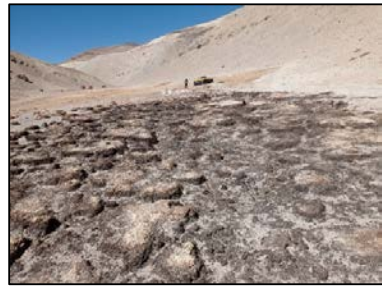
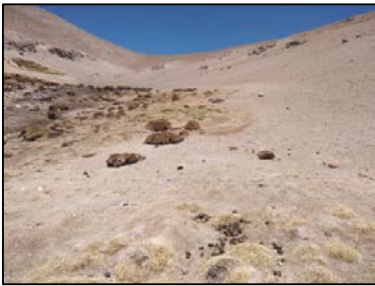


CENTRO DE
ECOLOGIA
APLICADA



Informe

Ingeniería de Detalle: Reparación Ex-Situ Quebradas Aledañas

Centro de Ecología Aplicada Ltda. • 2022



CONTROL DEL DOCUMENTO			
Versión	Fecha	Elaborado por	Aprobado por
0	05/11/2021	Claudia Acuña Dany Novoa	Francisca Urmeneta
1	12/11/2021	Claudia Acuña Dany Novoa Francisca Urmeneta	José María Peralta
2	23/02/2022	Dany Novoa Salvador Guerra Claudia Acuña	José María Peralta
3	28/04/2022	Dany Novoa Salvador Guerra Claudia Acuña Francisca Urmeneta	Tomás Rioseco
4	02/06/2022	Dany Novoa Salvador Guerra Claudia Acuña Francisca Urmeneta	MUS (Codelco)

RESUMEN EJECUTIVO

En el contexto de la demanda interpuesta por Daño Ambiental por parte del Consejo de Defensa del Estado (CDE) contra CODELCO, y en el marco del proceso de conciliación que concluyó con un Avenimiento y Transacción entre las partes, CODELCO y el CDE acordaron una serie de medidas, entre las cuales se encuentra un Plan de Reparación Ex - Situ Medida RC-01. Uno de los sectores incluidos dentro de este Plan es la superficie afectada de las Quebradas aledañas: El Colorado, Ciénaga, Tordillo, Tinajas, Río Negro, Pastos Largos y Vertiente 2.

El presente estudio corresponde a una primera etapa para la realización de la medida “Ingeniería de Detalle” de estos sectores, de modo de poder establecer las acciones para llevar a cabo la reparación de los humedales presentes en tales quebradas. Para esto se realizaron trabajos de terreno en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2021, con el fin de realizar mediciones topográficas, caracterización de drenes y un estudio de suelo y vegetación con el fin de conocer la situación edáfica y condición vegetal que conforma cada uno de los sectores.

En cuanto a las observaciones de suelo realizadas se detectó la predominancia de suelos de texturas gruesas y suelos con un alto contenido de materia orgánica, a excepción de Quebrada Río Negro donde existe una alta pedregosidad superficial. En cuanto a vegetación se observó que en la mayoría de los casos *Deyeuxia velutina* es la especie más recurrente en las quebradas encontrándose en condición buena como en forma de rastrojo.

Para el análisis topográfico se usó un sistema GNSS además de imágenes de dron con lo que se pudo estimar el volumen de los drenes, en aquellas quebradas que tienen presencia de ellos. El resultado del cálculo de volúmenes indica que existe 3.455 m³ de drenes de todos los sectores, y que cubren una superficie total de 26.966 m², con longitudes de drenes que varían entre 3,8 m y 1.250 m, siendo Quebrada Pastos Largos y Quebrada Colorado las que presentan los mayores volúmenes.

Dado lo anterior es que se realizó una estrategia de reparación, la cual en términos generales tiene como objetivo la restitución de caudales que se basa en la remoción de tuberías perforadas para evitar el flujo preferencial, el cierre de cámaras de captación de aguas, la utilización de tacos, para disminuir la velocidad de flujos superficiales, riego por surcos sinuosos y el enriquecimiento de vegetación en zonas con condición denudada y pobre, mediante propágulos y champeo en núcleos de vegetación. De igual forma, según corresponda, se realizará el relleno de drenes abiertos, en el caso de las quebradas Ciénaga y Río Negro.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	2
1 INTRODUCCIÓN	7
2 OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo General	8
2.2 Objetivos Específicos	8
3 ANTECEDENTES	9
4 MATERIALES Y MÉTODOS	11
4.1 Área de estudio	11
4.2 Topografía de detalle	13
4.2.1 Levantamiento Topográfico	13
4.3 Suelos	16
4.4 Vegetación	16
4.5 Modelo conceptual de reparación	17
5 RESULTADOS	20
5.1 Quebrada Ciénaga	20
5.1.1 Caracterización	20
5.1.2 Clasificación de la vegetación	23
5.1.3 Intervenciones presentes	25
5.1.4 Estrategia de reparación	27
5.2 Quebrada El Colorado	29
5.2.1 Caracterización	29
5.2.2 Clasificación de la vegetación	32
5.2.3 Intervenciones presentes	34
5.2.4 Estrategia reparación	36
5.3 Quebrada Pastos Largos	38
5.3.1 Caracterización	38

5.3.2	Clasificación de la vegetación	41
5.3.3	Intervenciones presentes	43
5.3.4	Estrategia reparación	45
5.4	Quebrada Río Negro	48
5.4.1	Caracterización	48
5.4.2	Clasificación de la vegetación	51
5.4.3	Intervenciones presentes	53
5.4.4	Estrategia de reparación	55
5.5	Quebrada Tordillo	56
5.5.1	Caracterización	56
5.5.2	Clasificación de la vegetación	59
5.5.3	Intervenciones presentes	61
5.5.4	Estrategia reparación	63
5.6	Quebrada Tinajas	65
5.6.1	Caracterización	65
5.6.2	Clasificación de la vegetación	68
5.6.3	Intervenciones presentes	70
5.6.4	Estrategia reparación	72
5.7	Vertiente 2	74
5.7.1	Caracterización	74
5.7.2	Clasificación de la vegetación	77
5.7.3	Intervenciones presentes	79
5.7.4	Estrategia reparación	81
6	CONCLUSIONES	83
7	REFERENCIAS	85
8	ANEXO A: METODOLOGÍA LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	86
8.1	Sistema de Referencia y proyección cartográfica	86
8.2	Coordenadas estaciones Base utilizadas por sector	86

8.3	Materiales y métodos	86
8.4	Identificación y caracterización del área de estudio	87
8.5	Registro de datos en terreno	88
8.6	Levantamiento Aerofogramétrico	88
8.7	Instrumental utilizado	89
8.8	Metodología utilizada	90
8.9	Vuelo RPAS con Wingtra one	91
8.9.1	Tecnología RPAS	91
8.9.2	Planificación de vuelos	91
8.9.3	Ejecución de los vuelos	92
8.9.4	Revisión de coberturas y calidad de información capturada	92
8.9.5	Procesamiento de trayectorias de vuelo y centros de proyección	92
8.9.6	Procesamiento PPK	92
8.9.7	Restitución Aerfotogramétrica digital	92
8.9.8	Nube de puntos de alta densidad	94
8.9.9	Modelo Digital de Elevaciones (DEM)	95
8.9.10	Ortofotomosaico	97
8.9.11	Curvas de nivel	98
8.10	Toma de puntos en terreno	98
9	ANEXO B: CUBICACION DE DRENES	106
10	ANEXO C: SUELOS Y VEGETACIÓN	112
10.1	Quebrada Ciénaga	112
10.1.1	Suelos	112
10.1.2	Vegetación	113
10.2	Quebrada Colorado	115
10.2.1	Suelos	115
10.2.2	Vegetación	116
10.3	Quebrada Pastos Largos	119

10.3.1	Suelos	119
10.3.2	Vegetación	121
10.4	Quebrada Río Negro	130
10.4.1	Suelos	130
10.4.2	Vegetación	131
10.5	Quebrada Tordillo	133
10.5.1	Suelos	133
10.5.2	Vegetación	134
10.6	Quebrada Tinajas	134
10.6.1	Suelos	134
10.6.2	Vegetación	135
10.7	Quebrada Vertiente 2	137
10.7.1	Suelos	137
10.7.2	Vegetación	138
11	ANEXO D: PROTOCOLO DE RIEGO Y PROPAGACION	140
11.1	Riego y construcción de surcos sinuosos	140
11.2	Método de Champeo y replante de propágulos	141

1 INTRODUCCIÓN

En el contexto de la demanda interpuesta por Daño Ambiental por parte del Consejo de Defensa del Estado (CDE) contra CODELCO, y en el marco del proceso de conciliación que concluyó con un Avenimiento y Transacción entre las partes, CODELCO y el CDE acordaron una serie de medidas, entre las cuales se incluyen las asociadas al SVAHT. Dentro de estas medidas se encuentra un Plan de Reparación Ex - Situ (Medida RC-01).

Las quebradas comprometidas para reparación contienen captaciones de agua, y alimentan al sistema que abastece a El Salvador, el cual data del año 1958. La mayoría de estas captaciones son efectuadas mediante sistemas de drenaje subterráneo del tipo espina de pescado, constituido por cañerías de acero perforado. Dentro de las medidas de reparación se considera la restitución de caudales, de modo de restablecer las fuentes hídricas de las quebradas y así permitir la recuperación de la vegetación en las áreas de estudio.

La medida de restauración Ex - Situ propuesta en el proceso de Avenimiento se adapta a las definiciones establecidas por organismos internacionales contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles ODS 2030 de Naciones Unidas, así como a las orientaciones del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), referidas al territorio de la Cuenca altoandina del Salar de Pedernales, sus ecosistemas y habitantes como actores relevantes.

El Plan de Reparación Ex-Situ, se desarrollará en una superficie total de 36,22 ha de 55,40 ha estudiadas, comprendiendo las Quebradas El Colorado, Ciénaga, Tordillo, Tinajas, Río Negro, Pastos Largos y Vertiente 2 correspondiente a vegetación en estado regular, pobre o denudado. El presente estudio corresponde a una primera etapa para la realización de la medida, proporcionando la Ingeniería de Detalle de las quebradas, de modo de poder establecer todo lo necesario para llevar a cabo la reparación. Esta ingeniería de detalle incluyó la realización de la topografía de las distintas quebradas, la realización de observaciones de suelo y condición de la vegetación, de modo que, con estos antecedentes, se pueda realizar una detallada planificación, previo a la ejecución de la medida.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Desarrollo de la ingeniería de detalle asociada a la medida de reparación de las Quebradas El Colorado, Ciénaga, Tordillo, Tinajas, Río Negro, Pastos Largos y Vertiente 2.

2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del presente estudio son los siguientes:

- Generación de topografía de detalle en el área de estudio y, en particular de los drenes que puedan existir en algunas quebradas.
- Cubicación de movimiento de materiales necesarios para la eliminación de drenes (cubicación del sedimento que podría ser retirado de los drenes y cubicación del material para rellenar los drenes).
- Realización de observaciones de suelo en el área de estudio, de modo de estimar la profundidad y material que componen los suelos.
- Levantamiento de información respecto a condición de la vegetación.

3 ANTECEDENTES

El sistema de agua potable que abastece a la División El Salvador está compuesto por dos sistemas independientes: el primero abastece a El Salvador, y lo conforman 10 captaciones superficiales con sus respectivas aducciones. El segundo alimenta a Potrerillos, con 3 captaciones superficiales y sus respectivas conducciones.

Las captaciones existentes en las quebradas de estudio corresponden al sistema que abastece a El Salvador, y data del año 1958.

Las captaciones son efectuadas mediante sistemas de drenaje subterráneo del tipo espina de pescado. El sistema de drenaje está constituido por cañerías de acero perforado, con diámetros que fluctúan entre 2" a 4", y en los terminales existen cámaras de inspección que permiten visualizar el comportamiento de los caudales aportados.

En la quebrada Ciénaga afloraba agua superficial de forma natural, y sólo se instaló una cámara de almacenamiento e inspección para la captación. Para la quebrada El Colorado existe además un túnel en roca viva para la captación de aguas.

Las captaciones de las quebradas Río Negro, Pastos Largos y Vertiente 2, a las cuales luego se une Tordillo forman un sistema que confluye a una cañería matriz única de acero de 10" mediante la cual las aguas captadas son conducidas hasta la Planta Asientos. La captación de la quebrada Ciénaga es conducida también hasta la Planta Asientos. Las captaciones de Colorado y Las Tinajas forman parte de un tercer sistema, mediante sistemas de drenes subterráneos, conducida también hasta la Planta Asientos (Figura 3-1). Desde la Planta Asientos derivan dos líneas de aducción, que están destinadas a conducir el recurso hacia la ciudad de Diego de Almagro y hacia el campamento minero de El Salvador.

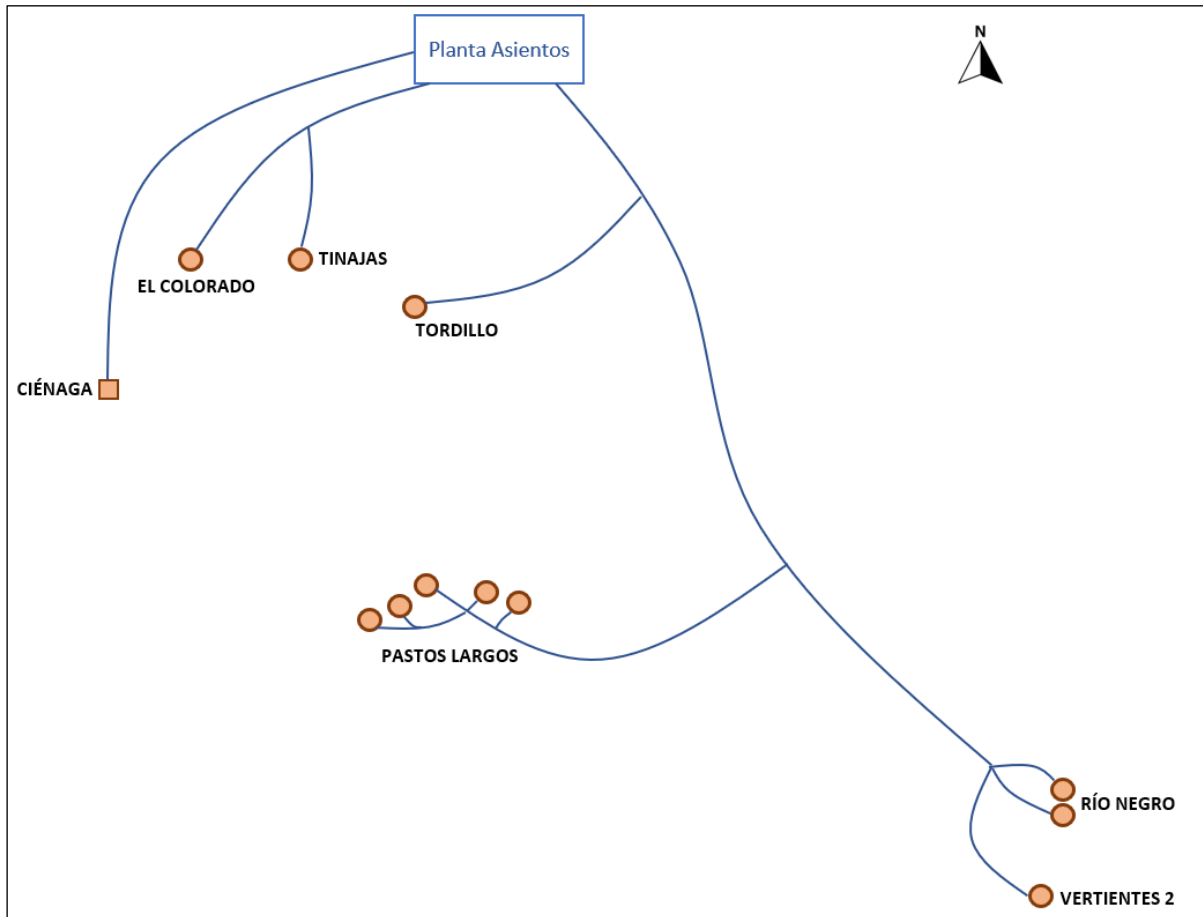


Figura 3-1. Esquema de captaciones de agua desde quebradas de reparación hacia Planta Asientos.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en la Comuna de Diego de Almagro, a una altura promedio de 4000 msnm al sur del Salar de Pedernales, en particular en las quebradas: Ciénaga, Pastos Largos, Tinajas, Tordillo, Vertiente 2, Río Negro y El Colorado ubicadas en la Comuna de Diego de Almagro (Figura 4-1).

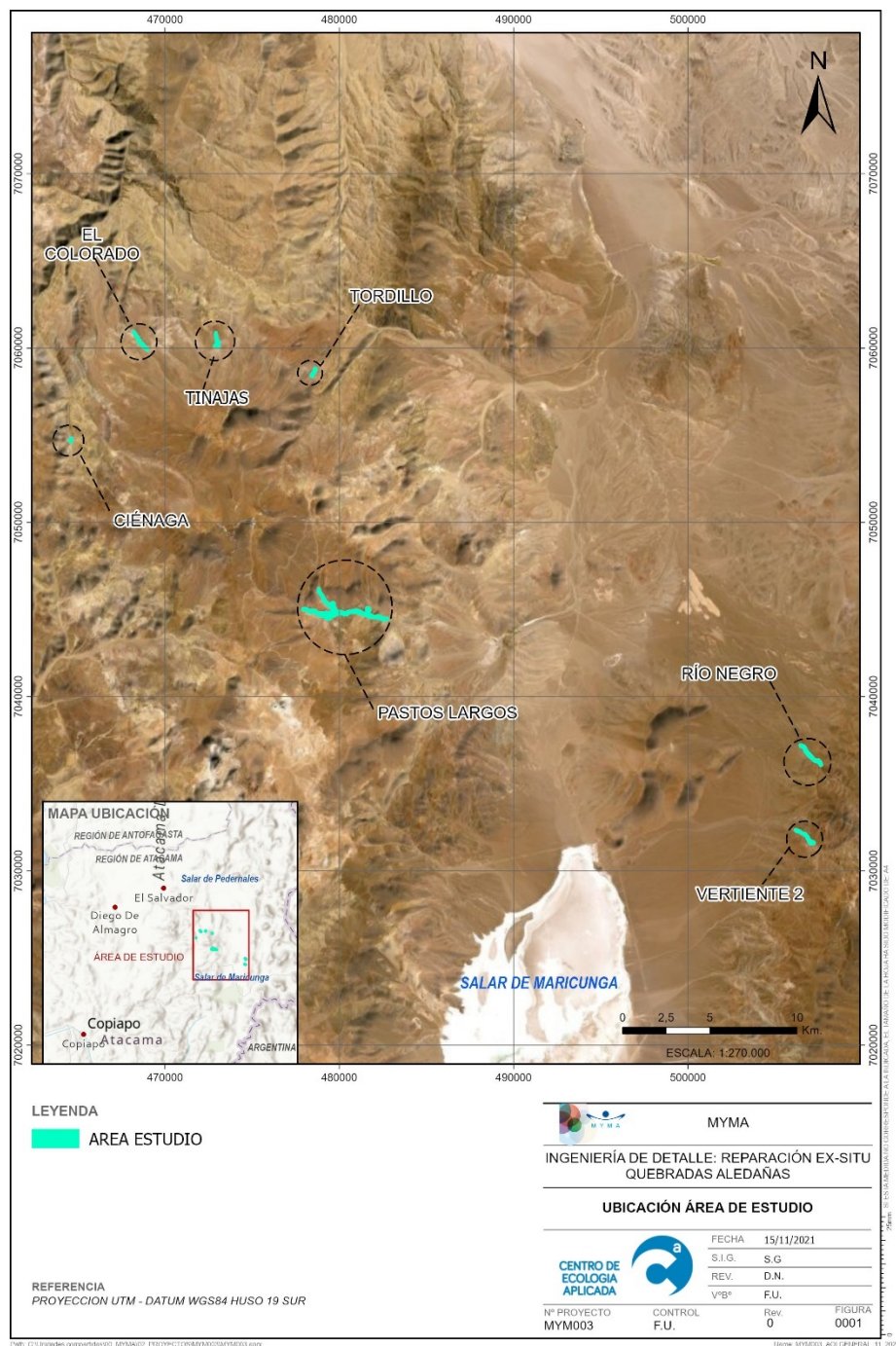


Figura 4-1. Quebradas en estudio.

Las actividades de terreno, debido a la presencia de nieve en las Quebradas, se llevaron a cabo en 3 etapas: entre el 22 y el 28 de septiembre, entre el 18 y 21 de octubre de 2021 y

entre el 19 y 22 de diciembre de 2021 para los componentes suelo, vegetación y levantamiento topográfico (Tabla 4-1).

Tabla 4-1. Fecha y Quebradas levantadas en las distintas etapas de levantamiento de información.

Terreno	Fecha	Quebradas Levantadas
1	22 - 28 septiembre	Q. Colorado Q. Ciénaga Q. Pastos Largos (sector bajo)
2	18 - 21 octubre	Q. Tinaja Q. Tordillo Q. Río Negro
3	19 - 22 diciembre	Q. Vertiente 2 Q. Pastos Largos (Sector alto)

4.2 Topografía de detalle

4.2.1 Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico permitió identificar de manera centimétrica la superficie a reparar, la extensión de los drenes a eliminar, el ancho de estos, identificar posibles sitios de acopio de material derivado de las obras de construcción de drenes y la ubicación del material que pudiese servir para el relleno de drenes.

Para el levantamiento de puntos en los sectores de interés, se utilizó un “Sistema Global de Navegación por Satélite” (GNSS, la sigla en inglés) de precisión centimétrica en la posición geográfica y elevación, lo cual es posible mediante la aplicación de la técnica “*Real-time Kinematic*” (RTK). Para ello, se utilizó el equipo receptor GNSS *E SURVEY 600E*, como estación base y como móvil o “*Rover*”.

Para las actividades asociadas al cumplimiento de los objetivos planteados, se consideraron tres fases de ejecución:

1era.: Identificación y caracterización del área de estudio

Se definieron las áreas de vuelo y se identificaron los drenes de interés en cada sector.

La fotointerpretación se realizó sobre las imágenes obtenidas con el instrumental RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) de agosto de 2020, a partir de estas imágenes se digitalizaron y localizaron los drenes de cada sector con el objetivo de facilitar su ubicación en terreno. En la sección 8.9.1 del presente documento se aborda la tecnología RPAS.

2da.: Registro de datos en terreno

En cada sector se realizó la instalación y la configuración del equipo GNSS Base E SURVEY 600E, levantando un punto de control cada vez que se realizó la instalación en los sectores de interés (Sistema de coordenadas UTM19S Datum WGS84). Una vez iniciado el equipo base en modo estático se procedió a efectuar el levantamiento de los puntos de control en los drenes. Se registraron perfiles transversales al eje de cada dren identificando los bordes secos y los puntos del fondo. La distancia de los tramos longitudinales entre puntos del dren fue cercana a los 5 m, mientras que los perfiles topográficos transversales se marcaron normalmente cada 15 cm o menos dependiendo del ancho de los drenes. Ver ANEXO A (Puntos levantamiento topográfico de drenes).

Terminado el levantamiento de puntos directos en los drenes, se realizó el vuelo con el RPAS Wingtra One en modalidad PPK. La altura del vuelo fue de 70 m, logrando una resolución nativa de las imágenes cercana a 1 cm. El solapamiento lateral y frontal de las líneas de vuelo fue de 75% (ver figuras de ejecución de vuelo en los sectores de interés Anexo A).

3era.: Levantamiento Aerofogramétrico

Con el objetivo de contar con topografía de precisión del área de proyecto (escala 1:500), fueron planificados vuelos para captura de imágenes con instrumental RPAS en modalidad PPK (Cinemático con Post procesamiento), y con sus resultados desarrollar una restitución fotogramétrica digital utilizando el software de aplicación Agisoft Metashape Professional.

Para las labores de campo, fueron utilizados los siguientes equipos:

- Wingtra One en modalidad PPK
- GNSS E SURVEY 600E



Figura 4-2 RPAS Wingtra One en posición de vuelo, y estación base,

En todos los sectores levantados se realizó la instalación de una base GNSS (Global Navigation Satellite System) con la que se materializó el anclaje del sistema de registro de coordenadas. Además, fue utilizado para realizar las mediciones de los drenajes (desnivel) receptores satelitales móviles o rovers, con lo que se realizó un barrido del relieve en el área de los drenes materializando perfiles transversales en estas zonas. La metodología específica del levantamiento con RPAS se encuentra en el ANEXO A.

Para calcular el volumen de los drenes se consideró como volumen total el volumen compuesto por el área de corte que corresponde a material del mismo dren depositado a un costado de este y el área del dren. Por tanto, el volumen neto necesario para rellenar un dren corresponderá al volumen del dren menos al volumen calculado del área de corte (Figura 4-3).

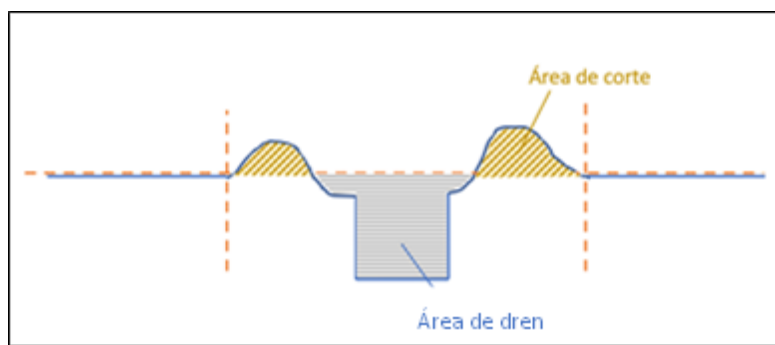


Figura 4-3. Áreas utilizadas para el cálculo de volumen mediante topografía de detalle.

4.3 Suelos

Con el fin de evaluar los suelos del área se definieron 80 puntos, teniendo en cuenta de manera preferencial la presencia de drenes cercanos o bien sectores posibles de empréstito, donde se realizaron observaciones de suelo, con el fin de describir los suelos representativos de unidades homogéneas de suelo definidas en terreno. Las observaciones se realizaron con barreno y calicatas; en este último caso, correspondientes a excavaciones de 1 x 1 m y profundidad variable dependiendo de la presencia del nivel freático, donde se describió a nivel de perfil el suelo en base a la Pauta de estudios de suelos (SAG, 2011 rectificada 2016) y metodología de Schoeneberger (2012), la cual considera la descripción de color, horizontes, raíces, poros, plasticidad adhesividad, clase textural, estructura, nivel freático entre otros.

En forma adicional se tomaron muestras de suelo en 30 puntos, considerando unidades homogéneas previamente definidas, muestras en las que se analizaron parámetros físicos: textura, densidad aparente y contenido de agua a 0,3 y 15 bar (Capacidad de Campo y Porcentaje de Marchitez Permanente, respectivamente).

Toda la información levantada en cuanto a la descripción de los suelos se puede observar en el Anexo C.

4.4 Vegetación

En forma adicional se recorrieron las quebradas en estudio con el fin de evaluar la vegetación presente. Lo anterior se realizó según la metodología de Braun-Blanquet. Este método consiste básicamente en la toma de inventarios (muestreos) en comunidades homogéneas y la asignación de un valor numérico (1 al 7) a los taxa encontrados para referir un índice de abundancia/cobertura, siendo 7 el valor más alto (Braun-Blanquet 1932; en Dansereau 1957) (Tabla 4-2). La estimación se realizó visualmente en parcelas de 5 x 5 m. En total se realizaron 219 observaciones de vegetación, para las quebradas en estudio. Toda la información levantada de vegetación se puede observar en el Anexo C.

Tabla 4-2. Índice de abundancia-cobertura de Braun-Blanquet (1932; en Dansereau 1957).

Código	Atributos de la población
7	Cualquier número de individuos con cobertura superior al 90%
6	Cualquier número de individuos con cobertura entre 75% y 90%
5	Cualquier número de individuos con cobertura entre 50% y 75%
4	Cualquier número de individuos con cobertura entre 25% y 50%
3	Cualquier número de individuos con cobertura entre 10% y 25%
2	Cualquier número de individuos con cobertura entre 5% y 10%
1	Cualquier número de individuos, pero con menos del 5% de cobertura
+	Pocos individuos con cobertura reducida (<1%)
r	Individuos solitarios con cobertura despreciable

4.5 Modelo conceptual de reparación

En términos generales la reparación de las distintas quebradas se realizará sobre la base del siguiente mapa conceptual.

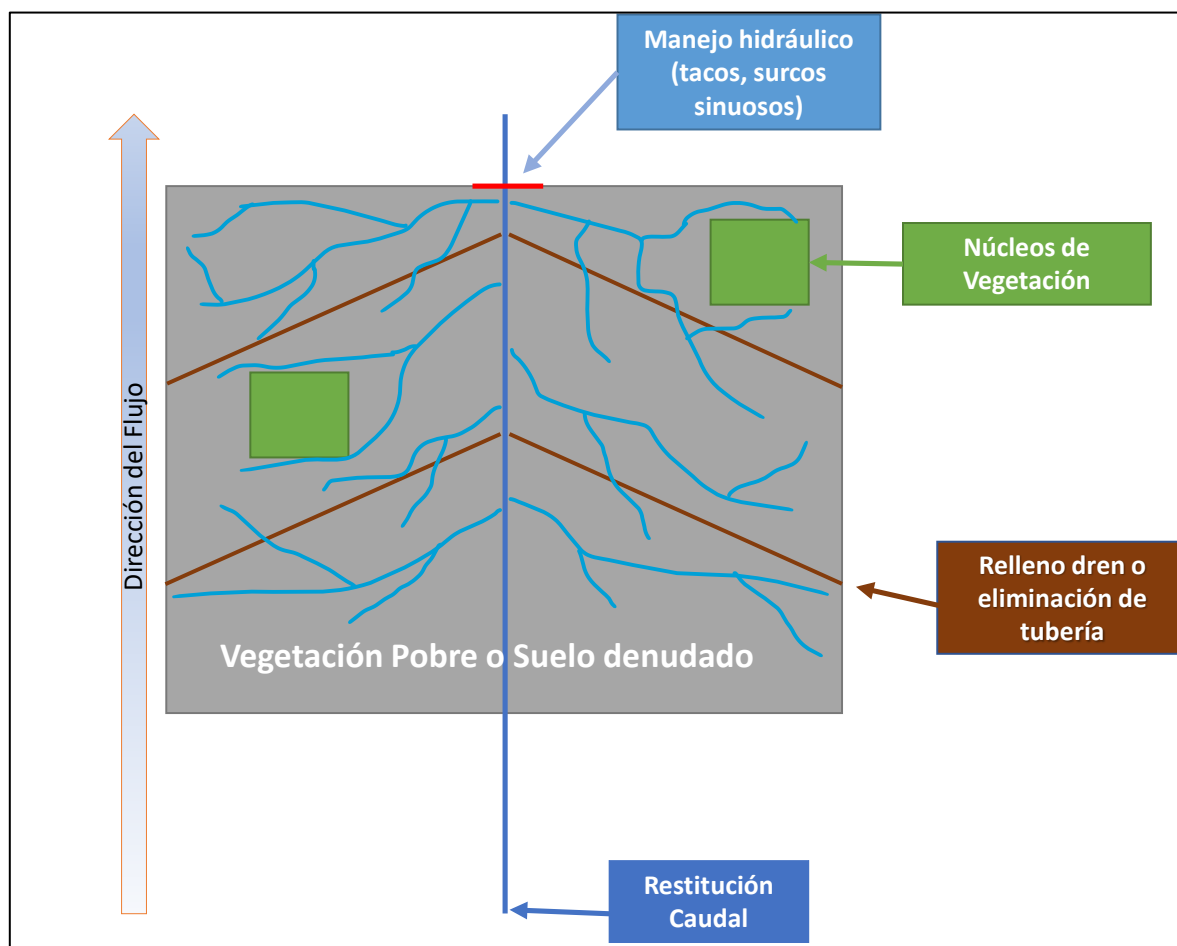


Figura 4-4. Mapa conceptual de reparación en Quebradas.

Como primera etapa de reparación de las quebradas, se considera la restitución de flujos superficiales y la remoción de tuberías perforadas (enterradas o superficiales) o tapado de drenes abiertos con el fin de restablecer la condición hidráulica de las zonas a reparar.

La segunda etapa considera, una vez que se tiene flujo superficial, la hidratación de las zonas a reparar mediante la utilización de tacos y surcos sinuosos que permitan aumentar las áreas de humedecimiento del suelo. Esta práctica será llevada a cabo en forma constante con presencia de personal supervisor permanente en el área, que asegure la adecuada realización de la actividad.

La última etapa tendrá como objetivo la realización de núcleos de vegetación enriquecidos a través de propágulos, plantación directa o champeo que permitan el restablecimiento de la vegetación en las zonas a reparar.

El objetivo de este plan de reparación es propiciar las condiciones tanto de suelos como hidráulicas para que la vega o pajonal hídrico se establezca o recupere su condición en forma natural, sin considerar las condiciones previas a la construcción de los drenes, así como el enriquecimiento de la vegetación existente en la actualidad de las mismas quebradas. Este plan considera:

- Restitución de un flujo estimado en 38 l/s en quebradas aledañas de agua dulce.
- Eliminación de drenes en las quebradas aledañas de agua dulce.
- La construcción de aproximadamente 8.000 metros lineales de surcos en quebradas de agua dulce aledañas.
- Presencia de especies claves en 60 ha en quebradas de agua dulce aledañas.

5 RESULTADOS

5.1 Quebrada Ciénaga

5.1.1 Caracterización

La Quebrada Ciénaga está ubicada al suroeste del Salar de Pedernales, en la comuna de Diego de Almagro, la cual presenta una orientación sur-norte entre las coordenadas 464.607 m E y 7.054.610 m N por el sur y 464.619 m E y 7.054.838 m N por el norte (Figura 5-1). En términos de suelo el sector de vega presenta un horizonte superficial orgánico, en los primeros 30 cm de profundidad, seguido por un horizonte pedregoso o bien arenoso, el cual varía entre 50 y 70 cm de profundidad luego del cual es posible encontrar un horizonte C con abundante pedregosidad que impide el ingreso de barreno o pala. En cuanto a vegetación en el área de vega lo más abundante es la presencia de *Deyeuxia velutina* la cual se encuentra como rastrojo, acompañada principalmente por *Werneria pinnatifida* y *Phylloscirpus acaulis*. En esta vega es posible encontrar una cobertura alta de mantillo, correspondiente a material vegetal imposible de identificar como especie.

El flujo en la quebrada se mueve en dirección norte (Figura 5-2). En el año 2019, los caudales de extracción de la quebrada variaron entre 1,72 l/s en julio a 2,34 l/s en marzo (Figura 5-3). Estos valores incluyen también lo captado desde quebrada Cienaguillas, ubicada aguas arriba de quebrada Ciénaga.

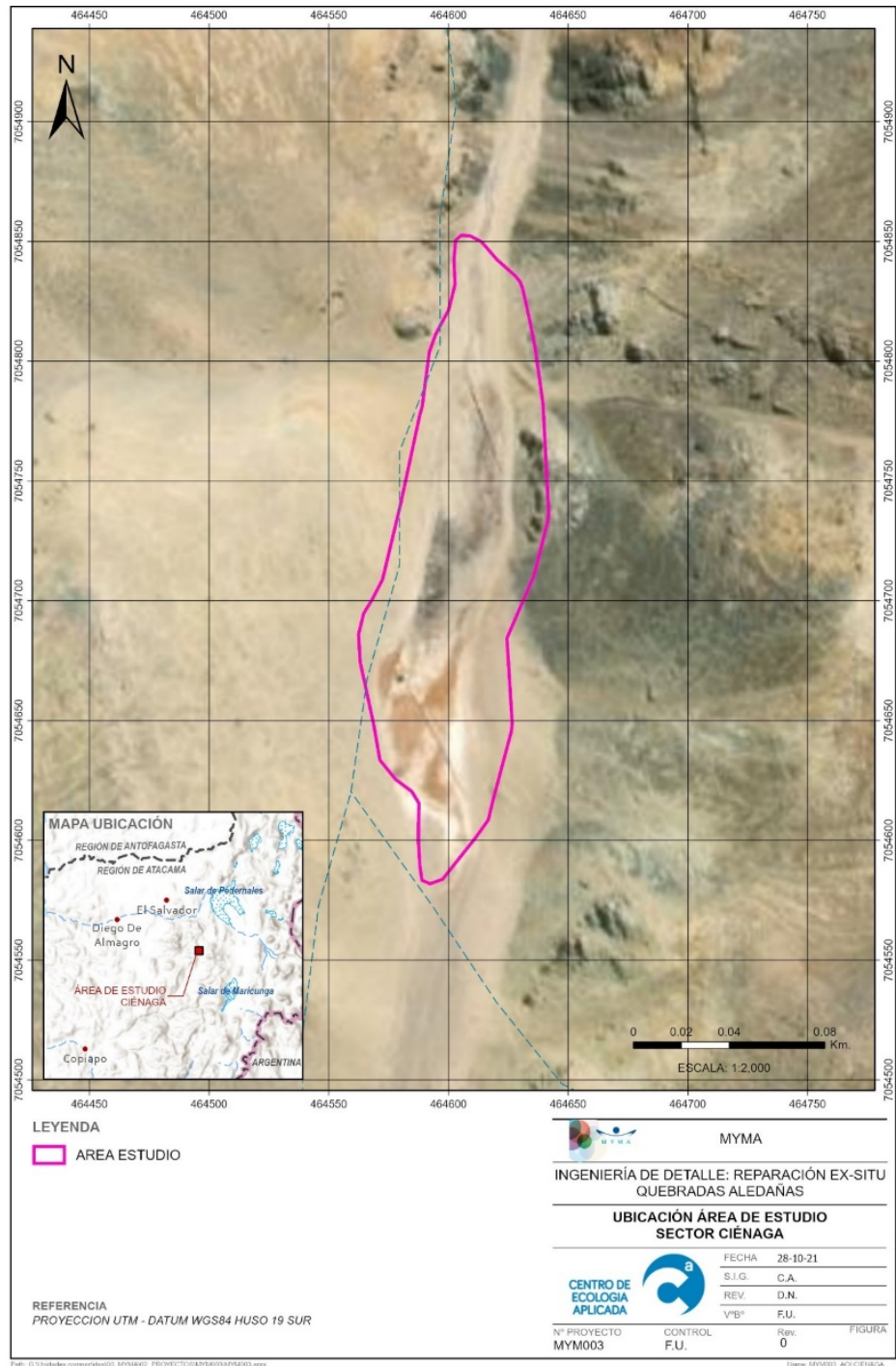


Figura 5-1. Area de estudio quebrada Ciénaga.



