	6118477.84
DS-240	762134.92	6118379.41
DS-241	762118.09	6118281.12
DS-242	762095.48	6118185.56
DS-243	762088.77	6118086.11
DS-244	762080.53	6117986.47
DS-245	762070.15	6117887.12
DS-246	762052.86	6117788.7
DS-247	762024.97	6117692.71
DS-248	761990.6	6117598.93
DS-249	761950.95	6117507.13
DS-250	761926.5	6117412.54
DS-251	761893.75	6117318.28
DS-252	761839.55	6117234.68
DS-253	761772.46	6117160.53
DS-254	761703.84	6117087.79
DS-255	761634.27	6117016.08
DS-256	761581.67	6116971.99
DS-257	761542.1	6116909.28
DS-258	761490.11	6116919.58
DS-259	761401.14	6116945.37
DS-260	761324.93	6116918.28
DS-261	761224.25	6116856.48
DS-262	761136.76	6116808.05
DS-263	761060.41	6116744.75
DS-264	760974.76	6116695.99
DS-265	760887.29	6116648.01
DS-266	760824.54	6116609.36
DS-267	760803.46	6116582.89
DS-268	760723.33	6116539.08
DS-269	760628.18	6116514.01
DS-270	760534.38	6116515.06
DS-271	760436.9	6116510.65

Etiqueta	ESTE (m)	NORTE (m)
DS-272	760349.9	6116559.08
DS-273	760263.82	6116609.4
DS-274	760165.91	6116621.84
DS-275	760068.68	6116600.63
DS-276	759970.43	6116583.65
DS-277	759870.85	6116574.64
DS-278	759771.05	6116568.2
DS-279	759672.53	6116576.1
DS-280	759576.44	6116603.29
DS-281	759481.03	6116632.02
DS-282	759388.81	6116670.7
DS-283	759297.25	6116710.89
DS-284	759215.46	6116768.11
DS-285	759138.65	6116831.42
DS-286	759070.09	6116904.23
DS-287	759006.59	6116981.46
DS-288	758943.95	6117059.35
DS-289	758892.69	6117145.08
DS-290	758840.22	6117228.33
DS-291	758777.42	6117300.79
DS-292	758702.71	6117364.48
DS-293	758631.12	6117430.33
DS-294	758565.31	6117500.45
DS-295	758493.34	6117568.56
DS-296	758422.9	6117639.38
DS-297	758361.63	6117710.59
DS-298	758291.97	6117780.62
DS-299	758225.09	6117854.84
DS-300	758162.9	6117932.77
DS-301	758111.68	6118018.64
DS-302	758031.98	6118102.95