Figura 5-2. Curvas de nivel quebrada Ciénaga.

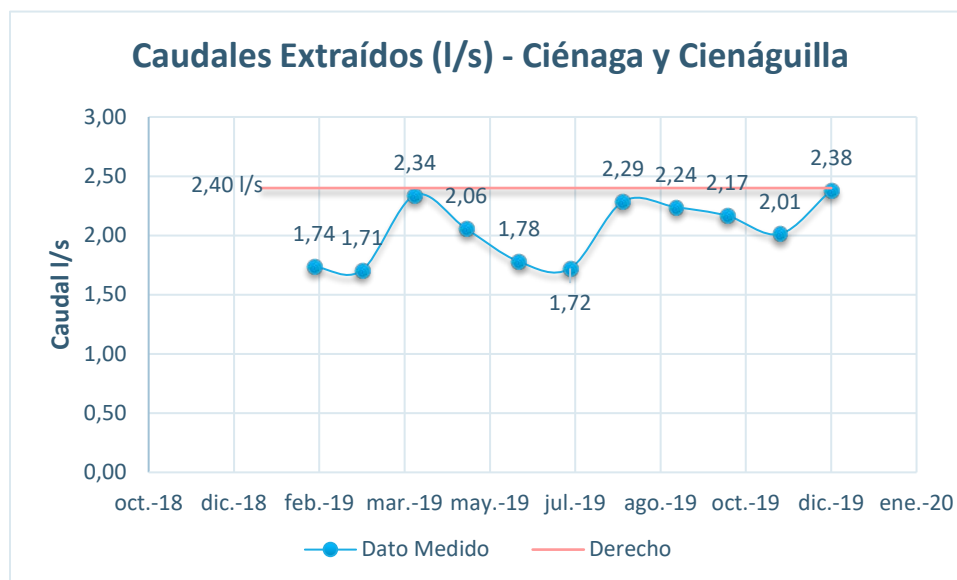


Figura 5-3. Registro de caudales extraídos durante el año 2019 en quebrada Ciénaga y Cienaguillas (Fuente: datos entregados por CODELCO).

5.1.2 Clasificación de la vegetación

En la quebrada Ciénaga se definieron, según la condición fitosanitaria del SVAHT, cuatro estados de la vegetación: bueno, regular, pobre y denudado, siendo el área afecta a restauración de 0,45 ha (regular, pobre y denudado), la que se determinó mediante el uso de imágenes de alta resolución tomadas con RPAS más los datos de terreno (Tabla 5-1 y Figura 5-4).

Tabla 5-1. Superficie de vegetación según condición en Quebrada Ciénaga (ha).

Quebrada	Condición fitosanitario del SVAHT				Total (ha)
	Buena	Regular	Pobre	Denudada	
	----- Superficie (ha) -----				
Ciénaga	0,16	0,14	0,03	0,28	0,61

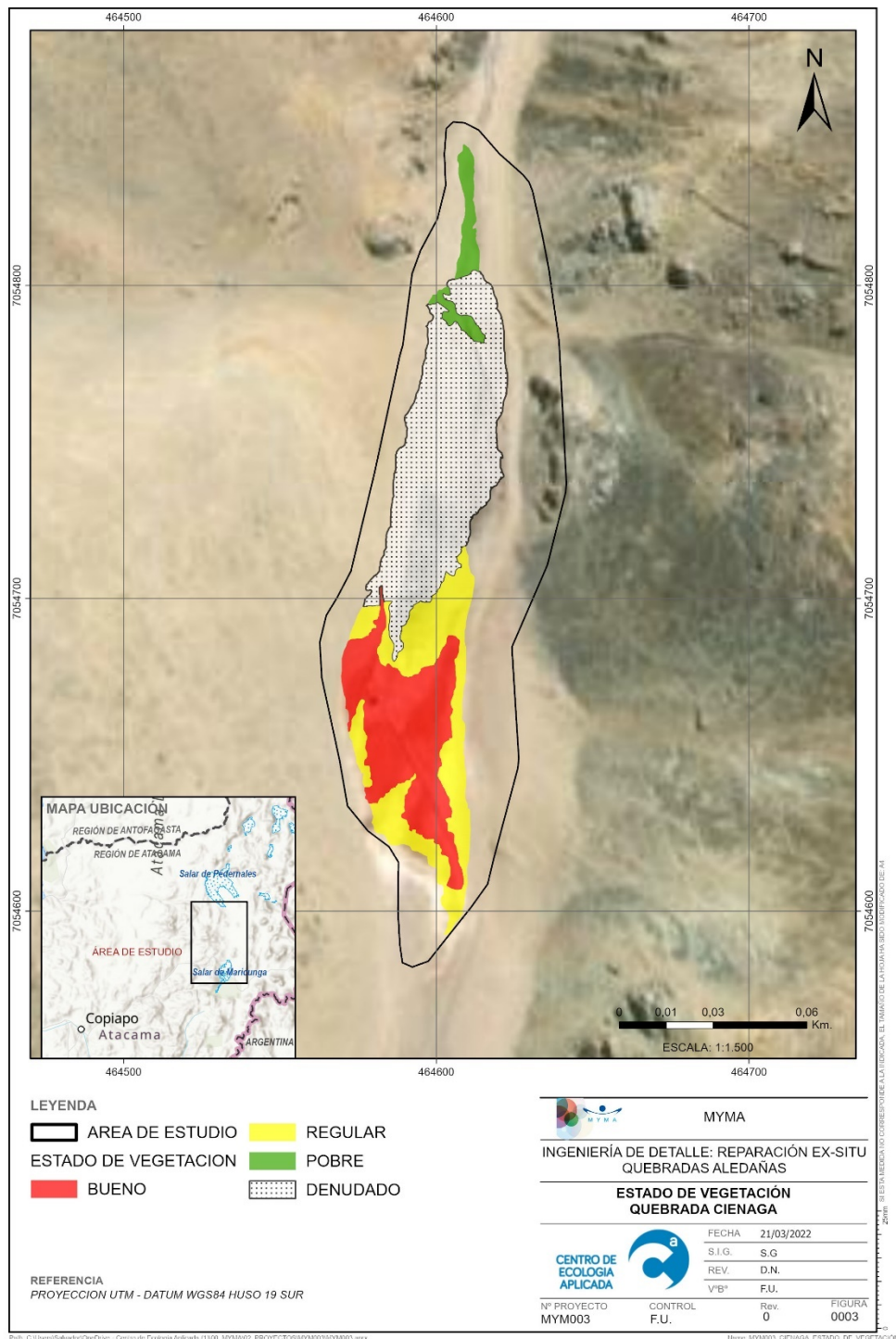


Figura 5-4. Condición de vegetación en Quebrada Ciénaga

Como se observa en la Figura 5-4 la condición regular esta suscrita al margen de la condición buena ubicada en el sector sur de la quebrada, en tanto lo correspondiente a área denudada y pobre se ubica principalmente en el sector norte y central, coincidiendo con la ubicación de la cámara de captación de agua en el sector.

5.1.3 Intervenciones presentes

En la quebrada Ciénaga existen dos cámaras de captación de agua, ubicadas en la parte alta de la quebrada (Figura 5-5), las que acumulan agua a partir del flujo de los drenes 3 y 4. Las cámaras están ubicadas en las coordenadas (centroide) 464.581 m E y 7.054.676 m N.

Se observa la presencia de cuatro drenes que confluyen al cauce principal con un volumen de 121,72 m³ siendo el volumen de corte (material sobre el dren) de 7,79 m³, la cual abarca una superficie total de 0,12 ha (Figura 5-5 y Tabla 5-2).

Tabla 5-2. Cálculo de áreas y volumen de drenes Q. Ciénaga.

	CIÉNAGA
VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m ³)	129,51
VOLUMEN CORTE (m ³)	7,79
VOLUMEN DRENES (m ³)	121,72
ÁREA CORTE (m ²)	275,67
ÁREA CORTE (ha)	0,03
ÁREA DREN (m ²)	942,85
ÁREA DREN (ha)	0,09
ÁREA TOTAL (m ²)	1.218,52
ÁREA TOTAL (ha)	0,12
PERÍMETRO DREN (m)	716,74

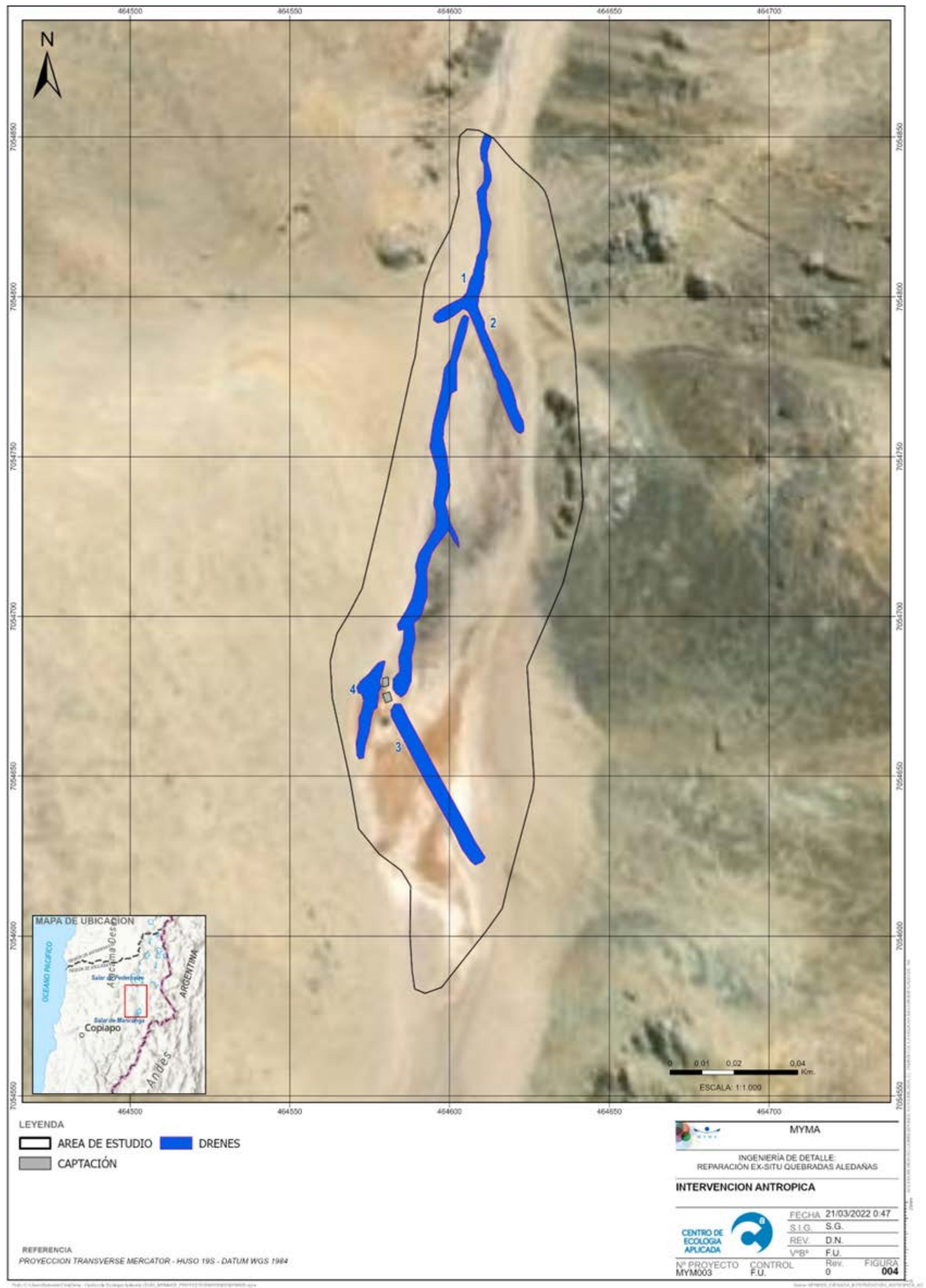


Figura 5-5 Áreas de intervención antrópica en Quebrada Ciénaga

5.1.4 Estrategia de reparación

La estrategia de reparación para el sector de Quebrada Ciénaga considera que la restitución de caudal se basa en el tapado de drenes, manejo hídrico mediante construcción de surcos sinuosos en zonas de vegetación muerta, champeo y replante de propágulos de la especie dominante en núcleos de vegetación (Figura 5-6).

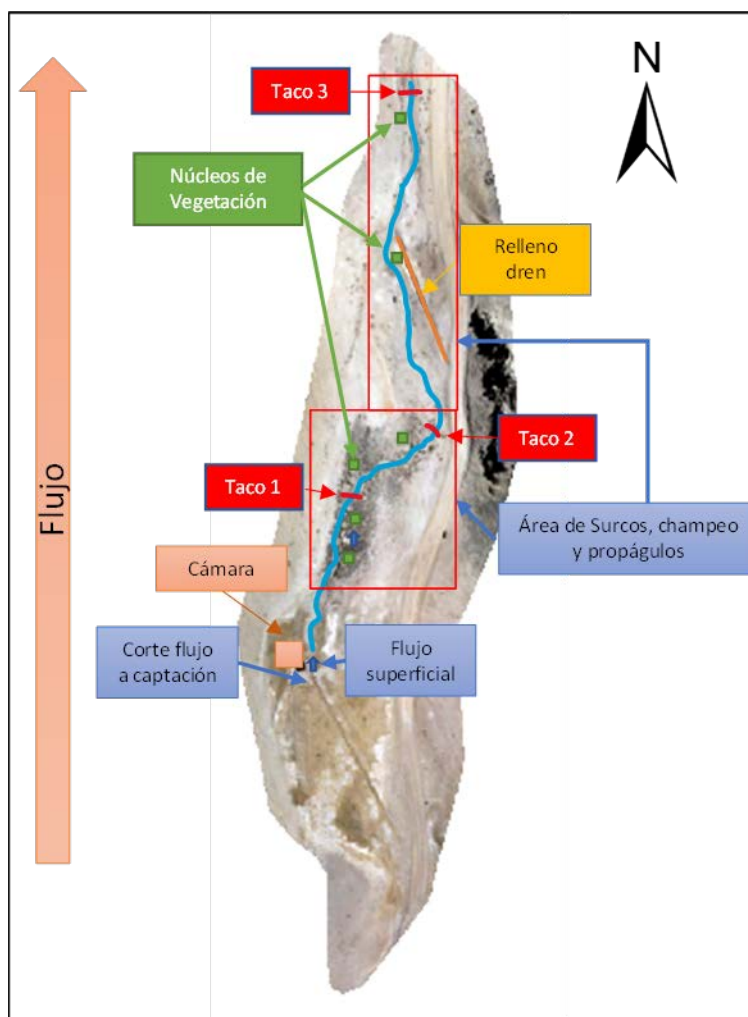


Figura 5-6 Diseño de restauración de Q. Ciénaga. (Fuente: Elaboración propia)

Restitución de caudal

Según la descripción de la Ingeniería conceptual sistema agua potable División Salvador (2004), donde se caracterizaron los sistemas de conducción de aguas instalados en el año 1958, en la quebrada Ciénaga existe una cámara de almacenamiento, que acumula las aguas captadas de forma superficial. Estas aguas luego son transportadas hacia la Planta Asientos.

Por lo tanto, en primer lugar, se realizará la interrupción de estas captaciones en el punto de la caja de acumulación, de modo de permitir que las aguas retomen su cauce natural a lo largo de la quebrada. La eliminación de estas captaciones se realizará a través de una excavación hasta llegar al flujo preferencial y darle salida al cauce normal de la quebrada.

Esta acción será la primera a realizar y se dejará pasar un plazo de un año antes de continuar con las acciones de manejo de la vegetación.

Relleno de dren

En este sector existen 4 drenes que confluyen al cauce principal de los cuales solo uno, el dren 2 (Figura 5-5) será intervenido.

Los drenes ubicados en el sector sur y sur oeste (drenes 3 y 4 en la Figura 5-5) no serán intervenidos, dado que se encuentran en una zona con vegetación en buen estado, presentando además abundante vegetación en su interior de tipo azonal, predominando *Phylloscirus acaulis*, *Werneria pinnatifida*, y *Puccinellia frígida*. En tanto el dren identificado en el sector noroeste de la quebrada (dren 1) presenta un área de 0,012 ha asociada principalmente a vegetación zonal por lo cual tampoco será intervenido.

El dren ubicado en el sector noreste de la quebrada (dren 2 Figura 5-5) requiere 40 m³ de material para su relleno. El material para esta acción será el proveniente del volumen de corte del mismo dren (3 m³) y lo restante provendrá de los *piedmont* de quebradas secundarias contiguas a la quebrada Ciénaga, sin presencia de vegetación y con predominancia de suelo arenoso, que se desarrollan en las coordenadas 464.590 m E – 7.054.769 m N y 464.643 m E – 7.054.658 m N.

Construcción de surcos sinuosos

Una vez restablecido el cauce principal superficial en el área de vegetación denudada y pobre se procederá a realizar tacos que permitan la acumulación de agua en sectores con vegetación muerta y mediante uso de pala se procederá a conducir el agua a zonas donde falte hidratación de la vegetación para lo cual se deberá contar con personal que realice revisiones periódicas al sector de vega, con las mantenciones que sean necesarias (Anexo D).

Método de champeo y replante de propágulos de especies dominantes

En este sector no se considera la remoción de vegetación muerta dado que, a pesar de su estado, pueden presentar inóculos para el restablecimiento de vegetación en forma natural. No obstante, lo anterior, se establece la necesidad de utilizar champeo y

propágulos principalmente de la especie *Deyeuxia velutina* la cual solo fue posible registrar en esta quebrada como rastrojo por lo cual es necesario la obtención de material vegetativo desde otras quebradas. Este material se obtendrá de los puntos 25, 29, 37, 38, 48 y 54, de la quebrada Pastos Largos, los que fueron determinados bajo la metodología de Braun-Blanquet en donde *Deyeuxia velutina* presenta coberturas entre 25 y 50%.

Para la obtención de propágulos se elegirá una planta sana, de la cual se sacarán esquejes. Dependiendo del tamaño de la planta madre, el número de esquejes podrá variar entre 20 y 30 plántulas, las cuales serán plantadas directamente en forma aleatoria en el sector donde existe vegetación muerta (Figura 5-6). Además, se utilizará el replante directo de individuos sacados en los puntos mencionados anteriormente (Anexo D).

El replante se realizará en núcleos de vegetación de aproximadamente 100 m² (10 x 10 m), con el objetivo de alcanzar en dichos núcleos una cobertura mayor al 50%. El propósito de realizar el enriquecimiento de vegetación en áreas limitadas es, por un lado, simplificar el manejo de la vegetación y, por otro lado, generar al interior de las áreas denudadas, microhábitat que promuevan la llegada ya sea de microfauna vertebrada o avifauna las cuales ayuden a la propagación natural de la vegetación en el área.

Se estima que para lograr un 50% de cobertura en cada núcleo se deberá enriquecer con al menos 50 individuos, entre esquejes y replante directo. Se realizarán 2 núcleos de vegetación previo a los tacos de retención de agua (Figura 5-6).

5.2 Quebrada El Colorado

5.2.1 Caracterización

La Quebrada El Colorado está ubicada al suroeste del Salar de Pedernales, en la comuna de Diego de Almagro, la cual presenta una orientación sureste-noroeste entre las coordenadas 469.007 m E y 7.059.877 m N por el sur y 468.197 m E y 7.060.940 m N por el norte (Figura 5-7). En cuanto a suelos, predominan los suelos orgánicos, con alto contenido de materia orgánica, entre 40 y 100 cm de profundidad. Estos suelos están delimitados por suelos arenosos en los márgenes de la vega. Respecto al uso del suelo, predomina en toda el área la presencia de mantillo, correspondiente a material vegetal imposible de identificar en cuanto a la especie que le dio origen, registrándose poca vegetación activa asociada al cauce principal, con presencia destacada de *Puccinellia frígida*. En La Figura 5-8 se observa un mapa con las curvas de nivel que define la quebrada El Colorado.

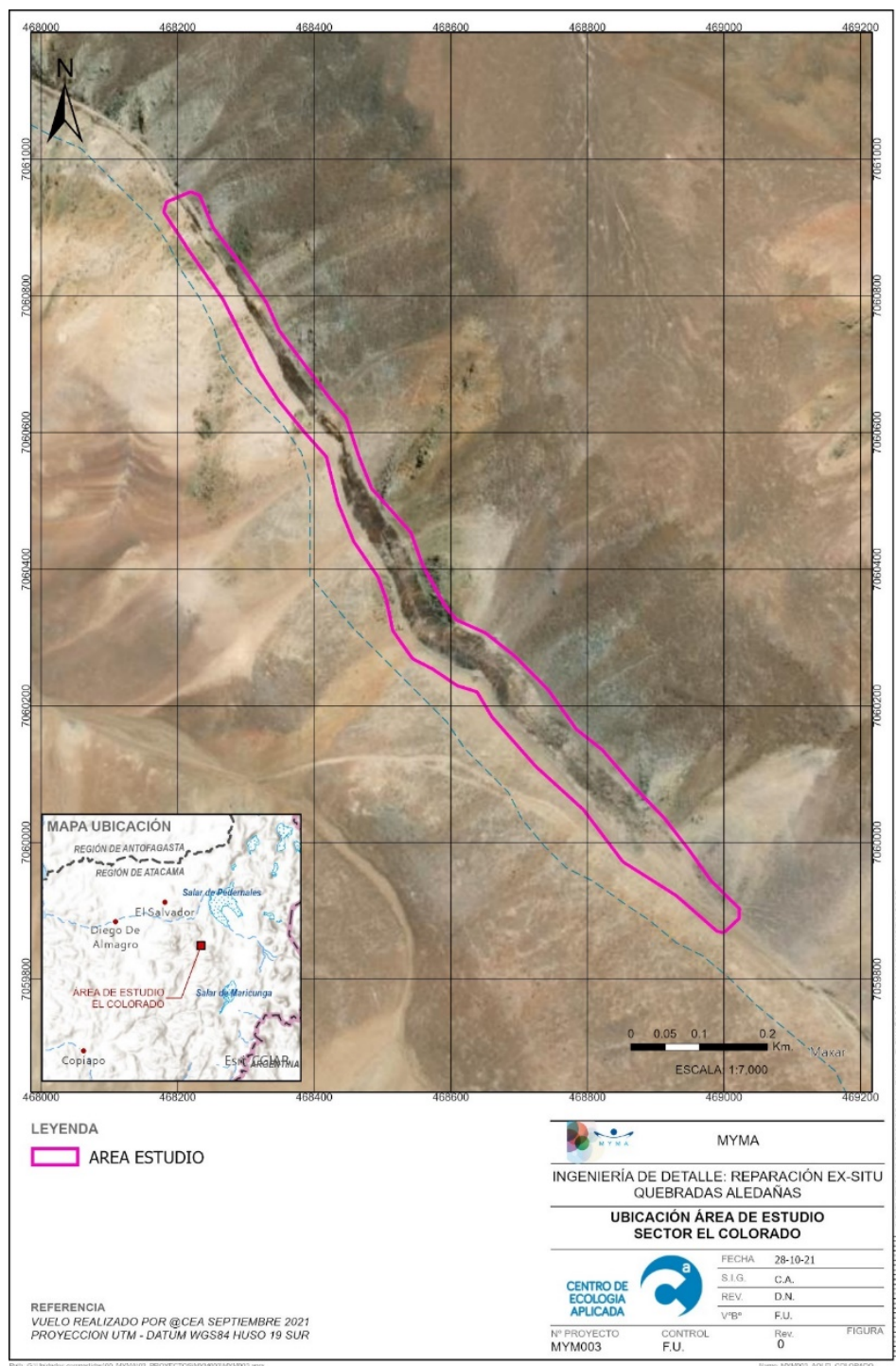


Figura 5-7 Area de estudio Quebrada El Colorado

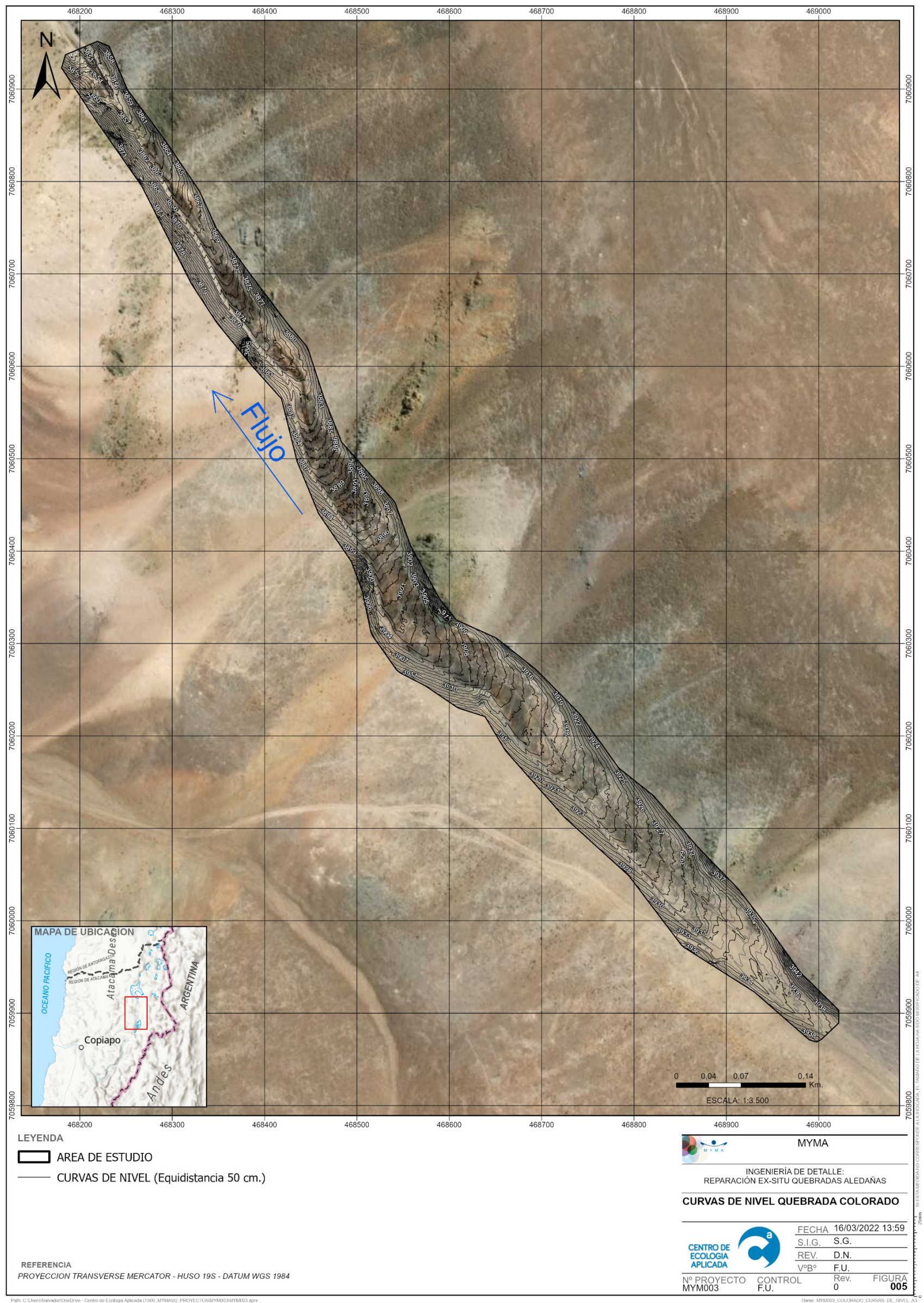


Figura 5-8. Curvas de nivel quebrada El Colorado.

Los caudales extraídos desde esta quebrada, el año 2019 variaron entre 1,44 y 1,97 l/s (ver Figura 5-9).

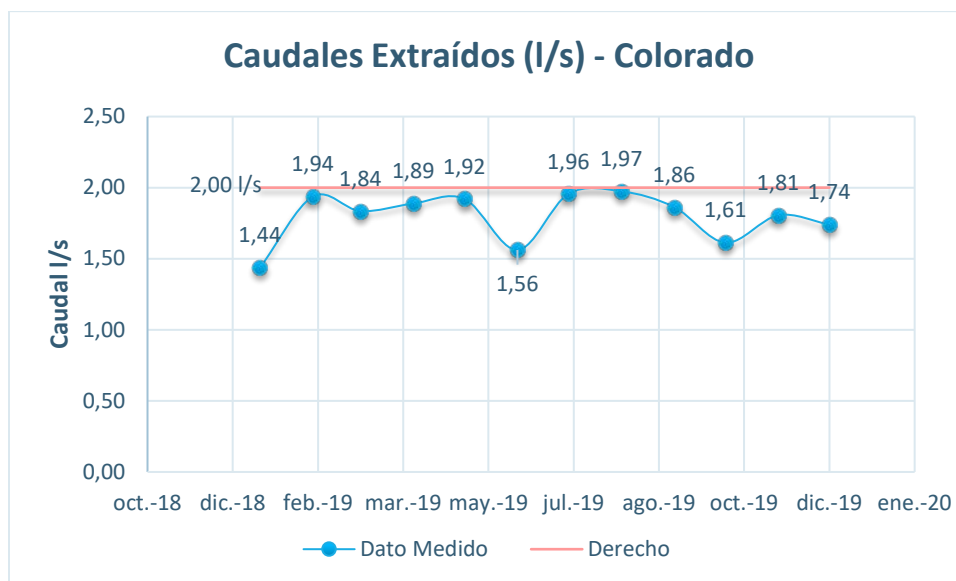


Figura 5-9. Registro de caudales extraídos durante el año 2019 en quebrada El Colorado (Fuente: Datos proporcionados por CODELCO).

5.2.2 Clasificación de la vegetación

En quebrada El Colorado se definió, según la condición fitosanitaria del SVAHT, solo un estado de vegetación correspondiente al denudado, siendo el área afecta a restauración de 3,55 ha. Esta superficie se reconoció mediante el uso de imágenes de alta resolución tomadas con RPAS más los datos registrados en terreno (Tabla 5-3 y Figura 5-10).

Tabla 5-3. Superficie de vegetación según condición en Quebrada El Colorado (ha).

Quebrada	Condición fitosanitario del SVAHT				Superficie Total (ha)
	Buena	Regular	Pobre	Denudada	
	-----Superficie (ha)-----				
El Colorado	0	0	0	3,55	3,55



Figura 5-10 Condición de vegetación en Quebrada El Colorado.

5.2.3 Intervenciones presentes

La Quebrada El Colorado presenta en total 83 drenes estructurados con disposición lineal conectados entre sí en formación de “espina de pescado”, manteniendo una estructura principal con ramificaciones secundarias sin escurrimiento de agua. Además, en este sector se registró la presencia de 4 cámaras ya sea de inspección o captación. En cuanto a la cubicación de drenes, en El Colorado se determinó un total de 2.109 m³ y un volumen de corte (material proveniente de la construcción del dren) de 213 m³ (Figura 5-11 y Tabla 5-4).

Tabla 5-4. Cálculo de áreas y volumen de drenes Q. El Colorado.

	EL COLORADO
VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m ³)	2.321,40
VOLUMEN CORTE (m ³)	212,65
VOLUMEN DREN (m ³)	2.108,75
ÁREA CORTE (m ²)	3.802,82
ÁREA CORTE (ha)	0,38
ÁREA DREN (m ²)	9.914,15
ÁREA DREN (ha)	0,99
ÁREA TOTAL (m ²)	13.716,97
ÁREA TOTAL (ha)	1,37

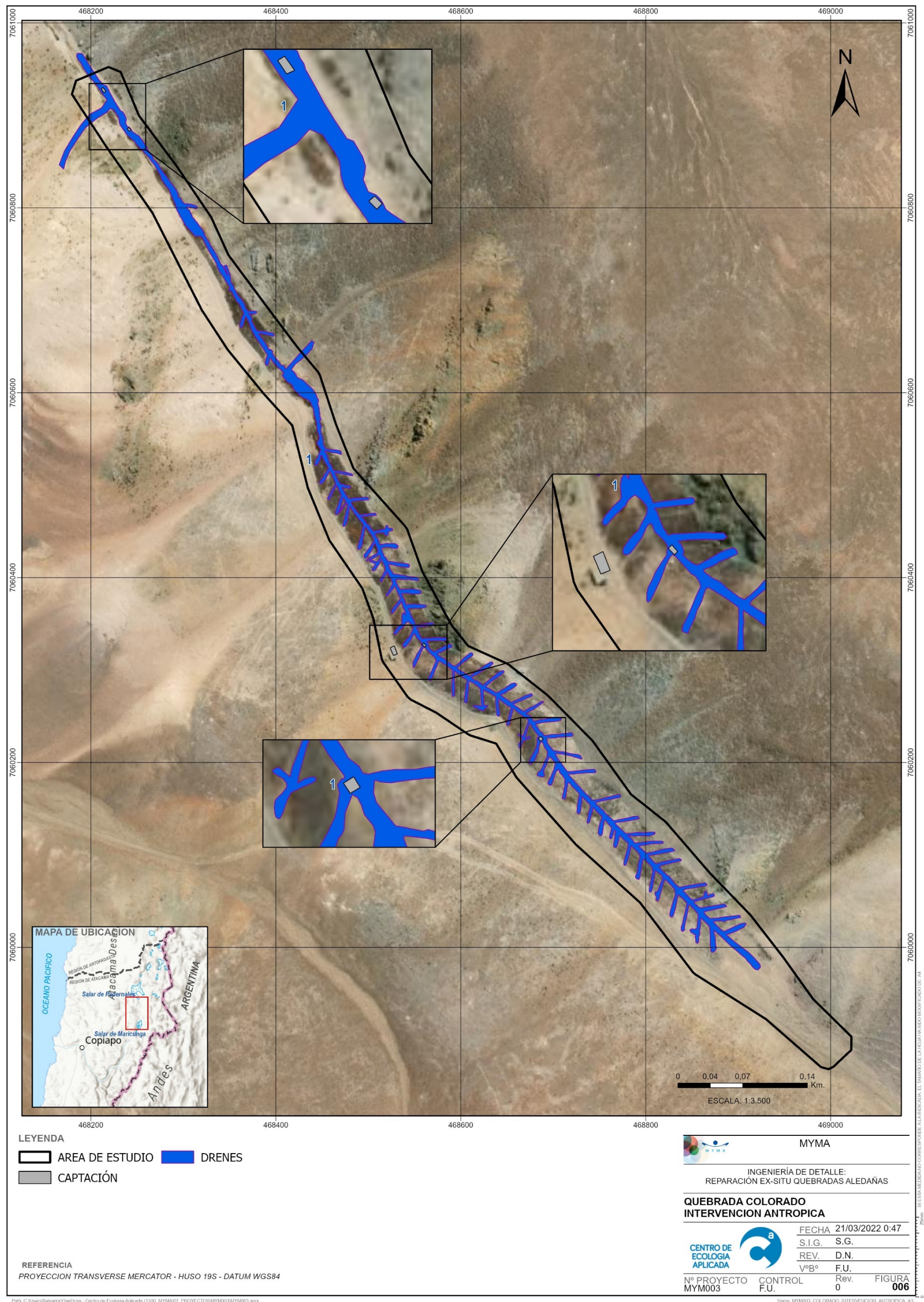


Figura 5-11 Áreas de intervención antrópica en Quebrada El Colorado.

5.2.4 Estrategia reparación

La estrategia de reparación para el sector de Quebrada El Colorado considera la restitución de caudal, eliminación de tuberías, manejo hídrico mediante construcción de surcos sinuosos en zonas de vegetación muerta, champeo y replante de propágulos de la especie dominante en núcleos de vegetación (Figura 5-12).

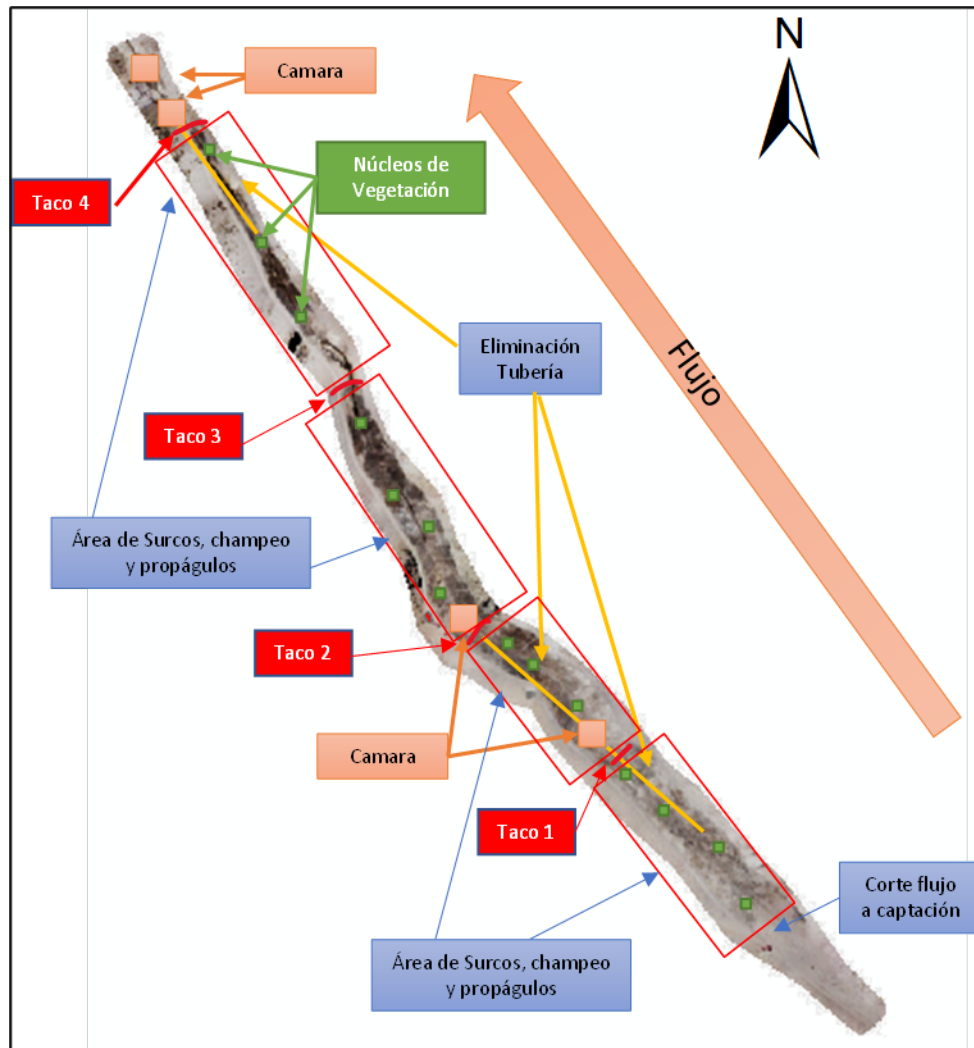


Figura 5-12 Diseño de restauración de Q. El Colorado.

Eliminación de tuberías

En la Quebrada El Colorado los drenes observados y según los antecedentes recabados, están asociados a tuberías perforadas, por lo cual se hace de vital importancia remover dichas tuberías con el fin de evitar el flujo preferencial de agua y en el mediano plazo restaurar el nivel freático original de la vega. El segundo efecto de la remoción de tuberías será la descompactación de los suelos asociados a ellas que permitirá la acumulación de agua en el perfil para el posterior establecimiento ya sea natural de vegetación o mediante el método del champeo. Dadas las características de los suelos con alto contenido de materia orgánica no es adecuado el llenado de drenes con suelos de tipo mineral por lo cual se establece la utilización de material vegetal muerto de la misma quebrada como insumo para tapar los drenes.

Restitución de caudal

Una vez eliminada la red de tuberías se proyecta que se vaya restituyendo el caudal en forma superficial desde la cabecera de la quebrada y con ello contar con un flujo superficial en el cauce principal.

Construcción de surcos sinuosos

Una vez restablecido el cauce principal superficial en el área de vegetación denudada se procederá a realizar tacos que permitan la acumulación de agua en sectores con vegetación muerta y mediante uso de pala se procederá a conducir el agua a zonas donde falte hidratación de la vegetación para lo cual se contará con personal supervisor que mantenga visitas periódicas al sector de vega. Esto se realizará en cuatro etapas generado el primer taco en la cabecera de la quebrada, manteniéndose el manejo hasta el establecimiento en condiciones adecuadas de los núcleos de vegetación (Anexo D).

Método de champeo y Replante de propágulos de especies dominantes

En este sector se considera la remoción de vegetación muerta solo con el fin de tapar los drenes, que presenten un mayor volumen, dado que, a pesar de su estado, esta vegetación muerta puede presentar inóculos para el restablecimiento de vegetación en forma natural. No obstante, lo anterior, se establece la necesidad de utilizar champeo y propágulos. Si bien no se puede estimar la especie de vegetación dominante que existió en esta quebrada, se espera utilizar la especie *Deyeuxia velutina* la cual es la especie predominante en otras quebradas, por lo cual es necesario la obtención de material vegetativo desde otras quebradas, de este estudio (quebrada Pastos Largos)

Para la obtención de propágulos se elegirán plantas sanas, de las cuales se sacarán esquejes. Dependiendo del tamaño de cada planta madre, el número de esquejes podrá variar entre 20 y 30 plántulas, las cuales serán plantadas directamente en forma aleatoria en el sector donde existe vegetación muerta (Figura 5-6). Además, se utilizará el replante directo de individuos sacados, los que se obtendrán de los puntos 25, 29, 37, 38, 48 y 54 de la quebrada Pastos Largos.

El replante se realizará en núcleos de vegetación de aproximadamente 100 m² (10 x 10 m), con el objetivo de alcanzar en dichos núcleos una cobertura mayor al 50%. El propósito de realizar el enriquecimiento de vegetación en áreas limitadas es, por un lado, simplificar el manejo de la vegetación y, por otro lado, generar al interior de las áreas denudadas, microhábitat que promuevan la llegada ya sea de microfauna o avifauna las cuales ayuden a la propagación natural de la vegetación en el área (Anexo D).

Se estima que para lograr un 50% de cobertura en cada núcleo se deberá enriquecer con al menos 50 individuos, entre esquejes y replante directo. Se realizarán 4 núcleos de vegetación previo al taco 1 de retención de agua, 3 núcleos previo al taco 2; 4 núcleos previo al taco 3 y 3 núcleos previo al taco 4 totalizando 14 núcleos en total. (Figura 5-12)

5.3 Quebrada Pastos Largos

5.3.1 Caracterización

La Quebrada Pastos Largos está ubicada al suroeste del Salar de Pedernales, en la comuna de Diego de Almagro, la cual presenta una orientación oeste-este entre las coordenadas 477.774 m E y 7.044.996 m N por el oeste y 482.807 m E y 7.044.451 m N por el este (Figura 5-13) presentando dos afluentes o tributarios que confluyen aproximadamente en las coordenadas 479.929 m E y 7.044.784 m N. En términos de suelos el sector de vega presenta un horizonte superficial orgánico que puede llegar hasta los 100 cm de profundidad, por lo cual presenta características que lo asemejan a los histosoles. En cuanto a vegetación las especies más recurrentes son *Deyeuxia velutina*, *Zameioscirpus atacamensis* y *Oxycloe andina*. No obstante, en cuanto a coberturas las más altas coberturas están asociadas a las especies *Zameioscirpus atacamensis* y *Deyeuxia Velutina*.

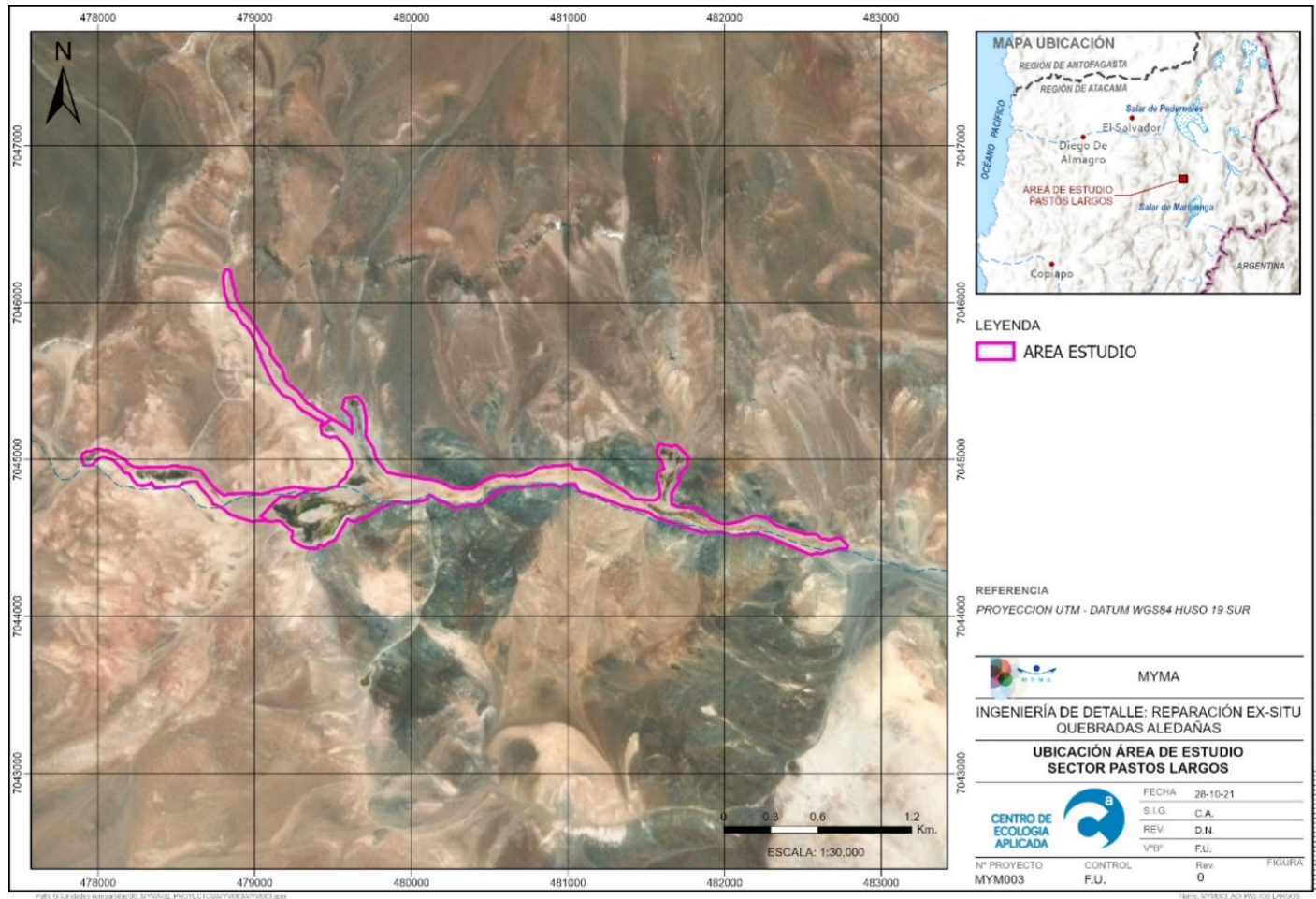


Figura 5-13. Area de estudio Quebrada Pastos Largos.

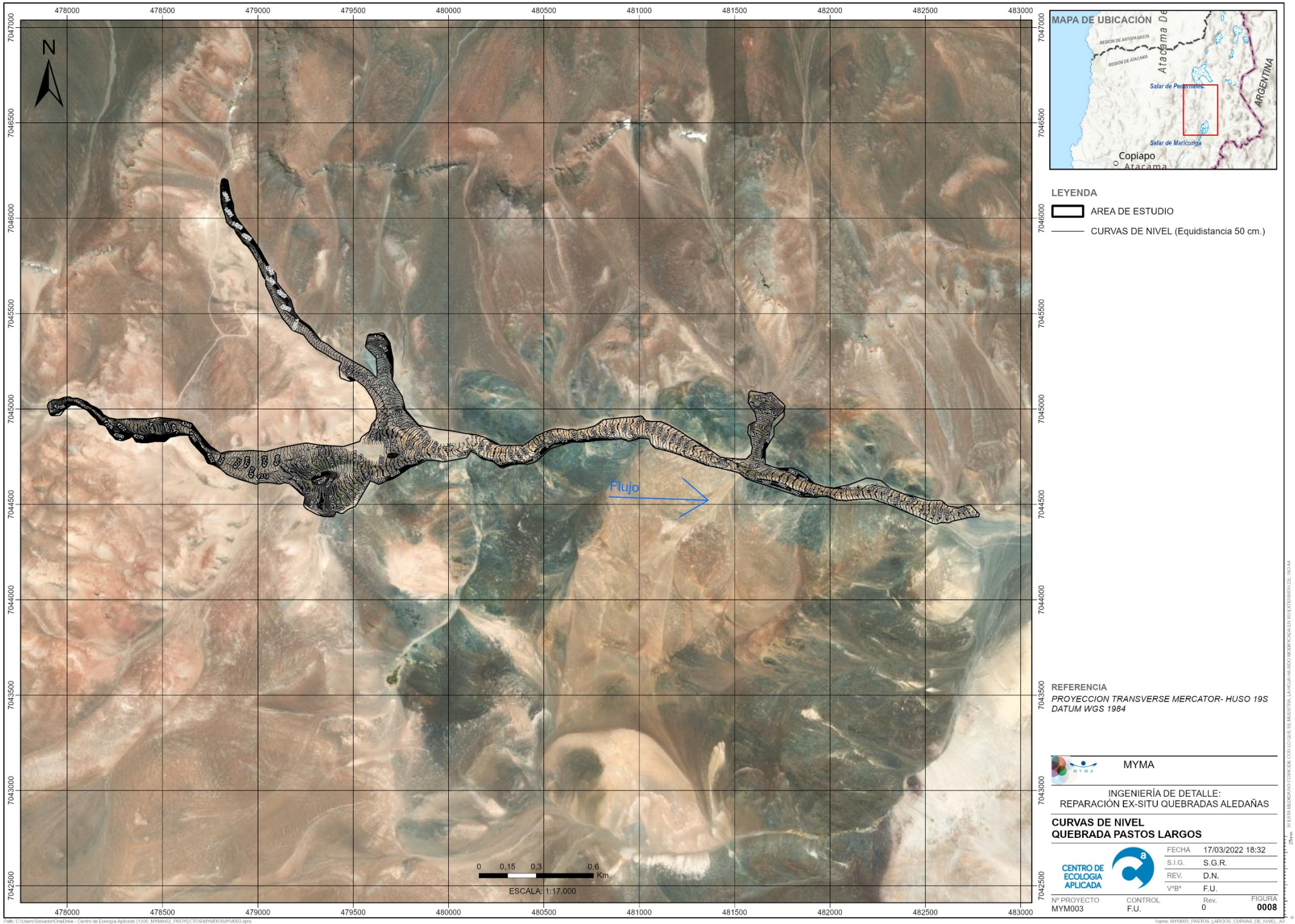


Figura 5-14. Curvas de nivel quebrada Pastos Largos.

Los caudales extraídos desde la quebrada Pastos Largos son los mayores dentro de las quebradas correspondientes al área de estudio. Durante el año 2019 los caudales extraídos llegaron a un valor máximo de 26,53 l/s (en el mes de agosto), ver Figura 5-15.

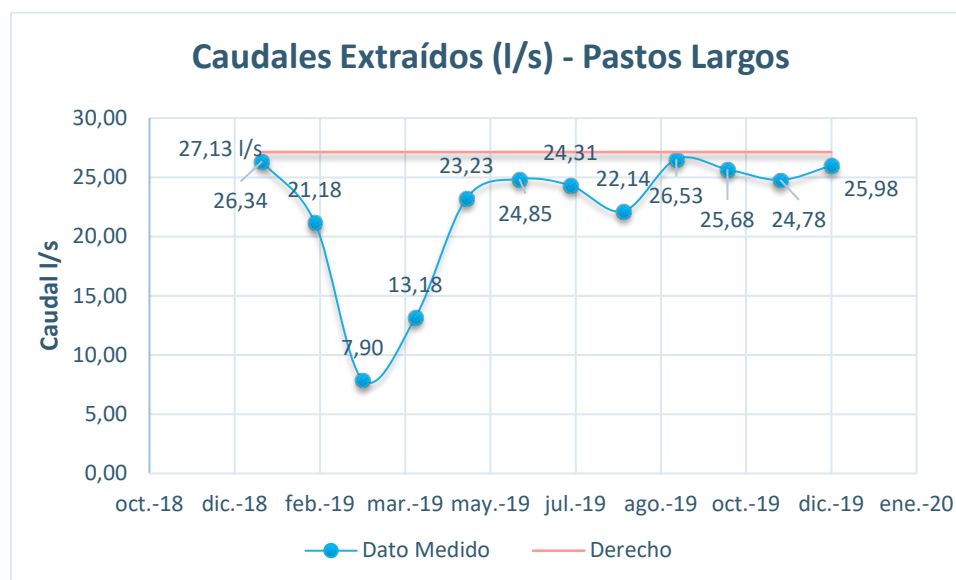


Figura 5-15. Registro de caudales extraídos durante el año 2019 en quebrada Pastos Largos (Fuente: Datos proporcionados por CODELCO).

5.3.2 Clasificación de la vegetación

En la quebrada Pastos Largos se definió, según la condición fitosanitaria del SVAHT, cuatro estados de vegetación bueno, regular, pobre y denudado, siendo el área afecta a restauración de 25,94 ha (regular, pobre y denudado). Esta superficie se reconoció mediante el uso de imágenes de alta resolución tomadas con RPAS más los datos de terreno (Tabla 5-5 y Figura 5-16).

Tabla 5-5. Superficie de vegetación según condición en Pastos Largos (ha).

Quebrada	Condición fitosanitaria del SVAHT				Total
	Buena	Regular	Pobre	Denudada	
	-----ha-----				
Pastos Largos	16,81	4,05	11,41	10,48	42,75

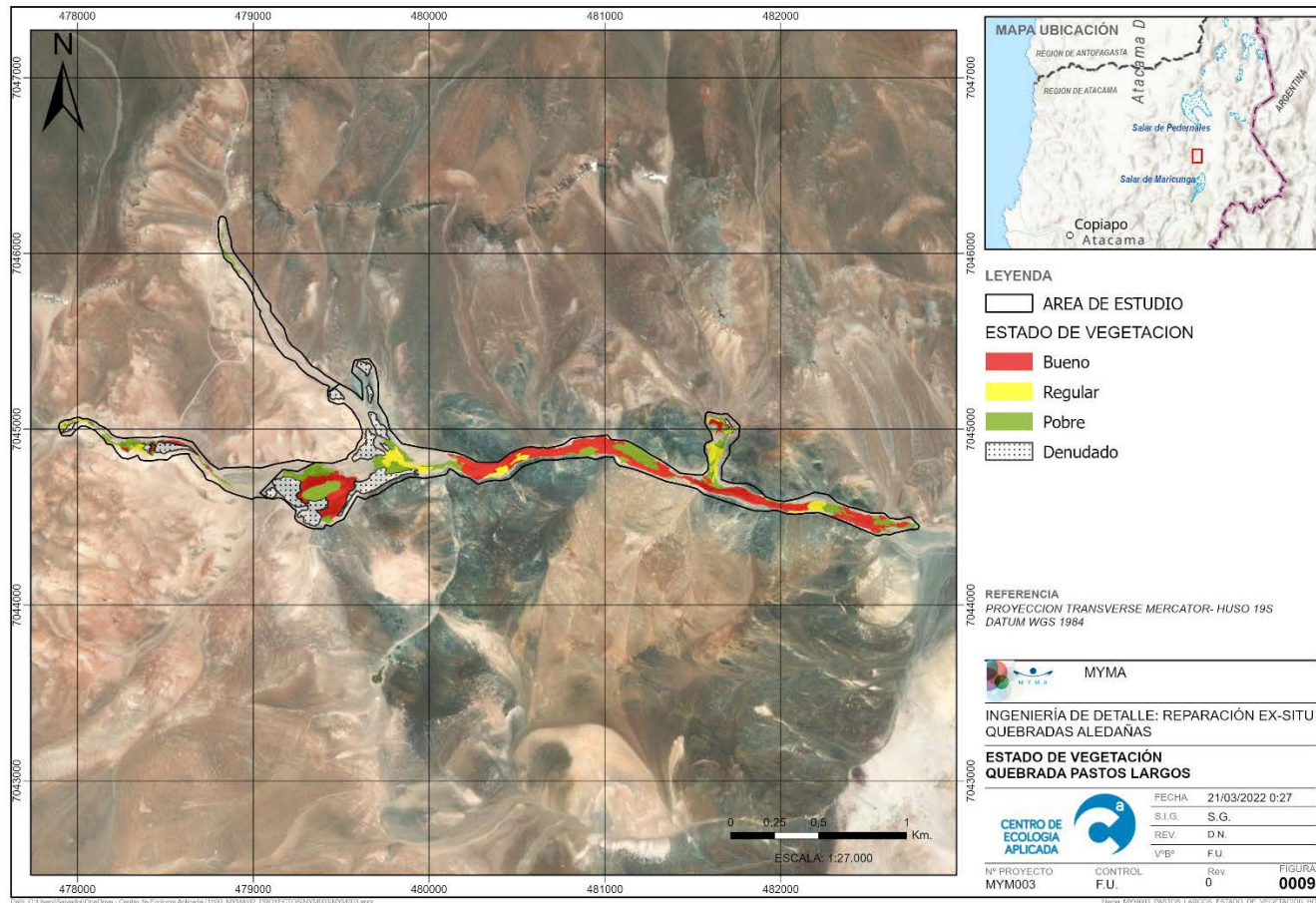


Figura 5-16 Condición de vegetación en Quebrada Pastos Largos

5.3.3 Intervenciones presentes

La Q. Pastos Largos, presenta en total 27 drenes estructurados en las zonas altas con una disposición lineal conectados entre sí en formación de “espina de pescado”, manteniendo una estructura principal con ramificaciones secundarias sin escurrimiento de agua. Además, en este sector se registró la presencia de 4 cámaras ya sea de inspección o captación. En cuanto a la cubicación de drenes, en la quebrada Pastos Largos su volumen se evaluó con un total de 2090 m³ y un volumen de corte (material proveniente de la construcción del dren) de aproximadamente 1300 m³.

Tabla 5-6. Cálculo de áreas y volumen de drenes Pastos Largos.

	Pastos Largos
VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m ³)	3391,07
VOLUMEN CORTE (m ³)	1300,90
VOLUMEN DREN (m ³)	2090,168
ÁREA CORTE (m ²)	3203,46
ÁREA CORTE (ha)	0,32
ÁREA DREN (m ²)	7.648,286
ÁREA DREN (ha)	0,765
ÁREA TOTAL (m ²)	10851,75
ÁREA TOTAL (ha)	1,09
PERÍMETRO DREN (m)	6646,42

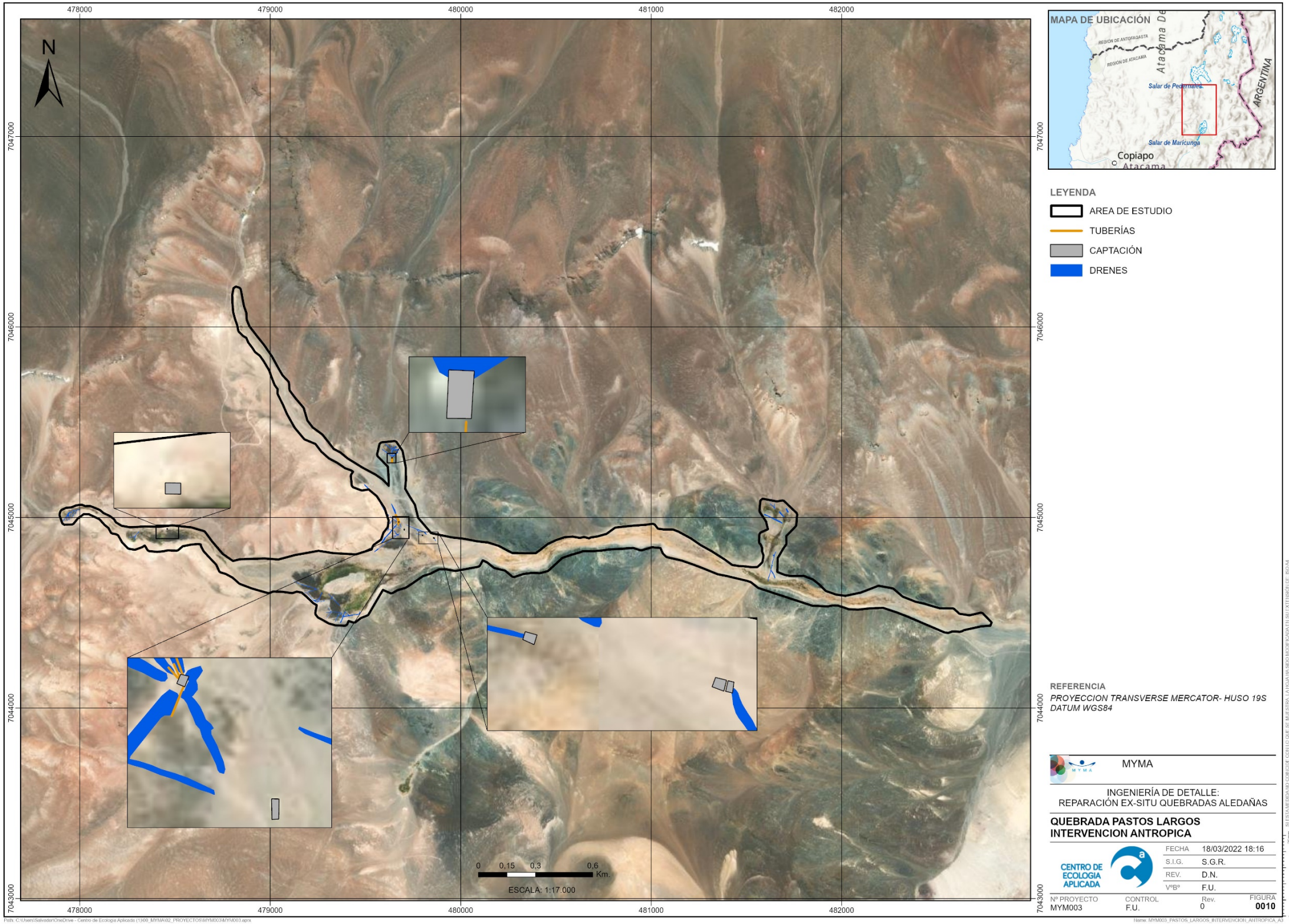


Figura 5-17 Áreas de intervención antrópica en Pastos Largos

5.3.4 Estrategia reparación

La estrategia de reparación para el sector de Quebrada Pastos Largos considera la restitución de caudal, mediante eliminación de tuberías, champeo y replante de propágulos de la especie dominante en núcleos de vegetación (Figura 5-18 y Figura 5-19).

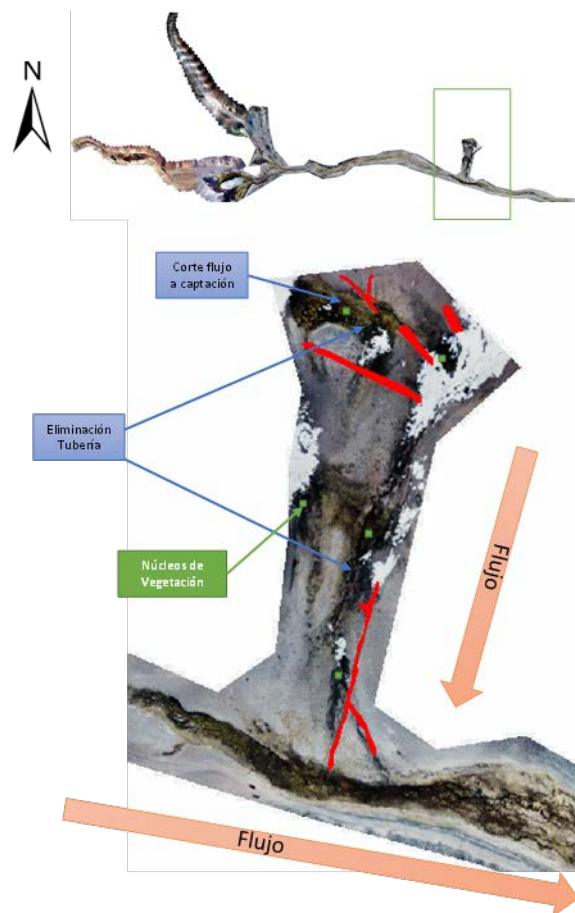


Figura 5-18 Diseño de restauración de Q. Pastos Largos (Sector bajo)

Código: R108

Versión: 4

Código: MYM003

Ingeniería de Detalle Reparación Ex-Situ Quebradas aledañas junio 2022

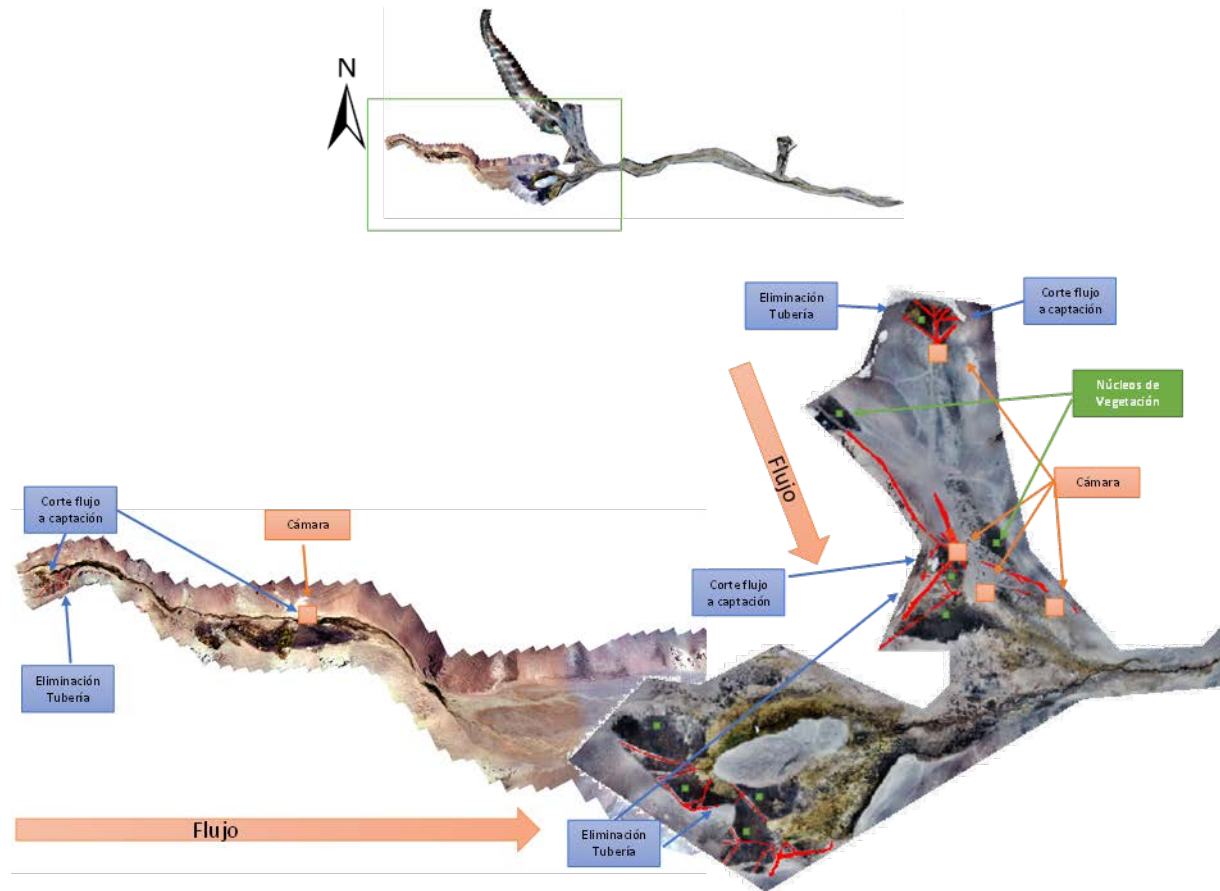


Figura 5-19 Diseño de restauración de Q. Pastos Largos (Sector alto)

Eliminación de tuberías

En la Quebrada Pastos Largos los drenes observados en terreno y según los antecedentes recabados, están asociado a tuberías perforadas, por lo cual se hace de vital importancia remover dichas tuberías, actividad que se ejecutará, con el fin de evitar el flujo preferencial de agua y en el mediano tiempo restaurar el nivel freático original de la vega. El segundo efecto de la remoción de tuberías será la descompactación de los suelos asociados a ellas. Dadas las características de los suelos con alto contenido de materia orgánica no es adecuado el llenado de drenes con suelos de tipo mineral por lo cual se proyecta utilizar tejido muerto de la misma quebrada para tapar los drenes de mayor volumen.

Restitución de caudal

Una vez eliminada la red de tuberías se espera que se restituya de manera natural y progresivamente el caudal en forma superficial en la cabecera de la quebrada, lo que se manifestará en contar con un flujo superficial en el cauce principal superior al que se observa actualmente.

Método de champeo y Replante de propágulos de especies dominantes

En este sector se considera la remoción de vegetación muerta solo con el fin de tapar drenes, de mayor volumen de la misma forma en que se realizará en Quebrada El Colorado. No obstante, lo anterior, se establece la necesidad de utilizar champeo y propágulos con la vegetación dominante, correspondiente a las especies *Deyeuxia velutina*, *Zameioscirpus atacamensis* y *Oxychloe andina*, que son las especies dominantes en esta misma quebrada, por lo cual la obtención de material vegetativo se realizará en la misma quebrada.

Para la obtención de propágulos se elegirán plantas sanas, de la cual se sacarán esquejes. Dependiendo del tamaño de cada planta madre, el número de esquejes podrá variar entre 20 y 30 plántulas, los cuales serán plantados directamente en forma aleatoria en el sector donde existe vegetación muerta (Figura 5-6). Además, se utilizará el replante directo de individuos obtenidos en los obtendrá de los puntos 25, 29, 37, 38, 48 y 54, de la misma quebrada.

El replante se realizará en núcleos de vegetación de aproximadamente 100 m² (10 x 10 m), con el objetivo de alcanzar en dichos núcleos una cobertura superior al 50%. El objetivo de realizar el enriquecimiento de vegetación en áreas limitadas, es por un lado simplificar el manejo de la vegetación y, por otro lado, generar al interior de las áreas denudadas, microhábitat que promuevan la llegada ya sea de microfauna vertebrada o avifauna las cuales ayuden a la propagación natural de la vegetación en el área.

Se estima que para lograr un 50% de cobertura en cada núcleo se deberá enriquecer con al menos 50 individuos entre esquejes y replante directo. Se realizarán 14 núcleos en total asociados a los sectores de vega o bofedal denudados. (Figura 5-13).

5.4 Quebrada Río Negro

5.4.1 Caracterización

La Quebrada Río Negro está ubicada al sur del Salar de Pedernales, en la comuna de Diego de Almagro, la cual presenta una orientación sureste-noroeste entre las coordenadas 507.649 m E y 7.036.056 m N por el sureste y 506.442 m E y 7.037.220 m N por el noroeste (Figura 5-20). En términos de suelos se observan dos unidades definidas: una con suelos con pedregosidad superficial abundante, extremadamente firmes y, suelos de vega que presentan un horizonte orgánico de 20 cm sobre un lecho de piedras. En cuanto a vegetación en las zonas con alta pedregosidad predominan las especies zonales como *Adesmia echinus* y *Pappostipa frígida* y en tanto en sector de vega predomina el pajonal hídrico dominado por *Deyeuxia velutina* y *Festuca sp.*

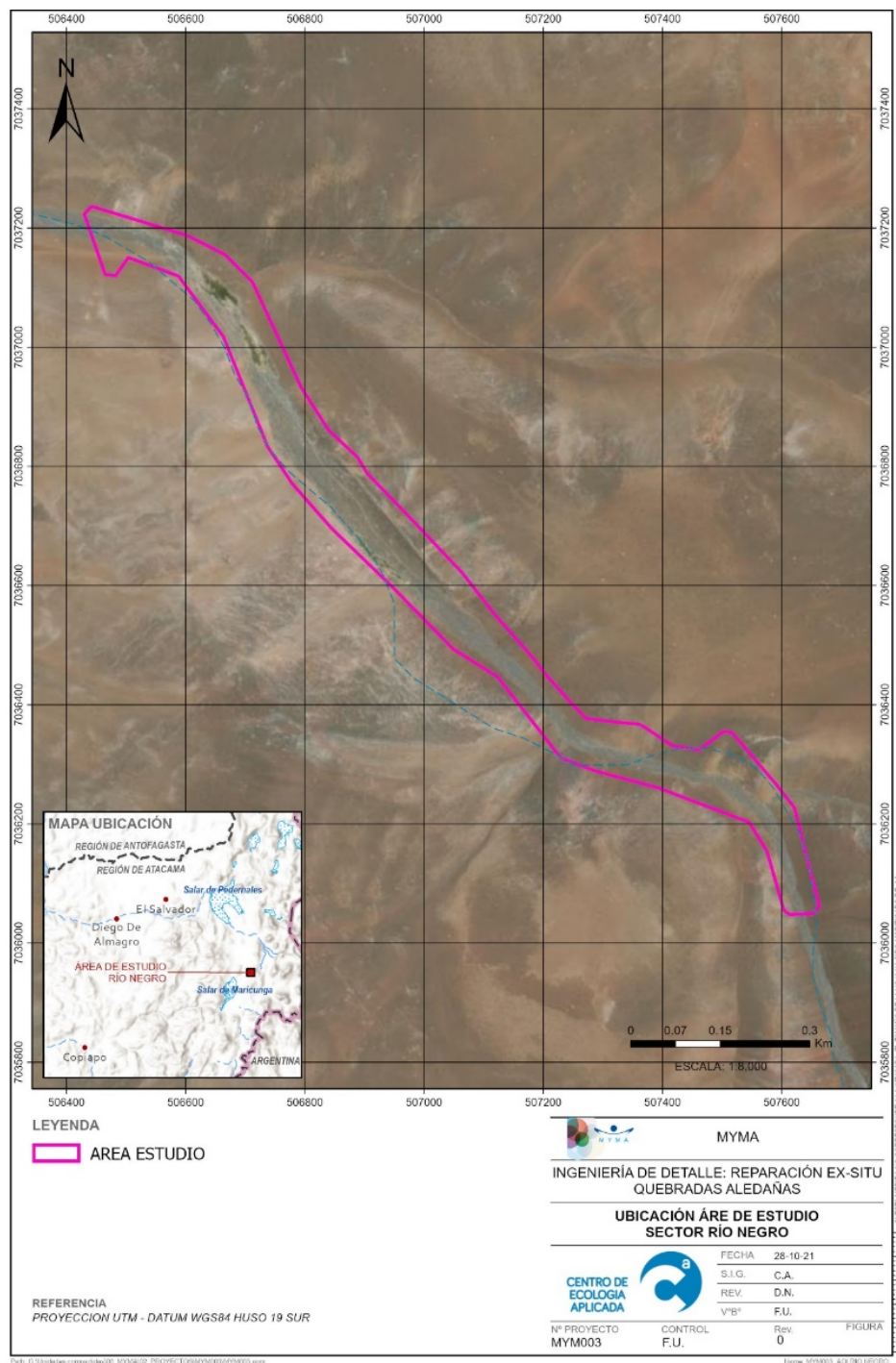


Figura 5-20 Area de estudio Río Negro



Figura 5-21. Curvas de nivel quebrada Río Negro.

Los caudales extraídos desde esta quebrada, el año 2019 alcanzó un máximo de 1,9 l/s (ver Figura 5-22).

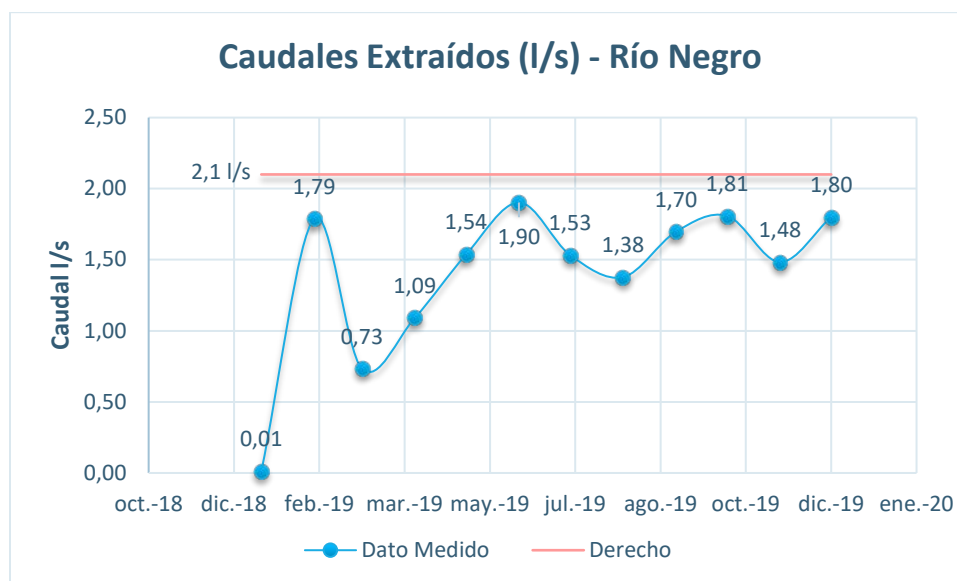


Figura 5-22. Registro de caudales extraídos durante el año 2019 en quebrada Río Negro (Fuente: Datos proporcionados por CODELCO).

5.4.2 Clasificación de la vegetación

En la quebrada Río Negro se definió, según la condición fitosanitaria del SVAHT, dos estados de vegetación: bueno y regular, siendo el área afecta a restauración de 2,26 ha (regular). El área objetivo a reparar se determinó mediante el uso de imágenes de alta resolución tomadas con RPAS más los datos de terreno (Tabla 5-7 y Figura 5-23).

Tabla 5-7. Superficie de vegetación según condición en Río Negro (ha).

Quebrada	Condición fitosanitario del SVAHT				Superficie Total (ha)
	Buena	Regular	Pobre	Denudada	
	-----Superficie (ha)-----				
Río Negro	0,83	2,26	0	0	3,09

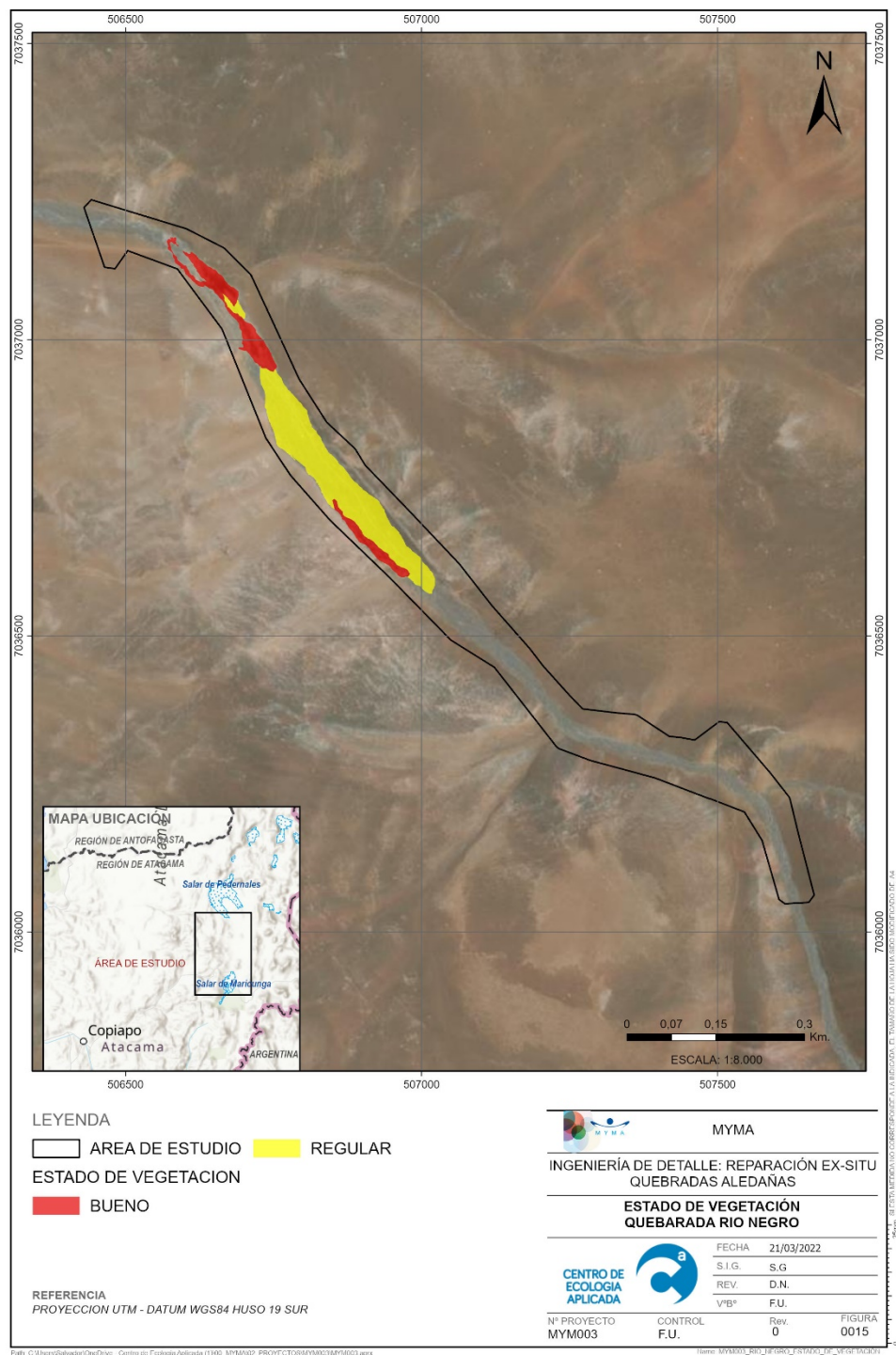


Figura 5-23. Condición de vegetación en la quebrada Río Negro.

5.4.3 Intervenciones presentes

En la quebrada Río Negro, se observan 3 drenes. Además, en este sector se registró la presencia de 2 cámaras ya sea de inspección o captación. En cuanto a la cubicación de drenes, Río Negro alcanzó un total de aproximadamente 258 m³ y un volumen de corte (material proveniente de la construcción del dren) estimado de 3 m³.

Tabla 5-8. Cálculo de áreas y volumen de drenes en la quebrada Río Negro.

	Río Negro
VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m ³)	260,96
VOLUMEN CORTE (m ³)	3,19
VOLUMEN DREN (m ³)	257.77
ÁREA CORTE (m ²)	189,80
ÁREA CORTE (ha)	0,02
ÁREA DREN (m ²)	1.913,30
ÁREA DREN (ha)	0,19
ÁREA TOTAL (m ²)	2097,49
ÁREA TOTAL (ha)	0,21
PERÍMETRO DREN (m)	849,65

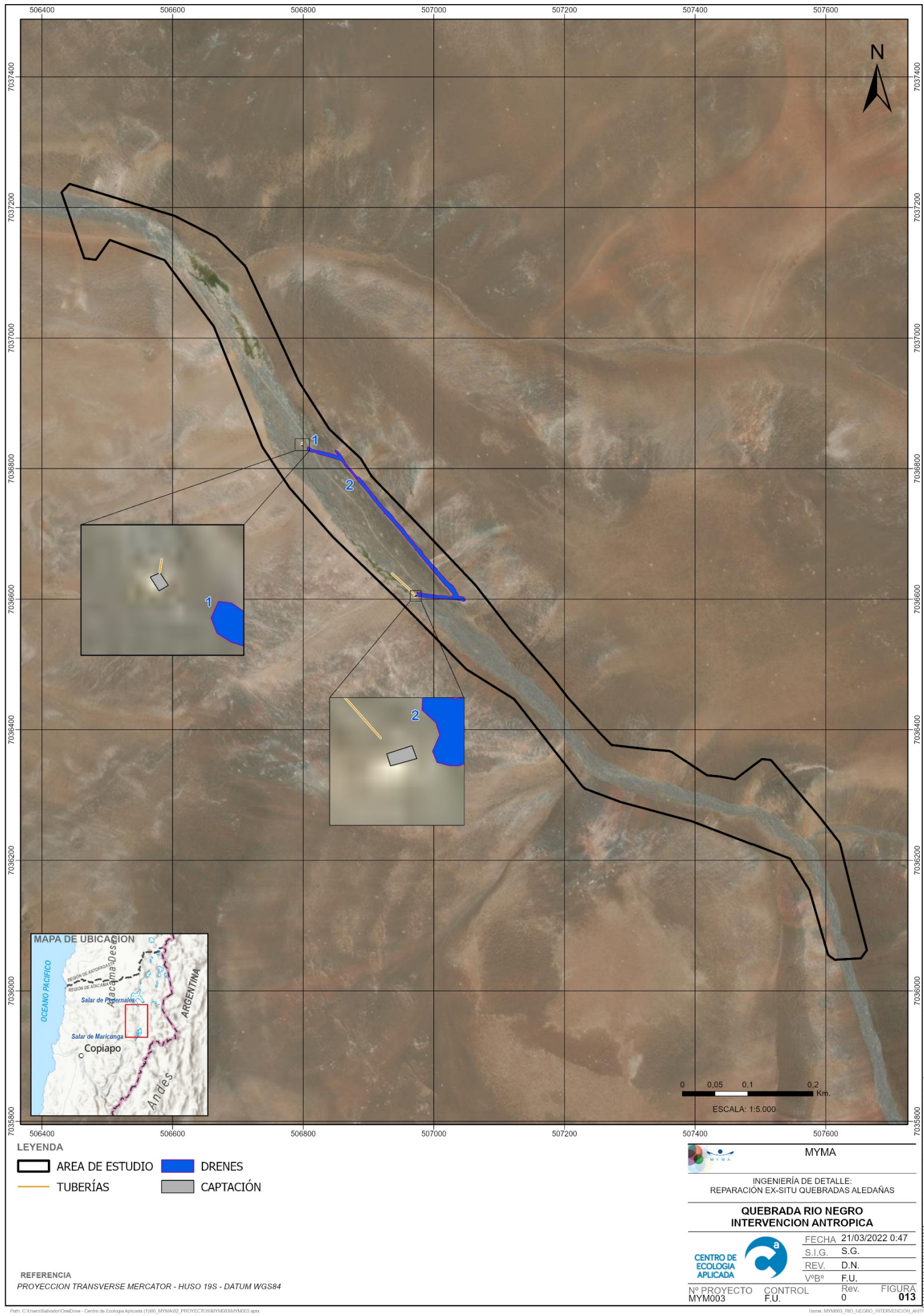


Figura 5-24 Áreas de intervención antrópica en la quebrada Río Negro

5.4.4 Estrategia de reparación

La estrategia de reparación para el sector de Río Negro considera, dada las características de la vegetación, eliminación de tuberías y relleno de drenes lo que permite inferir que se restituirá el flujo superficial y subsuperficial (Figura 5-25).

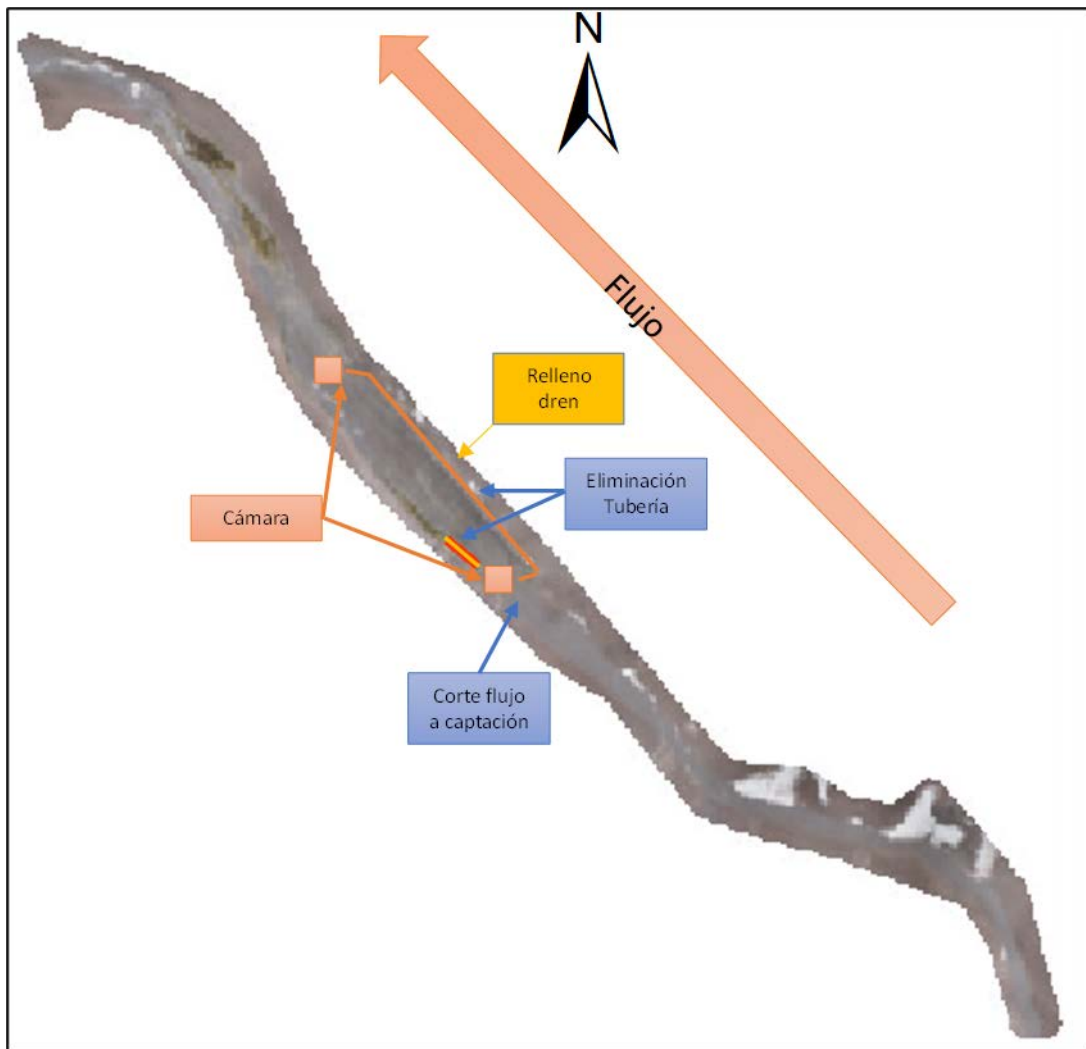


Figura 5-25 Diseño de restauración de Río Negro

Restitución de caudal

La restitución de Caudal considera el corte del flujo en la cabecera de la vega hacia las cámaras para inducir que el flujo superficial escurra por el curso natural de la quebrada.

Eliminación de tuberías

En Río Negro los drenes observados, según los antecedentes recabados, están asociados a tuberías perforadas, por lo cual se hace de vital importancia remover dichas tuberías con el fin de evitar el flujo preferencial de agua y, con ello, en el mediano tiempo se espera que se recupere el nivel freático original de la vega o al menos parcialmente.

Relleno de drenes

Los 3 drenes registrados en la quebrada Río Negro necesitan para su relleno, un volumen neto de aproximadamente 255 m³. Como material de relleno se utilizará material de un pequeño *piedmont* ubicado en la misma quebrada en las coordenadas 507.577 m E y 7.036.232 m N.

5.5 Quebrada Tordillo

5.5.1 Caracterización

La Quebrada Tordillo está ubicada al sureste del Salar de Pedernales, en la comuna de Diego de Almagro, la cual presenta una orientación sur-norte entre las coordenadas 478.423 m E y 7.058.358 m N por el sur y 478.619 m E y 7.058.845 m N por el norte (Figura 5-26). En términos de suelos se observan dos unidades: una con suelos arenosos y otra unidad donde predominan los suelos orgánicos asociados a las vegas presentes en el sector. En cuanto a vegetación predomina el pajonal hídrico con abundante presencia de *Deyeuxia velutina* con *Zameioscirpus atacamensis* y *Festuca sp*, como especies acompañantes.

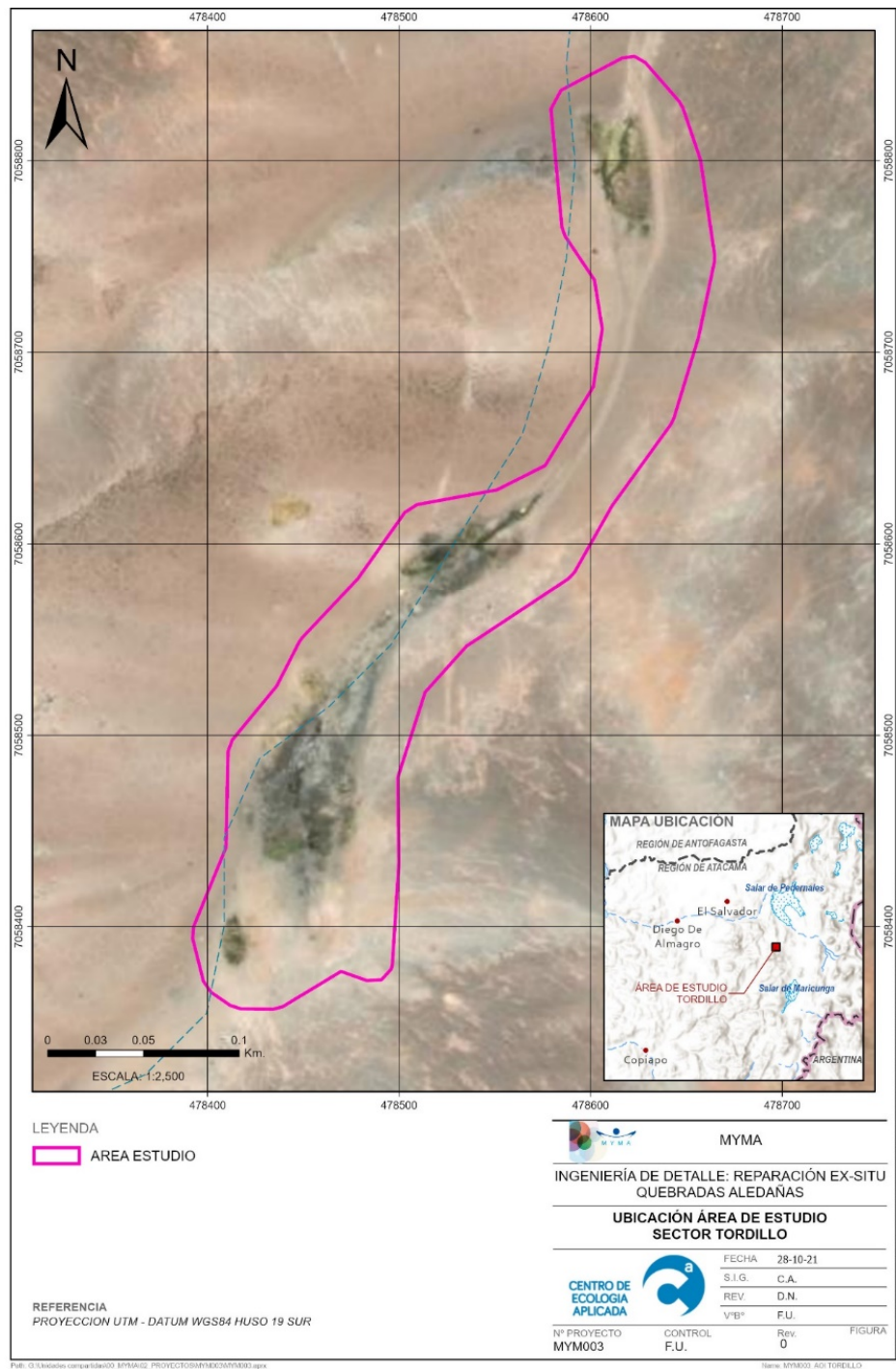


Figura 5-26 Área de estudio Q. Tordillo.

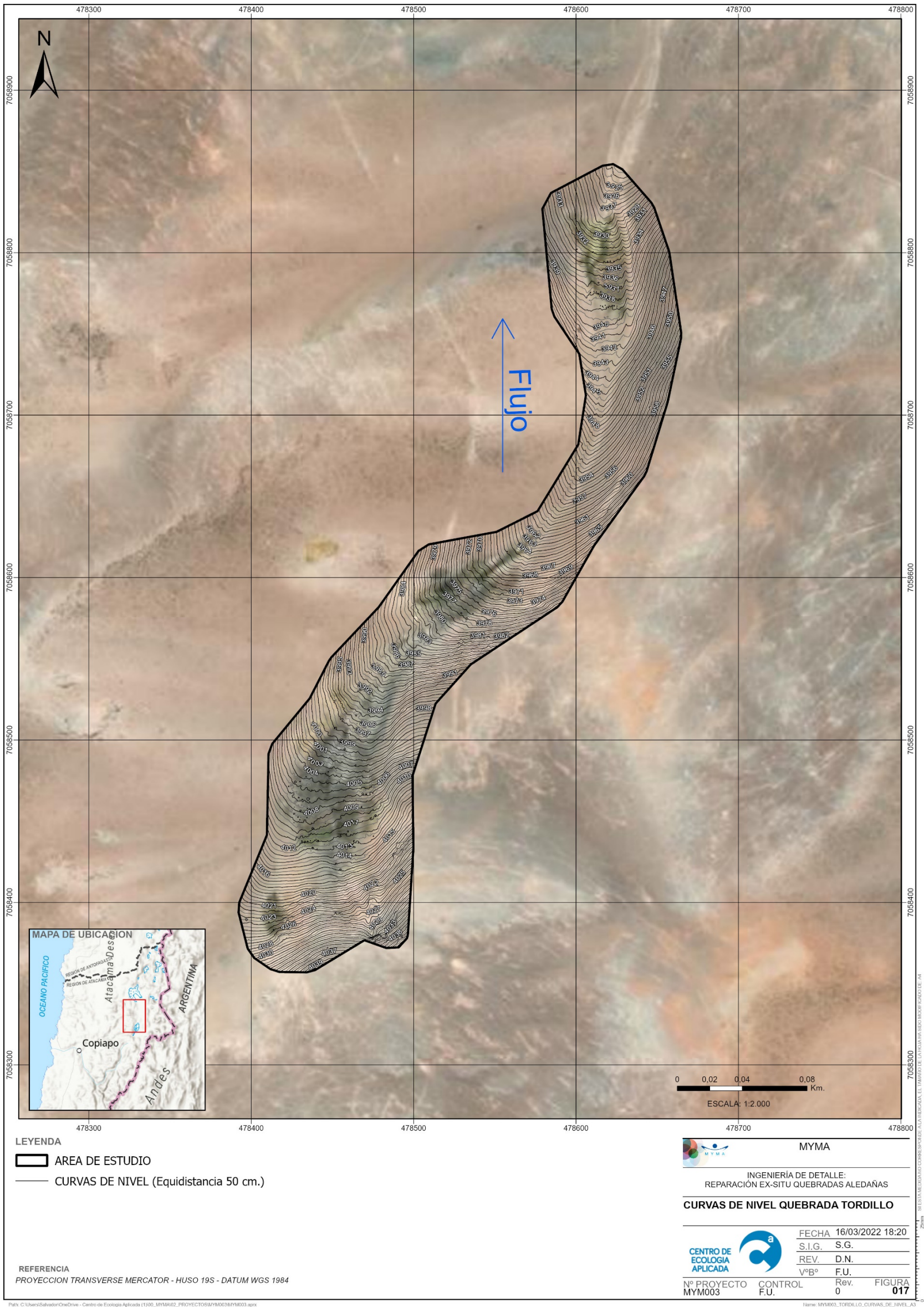


Figura 5-27. Curvas de nivel quebrada Tordillo.

Los caudales extraídos desde esta quebrada, el año 2019 variaron entre 0,54 l/s (febrero 2019) y 0,98 l/s (agosto y octubre 2019), ver Figura 5-28.

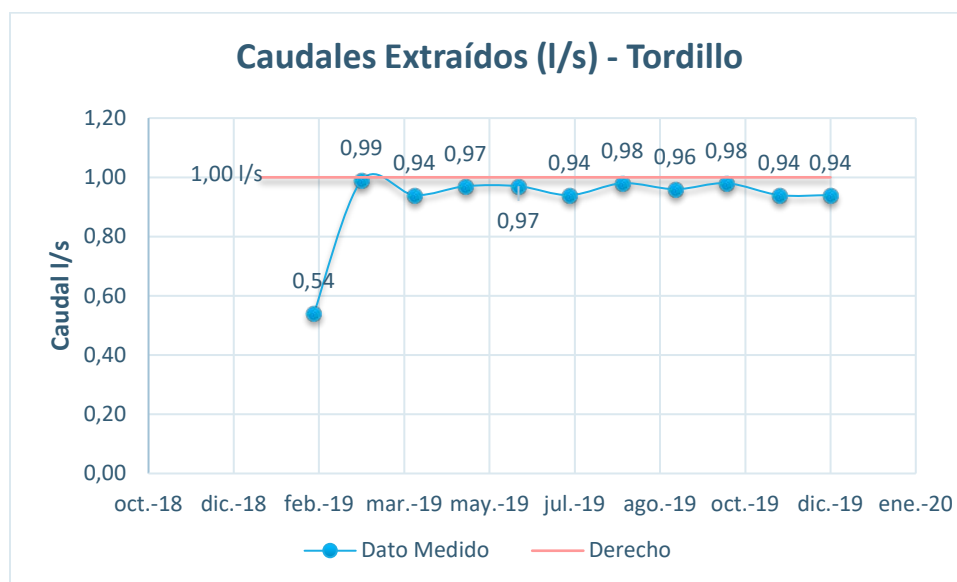


Figura 5-28. Registro de caudales extraídos durante el año 2019 en quebrada Tordillo (Fuente: Datos proporcionados por CODELCO).

5.5.2 Clasificación de la vegetación

En la Quebrada Tordillo se definió, según la condición fitosanitaria del SVAHT, tres estados de vegetación: bueno, pobre y regular siendo el área afecta a restauración de 0,95 ha (pobre y regular), la que se determinó mediante el uso de imágenes de alta resolución tomadas con RPAS más los datos de terreno (Tabla 5-9 y Figura 5-29)

Tabla 5-9. Superficie de vegetación según condición en Q Tordillo (ha).

Quebrada	Condición fitosanitario del SVAHT				Superficie Total (ha)
	Buena	Regular	Pobre	Denudada	
	-----Superficie (ha)-----				
Tordillo	0,06	0,28	0,67	---	1,01

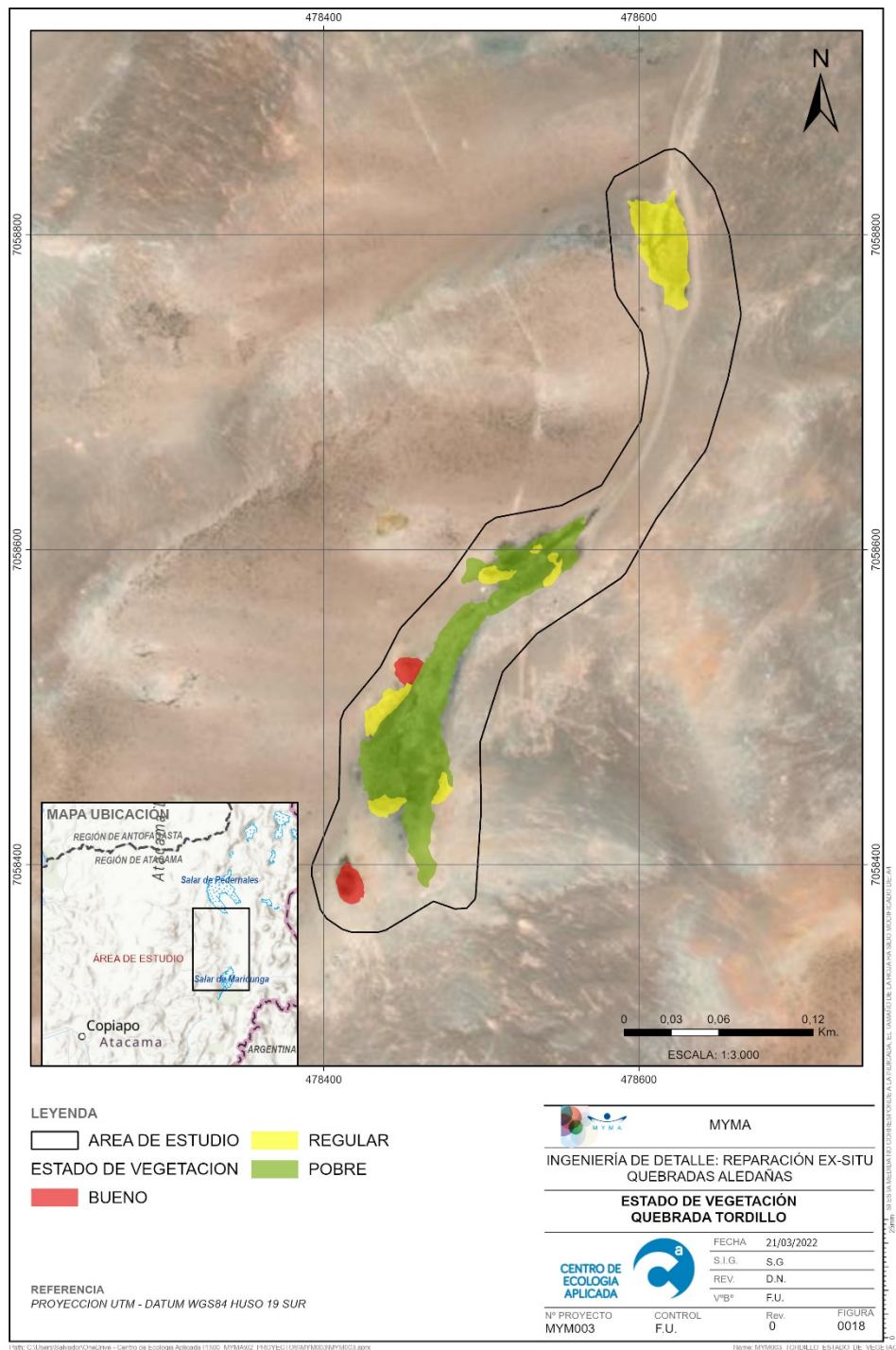


Figura 5-29 Condición de vegetación en Tordillo.

5.5.3 Intervenciones presentes

La quebrada Tordillo presenta un (1) dren asociado al flujo natural el cual corresponde a una tubería. Además, en este sector se registró la presencia de 3 cámaras ya sea de inspección o captación. En esta quebrada no se realizó cálculo de volumen de drenes ya que no se registró presencia de drenes abiertos (Figura 5-30).

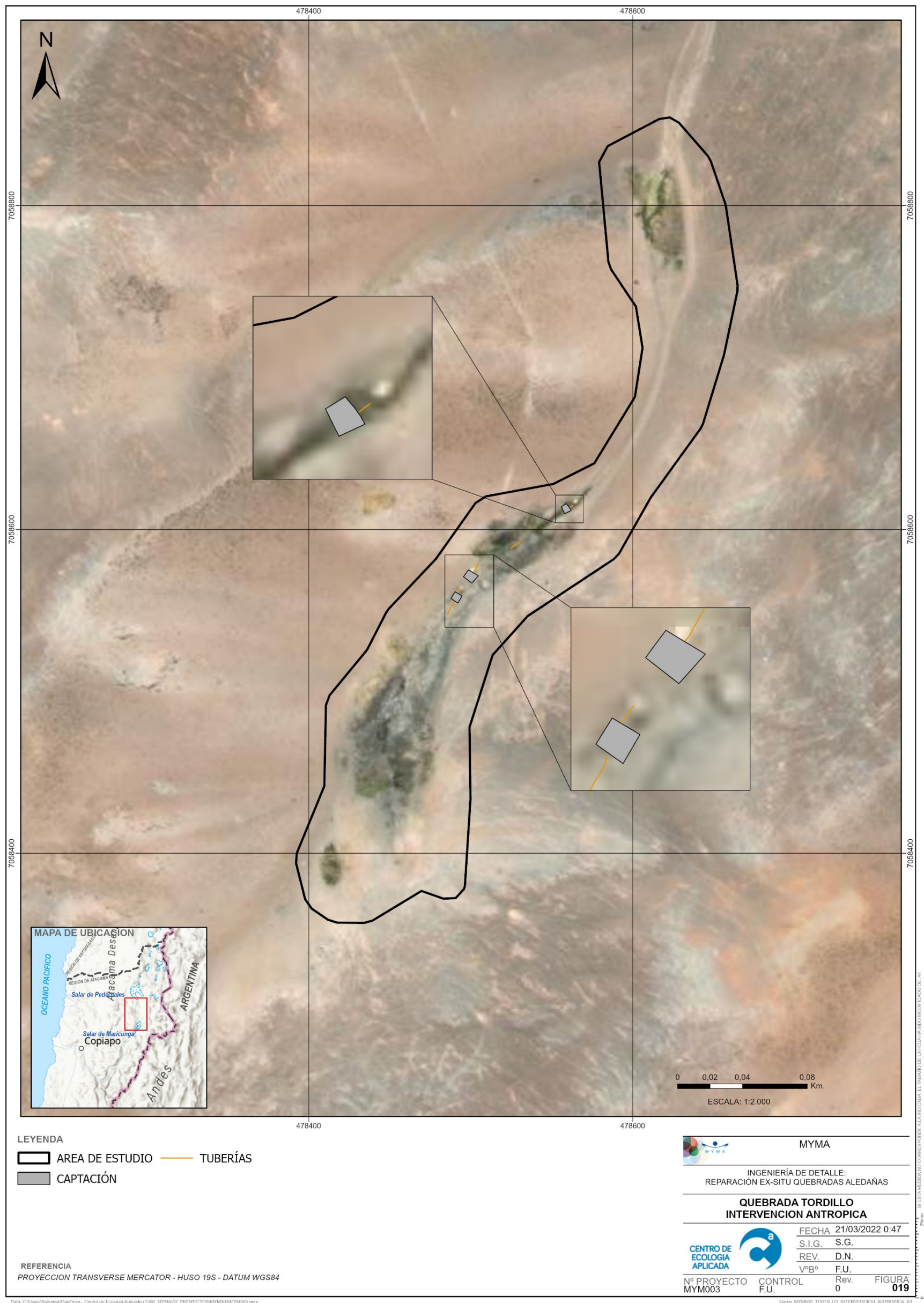


Figura 5-30. Áreas de intervención antrópica en quebrada Tordillo.

5.5.4 Estrategia reparación

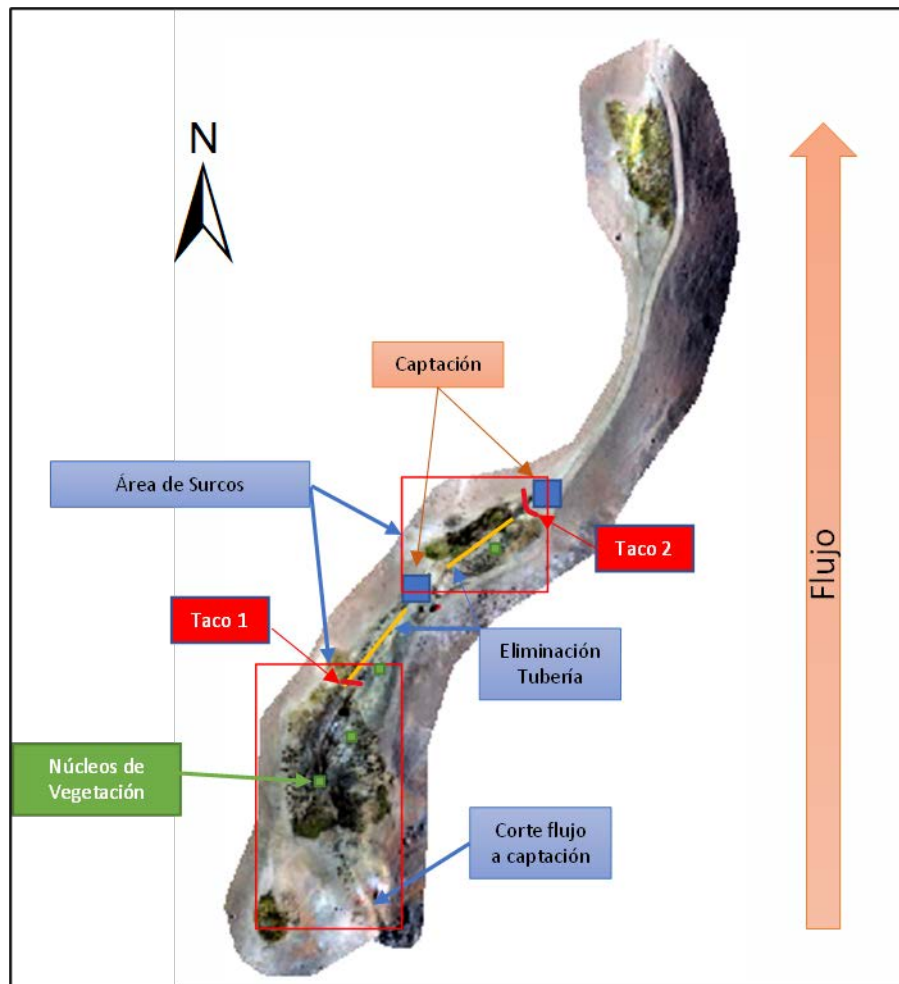


Figura 5-31 Diseño de restauración de Q. Tordillo.

Restitución de caudal

En primer lugar, se realizará la interrupción de la tubería que lleva el agua a la cámara, de modo de permitir que las aguas retomen su cauce natural a lo largo de la quebrada. La interrupción de estas captaciones se realizará a través de una excavación hasta llegar al actual flujo preferencial, para darle salida al cauce normal de la quebrada.

Esta acción será la primera a realizar y se dejará pasar un plazo de un año antes de continuar con las acciones de manejo de la vegetación.

Eliminación Tubería

En este sector se removerá la tubería, que, según los antecedentes recabados en terreno, corresponde a una tubería perforada enterrada, aun cuando en algunos tramos, se le encuentra en la superficie del cauce principal de la quebrada.

Construcción de surcos sinuosos

Una vez restablecido el cauce principal superficial en el área de vegetación denudada y pobre se procederá a realizar tacos que permitan la acumulación de agua en sectores con vegetación muerta y mediante uso de pala se procederá a conducir el agua a zonas donde falte hidratación de la vegetación por lo que se contempla personal que efectúe la actividad señalada y personal que supervise el trabajo con visitas periódicas al sector de vega (Anexo D).

Método de champeo y replante de propágulos de especies dominantes

En este sector no se considera la remoción de vegetación muerta dado que, a pesar de su estado, pueden presentar inóculos para el restablecimiento de vegetación en forma natural. No obstante, lo anterior, se establece la necesidad de utilizar champeo y propágulos principalmente de la especie *Deyeuxia velutina* la cual solo fue posible registrar en esta quebrada como rastrojo por lo cual es necesario la obtención de material vegetativo desde otras quebradas.

Para la obtención de propágulos se elegirán plantas sanas, de las cuales se obtendrán esquejes. Dependiendo del tamaño de las plantas madres, el número de esquejes podrá variar entre 20 y 30 plántulas, las que serán plantadas directamente en forma aleatoria en el sector donde existe vegetación muerta (Figura 5-31). Además, se utilizará el replante directo de individuos obtenidos en los puntos 25, 29, 37, 38, 48 y 54, de la quebrada Pastos Largos .

El replante se realizará en núcleos de vegetación de aproximadamente 100 m² (10 x 10 m), con el objetivo de alcanzar en dichos núcleos una cobertura superior al 50%. El propósito de realizar el enriquecimiento de vegetación en áreas limitadas, es por un lado simplificar el manejo de la vegetación y por otro lado es la de generar al interior de las áreas denudadas, microhábitat que promuevan la llegada ya sea de microfauna vertebrada o avifauna las cuales ayuden a la propagación natural de la vegetación en el área (Anexo D).

Se estima que para lograr un 50% de cobertura en cada núcleo se deberá enriquecer con al menos 50 individuos entre esquejes y replante directo. Se realizarán 2 núcleos de

vegetación previo a los tacos de retención de agua dando como total 4 núcleos. (Figura 5-31).

5.6 Quebrada Tinajas

5.6.1 Caracterización

La Quebrada Tinajas está ubicada al suroeste del Salar de Pedernales, en la comuna de Diego de Almagro, la cual presenta una orientación sur-norte entre las coordenadas 472.854 m E y 7.060.047 m N por el sur y 472.919 m E y 7.060.885 m N por el norte (Figura 5-32) presentando dos afluentes que confluyen en las coordenadas 472.986 m E y 7.060.413 m N. En términos de suelo el sector de vega presenta un horizonte superficial orgánico en los primeros 50 a 100 cm de profundidad, en sectores aledaños a las vegas abundan los suelos arenosos. En cuanto a vegetación en el área de vega lo más abundante es la presencia de *Deyeuxia velutina*, acompañada principalmente por *Festuca sp.*

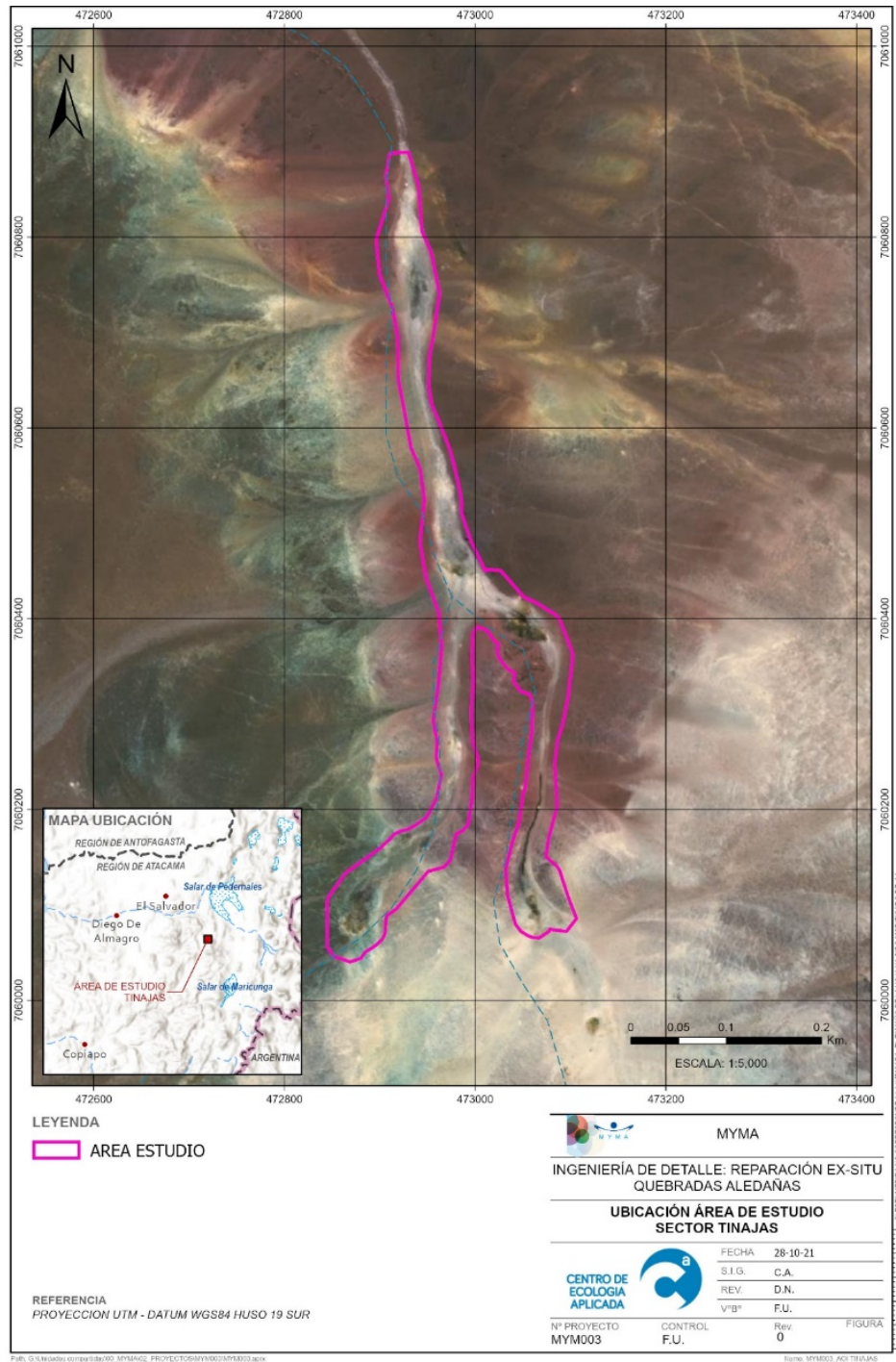


Figura 5-32 Área de estudio Tinajas

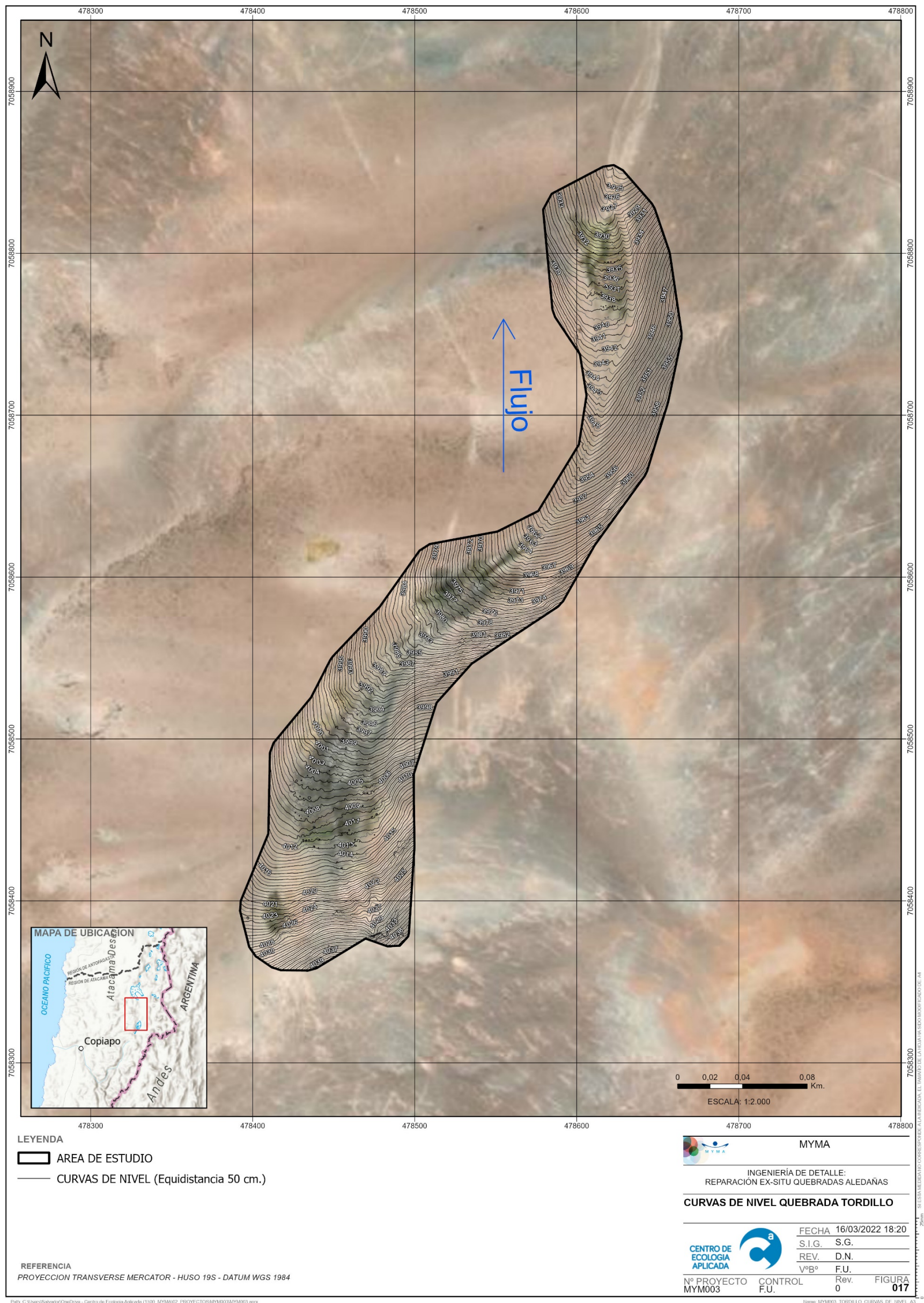


Figura 5-33. Curvas de nivel quebrada Tinajas.

En el caso de la quebrada Tinajas, se tiene información del caudal extraído de esta quebrada junto con la quebrada Trojita, las cuales son medidas en su conjunto. Los caudales extraídos de las quebradas Tinajas y Trojita (en conjunto), el año 2019 alcanzó un máximo de 1,48 l/s, en el mes de noviembre (ver Figura 5-34).

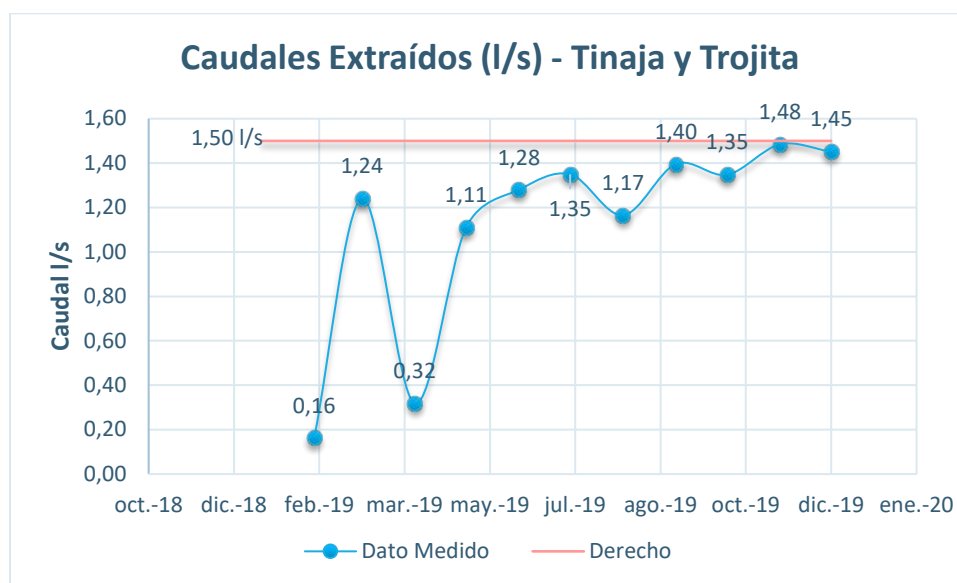


Figura 5-34. Registro de caudales extraídos durante el año 2019 en quebrada Tinajas y Trojita (Fuente: Datos proporcionados por CODELCO).

5.6.2 Clasificación de la vegetación

En la Quebrada Tinajas se definió, según la condición fitosanitaria del SVAHT, tres estados de vegetación, pobre, regular y denudado siendo el área afecta a restauración de 0,68 ha (denudado, pobre y regular). Esta área se precisó mediante el uso de imágenes de alta resolución tomadas con RPAS complementada la información con datos obtenidos en terreno (Tabla 5-9 y Figura 5-35).

Tabla 5-10. Superficie de vegetación según condición en Q Tinajas (ha).

Quebrada	Condición fitosanitario del SVAHT				Superficie Total (ha)
	Buena	Regular	Pobre	Denudada	
	-----Superficie (ha)-----				
Tinajas	---	0,07	0,08	0,53	0,68

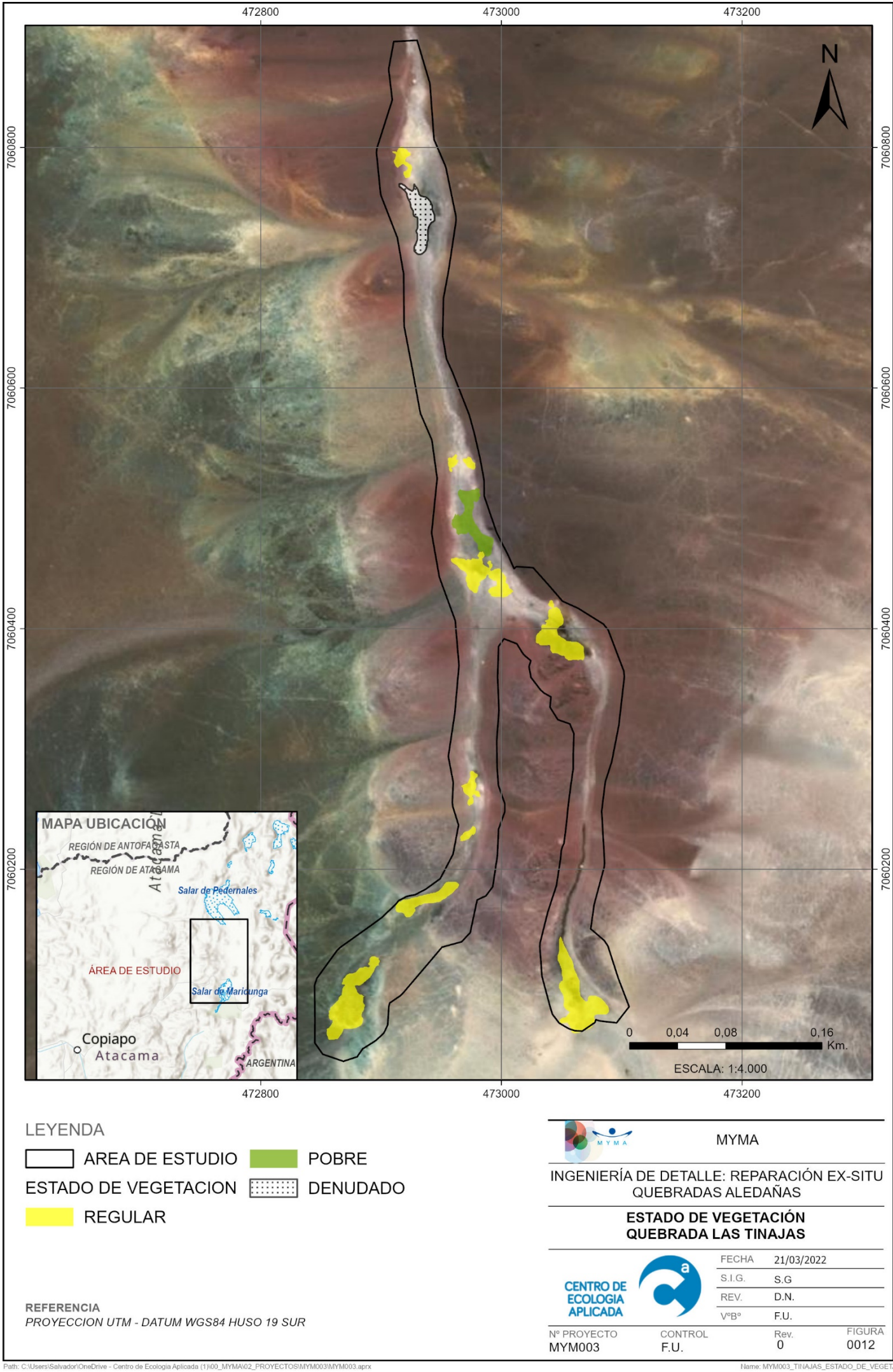


Figura 5-35 Condición de vegetación en Q. Tinajas.

5.6.3 Intervenciones presentes

En la quebrada Tinajas solo se observa la presencia de 3 cámaras de inspección o captación, una ubicada en cada brazo de los afluentes y la tercera cámara, aguas abajo del cauce principal, al final de la quebrada. No se observa evidencia superficial de drenes abiertos, solo enterrados, lo que coincide con antecedentes bibliográficos sobre la disposición de tuberías. Además, se evidencia en terreno montículos de tierra en línea recta que posiblemente corresponden a material removido durante el tapado de las tuberías.

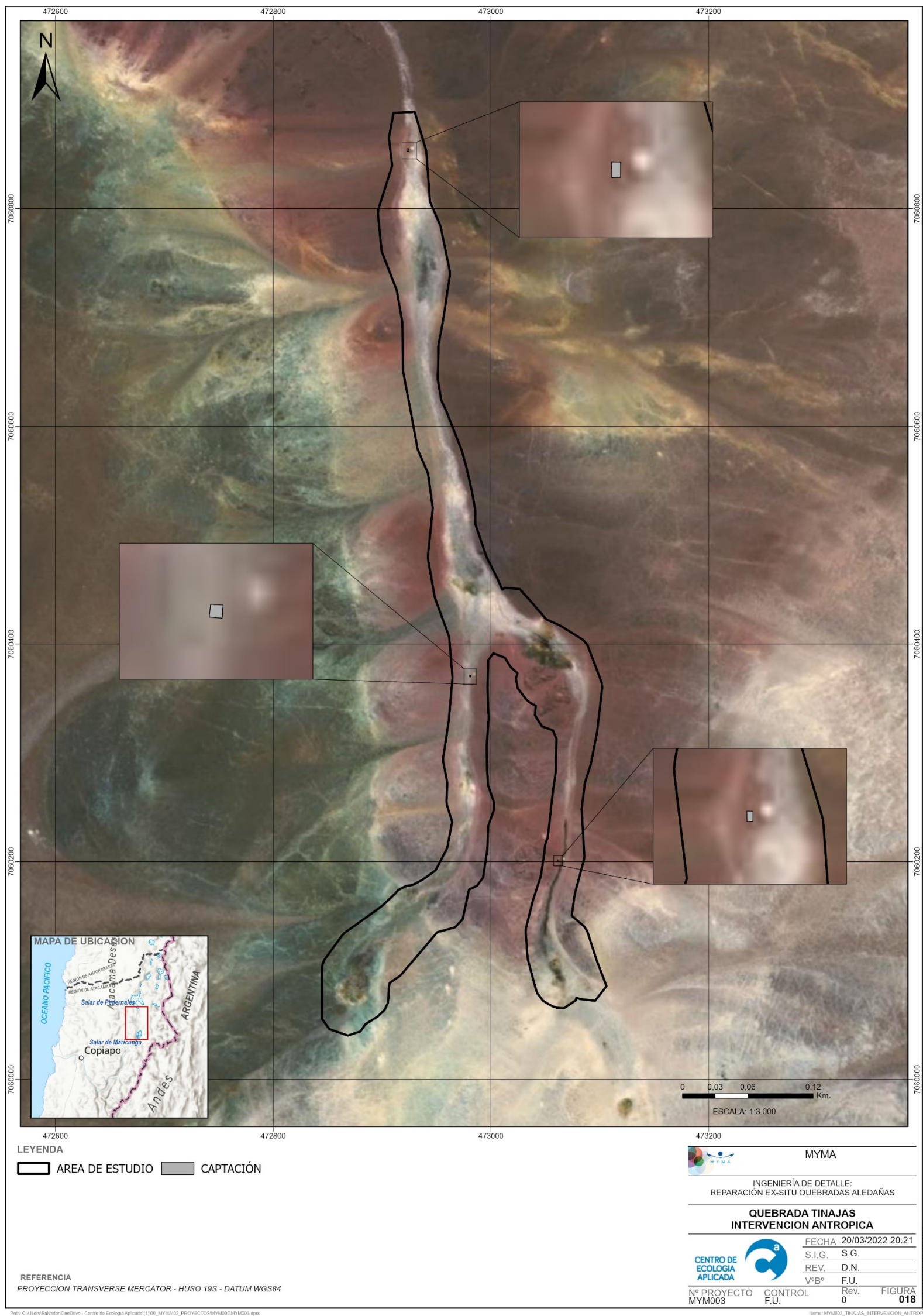


Figura 5-36. Áreas de intervención antrópica en la quebrada Tinajas.

5.6.4 Estrategia reparación

La estrategia de reparación para el sector de la Quebrada Tinajas considera la restitución de caudal, eliminación de tubería, manejo hídrico mediante construcción de surcos sinuosos en zonas de vegetación muerta, champeo y replante de propágulos de la especie dominante en núcleos de vegetación (Figura 5-37).

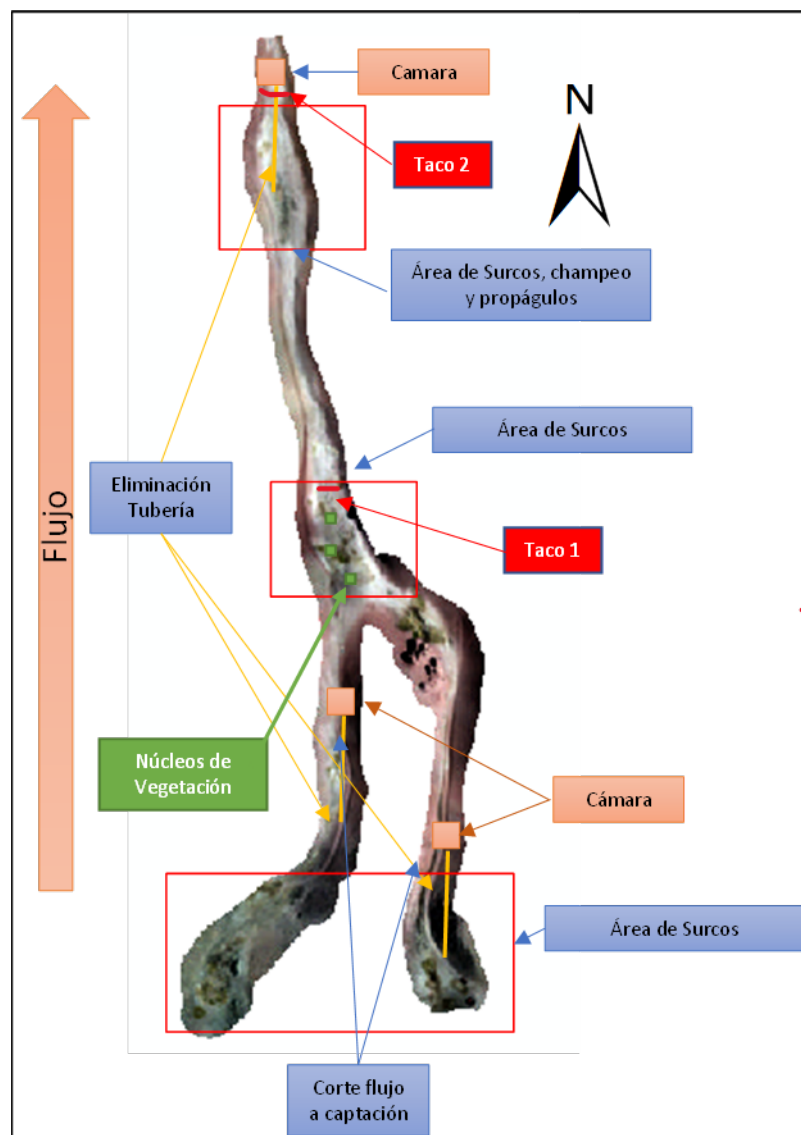


Figura 5-37 Diseño de restauración de Q. Tinajas.

Restitución de caudal

En primer lugar, se debe realizar la interrupción de la tubería que lleva el agua a la cámara, de modo de permitir que las aguas retomen su cauce natural a lo largo de la quebrada. La eliminación de estas captaciones se realizará a través de una excavación hasta llegar al flujo preferencial para darle salida al cauce normal de la quebrada.

Esta acción será la primera a realizar y se dejará pasar un plazo de un año antes de continuar con las acciones de manejo de la vegetación.

Eliminación Tubería

Se removerá la tubería, que, según los antecedentes recabados, corresponde a una tubería perforada la cual se encuentra enterrada, en el cauce principal de la quebrada con el fin de generar el flujo superficial del agua. La eliminación de esta tubería se realizará a partir de las cámaras existentes.

Construcción de surcos sinuosos

Una vez restablecido el cauce principal superficial en el área de vegetación denudada y pobre se procederá a realizar tacos que permitan la acumulación de agua en sectores con vegetación muerta y mediante uso de pala se procederá a conducir el agua a zonas donde falte hidratación de la vegetación para lo cual se necesitará de personal que mantenga visitas periódicas al sector de vega (Anexo D).

Método de champeo y replante de propágulos de especies dominantes

En este sector no se considera la remoción de vegetación muerta dado que, a pesar de su estado, pueden presentar inóculos para el restablecimiento de vegetación en forma natural. No obstante, lo anterior, se establece la necesidad de utilizar champeo y propágulos principalmente de la especie *Deyeuxia velutina* la cual solo fue posible registrar en esta quebrada como rastrojo por lo cual es necesario la obtención de material vegetativo desde otras quebradas.

Para la obtención de propágulos se elegirán plantas sanas, de la cuales se sacarán esquejes. Dependiendo del tamaño de las plantas madre, el número de esquejes podrá variar entre 20 y 30 plántulas, los cuales serán plantados directamente en forma aleatoria en el sector donde existe vegetación muerta (Figura 5-37). Además, se utilizará el replante directo de individuos obtenidos de los puntos 25, 29, 37, 38, 48 y 54, de la quebrada Pastos Largos .

El replante se realizará en núcleos de vegetación de 100 m² (10 x 10 m), con el objetivo de alcanzar en dichos núcleos una cobertura mayor a 50%. El propósito de realizar el enriquecimiento de vegetación en áreas limitadas es por un lado simplificar el manejo de la vegetación y por otro lado la de generar al interior de las áreas denudadas, microhábitat que promuevan la llegada ya sea de microfauna vertebrada o avifauna las cuales ayuden a la propagación natural de la vegetación en el área (Anexo D).

Se realizarán 3 núcleos de vegetación previo a los tacos de retención en la confluencia de los dos brazos de la quebrada. (Figura 5-37).

5.7 Vertiente 2

5.7.1 Caracterización

La Q. Vertiente 2 está ubicada al suroeste del Salar de Pedernales, en la comuna de Diego de Almagro, la cual presenta una orientación sureste-noroeste entre las coordenadas 507.246 m E y 7.031.596 m N por el sureste y 506.162 m E y 7.032.366 m N por el noroeste (Figura 5-38). En términos de suelos se observan dos unidades: una con suelos de tipo arenoso donde se desarrolla vegetación en forma de champa con abundante pedregosidad superficial (50%) y suelos de vega que presentan un horizonte orgánico de entre 20 cm y 30 cm sobre un lecho de suelo mineral arenoso. En cuanto a vegetación en el área de vega existe una predominancia de *Deyeuxia velutina* seguida por *Deyeuxia eminens* observándose además presencia de *Oxychloe andina* presentando una alta cobertura en las coordenadas 507.113 m E y 7.031.644 m N.

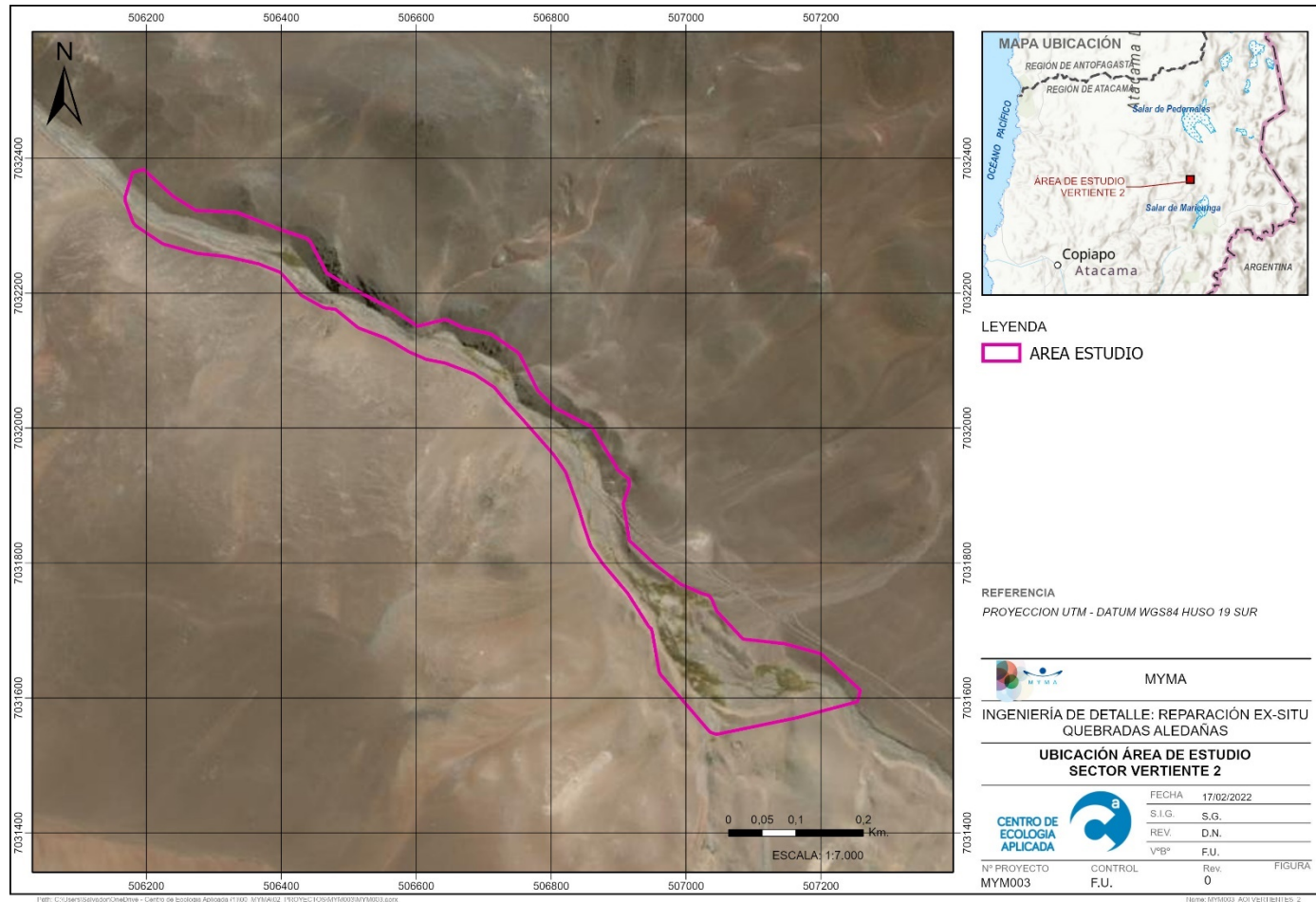


Figura 5-38 Área de estudio Vertiente 2



Figura 5-39. Curvas de nivel Vertiente 2.

5.7.2 Clasificación de la vegetación

En la Q. Vertiente 2 se definió, según la condición fitosanitaria del SVAHT, dos estados de vegetación buena y regular siendo el área afecta a restauración de 2,39 ha (regular). Esta área se precisó mediante el uso de imágenes de alta resolución tomadas con RPAS más los datos de terreno (Tabla 5-11 y Figura 5-40).

Tabla 5-11. Superficie de vegetación según condición en Vertiente 2 (ha).

Quebrada	Condición fitosanitario del SVAHT				Superficie Total (ha)
	Buena	Regular	Pobre	Denudada	
	-----Superficie (ha)-----				
Vertiente 2	1,32	2,39	0	0	3,71

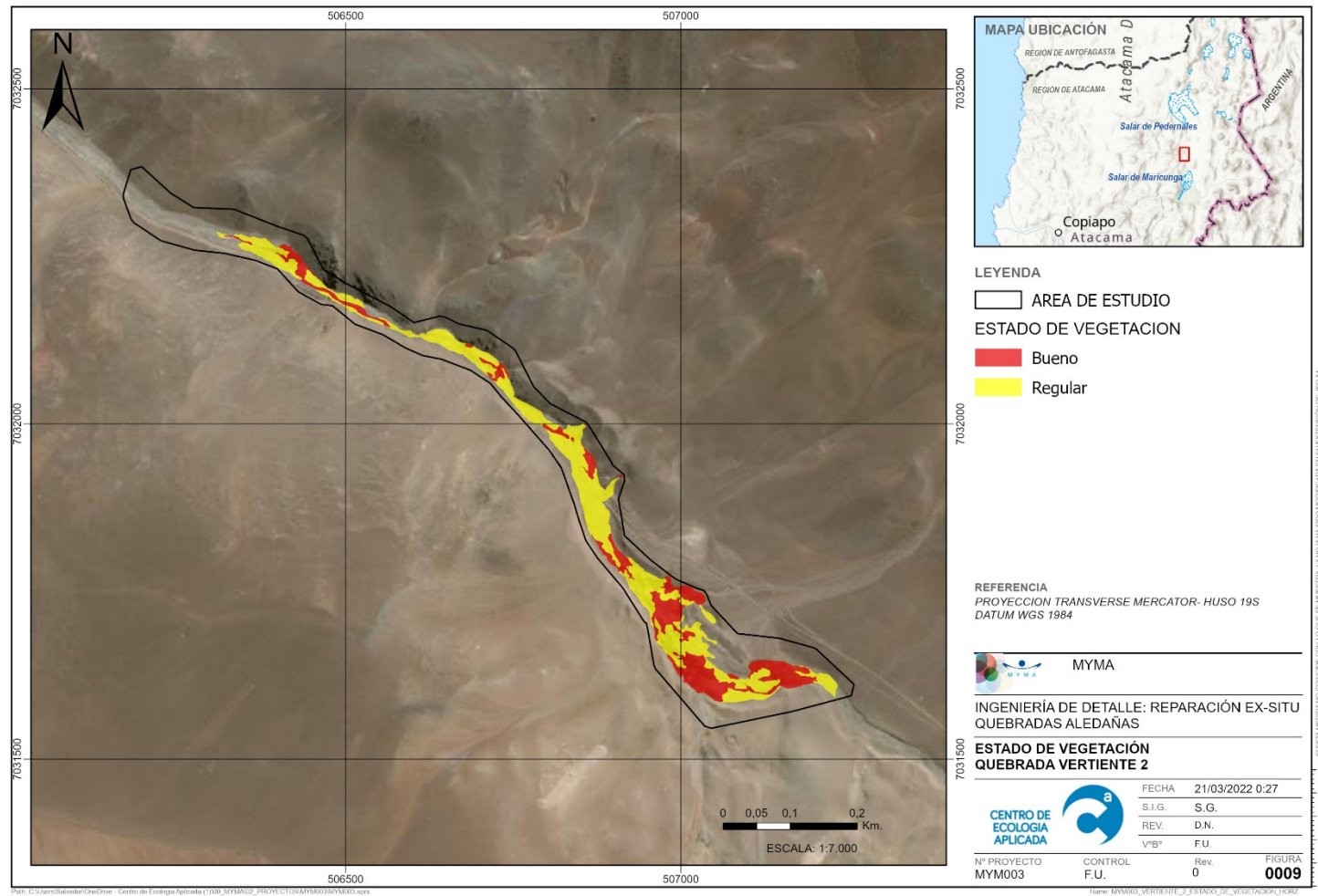


Figura 5-40 Condición de vegetación en Vertiente 2.

5.7.3 Intervenciones presentes

En la Q. Vertiente 2 si bien no se observó presencia de drenes, fue posible identificar la existencia de tuberías tanto enterradas como visibles, dos piscinas de captación de agua y huellas de vehículos que cruzan la quebrada compactando el suelo y afectando la vegetación presente.



Figura 5-41. Áreas de intervención antrópica en Vertiente 2

5.7.4 Estrategia reparación

La estrategia de reparación para el sector de la Vertiente 2 considera la restitución de caudal, eliminación de tubería, eliminación de piscinas de acumulación y eliminación de huellas de vehículos que cruzan la quebrada.

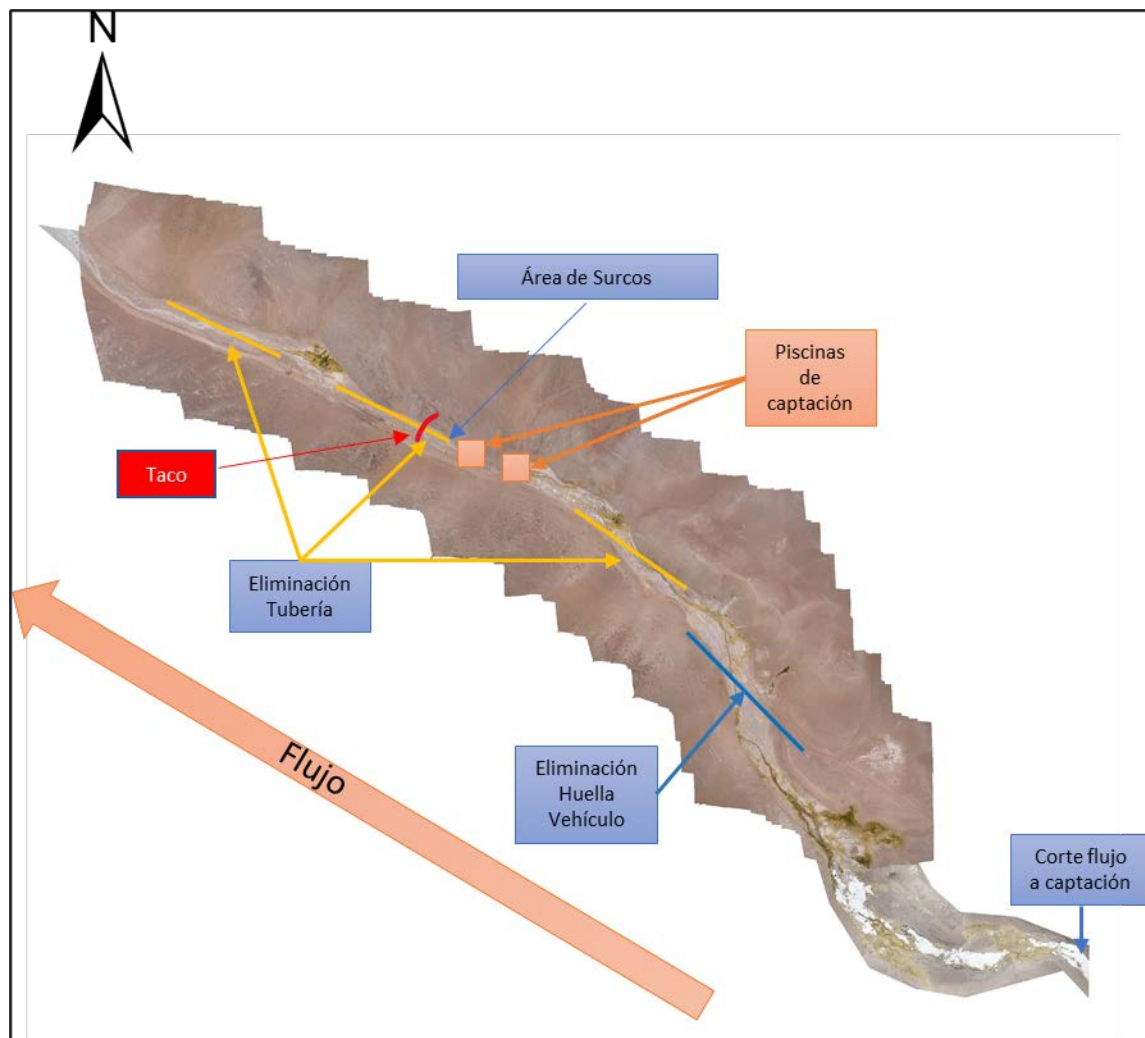


Figura 5-42 Diseño de restauración de la Q. Vertiente 2.

Restitución de caudal

En primer lugar, se debe realizar la interrupción de la tubería que lleva el agua a las piscinas de acumulación, de modo de permitir que las aguas retomen su cauce natural a lo largo de la quebrada. El corte de estas captaciones se realizará a través de una excavación hasta llegar al flujo preferencial y darle salida al cauce normal de la quebrada.

Esta acción será la primera a realizar y se dejará pasar un plazo de un año antes de continuar con las acciones de manejo de la vegetación.

Eliminación Tubería

En este sector se removerá la tubería, que, según los antecedentes recabados, corresponde a una tubería perforada la cual se encuentra enterrada y en algunos lugares se evidencia en superficie, en el cauce principal de la quebrada con el fin de generar el flujo superficial del agua. La eliminación de esta tubería se realizará a partir de las piscinas de captación existentes.

Eliminación Piscinas de captación

Se estima eliminar las piscinas de captación eliminando la estructura y tapando la compuerta de captación subterránea dándole salida al agua hacia el flujo preferencial y natural del cauce el cual en algunos sectores deberá ser profundizado y realizar tacos para impedir que el agua fluya hacia la segunda piscina.

Construcción de surcos sinuosos

Una vez restablecido el cauce principal superficial en el área de vegetación regular se procederá a realizar tacos que permitan la acumulación de agua en sectores con vegetación regular, bajo las piscinas de captación, y mediante uso de pala se procederá a conducir el agua a zonas donde falte hidratación de la vegetación para lo cual se necesitará de personal que mantenga visitas periódicas al sector de vega (Anexo D).

Eliminación Huella Vehicular

Con el fin de eliminar la huella vehicular que cruza la quebrada, se estima la utilización de herramientas manuales (Chuzo y pala) con el fin de descompactar el suelo, lo que permitirá una mejor aireación e hidratación de este, además esta acción permitirá la eliminación de una limitante mecánica para la colonización de especies vegetales. Por tanto, esta acción está dirigida a eliminar la intervención antrópica y dar las condiciones para una recolonización natural por parte de la vegetación.

6 CONCLUSIONES

En general, en el área de estudio se pudo observar que los suelos estos varían desde suelos profundos (> 90 cm) a suelos delgados (20 a 40 cm), pudiendo observarse suelos con altos contenidos de materia orgánica en los sectores de vega, así como otros suelos con características de fondo de quebrada con abundante pedregosidad superficial y bajas concentraciones de material orgánico.

En cuanto a la vegetación se corroboró el estado de esta en las distintas quebradas donde la superficie total de las distintas condiciones fitosanitarias de los SVAHT de las quebradas de agua dulce alcanza a 55,40 ha, donde la condición particular depende de cada quebrada. La condición regular alcanza 9,19 ha, la pobre un total a 12,19 ha y la Denudada (sin vegetación) se evaluó en 14,84 ha lo que en total alcanza las 36,22 ha afectas a reparación.

Tabla 6-1. Superficies por condición fitosanitaria en cada quebrada.

Quebrada	Superficie (ha) por condición fitosanitaria de los SVAHT				
	Buena	Regular	Pobre	Denudada	Total
Ciénega	0,16	0,14	0,03	0,28	0,61
El Colorado	0,00	0,00	0,00	3,55	3,55
Pastos Largos	16,81	4,05	11,41	10,48	42,75
Río Negro	0,83	2,26	0,00	0,00	3,09
Tordillo	0,06	0,28	0,67	0,00	1,01
Tinajas	0,00	0,07	0,08	0,53	0,68
Vertiente 2	1,32	2,39	0,00	0,00	3,71
TOTAL	19,18	9,19	12,19	14,84	55,4

En términos generales las medidas a tomar para reparación considerarán las particularidades propias de cada quebrada. No obstante, como punto común en todas las quebradas las primeras acciones a gestionar son aquellas que propendan a la restitución de caudales, con el fin de tener en la mayoría de los casos flujo superficial lo más amplio posible, al contrario del flujo canalizado, como ocurre en la actualidad.

En el caso de los drenes se constató que la mayoría de ellos están asociados a tuberías perforadas, por lo cual la eliminación de estas se reconoce como relevante y con ello evitar el flujo preferencial existente.

En cuanto al relleno de drenes, solo en dos quebradas, Río Negro y Ciénega, se determinó necesaria la eliminación de drenes, con un volumen necesario para su relleno de 40 m³ en

Ciénaga y de 255 m³ en Río Negro. Este relleno se obtendrá de las mismas quebradas y, alguna fracción, principalmente suelos arenosos de *piedmont* de quebradas vecinas. En el resto de las zonas, dado que presentan suelos con altos contenidos de materia orgánica no es adecuado el tapado de drenes con suelo mineral, por lo que se descarta tal actividad.

En gran parte de las quebradas se desarrollará un plan de riego mediante la utilización de tacos y surcos sinuosos que permitan el humedecimiento de la mayor parte de la superficie del área a reparar.

Finalmente, en todas las quebradas, con excepción de la quebrada Río Negro, se llevará a cabo un enriquecimiento de vegetación en las zonas a reparar, formando núcleos de vegetación con propágulos, plantación directa y champeo con vegetación proveniente de zonas en buen estado en las mismas quebradas, donde existe abundante vegetación en buen estado, como es el caso de Pastos Largos.

7 REFERENCIAS

MWH (2004). INGENIERÍA CONCEPTUAL SISTEMA AGUA POTABLE DIVISIÓN SALVADOR.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). (2011a rectificación 2016). Pauta de Estudios de Suelos. Servicio Agrícola y Ganadero. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura. 26

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA). 2015. Guía Para la Descripción de los Componentes Suelo, Flora y Fauna de Ecosistemas Terrestres en el SEIA. 98pp

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). (2018). Guía de evaluación ambiental: Recurso natural suelo. Servicio Agrícola y Ganadero. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura

SCHOENEBERGER, P.J., WYSOCKI, D.A., BENHAM, E.C., AND BRODERSON, W.D. (2012). Field book for describing and sampling soils, Version 2.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

SOIL SCIENCE DIVISION STAFF. (2017). Soil survey manual. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.

SOIL SURVEY STAFF. (2018). Illustrated guide to soil taxonomy. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.

8 ANEXO A: METODOLOGÍA LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

8.1 Sistema de Referencia y proyección cartográfica

El procesamiento desarrollado fue vinculado al sistema geodésico WGS-84.

La proyección cartográfica empleada corresponde a Universal Transversal de Mercator (UTM) huso 19 sur, definida por su meridiano central -69 W.

Las elevaciones de todos los levantamientos ejecutados fueron determinadas en base al procedimiento establecido en el acápite 2.302.301 del Manual de Carreteras Vol.2 utilizando como valor la cota ortométrica modelada con EGM2008 sobre los puntos base utilizados en cada área de proyecto.

8.2 Coordenadas estaciones Base utilizadas por sector

Para el correcto desarrollo de las actividades, fueron establecidos los siguientes puntos de referencia por cada sector ejecutado.

Tabla 8-1. Coordenadas estaciones base por sector

SECTOR	COORDENADA ESTACION BASE		
	UTM NORTE (m)	UTM ESTE (m)	ELEVACION (m.s.n.m.)
CIENAGA	7.054.599	464.625	3.720,0
COLORADO	7.060.350	468.600	3.916,7
PASTOS LARGOS (PARTE 1)	7.045.053	479.258	4.212,3
PASTOS LARGOS (PARTE 2)	7.045.004	480.338	4.114,9
RIO NEGRO	7.036.849	506.816	4.249,7
TORDILLO	7.058.731	478.618	3.942,7
TINAJAS	7.060.141	473.086	3.932,6
PASTOS LARGOS (RESTANTE)	7.044.936	478.765	4.199,6
VERTIENTE 2	7.032.162	506.595	4.356,9

8.3 Materiales y métodos

El levantamiento topográfico permitió identificar de manera centimétrica la extensión de los drenes a eliminar, el ancho de estos, identificar posibles sitios de acopio de material derivado de las obras de construcción de drenes y material que pudiese servir para el relleno de drenes.

El levantamiento topográfico se llevó a cabo en 3 etapas: entre el 22 y el 28 de septiembre, 18 y 21 de octubre de 2021 y 19 y 23 de diciembre. Ejecutándose labores según el siguiente detalle:

Tabla 8-2. Detalle actividades.

FECHA	SECTOR
Primera Campaña	
22-09-21	Traslado Santiago-El Salvador
23-09-21	Reconocimiento de áreas en sectores Pastos Largos - Rio Negro - Vertiente 2
24-09-21	Levantamiento parte 1 Pastos Largos
25-09-21	Levantamiento parte 2 Pastos Largos
26-09-21	Levantamiento El Colorado
27-09-21	Levantamiento Ciénaga
28-09-21	Traslado El Salvador-Santiago
Segunda Campaña	
18-10-21	Traslado Santiago-El Salvador
19-10-21	Levantamiento Rio Negro
20-10-21	Levantamiento Tinajas
21-10-21	Levantamiento Tordillo
21-10-21	Traslado El Salvador-Santiago
Tercera Campaña	
19-12-21	Traslado Santiago – Copiapó – El Salvador
20-12-21	Reconocimiento de áreas Pastos Largos
21-12-21	Levantamiento Vertiente 2
22-12-21	Levantamiento Pastos Largos (Zona Pendiente)
22-12-21	Traslado El Salvador – Copiapó
23-12-21	Traslado Copiapó – Santiago

Para el levantamiento de puntos en los sectores de interés, se utilizó un “Sistema Global de Navegación por Satélite” (GNSS) de precisión centimétrica en la posición geográfica y elevación, lo cual es posible mediante la aplicación de la técnica “*Real-time Kinematic*” (RTK). Para ello, se utilizó el equipo receptor GNSS *E SURVEY 600E*, como estación base y como móvil o “*Rover*” (equipo móvil con el cual se materializó el levantamiento de los puntos).

8.4 Identificación y caracterización del área de estudio

Se identificaron los drenes de interés en cada sector y se definieron las áreas de vuelo.

La fotointerpretación se realizó sobre las imágenes obtenidas con el instrumental RPAS de agosto de 2020, a partir de estas imágenes se digitalizaron y localizaron los drenes de cada sector con objetivo de facilitar su ubicación en terreno.

8.5 Registro de datos en terreno

En cada sector se realizó la instalación y la configuración del equipo GNSS Base E SURVEY 600E y levantando un punto de control cada vez que se realizó la instalación en los sectores de interés (Sistema de coordenadas UTM 19S Datum WGS84). Una vez iniciado el equipo base en modo estático se procedió a efectuar el levantamiento de los puntos de control en los drenes. Se registraron perfiles transversales al eje de cada dren identificando los bordes secos y los puntos del fondo. La distancia de los tramos longitudinales entre puntos del dren fue cercana a los 5 m, mientras que los perfiles topográficos transversales se marcaron normalmente a cada 15 cm o menos dependiendo del ancho de los drenes. Ver anexo A (Puntos levantamiento topográfico de drenes).

Terminado el levantamiento de puntos directos en los drenes, se realizó el vuelo con el RPAS Wingtra One en modalidad PPK. La altura del vuelo fue de 70 m, logrando una resolución nativa de las imágenes cercana a 1cm. El solapamiento lateral y frontal de las líneas de vuelo fue de 75%. Ver figuras de ejecución de vuelo en los sectores de interés.

8.6 Levantamiento Aerofogramétrico

Con el objetivo de contar con topografía de precisión del área de proyecto (escala 1:500), fueron planificados vuelos para captura de imágenes con instrumental RPAS en modalidad PPK (Cinemático con Post procesamiento), y con sus resultados desarrollar una restitución fotogramétrica digital utilizando el software de aplicación Agisoft Metashape Professional.

8.7 Instrumental utilizado

Para las labores de campo, fueron utilizados los siguientes equipos:

- Wingtra One en modalidad PPK



Figura 8-1 RPAS Wingtra One en posición de vuelo, sector Pastos Largos

- Phantom 4 Advanced

Figura 8-2 RPAS Phantom 4 Advanced en posición de vuelo, sector Pastos Largos

- GNSS E SURVEY 600E



Figura 8-3 Estación base, sector Pastos Largos

En todos los sectores levantados se realizó la instalación de una base GNSS (Global Navigation Satellite System, en inglés) con la que se materializó el anclaje del sistema de registro de coordenadas. Además, fue utilizado para realizar las mediciones de los drenajes (desnivel) receptores satelitales móviles o rovers, con lo que se realizó un barrido del relieve en el área de los drenes materializando perfiles transversales en estas zonas.

8.8 Metodología utilizada

La metodología de trabajo para los levantamientos Aerofotogramétricos fue la siguiente

- 1) Verificación de antecedentes del proyecto: escala de producto 1:500, precisiones (25 cm), área de interés, proyección cartográfica (UTM 19 Sur), sistema geodésico (WGS-84) y referencia altimétrica de carácter ortométrico en función del Modelo geoidal global EGM2008.
- 2) Planificación de los vuelos (verificación de condiciones climáticas en la zona y programación de campaña)
- 3) Campaña en terreno:
- 4) Ejecución de los vuelos con equipo Wingtra One, Phantom 4 Advanced y GNSS geodésico
- 5) Etapa de gabinete:
- 6) Proceso de información capturada para la generación de los ortofotomosaicos y topografía de cada sector

8.9 Vuelo RPAS con Wingtra one

8.9.1 Tecnología RPAS

El equipo utilizado para este proyecto se denomina Wingtra one, es un vehículo aéreo no tripulado con las siguientes características:

- Sistema de ala fija, diseñado principalmente para la adquisición de imágenes aéreas.
- Posee un GNSS diferencial, el cual permite captar información satelital de las constelaciones GPS L1-L2 y Glonass.
- Posee capacidad de navegación autónoma, simplificando el proceso de adquisición de imágenes y posibilitando la operación fuera del rango visual.
- Este RPAS puede estar configurado con cámara digital en rango visual RGB. Además, permite obtener imágenes de gran resolución en función de las bajas alturas de vuelo en las cuales es posible realizar las operaciones.
- Presenta una autonomía de vuelo de 50 minutos y un radio de operación de 5 km. Además, la navegación y captura de información es controlada en forma automática por un sistema GNSS /IMU incorporado en el drone, que permite en la etapa de gabinete, corregir ángulos pitch, roll and yaw (Cabeceo, Alabeo y Cola) y entregar la posición precisa geo-referenciada de la información capturada.

En la etapa de diciembre, se utiliza el Phantom 4 Advanced, que es un vehículo aéreo no tripulado con las siguientes características:

- Tiene sistema de posicionamiento GPS y Glonass.
- Posee capacidad de navegación autónoma, simplificando el proceso de adquisición de imágenes y posibilitando la operación fuera del rango visual.
- Este RPAS puede estar configurado con cámara digital en rango visual RGB. Además, permite obtener imágenes de gran resolución en función de las bajas alturas de vuelo en las cuales es posible realizar las operaciones.
- Presenta una autonomía de vuelo de 15 minutos y un radio de operación de 7 km

8.9.2 Planificación de vuelos

Para cubrir toda el área de interés y asegurar 100% de cobertura, se planificaron 6 bloques de vuelo. Esta planificación fue apoyada con el soporte necesario para analizar en detalle las zonas de vuelo, posibles obstáculos, puntos de operación, despegue, aterrizaje y posición de los puntos de control en terreno.

Antes de comenzar con las operaciones, fue ejecutado un reconocimiento del terreno, en donde se verificó que la planificación hecha en gabinete fuese factible, de lo contrario se modificaría por el profesional a cargo cualquier etapa del proceso que impidiera asegurar una buena captura de la información sin poner en riesgo los resultados y la seguridad del equipo.

8.9.3 Ejecución de los vuelos

Antes de comenzar con cada vuelo, se realizó un procedimiento de revisión, en donde se corroboró, siguiendo un “check list”, el correcto funcionamiento de todos los componentes del sistema RPAS, GNSS, cámara digital entre otros, asegurando que la captura y registro de información fuese el óptimo.

Se presentan en las siguientes figuras la ejecución de los vuelos en los sectores de interés

8.9.4 Revisión de coberturas y calidad de información capturada

Una vez finalizado cada vuelo, el personal de operaciones en terreno, antes de desmontar todo, realizó la comprobación de los datos registrados, verificando los siguientes puntos:

- Cantidad y peso de las imágenes.
- Traslape (75% lateral 75% longitudinal) y cobertura completa, que asegurará el levantamiento del área de interés más un margen de seguridad adicional.
- Registro de geolocalización y orientación de las imágenes.

8.9.5 Procesamiento de trayectorias de vuelo y centros de proyección

Esta etapa se realizó por completo en gabinete y para ello, CEA cuenta con equipos computacionales adecuados y utilizando el software Wingtra Hub y DJI Pro permitió calcular los centros de proyección de cada uno de los fotogramas capturados en terreno.

8.9.6 Procesamiento PPK

Para cumplir esta etapa del proyecto fue necesario utilizar el software de aplicación Wingtra Hub para el procesamiento GNSS cinemático de trayectorias de vuelo y la posterior correlación de las imágenes capturadas. Este Software utiliza los archivos RINEX tanto del equipo base en tierra y del RPAS Wingtra One para la determinación de los centros de proyección de las imágenes capturadas en terreno.

8.9.7 Restitución Aerfotogramétrica digital

Con los resultados del procesamiento de trayectorias de vuelo, se realizó la etapa de alineamiento de todas las fotografías capturadas en terreno. Este proceso consistió en

reconstruir el momento exacto de la captura de la imagen por el equipo RPAS. Además, se determina píxel a píxel los puntos de pasos entre las imágenes, que permite en procesos posteriores desarrollar el proceso de aerotriangulación.

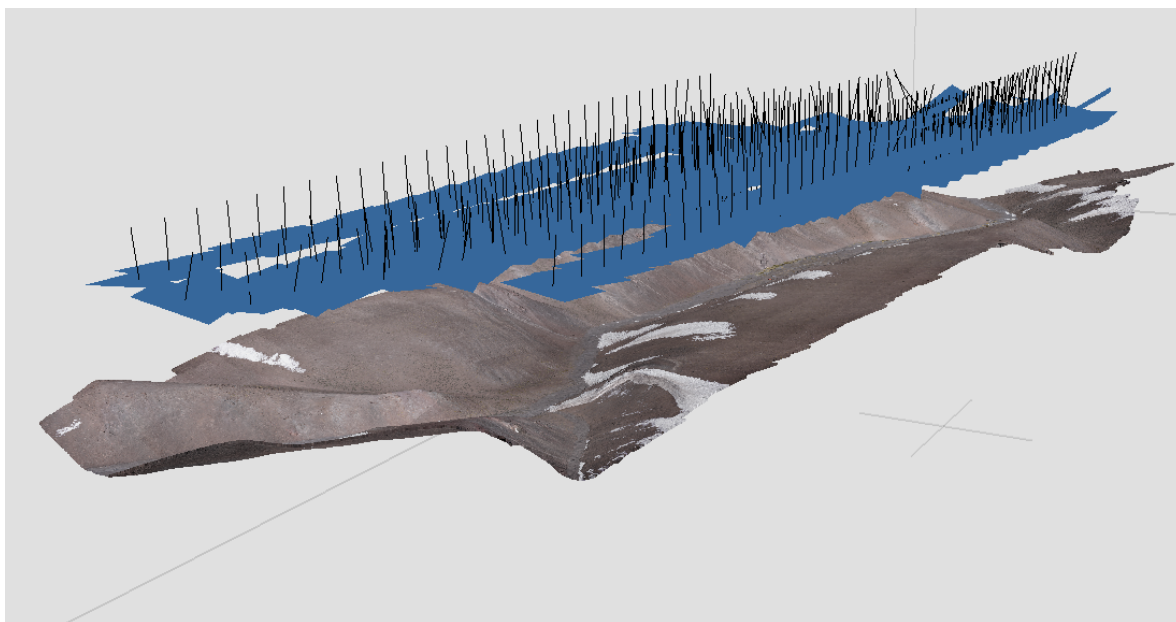


Figura 8-4 Ejemplo alineamiento fotogramas sector Río Negro

Además, en función de los resultados de esta etapa del procesamiento es posible observar los traslapes finales resultantes entre fotogramas.

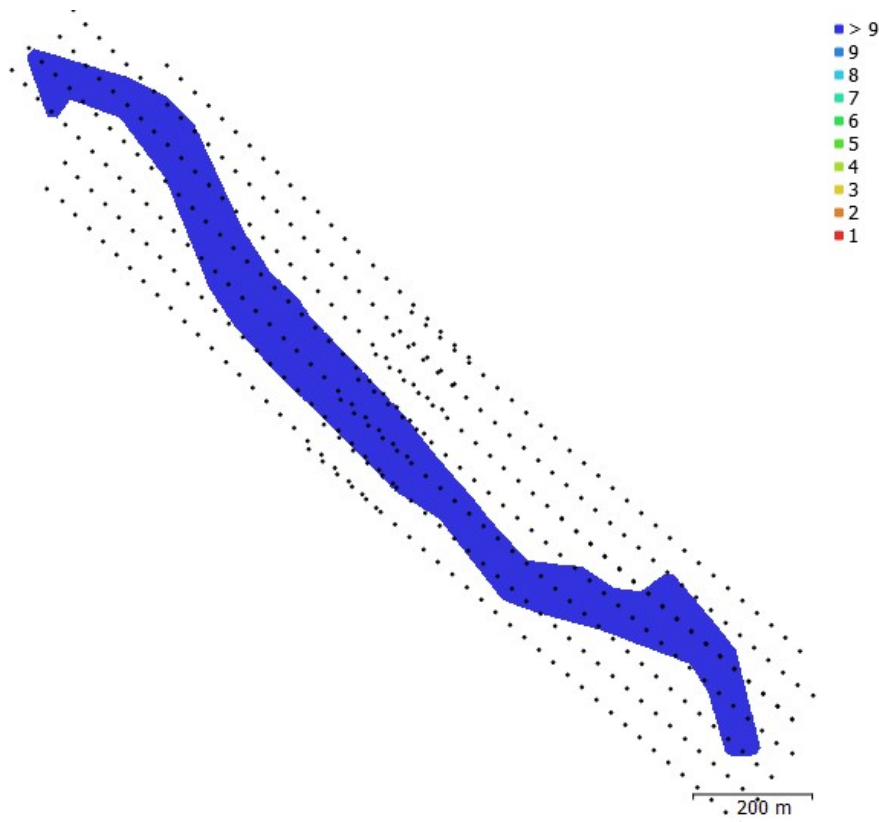


Figura 8-5, Ejemplo de traslape entre fotogramas sector Río Negro

Como es posible observar del ejemplo presentado en la figura anterior correspondiente al sector Río Negro, la escala de colores indica el porcentaje de traslape generado (Azul traslape eficiente, Rojo traslape deficiente) sobre el área de interés, lo que permite asegurar el cumplimiento de los parámetros establecidos con anterioridad, en términos de traslapes longitudinal de un 75% y transversal de 75%, por lo que el procesamiento se considera apto para comenzar con la etapa de generación de nube de puntos de alta densidad, DEM, Curvas de nivel y Ortofoto-Mosaico.

8.9.8 Nube de puntos de alta densidad

En base a los resultados del alineamiento de imágenes y puntos de pasos se realiza la generación de la nube de puntos de alta densidad. En la siguiente ilustración se presenta un ejemplo asociado al sector Río Negro que permitió la obtención de un total de 91.325.312 puntos.



Figura 8-6, Ejemplo de nube de puntos de alta densidad obtenida sector Río negro



Figura 8-7, Ejemplo Zoom nube de puntos de alta densidad sector Río Negro

8.9.9 Modelo Digital de Elevaciones (DEM)

Con la información generada en la etapa de nube de puntos de alta densidad fue posible desarrollar un Modelo Digital de Elevaciones, obteniendo inicialmente un Modelo Digital de

Superficie (DSM) y posteriormente, realizando un filtrado de puntos Ground y No Ground, desarrollar un Modelo Digital de Terreno (DTM). Este último proceso será utilizado como base para la generación del ortofotomosaico del proyecto y la topografía expresada en curvas nivel.

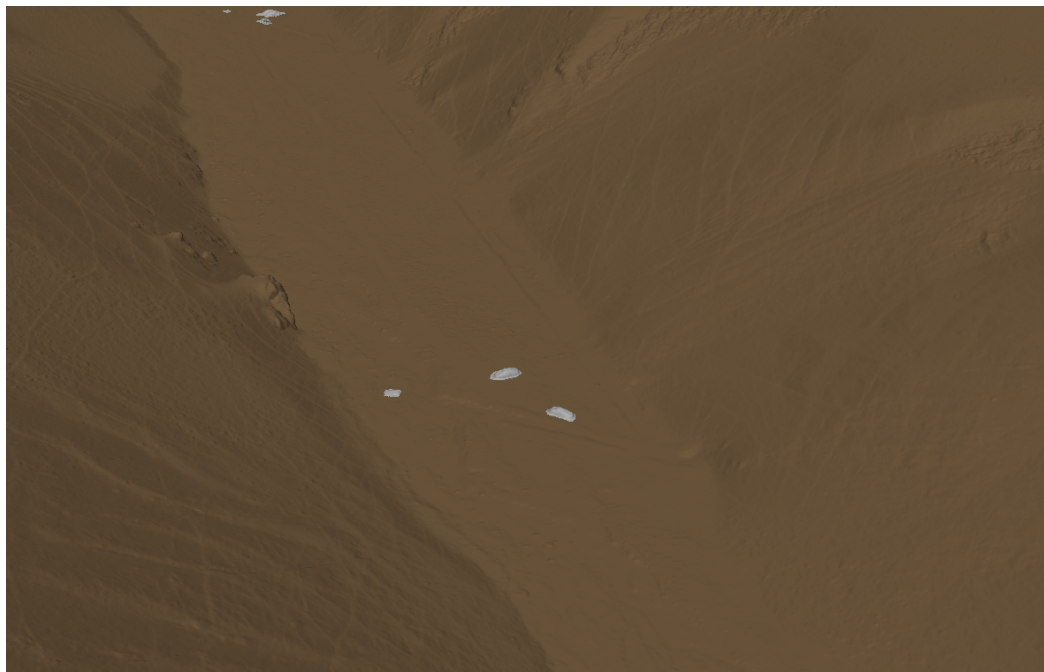


Figura 8-8, Ejemplo de clasificación Ground y No Ground sector Río Negro

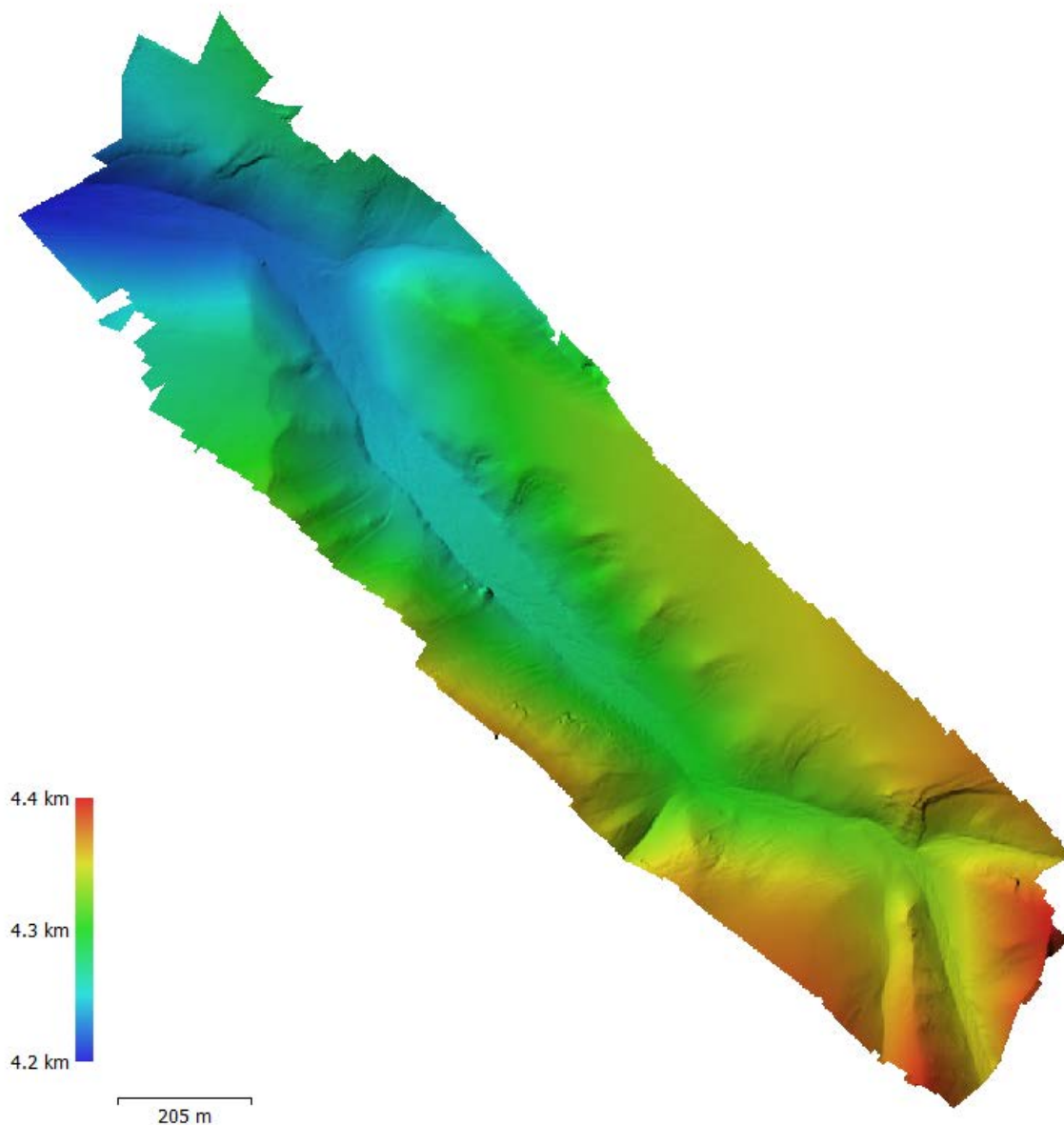


Figura 8-9, Ejemplo de DTM desarrollado sector Río Negro

8.9.10 Ortofotomosaico

Utilizando como base los Modelos Digitales de terreno, se procedió a la generación de ortofotos individuales y la unión de los mismo, obteniendo como resultado un ortofotomosaico de alta resolución, para este caso el GSD promedio obtenido fue de 2

cm/píxel, resolución más que favorable y que permitirán asegurar además la precisión de la topografía generada.

8.9.11 Curvas de nivel

Con los resultados de la restitución validados se procedió a la generación, en función del Modelo Digital de Terreno (DTM), de las curvas de nivel correspondiente a la topografía del proyecto.

El intervalo de curvas generado fue, para curvas índice de 5 metros y curvas intermedias (equidistancia) de 0.5 metros, por lo que su precisión en términos de representación cartográfica corresponde a una escala de proyecto 1:500.



Figura 8-10, Ejemplo de curvas de nivel desarrolladas sector Pastos Largos

A partir del modelo digital de elevación y el ortofotomosaico final de cada una de las áreas desarrolladas, fue posible la obtención de la cubicación de cada dren presente en las áreas de estudio.

Las cartografías fueron realizadas en Arcgis Pro 2.8.

8.10 Toma de puntos en terreno

En el levantamiento desarrollado con técnicas GNSS en modalidad RTK, se obtuvieron 2248 registros de puntos coordinados que fueron utilizados como apoyo para la generación de la topografía, distribuidos en los sectores de las quebradas aledañas antes mencionadas. De este total, 67 puntos corresponden a puntos de apoyo y control y 2181 a puntos de levantamiento para la cubicación de los drenes. En los mapas siguientes se puede observar la distribución espacial de los puntos del levantamiento en cada sector (ver figuras 23 a 28)

Código: R108
Versión: 4
Código: MYM003
Ingeniería de Detalle Reparación Ex-Situ Quebradas aledañas junio 2022



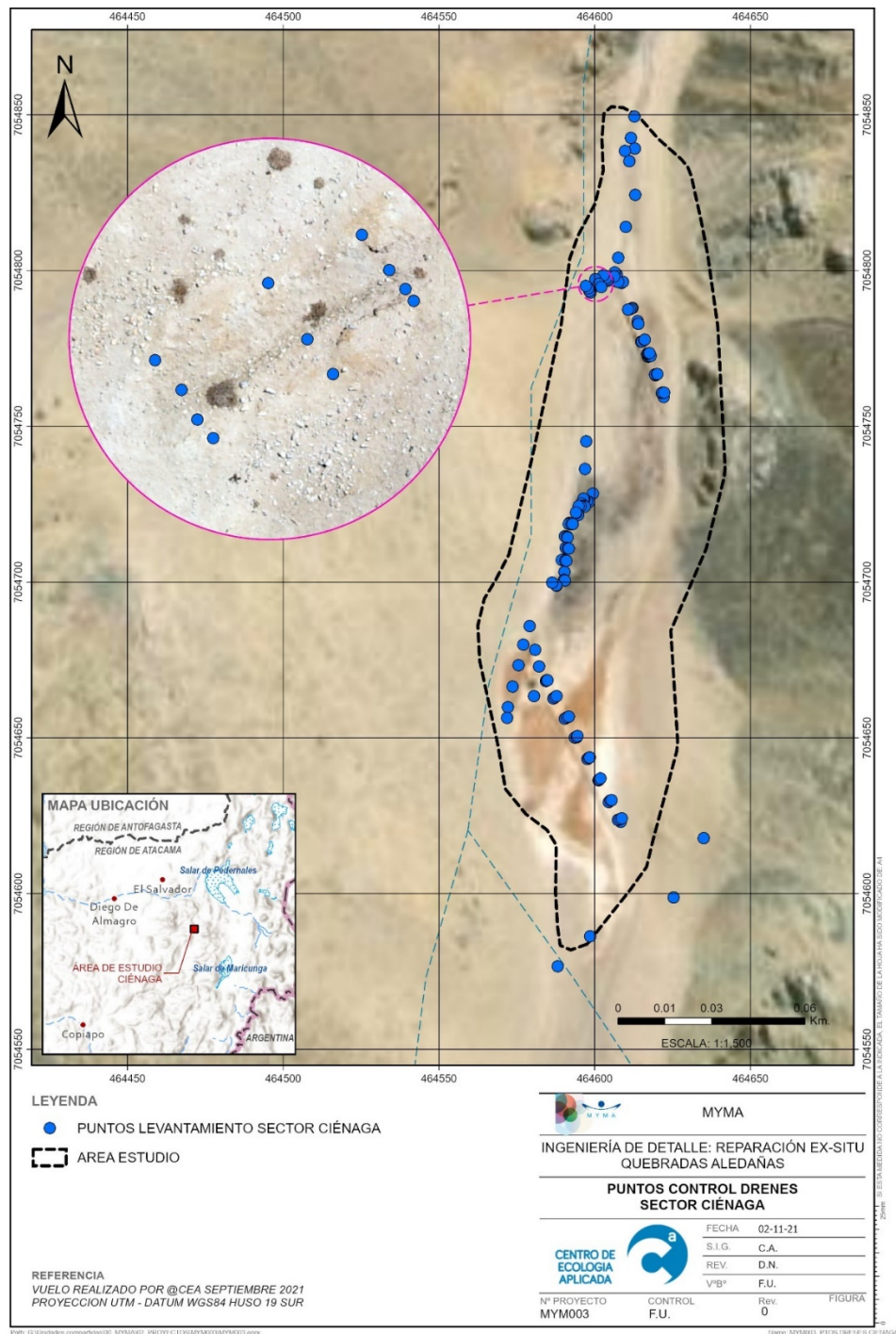


Figura 8-11 Puntos control drenes sector Ciénaga

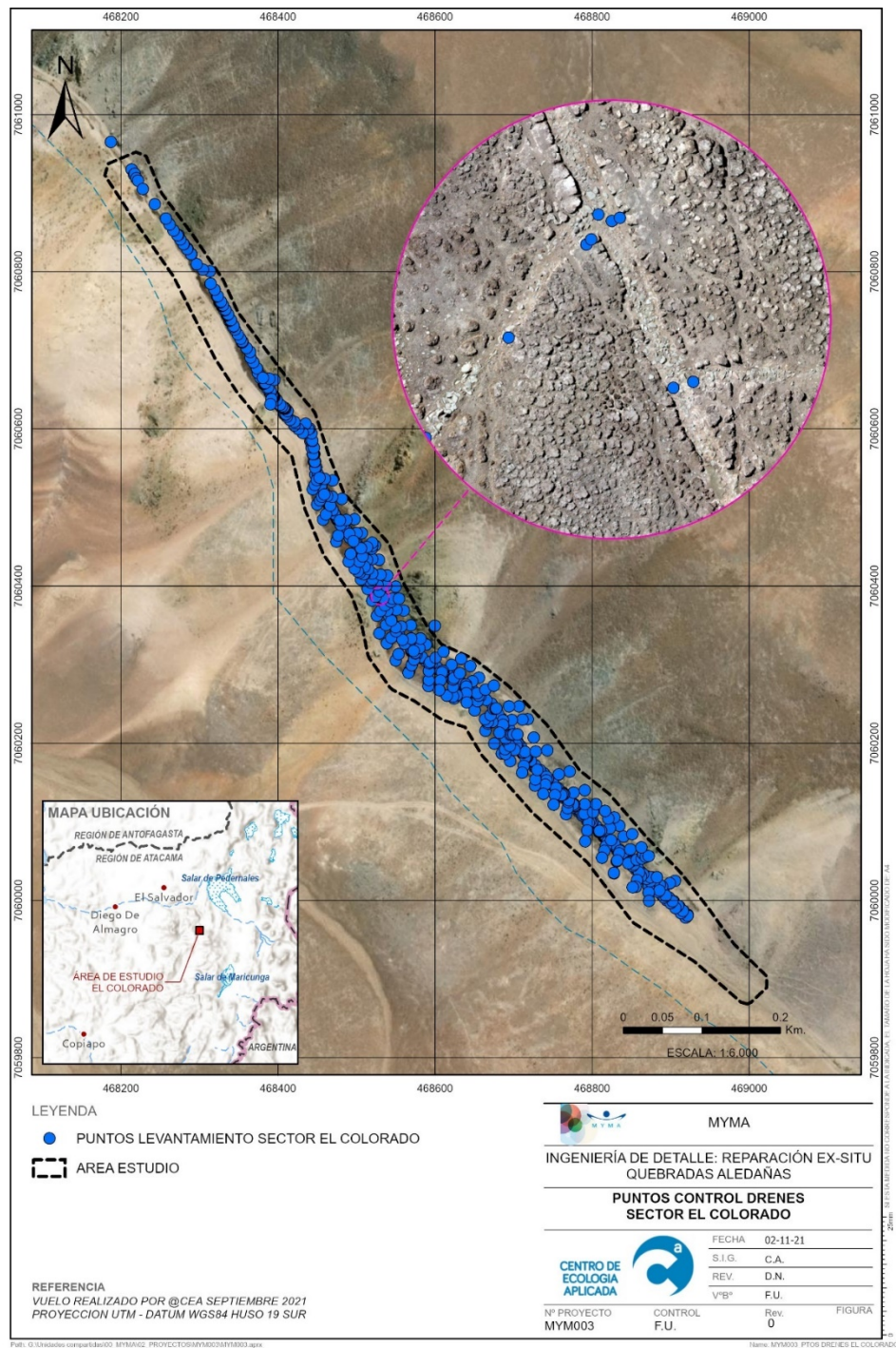


Figura 8-12 Puntos control drenes sector El Colorado

Código: R108

Versión: 4

Código: MYM003

Ingeniería de Detalle Reparación Ex-Situ Quebradas aledañas junio 2022

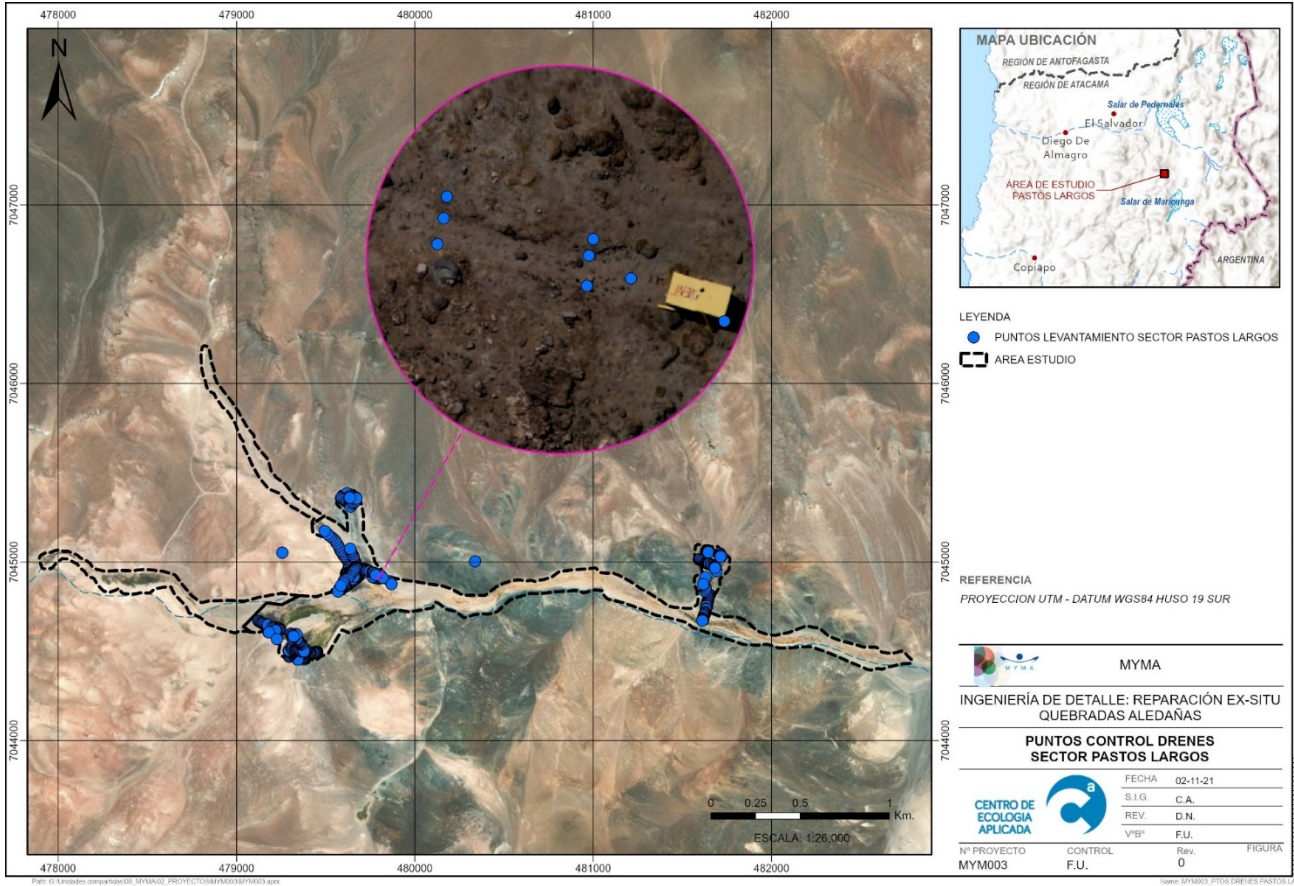
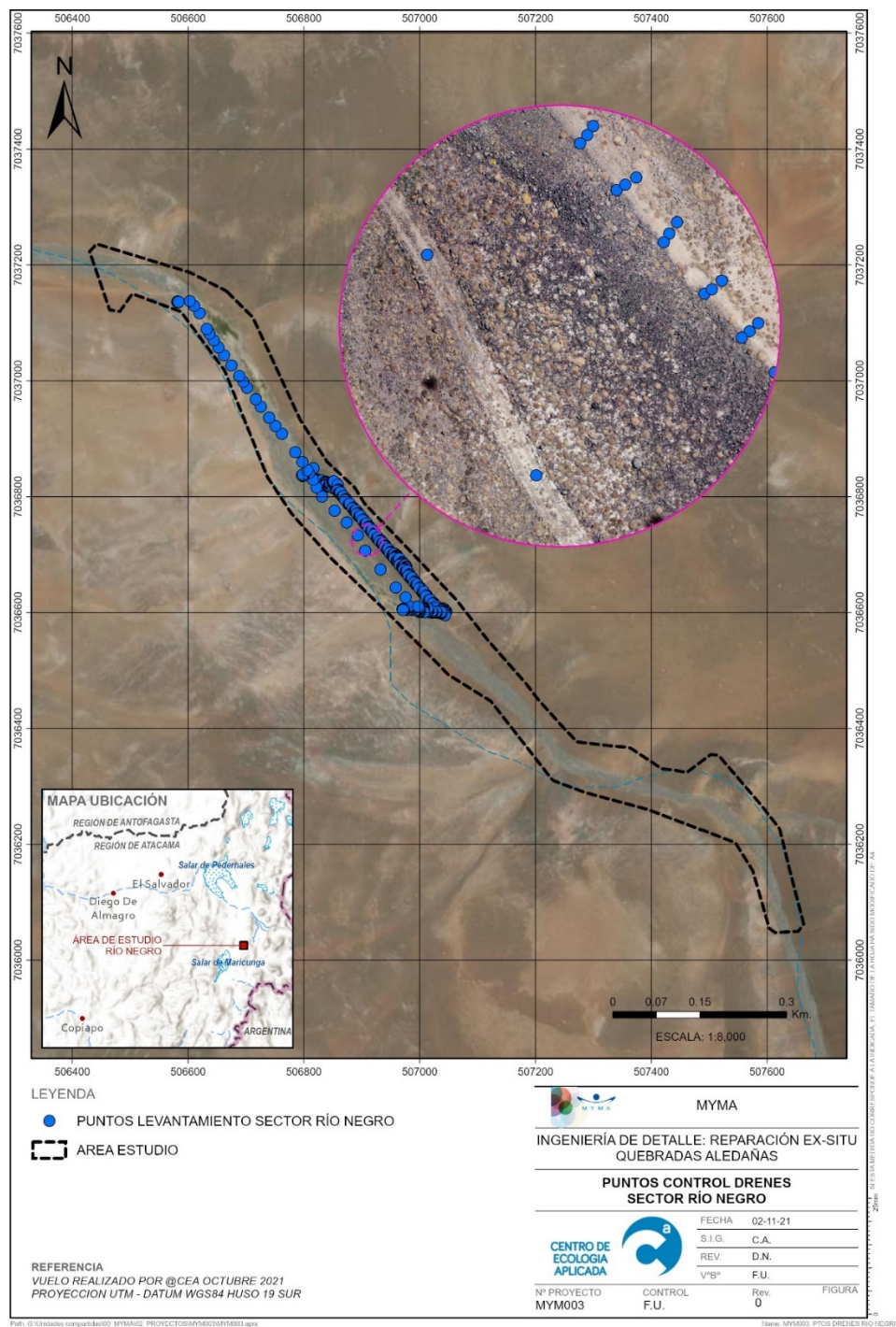


Figura 8-13 Puntos control drenes sector Pastos Largos



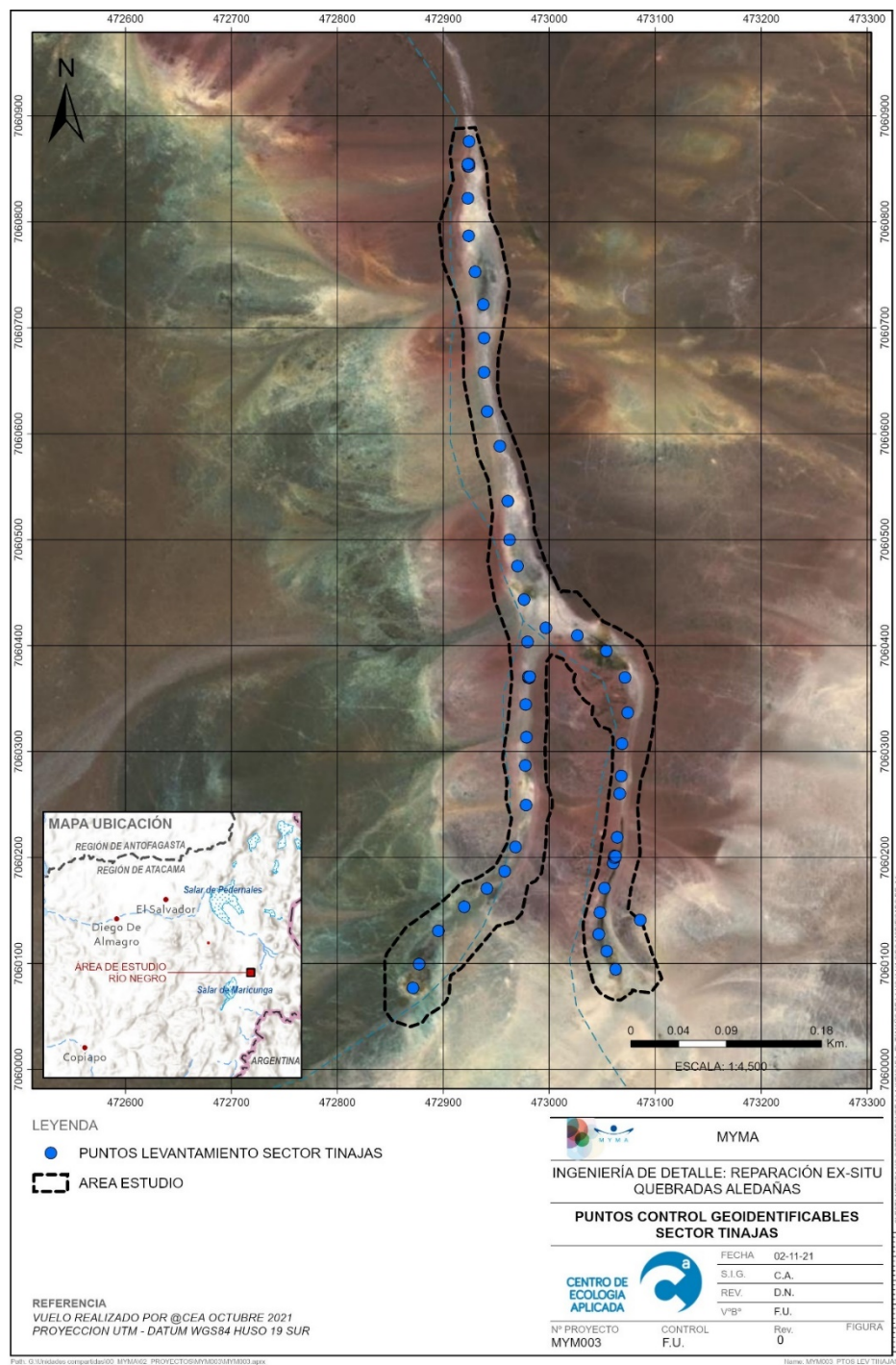


Figura 8-15 Puntos control levantamiento sector Tinajas

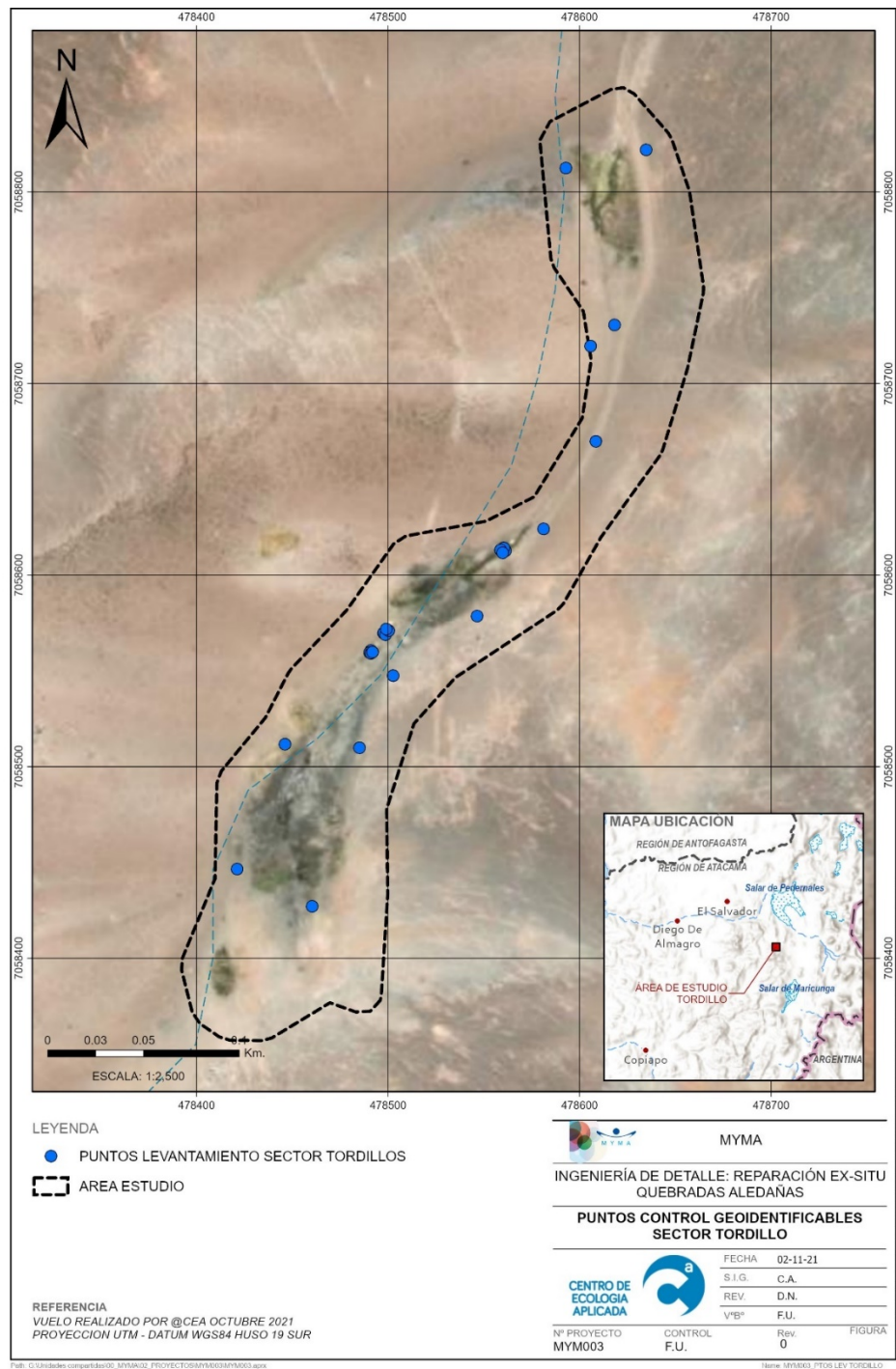


Figura 8-16 Puntos control levantamiento sector Tordillo

9 ANEXO B: CUBICACION DE DRENES

ID	VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m³)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)	VOLUMEN NETO (Material real a rellenar utilizando material de corte) (m³)	ÁREA CORTE (m²)	ÁREA CORTE (has)	ÁREA RELLENO (m²)	ÁREA RELLENO (has)	ÁREA TOTAL (m²)	ÁREA TOTAL (has)	PERÍMETRO DREN (m)
CIENAGA											
CI-1	42.991	2.900	40.091	37.191	90.540	0.009	282.460	0.028	373.000	0.037	258.850
CI-2	54.273	3.294	50.979	47.685	92.350	0.009	379.750	0.038	472.100	0.047	269.500
CI-3	19.010	1.389	17.620	16.231	75.700	0.008	175.500	0.018	251.200	0.025	118.740
CI-4	13.241	0.210	13.031	12.820	17.080	0.002	105.140	0.011	122.220	0.012	69.649
Totales	129.515	7.794	121.721	113.927	275.670	0.028	942.850	0.094	1 218.520	0.122	716.739
EL COLORADO											
CO-1	1 593.906	101.797	1 492.109	1 390.313	1 622.400	0.162	5 492.500	0.549	7 114.900	0.711	2 576.000
CO-2	16.975	0.549	16.427	15.878	17.618	0.002	96.672	0.010	114.290	0.011	56.075
CO-3	10.874	8.640	2.234	-6.406	95.695	0.010	33.395	0.003	129.090	0.013	59.262
CO-4	26.739	0.165	26.573	26.408	11.988	0.001	99.742	0.010	111.730	0.011	71.569
CO-5	76.887	0.086	76.801	76.715	10.576	0.001	92.944	0.009	103.520	0.010	60.365
CO-6	6.166	0.719	5.448	4.729	28.101	0.003	58.475	0.006	86.576	0.009	66.748
CO-7	8.238	2.731	5.507	2.777	38.767	0.004	39.464	0.004	78.231	0.008	61.286
CO-8	8.747	0.932	7.814	6.882	29.089	0.003	72.971	0.007	102.060	0.010	64.545
CO-9	10.993	0.381	10.613	10.232	18.872	0.002	72.888	0.007	91.760	0.009	62.828
CO-10	4.992	0.655	4.337	3.682	27.999	0.003	58.266	0.006	86.265	0.009	60.775
CO-11	4.212	1.925	2.287	0.363	37.384	0.004	32.287	0.003	69.671	0.007	56.620

ID	VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m³)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)	VOLUMEN NETO (Material real a rellenar utilizando material de corte) (m³)	ÁREA CORTE (m²)	ÁREA CORTE (has)	ÁREA RELLENO (m²)	ÁREA RELLENO (has)	ÁREA TOTAL (m²)	ÁREA TOTAL (has)	PERÍMETRO DREN (m)
CO-12	6.187	0.594	5.593	5.000	23.768	0.002	59.095	0.006	82.863	0.008	59.759
CO-13	4.322	1.233	3.088	1.855	38.223	0.004	53.449	0.005	91.672	0.009	56.924
CO-14	8.731	0.494	8.237	7.743	26.221	0.003	79.109	0.008	105.330	0.011	66.094
CO-15	3.792	0.373	3.418	3.045	19.633	0.002	54.991	0.005	74.624	0.007	52.746
CO-16	7.474	1.004	6.471	5.467	22.684	0.002	63.348	0.006	86.032	0.009	64.309
CO-17	3.592	0.181	3.411	3.229	12.858	0.001	53.888	0.005	66.746	0.007	40.099
CO-18	7.560	0.407	7.152	6.745	18.261	0.002	80.579	0.008	98.840	0.010	65.693
CO-19	1.695	0.057	1.638	1.581	7.124	0.001	25.360	0.003	32.484	0.003	27.606
CO-20	6.889	0.100	6.789	6.689	13.177	0.001	68.409	0.007	81.586	0.008	59.331
CO-21	7.922	3.419	4.503	1.085	43.985	0.004	33.238	0.003	77.223	0.008	45.350
CO-22	2.671	1.476	1.195	-0.282	32.673	0.003	26.191	0.003	58.864	0.006	45.182
CO-23	5.341	0.498	4.844	4.346	21.462	0.002	62.456	0.006	83.918	0.008	67.468
CO-24	4.276	0.963	3.313	2.350	23.464	0.002	50.508	0.005	73.972	0.007	46.726
CO-25	12.486	0.116	12.371	12.255	12.484	0.001	50.869	0.005	63.353	0.006	48.309
CO-26	13.031	0.043	12.988	12.945	17.746	0.002	77.681	0.008	95.427	0.010	66.406
CO-27	5.102	0.418	4.684	4.267	23.530	0.002	60.392	0.006	83.922	0.008	53.860
CO-28	5.375	1.225	4.149	2.924	32.364	0.003	59.681	0.006	92.045	0.009	63.780
CO-29	5.046	0.614	4.432	3.818	25.440	0.003	57.357	0.006	82.797	0.008	68.225
CO-30	11.499	0.882	10.617	9.735	35.279	0.004	80.531	0.008	115.810	0.012	68.716
CO-31	5.261	3.314	1.947	-1.366	63.664	0.006	44.896	0.004	108.560	0.011	72.551
CO-32	4.897	0.859	4.038	3.179	34.584	0.003	64.243	0.006	98.827	0.010	91.084
CO-33	7.673	5.907	1.766	-4.142	73.800	0.007	27.290	0.003	101.090	0.010	65.065

ID	VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m³)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)	VOLUMEN NETO (Material real a rellenar utilizando material de corte) (m³)	ÁREA CORTE (m²)	ÁREA CORTE (has)	ÁREA RELLENO (m²)	ÁREA RELLENO (has)	ÁREA TOTAL (m²)	ÁREA TOTAL (has)	PERÍMETRO DREN (m)
CO-34	5.033	0.376	4.657	4.280	19.729	0.002	43.386	0.004	63.115	0.006	50.894
CO-35	3.521	0.745	2.776	2.031	16.119	0.002	34.845	0.003	50.964	0.005	43.017
CO-36	7.095	0.706	6.388	5.682	21.431	0.002	45.293	0.005	66.724	0.007	50.999
CO-37	4.648	0.495	4.152	3.657	14.936	0.001	46.143	0.005	61.079	0.006	46.229
CO-38	7.079	0.948	6.131	5.184	25.498	0.003	71.471	0.007	96.969	0.010	52.704
CO-39	8.328	2.308	6.020	3.713	46.531	0.005	58.509	0.006	105.040	0.011	72.440
CO-40	5.830	0.753	5.076	4.323	26.778	0.003	57.100	0.006	83.878	0.008	57.798
CO-41	3.342	1.864	1.478	-0.386	39.726	0.004	28.678	0.003	68.404	0.007	53.293
CO-42	7.102	0.798	6.304	5.507	28.592	0.003	63.268	0.006	91.860	0.009	61.707
CO-43	4.301	0.580	3.722	3.142	20.915	0.002	48.075	0.005	68.990	0.007	60.569
CO-44	4.270	1.080	3.189	2.109	29.239	0.003	44.549	0.004	73.788	0.007	52.654
CO-45	4.029	0.781	3.248	2.467	25.181	0.003	47.713	0.005	72.894	0.007	52.688
CO-46	5.100	1.264	3.836	2.572	23.244	0.002	43.299	0.004	66.543	0.007	43.017
CO-47	5.202	4.275	0.928	-3.347	55.716	0.006	20.888	0.002	76.604	0.008	59.904
CO-48	14.690	0.461	14.229	13.768	14.147	0.001	64.304	0.006	78.451	0.008	56.828
CO-49	5.227	0.834	4.393	3.560	26.318	0.003	48.977	0.005	75.295	0.008	51.540
CO-50	2.924	0.348	2.575	2.227	16.413	0.002	36.993	0.004	53.406	0.005	42.613
CO-51	6.695	1.616	5.080	3.464	40.504	0.004	63.776	0.006	104.280	0.010	59.489
CO-52	5.732	2.181	3.550	1.369	46.068	0.005	36.138	0.004	82.206	0.008	46.790
CO-53	3.282	0.259	3.024	2.765	10.072	0.001	38.874	0.004	48.946	0.005	40.142
CO-54	11.699	1.502	10.197	8.695	31.616	0.003	68.424	0.007	100.040	0.010	51.358
CO-55	3.197	0.290	2.907	2.617	11.014	0.001	26.368	0.003	37.382	0.004	34.771

ID	VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m³)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)	VOLUMEN NETO (Material real a rellenar utilizando material de corte) (m³)	ÁREA CORTE (m²)	ÁREA CORTE (has)	ÁREA RELLENO (m²)	ÁREA RELLENO (has)	ÁREA TOTAL (m²)	ÁREA TOTAL (has)	PERÍMETRO DREN (m)
CO-56	10.544	0.479	10.065	9.586	16.916	0.002	89.384	0.009	106.300	0.011	62.985
CO-57	2.856	0.169	2.688	2.519	6.558	0.001	28.612	0.003	35.170	0.004	33.714
CO-58	7.466	0.823	6.643	5.820	22.604	0.002	59.963	0.006	82.567	0.008	53.837
CO-59	6.073	0.335	5.738	5.402	16.260	0.002	45.657	0.005	61.917	0.006	51.084
CO-60	2.228	0.418	1.810	1.392	13.217	0.001	19.142	0.002	32.359	0.003	34.226
CO-61	5.358	1.015	4.343	3.328	27.529	0.003	51.633	0.005	79.162	0.008	46.337
CO-62	6.705	0.590	6.115	5.525	18.509	0.002	45.945	0.005	64.454	0.006	45.190
CO-63	10.174	1.126	9.048	7.922	29.857	0.003	57.864	0.006	87.721	0.009	56.722
CO-64	10.849	0.973	9.876	8.902	23.575	0.002	55.249	0.006	78.824	0.008	57.665
CO-65	10.703	0.009	10.694	10.685	6.216	0.001	32.489	0.003	38.705	0.004	39.020
CO-66	6.892	1.326	5.566	4.240	23.581	0.002	46.162	0.005	69.743	0.007	51.854
CO-67	6.229	0.399	5.830	5.431	16.595	0.002	45.648	0.005	62.243	0.006	47.743
CO-68	0.865	0.238	0.627	0.389	8.373	0.001	8.112	0.001	16.485	0.002	29.447
CO-69	5.105	0.423	4.682	4.259	15.372	0.002	48.028	0.005	63.400	0.006	49.822
CO-70	4.229	0.232	3.997	3.765	7.458	0.001	31.436	0.003	38.894	0.004	41.922
CO-71	3.099	0.366	2.733	2.366	7.926	0.001	20.761	0.002	28.687	0.003	25.759
CO-72	6.988	0.462	6.526	6.064	13.744	0.001	42.003	0.004	55.747	0.006	40.772
CO-73	2.252	0.524	1.728	1.204	19.805	0.002	24.997	0.002	44.802	0.004	46.864
CO-74	6.474	1.197	5.276	4.079	18.774	0.002	33.126	0.003	51.900	0.005	39.101
CO-75	6.460	0.500	5.960	5.459	18.044	0.002	34.133	0.003	52.177	0.005	42.193
CO-76	31.189	1.701	29.488	27.787	43.780	0.004	165.770	0.017	209.550	0.021	88.996
CO-77	3.914	0.554	3.360	2.806	11.830	0.001	25.581	0.003	37.411	0.004	28.782

ID	VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m³)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)	VOLUMEN NETO (Material real a rellenar utilizando material de corte) (m³)	ÁREA CORTE (m²)	ÁREA CORTE (has)	ÁREA RELLENO (m²)	ÁREA RELLENO (has)	ÁREA TOTAL (m²)	ÁREA TOTAL (has)	PERÍMETRO DREN (m)
CO-78	7.863	0.347	7.516	7.169	15.532	0.002	36.696	0.004	52.228	0.005	41.752
CO-79	6.434	0.858	5.576	4.719	17.566	0.002	31.600	0.003	49.166	0.005	34.656
CO-80	1.920	0.385	1.535	1.150	9.294	0.001	15.085	0.002	24.379	0.002	22.169
CO-81	5.482	0.507	4.975	4.468	9.919	0.001	27.064	0.003	36.983	0.004	41.510
CO-82	1.394	0.298	1.096	0.797	12.509	0.001	26.832	0.003	39.341	0.004	31.989
CO-83	103.779	29.177	74.602	45.424	200.780	0.020	344.940	0.034	545.720	0.055	191.330
Totales	2 321.401	212.651	2 108.750	1 896.098	3 802.823	0.380	9 914.148	0.991	13 716.971	1.372	7 010.241
PASTOS LARGOS											
Dren 1	123.729	7.074	116.655	109.581	187.000	0.019	609.000	0.061	796.000	0.080	367.650
Dren 2	4.776	0.104	4.673	4.569	5.490	0.001	34.720	0.003	40.210	0.004	42.116
Dren 3	21.771	0.649	21.122	20.473	26.700	0.003	135.200	0.014	161.900	0.016	137.330
Dren 4	47.767	0.593	47.174	46.582	17.600	0.002	261.200	0.026	278.800	0.028	321.130
Dren 5	33.179	0.529	32.650	32.121	24.000	0.002	194.900	0.019	218.900	0.022	263.990
Dren 6	44.101	0.879	43.222	42.343	41.700	0.004	295.700	0.030	337.400	0.034	281.800
Dren 7	40.876	1.309	39.567	38.259	50.000	0.005	298.000	0.030	348.000	0.035	342.580
Dren 8	45.835	0.595	45.240	44.645	30.100	0.003	272.100	0.027	302.200	0.030	348.580
Dren 9	56.378	2.371	54.007	51.636	123.300	0.012	470.700	0.047	594.000	0.059	437.730
Dren 10	1.405	0.431	0.974	0.542	17.390	0.002	28.880	0.003	46.270	0.005	38.167
Dren 11	1.363	0.640	0.723	0.084	32.400	0.003	24.000	0.002	56.400	0.006	71.665
Dren 12	50.524	1.376	49.148	47.772	70.200	0.007	390.700	0.039	460.900	0.046	299.030
Dren 13	132.907	113.885	19.023	-94.862	638.900	0.064	250.100	0.025	889.000	0.089	367.750
Dren 14	6.730	0.125	6.605	6.480	11.300	0.001	83.400	0.008	94.700	0.009	77.484

ID	VOLUMEN TOTAL CALCULADO (m³)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)	VOLUMEN NETO (Material real a rellenar utilizando material de corte) (m³)	ÁREA CORTE (m²)	ÁREA CORTE (has)	ÁREA RELLENO (m²)	ÁREA RELLENO (has)	ÁREA TOTAL (m²)	ÁREA TOTAL (has)	PERÍMETRO DREN (m)
Dren 15	20.345	0.459	19.887	19.428	20.600	0.002	94.900	0.009	115.500	0.012	80.942
Dren 16	50.172	1.275	48.897	47.622	36.500	0.004	206.500	0.021	243.000	0.024	171.010
Dren 17	15.595	0.048	15.547	15.499	7.600	0.001	94.200	0.009	101.800	0.010	80.584
Dren 18	110.333	29.486	80.846	51.360	199.900	0.020	397.100	0.040	597.000	0.060	209.610
Dren 19	90.472	12.049	78.423	66.374	249.000	0.025	744.000	0.074	993.000	0.099	430.880
Dren 20	76.672	21.697	54.975	33.278	442.000	0.044	751.000	0.075	1 193.000	0.119	576.350
Dren 21	55.419	10.248	45.171	34.922	210.000	0.021	573.000	0.057	783.000	0.078	435.620
Dren 22	76.352	2.691	73.661	70.970	82.000	0.008	566.000	0.057	648.000	0.065	224.470
Dren 23	12.740	1.533	11.207	9.674	53.100	0.005	145.000	0.015	198.100	0.020	143.600
Dren 24	30.434	2.927	27.507	24.581	51.100	0.005	190.500	0.019	241.600	0.024	90.816
Dren 25	31.933	2.375	29.559	27.184	40.500	0.004	153.700	0.015	194.200	0.019	62.364
Dren 26	622.080	253.114	368.966	115.851	108.169	0.011	99.062	0.010	207.231	0.021	209.032
Dren 27	1587.179	832.439	754.740	-77.700	426.914	0.043	284.724	0.028	711.638	0.071	534.139
Totales	3391.068	1300.900	2090.168	789.268	3203.462	0.320	7648.286	0.765	10851.749	1.085	6646.419
RÍO NEGRO											
Dren1	41.126	0.460	40.665	40.205	44.800	0.004	376.300	0.038	418.990	0.042	213.740
Dren2	219.837	2.727	217.109	214.382	145.000	0.015	1 537.000	0.154	1 678.500	0.168	635.910
Totales	260.963	3.188	257.775	254.587	189.800	0.019	1 913.300	0.191	2 097.490	0.210	849.650

10 ANEXO C: SUELOS Y VEGETACIÓN

10.1 Quebrada Ciénaga

10.1.1 Suelos

En Quebrada Ciénaga se realizaron 9 observaciones de suelo correspondientes a barrenos, ubicadas en posición de quebrada a excepción de los puntos SCi_07 y SCi_09 que corresponden a piedemonte de quebradas secundarias. De los puntos SCi_05 a SCi_09 la observación fue superficial dado que corresponden a suelos arenosos sin presencia de materia orgánica.

El resto de los puntos descritos (SCi_01 a SCi_04) corresponden a suelos de texturas gruesas (arenosos) delgados a moderadamente profundos con un 30% de pedregosidad superficial a excepción del punto SCi_03 que no presenta pedregosidad y que además presenta la singularidad de presentar horizontes orgánicos hasta los 70 cm de profundidad.

Cabe señalar que las observaciones de suelo con barreno se encuentran asociados a los drenes, con la finalidad de tener un reconocimiento rápido y menos invasivo que con calicatas, por cuanto la finalidad no era definir unidades homogéneas de suelo.

Tabla 10-1. Descripción suelos con barreno.

Barreno	Profundidad (cm)	Descripción
SCci_01	0 - 30	No se puede determinar la textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1) en húmedo. Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo. Raíces muy finas y finas abundantes
	30 - 50	Arenosa. Color pardo grisáceo (10YR5/2) en seco; pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; Sin reacción al HCl. Sin raíces.
	50+	Piedras no permiten seguir profundizando
SCi_02	0 - 30	Arenosa. Color pardo grisáceo (10YR5/2) en seco; pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; Sin reacción al HCl. Sin raíces.
	30+	Piedras no permiten seguir profundizando
SCi_03	0 - 30.	Sedimento arenoso sobre la superficie. No se puede determinar textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1) en húmedo. Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo. Raíces muy finas y finas abundantes
	30 - 70	Franco. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1) en húmedo. Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo. Raíces muy finas y finas abundantes
	70+	Arenosa. Color pardo grisáceo (10YR5/2) en seco; pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; Sin reacción al HCl. Sin raíces.
SCi_04	0- 30	Arenosa. Color pardo grisáceo (10YR5/2) en seco; pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; Sin reacción al HCl. Sin raíces.

Barreno	Profundidad (cm)	Descripción
	30+	Piedras no permiten seguir profundizando
SCi_05	Superficial	arenoso sin materia orgánica
SCi_06	Superficial	arenoso sin materia orgánica
SCi_07	Superficial	arenoso sin materia orgánica
SCi_08	Superficial	arenoso sin materia orgánica
SCi_09	Superficial	arenoso sin materia orgánica

10.1.2 Vegetación

En la quebrada Ciénaga se realizaron 14 puntos para registro de vegetación observándose una riqueza de 8 taxa con coberturas en general catalogadas como r o +, salvo en los puntos 4 y 8 donde *Werneria pinnatifida* presenta coberturas de 5%, punto 14 con *Puccinellia frígida* también con 5% y el punto 12 donde *Adesmia echinus* presenta una cobertura de 10%. De los 14 puntos evaluados 5 presentan una cobertura de 75% de rastrojo de *Deyeuxia sp.* En tanto el mantillo varió en coberturas entre 5 y 75% encontrándose en 9 de los 14 puntos levantados.

En este sector también fue posible observar vegetación al interior de los drenes compuesta principalmente por *Phylloscirpus acaulis*, *Werneria pinnatifida*, y *Puccinellia frígida*.

Tabla 10-2. Braun- Blanquet Quebrada Ciénaga.

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet								
	<i>Phylloscirus acaulis</i>	<i>Werneria pinnatifida</i>	<i>Festuca hypsophyla</i>	<i>Adesmia echinus</i>	<i>Puccinellia frigida</i>	<i>Caresp.</i>	<i>Eleocharis albibracteata</i>	<i>Deyeuxia velutina</i>	Rastrojo/Mantillo
1	R	+							5 (rastrojo dv)
2	+	+				r			5 (rastrojo dv)
3		+							3 m
4		1							3 m
5	R	+							5 (rastrojo dv)
6	R	+							5 (rastrojo dv)
7		+							2 m
8		1							3 m
9									3 m
10		+	r						1 m
11				+					1 m
12				2			r		1 m
13									2 m
14	+	r	r		1		+		5 (rastrojo dv)

m: mantillo; dv: *Deyeuxia velutina*

10.2 Quebrada Colorado

10.2.1 Suelos

En la Quebrada El Colorado se realizaron 10 observaciones de suelo de las cuales 9 corresponden a observaciones con barreno y 1 correspondiente a una calicata. La descripción con barrenos dio cuenta de suelos con pedregosidad superficial que fluctúa entre 0 y 50%, con alto contenido de materia orgánica variando en dos casos a suelos arenosos, variando de moderadamente profundos a profundos. Al igual que lo anteriormente señalado para la Quebrada Ciénaga, la finalidad de la observación es el reconocimiento de área de los drenes y en ningún determinar unidades homogéneas de suelo.

Tabla 10-3. Descripción suelos con barreno Q Colorado.

Barreno	Profundidad (cm)	Descripción
SCo_01	0 -50+	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo (10YR5/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
SCo_02	0 - 100	No se puede determinar la textura por presencia de alto contenido de materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
SCo_03	0 - 100	No se puede determinar la textura por presencia de alto contenido de materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
SCo_04	0 - 100	No se puede determinar la textura por presencia de alto contenido de materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
SCo_05	0 - 100	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo (10YR5/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
SCo_06	0 - 100	No se puede determinar la textura por presencia de alto contenido de materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
SCo_07	Superficial	Arenoso en superficie Horizontes orgánicos enterrados
SCo_09	Superficial	arenoso sin materia orgánica
SCo_10	Superficial	arenoso sin materia orgánica

En cuanto a la calicata SCo_08 se observa que corresponde a un suelo moderadamente profundo con alto contenido de materia orgánica, por lo menos hasta los 40 cm, dando paso bajo dicha profundidad a suelos de clase textural franca con abundante presencia de raíces medias y gruesas.

Tabla 10-4. Descripción Calicata SCo_08.

Perfil (cm)	Descripción
0-25 O	Pardo (10YR3/3) en seco; pardo (10YR 3/3) en húmedo, no se puede determinar clase textural debido al alto contenido de materia orgánica; bloques subangulares medios y gruesos moderados; ligeramente plástico y no adhesivo; poros finos, medios y gruesos abundantes, raíces medias y gruesas abundantes; sin reacción al ácido clorhídrico; límite lineal abrupto
25-40 OA	Pardo (10YR3/3) en seco; pardo (10YR 3/3) en húmedo, no se puede determinar clase textural debido al alto contenido de materia orgánica; bloques subangulares medios y gruesos moderados; ligeramente plástico y no adhesivo; poros finos, medios y gruesos abundantes, raíces medias y gruesas abundantes; sin reacción al ácido clorhídrico; límite lineal abrupto
40 90 OB	Pardo (10YR3/3) en seco; pardo (10YR 3/3) en húmedo, franco; bloques subangulares finos, medios y gruesos moderados; ligeramente plástico y no adhesivo; poros finos, medios y gruesos abundantes, raíces medias y gruesas abundantes; sin reacción al ácido clorhídrico.
	

10.2.2 Vegetación

En la Quebrada El Colorado se realizaron 30 parcelas de observación de vegetación con una riqueza de 5 taxa, siendo *Puccinellia frigida* la especie más recurrente registrada en 15 puntos. En general la cobertura de vegetación no sobrepasa el 25%, predominando la presencia de mantillo con coberturas entre 25 y 75% en 18 de los puntos evaluados.

En cuanto a la vegetación creciendo al interior de drenes solo se observaron individuos aislados principalmente de *Pappostipa frígida*, *Adesmia echinus*, *Puccinellia frígida* y *Carex* sp

Tabla 10-5. Braun- Blanquet Quebrada El Colorado.

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet					
	<i>Adesmia echinus</i>	<i>Puccinellia frígida</i>	<i>Carex</i> sp.	<i>Pappostipa frígida</i>	<i>Carex</i> sp.	Mantillo
1	1					
2	1			r		
3						3 m
4						
5						4 m
6						4 m
7						3 m
8						2 m
9		1	r			4 m
10		1				5 m
11						5 m
12		2				5 m
13		1				2 m
14		1				5 m
15		3				3 m
16		3			r	3 m
17		3			r	1 m
18						5 m
19		3			r	
20						1 m
21		3				
22		3			r	
23						
24						
25		2				5 m
26		2			r	
27						

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet					
	<i>Adesmia echinus</i>	<i>Puccinellia frigida</i>	<i>Carex sp.</i>	<i>Pappostipa frigida</i>	<i>Carex sp.</i>	Mantillo
28						3 m
29		3				
30		2				

10.3 Quebrada Pastos Largos

10.3.1 Suelos

Se realizaron 19 observaciones de suelo 17 barrenos y 2 calicatas, de las observaciones con barreno se observa la predominancia de suelos arenosos en 16 puntos de los cuales, en 11 de ellos, se observa presencia de materia orgánica localizada (champones), en tanto en sectores con materia orgánica superficial se observa que esta abarca profundidades entre 30 y 120 cm (SPL_18 y SPL_19). Todos los suelos descritos corresponden a posición de quebrada a excepción de SPL_01 y SPL_03 que se desarrollan en *piedmont* y SPL_02 y SPL_04 que ocupan posición de ladera de cerro.

Tabla 10-6. Descripción suelos con barreno Q Pastos Largos.

Barreno	Profundidad (cm)	Descripción
SPL_01	Superficial	arenoso sin materia orgánica
SPL_02	Superficial	arenoso sin materia orgánica
SPL_03	Superficial	arenoso sin materia orgánica
SPL_04	Superficial	arenoso sin materia orgánica
SPL_05	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_06	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_07	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_08	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_09	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_10	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_11	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_12	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_13	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_14	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_15	Superficial	suelo mineral (arenoso) y materia orgánica en champones
SPL_18	0 - 30	No se puede determinar la textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
	30 - 50	Arenosa. Color pardo grisáceo (10YR5/2) en seco; pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; Sin reacción al HCl.
SPL_19	0 -120	No se puede determinar la textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.

En cuanto a las calicatas SPL_16 corresponde a un suelo profundo de origen orgánico. La separación de horizontes descrita en el perfil responde a quiebres evidentes en la acumulación de materia orgánica más que a diferencias morfológicas entre los horizontes descritos. Corresponde a materia orgánica acumulada hasta los 76 cm.

Perfil (cm)	Descripción
0-40 O	Pardo (10YR3/3) en seco; pardo(10YR 3/3) en húmedo, no se puede determinar clase textural debido al alto contenido de materia orgánica; bloques subangulares gruesos moderados; ligeramente plástico y no adhesivo; poros finos, medios y gruesos abundantes, raíces medias y gruesas abundantes; sin reacción al ácido clorhídrico; limite lineal abrupto
40-76 OA	Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1) en húmedo, no se puede determinar clase textural debido al alto contenido de materia orgánica; bloques subangulares gruesos moderados; ligeramente plástico y no adhesivo; poros finos, medios y gruesos abundantes, raíces medias y gruesas abundantes; sin reacción al ácido clorhídrico.
	

En tanto la calicata SPL_17 presenta un suelo profundo de origen orgánico. La separación de horizontes descrita en el perfil responde a quiebres evidentes en la acumulación de materia orgánica más que a diferencias morfológicas entre los horizontes descritos. Corresponde a materia orgánica acumulada hasta los 94 cm.

Perfil (cm)	Descripción
0-25 O	Pardo (10YR3/3) en seco; pardo (10YR 3/3) en húmedo, no se puede determinar clase textural debido al alto contenido de materia orgánica; ligeramente plástico y no adhesivo; poros finos, medios y gruesos abundantes, raíces medias y gruesas abundantes; sin reacción al ácido clorhídrico; límite lineal claro
25-94 OA	Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1) en húmedo, no se puede determinar clase textural debido al alto contenido de materia orgánica; ligeramente plástico y no adhesivo; poros finos, medios y gruesos abundantes, raíces medias y gruesas abundantes; sin reacción al ácido clorhídrico.
	

10.3.2 Vegetación

En la quebrada Pastos Largos se realizaron 75 puntos Braun- Blanquet con una riqueza de 15 especies registradas, siendo *Deyeuxia velutina* la más recurrente registrándose en 36 puntos, seguida por *Zameioscirpus atacamensis* y *Oxycloe andina* registrada en 23 y 17 puntos respectivamente. En cuanto a coberturas se observó que estas variaron desde individuos aislados (r) hasta coberturas del orden de 50% (4) siendo las más altas coberturas asociadas a las especies *Zameioscirpus atacamensis* y *Deyeuxia Velutina*. En cuanto a las coberturas de Mantillo o rastrojo esta fluctuó entre 5 y 75%.

Tabla 10-7. Braun- Blanquet Quebrada Pastos Largos.

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet							
	<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	<i>Werneria pinnatifida</i>	<i>Adesmia echinus</i>	<i>Pappostipa frigida</i>	<i>Oxycloe andina</i>	<i>Festuca hypsophyla</i>	<i>Deyeuxia curvula</i>	<i>Carex sp</i>
1	r							
2	1		+					
3			1	2				
4								
5								
6			1					
7								
8								
9	1							
10	3			1				
11								
12	3				3	2		
13	+				+	+	1	
14								
15	4				4		1	
16	4				4			
17								
18			5					
19								
20								
21			1					



Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet							
	<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	<i>Werneria pinnatifida</i>	<i>Adesmia echinus</i>	<i>Pappostipa frigida</i>	<i>Oxycloe andina</i>	<i>Festuca hypsophyla</i>	<i>Deyeuxia curvula</i>	<i>Carex sp</i>
22	2				4	2		
23								
24	3				3	2		
25							+	
26								
27				1				
28								
29	1							
30	3							
31								
32				1				
33								
34								
35			r					
36								
37								
38	3			1	3		1	
39				1	1	4		
40	1	r		1	1	1		
41				5				
42					4	3		
43		r			1	1		

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun-Blanquet							
	<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	<i>Werneria pinnatifida</i>	<i>Adesmia echinus</i>	<i>Pappostipa frigida</i>	<i>Oxycloe andina</i>	<i>Festuca hypsophyla</i>	<i>Deyeuxia curvula</i>	<i>Carex sp</i>
44								
45	1						3	
46	1							
47								
48	2				2			
49	+							
50		r						
51	+							
52								
53	1							
54	2				2			
55	1				1			
56								
57								
58			r					
59	1				1		1	
60								
61								
62								
63			2					
64					2			3
65					5			2

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun-Blanquet							
	<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	<i>Werneria pinnatifida</i>	<i>Adesmia echinus</i>	<i>Pappostipa frigida</i>	<i>Oxycloe andina</i>	<i>Festuca hypsophylla</i>	<i>Deyeuxia curvula</i>	<i>Carex sp</i>
66							1	
67								
68			4					
69			3					
70			2					
71			2					
72			2					
73			1					
74								
75			1					

m: mantillo; oa: *Oxychloe andina*; fh: *Festuca hypsophylla*; dv: *Deyeuxia velutina*; za: *Zameioscirpus atacamensis*

Continuación Tabla 10-7

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun-Blanquet							
	<i>Deyeuxia eminens</i>	<i>Deyeuxia velutina</i>	<i>Deyeuxia sp.</i>	<i>puccinellia frigida</i>	<i>Calceolaria pinifolia</i>	<i>Azorella cryptantha</i>	<i>Calandrinia compacta</i>	Rastrojo/Mantillo
1								4 m - 1 (rastroy oa)
2								
3								
4								5 m
5								6 m
6								1 (Rastrojo za)
7								
8								5 m
9								
10								
11								4 (Ratrojo fh)
12	+	3						
13								
14		2						6 m
15	1	2						
16	+	+						
17								
18								
19								6 m
20								6 m



Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet							
	<i>Deyeuxia eminens</i>	<i>Deyeuxia velutina</i>	<i>Deyeuxia sp.</i>	<i>puccinellia frigida</i>	<i>Calceolaria pinifolia</i>	<i>Azorella cryptantha</i>	<i>Calandrinia compacta</i>	Rastrojo/Mantillo
21								2 m
22		2	2					
23								
24		2	2					
25		4		R				
26								
27								
28								
29	2	4						4 (rastroyo dv)
30	1	1						
31								
32			1					
33								
34	1	2	2					
35								
36		1						
37		4						
38		4						
39	1							
40		2	3					
41		+						
42		2						

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun-Blanquet							
	<i>Deyeuxia eminens</i>	<i>Deyeuxia velutina</i>	<i>Deyeuxia sp.</i>	<i>puccinellia frigida</i>	<i>Calceolaria pinifolia</i>	<i>Azorella cryptantha</i>	<i>Calandrinia compacta</i>	Rastrojo/Mantillo
43		3	1					
44		3	1					
45	1	4						
46		1	2					4 m
47								4 m
48		2						
49		3						
50		1						
51		3						
52		1						
53		2						
54		4						
55		3						
56		2						5 m
57		2						3 m
58								
59		2			r			
60	1	3				1	2	
61						3		
62		4					2	
63						(+)		
64	1	3					1	

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun-Blanquet							
	<i>Deyeuxia eminens</i>	<i>Deyeuxia velutina</i>	<i>Deyeuxia sp.</i>	<i>puccinellia frigida</i>	<i>Calceolaria pinifolia</i>	<i>Azorella cryptantha</i>	<i>Calandrinia compacta</i>	Rastrojo/Mantillo
65	(+)	(+)					(+)	
66	1	3				1		
67					3	1	(+)	
68								
69						(+)		
70								
71								
72								
73								
74								3 (rastrojo dv)
75								

m: mantillo; oa: *Oxychloe andina*; fh: *Festuca hypsophylla*; dv: *Deyeuxia velutina*; za: *Zameioscirpus atacamensis*

10.4 Quebrada Río Negro

10.4.1 Suelos

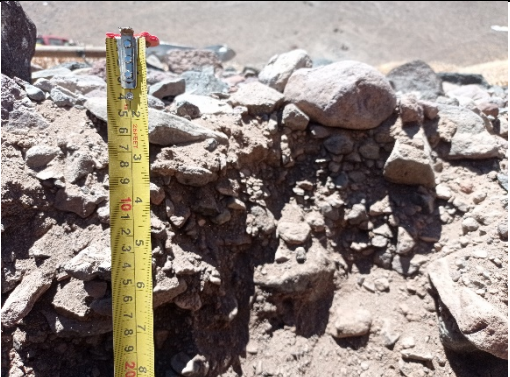
En la Quebrada Río Negro se realizaron 19 observaciones de suelo mediante barrenos y una calicata asociada a uno de los drenes observados en el lugar. En 8 de los puntos seleccionados los suelos presentaron sobre 90% de pedregosidad superficial y extremadamente firmes que hicieron infructuoso el uso del barreno. En los puntos donde fue posible su uso en dos de ellos predominó la clase textural arenosa con pedregosidad superficial de un 50%, llegando solo a los 60 cm de profundidad y en dos puntos sin pedregosidad superficial se llegó a los primeros 20 cm observándose un alto contenido de materia orgánica.

Tabla 10-8. Descripción suelos con barreno Río Negro.

Barreno	Profundidad (cm)	descripción
SRN1		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN2		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN3	0 - 60	Arenoso barreno no profundiza más por presencia de piedras
SRN4		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN5		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN6		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN7	0 - 60	arenoso, barreno no profundiza más por presencia de piedras
SRN8		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN9		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN10		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN11		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN12		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN14		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN15		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN16		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra
SRN17	0 - 20	alto contenido de materia orgánica en superficie
SRN18	0 - 20	alto contenido de materia orgánica en superficie
SRN19		no se puede determinar clase textural, extremadamente pedregoso. Barreno no entra

En cuanto a la descripción de la calicata SRN13 se observa un alto contenido de grava y rocas (muy abundante), sin estructura, sin raíces y con un límite lineal abrupto lo que es un indicativo de procesos de depositación de material, dado que el horizonte subsuperficial (<40 cm), presenta indicios de estructura, una clase textural moderadamente gruesa (Areno francosa) y presencia de raíces escasas.

Tabla 10-9. Descripción calicata Río Negro.

Perfil (cm)	Descripción
0-40 A	Pardo claro(7,5YR 6/3) en seco; pardo claro (10YR 6/3) en húmedo, no se puede determinar clase textural debido al alto contenido de grava y rocas en el perfil; sin estructura, grano suelto; no plástico y no adhesivo; sin reacción al ácido clorhídrico; limite lineal abrupto
40-75 A2	Pardo (10YR 3/3) en en húmedo, areno francoso; bloques subangulares medios debiles; ligeramente plástico y no adhesivo; poros finos y medios comunes, raíces finas escasas; sin reacción al ácido clorhídrico.
	

10.4.2 Vegetación

En Río Negro se realizaron 39 puntos de vegetación, registrándose 6 especies siendo *Adesmia echinus* la más representada observada en 30 de los puntos analizados seguida por *Pappostipa frigida* vista en 23 puntos. En cuanto a cobertura, prevalece la categoría Braun Blanquet 1 seguida por la categoría (+), en cuanto a condición prevalece la condición seca.

Tabla 10-10. Braun- Blanquet Quebrada Río Negro.

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet					
	<i>Adesmia echinus</i>	<i>Deyeuxia velutina</i>	<i>Festuca sp.</i>	<i>Pappostipa frigida</i>	<i>Parastrephia terestiucla</i>	<i>Werneria glaberrima</i>
1	+					
2	+				+	
3	+			+	R	
4	+					
5	1	r		+	+	

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun-Blanquet					
	Adesmia echinus	Deyeuxia velutina	Festuca sp.	Pappostipa frigida	Parastrephia terestiucla	Werneria glaberrima
6	2			+	+	
7	3	+		1	1	
8	+					
9	2			3	2	
10	1	+		1	2	
11	+					
12	1	+		1	2	
13	+					
14	3			2		
15	1					
16	1					
17	1			2	1	
18	1		+	1		
19	1	2	1			
20	1	3	2			2
21		4	+	3		
22		4	+	3		
23						1
24		4	+	3		
25	+		2	1		3
26		4	3	+		
27	R		1	+	1	
28	R		1			2
29	2		1	1		1
30	1					
31		4	2	1		
32	1		+	+		
33		4	2	1		
34		2	2	1		
35		2	1			
36	3			+		

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun-Blanquet					
	Adesmia echinus	Deyeuxia velutina	Festuca sp.	Pappostipa frigida	Parastrephia terestiucla	Werneria glaberrima
37	1					
38	1					
39	3			+		

10.5 Quebrada Tordillo

10.5.1 Suelos

En la Quebrada Tordillo se realizaron 9 observaciones de suelo mediante barreno, de las cuales en cinco puntos se observó clases texturales arenosas, en tanto en cuatro puntos no se pudo determinar la clase textural debido al alto contenido de materia orgánica, que dificulta la determinación de la textura de la fase inorgánica del suelo. No obstante, los suelos que presentan alto contenido de materia orgánica en superficie presentan sedimentos de tipo arenosos. En cuanto a la presencia de pedregosidad superficial (>25 cm) esta varió entre 0% (STo_01, STo_03, STo_04, STo_06 y STo_09), 20% (STo_02 y STo_04) y 50% (STo_07 y STo_08). Todos los suelos descritos se encontraron en posición de quebrada.

Tabla 10-11. Descripción suelos con barreno Q Tordillo.

Barreno	Profundidad (cm)	Descripción
STo_01	0-100	No se puede determinar la textura por presencia de alta concentración de materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
STo_02	0- 50	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STo_03	0-100	Sedimento arenoso en la superficie. No se puede determinar por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
STo_04	0-100	No se puede determinar la textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
STo_05	0- 50	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STo_06	0-100	Sedimento arenoso en la superficie. No se puede determinar por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
STo_07	0-50	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STo_08	0-50	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STo_09	0-30	Sedimento arenoso en la superficie. No se puede determinar por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
	30- 60	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.

10.5.2 Vegetación

En la Quebrada Tordillo se realizaron observaciones de vegetación en 17 puntos, con la metodología Braun Blanquet, registrándose 4 taxa, siendo *Deyeuxia velutina* la especie más representada registrada en 26 puntos, no obstante, en 11 de los puntos su condición fue catalogada como muerta. En cuanto a las coberturas observadas estas variaron entre categoría r y 4, siendo la categoría de cobertura más recurrente la 4 correspondiente a rastrojo de *Deyeuxia velutina*.

Tabla 10-12. Braun- Blanquet Quebrada Q. Tordillo.

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun-Blanquet				
	Adesmia echinus	Deyeuxia velutina	Festuca sp.	Zameioscirpus atacamensis	Rastrojo/mantillo
1		2	+		3 (rastrojo dv)
2		3	1		1 (rastrojo dv)
3				2	
4		3	1		
5		1			4 (rastrojo dv)
6		+			4 (rastrojo dv)
7		+			5 (rastrojo dv)
8		2	+		3 (rastrojo dv)
9		r			2 (rastrojo dv)
10				2	
11		4			2 (rastrojo dv)
12					4 (rastrojo dv)
13		2			3 (rastrojo dv)
14				1	
15	+			1	
16				2	
17		4			1 (rastrojo dv)

dv: *Deyeuxia velutina*

10.6 Quebrada Tinajas

10.6.1 Suelos

Se realizaron 13 observaciones de suelo en el sector de quebrada Tinajas, donde predominaron las clases texturales gruesas (arenoso) y en cuatro puntos no se evaluó por

el alto contenido de materia orgánica. La pedregosidad superficial varió entre 0% (STI_02, STI_05, STI_06 y STI_10), 20% (STI_01, STI_12 y STI_13), 30% (STI_04, STI_07, STI_08 y STI_09) y 50% (STI_03 y STI_11). Todos los suelos descritos se encontraron en posición de quebrada.

Tabla 10-13. Descripción suelos con barreno Q Tinajas.

Barreno	Profundidad (cm)	descripción
STI_01	0-50	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_02	0- 100	No se puede determinar la textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
STI_03	0- 60	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_04	0	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_05	0- 100	No se puede determinar la textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
STI_06	0- 30	No se puede determinar la textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
	30-50	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_07		Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_08	0	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_09	0	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_10	0-20	No se puede determinar la textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
	20-50	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_11	0	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_12	0- 20	No se puede determinar la textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
	20- 50	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.
STI_13	0	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en seco. Arenoso. Sin reacción al HCl. no plástico; no adhesivo.

10.6.2 Vegetación

En la quebrada Tinajas, de los 33 puntos evaluados para vegetación, se registraron 4 taxa siendo *Deyeuxia velutina* y *Adesmia echinus* las más recurrentes encontradas en 25 y 22

puntos respectivamente. En cuanto a cobertura, esta fluctuó entre categoría r y 4 siendo lo más observado la categoría r y + la cual se asoció a 23 especies. En cuanto a su condición, se observó la presencia de ejemplares muertos principalmente correspondientes a la especie *Deyeuxia velutina*

Tabla 10-14. Braun- Blanquet Quebrada Ciénaga Q. Tinajas.

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet				
	Adesmia echinus	Deyeuxia velutina	Festuca sp.	Zameioscirpus atacamensis	Rastrojo/mantillo
1		2	+		
2	+				1 (rastrojo dv)
3	+	r			
4	1				
5	+				
6	+				
7	1				
8	1				
9	1				
10		3	+		1 (rastrojo dv)
11	r			+	
12	1			+	
13	1				
14	1				
15		3	1	1	
16	1			1	
17	+	r	r		1 (rastrojo dv)
18					1 (rastrojo dv)
19		2			
20				1	
21		+	+		2 (rastrojo dv)
22		2	2		3 (rastrojo dv)
23				3	
24	r			+	
25	+	1			1 (rastrojo dv)
26		+	+		2 (rastrojo dv)
27	1			r	
28	1				
29	+				

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet				
	Adesmia echinus	Deyeuxia velutina	Festuca sp.	Zameioscirpus atacamensis	Rastrojo/mantillo
30	r				2 (rastrojo dv)
31		3	1		
32	1				
33	1			+	

10.7 Quebrada Vertiente 2

10.7.1 Suelos

Se realizaron 14 observaciones de suelo en el sector de Vertiente 2, donde predominaron las clases texturales gruesas (arenoso) donde en los lugares de vega se encuentra mezclada con abundante materia orgánica, en tanto en los sectores de vegetación con menores coberturas predominan los suelos minerales de tipo arenoso con abundante pedregosidad superficial.

Tabla 10-15. Descripción suelos con barreno Vertiente 2

Barreno	Profundidad (cm)	Textura
V1	0 - 20	Clase textural arenosa. Color pardo grisáceo (10YR5/2) en seco; pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; no plástico, no adhesivo Sin reacción al HCl. Grava gruesa, guijarros y piedras en más de un 50%
	20 -30+	Clase textural arenosa. Color pardo grisáceo (10YR5/2) en seco; pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; no plástico, no adhesivo Sin reacción al HCl. Grava gruesa, guijarros y piedras en más de un 50%
V2	0 -20	No se puede determinar textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
	20– 40+	Clase textural arenosa. Grava gruesa y grava media mezclada con arena y materia orgánica. no plástico, no adhesivo Sin reacción al HCl
v3	0 - 20	suelo mineral y pasto en champones
V4	0 – 20	Clase textural arenosa. Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; no plástico, no adhesivo Sin reacción al HCl. Grava gruesa, guijarros y piedras en más de un 50%
	20- 40+	Clase textural arenosa. Grava gruesa y grava media mezclada con arena y materia orgánica. no plástico, no adhesivo Sin reacción al HCl
V5	0 - 20	Arenoso pedregosidad abundante materia orgánica mezclada con arena y grava gruesa, pasto en champones
V6	0 - 20	Arenoso pedregosidad abundante materia orgánica mezclada con arena y grava gruesa, pasto en champones
V7	0 - 20	Arenoso pedregosidad abundante materia orgánica mezclada con arena y grava gruesa, pasto en champones
V8	0 - 20	Arenoso pedregosidad abundante materia orgánica mezclada con arena y grava gruesa, pasto en champones
V9	0 - 20	Arenoso pedregosidad abundante materia orgánica mezclada con arena y grava gruesa, pasto en champones
V10	0 - 20	Arenoso pedregosidad abundante sin materia orgánica

Barreno	Profundidad (cm)	Textura
V11	0 - 20	Arenoso pedregosidad abundante sin materia orgánica
V12	0- 30	No se puede determinar textura por presencia de mucha materia orgánica. Color Pardo muy oscuro (10YR2/2) en seco; negro (10YR 3/1). Sin reacción al HCl. Ligeramente plástico; no adhesivo.
	30 – 50+	Clase textural arenosa. Color pardo grisáceo (10YR5/2) en seco; pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; no plástico, no adhesivo Sin reacción al HCl. Grava gruesa, guijarros y piedras en más de un 50%
V13	0 - 20	Pedregosidad abundante arenoso sin materia orgánica
V14	0 - 20	Pedregosidad abundante arenoso sin materia orgánica

10.7.2 Vegetación

En la quebrada Vertiente 2, de los 23 puntos evaluados para vegetación, se registraron 8 taxa siendo *Deyeuxia velutina* y *Deyeuxia eminens* las más recurrentes encontradas en 14 y 11 puntos respectivamente. En cuanto a cobertura, esta fluctuó entre categoría + y 6 siendo lo más observado la categoría 1 y 2 la cual se asoció a 10 especies. En cuanto a su condición, se observó la presencia de mantillo en las coordenadas 506.872 m E y 7.031.882 m N

Tabla 10-16. Braun- Blanquet Quebrada Vertiente 2.

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet								
	<i>Oxychloe andina</i>	<i>Deyeuxia curvula</i>	<i>Deyeuxia velutina</i>	<i>Deyeuxia eminens</i>	<i>Senecio sp</i>	<i>Werneria pinnatifida</i>	<i>Calandrinia compacta</i>	<i>Adesmia echinus</i>	Rastrojo/ mantillo
1			4	2					
2			4	2			(+)		
3	6		1						
4								3	
5	5		2						
6	5		1				(+)		
7	1		3	1					5
8			3	1		(+)			
9	5		2	1					
10	3		2	2					
11								3	
12			2	2					
13			4	2					
14	5		1	1					
15		1	4	2					
16								5	
17		1	4	1					
18								4	
19								1	

Puntos de monitoreo	Especies vegetales/Código Braun- Blanquet								
	<i>Oxychloe andina</i>	<i>Deyeuxia curvula</i>	<i>Deyeuxia velutina</i>	<i>Deyeuxia eminens</i>	<i>Senecio sp</i>	<i>Werneria pinnatifida</i>	<i>Calandrinia compacta</i>	<i>Adesmia echinus</i>	<i>Rastrojo/ mantillo</i>
20					(+)			1	
21								4	
22								1	
23								3	

11 ANEXO D: PROTOCOLO DE RIEGO Y PROPAGACION

Dentro de las labores a realizar para la reparación ex situ de quebradas es que se propone la rehidratación de los suelos con presencia de vegetación azonal mediante técnicas de riego y la propagación de plantas mediante la técnica de champeo y replante de propágulos de especies dominantes. A continuación, se detalla los trabajos a realizar.

11.1 Riego y construcción de surcos sinuosos

Esta labor, se realizará entre los meses de octubre y abril con el fin de coincidir con la época de crecimiento de la vegetación. La primera etapa de este ítem es la construcción de tacos en el área de escurrimiento superficial con el fin de promover un área de inundación adecuada para la construcción de los surcos que alimenten el área de vega. Estos tacos no serán permanentes por lo cual su construcción se realizará con material de la propia quebrada mediante el uso de herramientas manuales como pala y chuzo. Según la quebrada en cuestión se prevé la construcción de 12 tacos los que se detallan a continuación:

Tabla 11-1. Número de tacos considerados por quebrada.

Quebrada	Numero de Tacos
Ciénaga	3
Colorado	4
Tordillo	2
Tinaja	2
Vertiente 2	1

Esta labor se realizará de manera secuencial en las quebradas que tengan más de un taco previsto siempre comenzando con las labores aguas arriba realizando esta labor semana por medio.

Una vez construido el taco y se produzca la acumulación de agua en el cauce principal se procederá a conducir el agua mediante la construcción de surcos sinuosos ya sea con pala o azadón a las zonas que se encuentren más secas o con presencia de vegetación en estado pobre o denudado manteniendo el riego a menos por tres días consecutivos, tapando las áreas ya hidratadas (saturadas) y conduciendo el agua a zonas más secas mediante la construcción de nuevos surcos. La frecuencia de estos riegos se realizará dos veces al mes manteniéndose el riego, en el área afecta al taco principal, mediante surcos 7 días a la semana.

Una vez terminado la semana de riego se abrirá el taco principal para mantener el flujo normal del caudal en la quebrada.

11.2 Método de Champeo y replante de propágulos

AL igual que el método de riego esta labor se realizará entre los meses de octubre y abril con énfasis en los meses de febrero y marzo correspondiente a la época de mayor actividad de la vegetación. El material vegetativo para la realización de estas labores se obtendrá de sectores con vegetación en buen estado en la misma quebrada y de no existir se obtendrán de la Quebrada Pastos Largos en los puntos evaluados donde se encontró vegetación en buen estado.

La plantación de estos propágulos se realizará en núcleos de vegetación y se estima la utilización de esta técnica en zonas con presencia de vegetación pobre y denudada. Cada núcleo tendrá una superficie de 100 m² (10 x 10 m) se estima un número total de plantas por núcleo de 250 individuos los cuales podrán provenir ya sea de propágulos o de champeo. En total se estima el establecimiento de un total de 40 núcleos distribuidos de la siguiente forma.

Tabla 11-2. Número de núcleos de vegetación considerados por quebrada.

Quebrada	Número de Núcleos de vegetación
Ciénaga	5
Colorado	15
Tordillo	3
Tinaja	3
Pastos Largos	14

Como ya se mencionó el material vegetativo se obtendrá a partir de plantas madre principalmente especies que conforman el pajonal hídrico (*Deyeuxia* sp, *Festuca* sp), las plantas madre deberán presentar buen estado, sanas y crecimiento acorde a la época del año en la cual se encuentran. Una vez elegida la planta madre esta será removida del terreno con pala y chuzo cuidando de mantener las raíces en buen estado y ojalá manteniendo el suelo que salga junto a las raíces. Esta planta madre podrá ser plantada directamente (champeo principalmente individuos de menor tamaño) o bien como propágulo en el caso de individuos de mayor tamaño.

Una vez obtenida la planta madre para la obtención de propágulos esta será dividida con tijeras podadoras en mínimo 20 a 30 propágulos con el cuidado de mantener las raíces en buen estado.

La plantación ya sea de propágulos o plantas de champeo se realizará al interior del núcleo al azar con el fin de mantener la heterogeneidad del terreno, se realizará una perforación con una profundidad dos veces mayor al tamaño de las raíces de cada propágulo o planta de champeo.

Previo a la plantación del propágulo la zona radicular será rociada con un aspersor con un enraizante natural y en el fondo de la perforación se introducirá un hidro gel en dosis comercial con el fin de mantener una disponibilidad hídrica permanente a los nuevos propágulos. Una vez finalizada estas labores se procederá a la plantación del propágulo o champa cuidando de tapar el área radicular con una mezcla de suelo con agua e hidrogel.

Una vez establecidos los núcleos de vegetación se deberá realizar un seguimiento semanal con el fin de evaluar la sobrevivencia y crecimiento de los individuos plantados y en el caso de muerte de individuos repetir nuevamente el proceso.