



## **SEMINARIO**

# **“ANÁLISIS GEOLOGICO- GEOMORFOLOGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”**

### **ALUMNOS:**

**Nazaria Rosalí Barbieri MU N° 521**

**María Constanza Herrera Castellanos MU N° 520**

### **DIRECTORA:**

**Dra. Adriana E. Niz**

### **CO DIRECTOR:**

**Ing. Marcelo E. Savio**

**AÑO 2018**



## **SEMINARIO**

# **“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”**

### **ALUMNOS:**

**Nazaria Rosalí Barbieri MU N° 521**

**María Constanza Herrera Castellanos MU N° 520**

### **DIRECTORA:**

**Dra. Adriana E. Niz**

### **CO DIRECTOR:**

**Ing. Marcelo E. Savio**

**AÑO 2018**

## **AGRADECIMIENTOS:**

En primer lugar, queremos agradecer a la Universidad Nacional de Catamarca, a la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, al Departamento de Geología que nos dieron la oportunidad de estudiar y alcanzar esta meta tan anhelada y que con tanto sacrificio obtuvimos.

A nuestra Directora Dra. Adriana Niz que nos supo guiar, aconsejar y por estar siempre a disposición nuestra, a nuestro Co Director Ing. Agrim. Marcelo Savio. Al personal del Instituto de Monitoreo y Control de la Degradación Geoambiental (IMCoDeG) que nos brindó el espacio necesario para reunirnos y elaborar el informe final, y en especial a la Dra. Valle Ortiz por su permanente predisposición.

También queremos agradecer a nuestros compañeros que nos brindaron su tiempo y ayuda en esta etapa tan linda y difícil a la vez.

### **Agradecimiento de Nazaria Rosalí Barbieri:**

Agradezco a mis padres Laura Pachado y Francisco Barbieri, a mis hermanos Fabiola, Milide, Giovanni y a Gastón López por el apoyo incondicional, a mis tíos y primos que estuvieron presentes a lo largo de mi carrera.

También quiero agradecer a mis amigos quienes estuvieron en todo momento dándome palabras de aliento y acompañándome, durante el recorrido por esta hermosa carrera.

### **Agradecimiento de María Constanza Herrera Castellanos:**

Antes que nada, quiero agradecer a toda mi familia por acompañarme en este camino tan lindo, especialmente a mis padres Jorge Herrera Castellanos y Adriana Andina por brindarme todas las herramientas necesarias para poder llegar a mi meta, les estaré eternamente agradecida. También quiero agradecerle a Esteban Vega, mi compañero de años, siempre predispuesto a ayudarme cuando lo necesito y quien me apoyó y transitó a la par toda la carrera. Gracias a mis amigos y compañeros con quienes compartí días y noches de estudio. Estoy agradecida a la vida por lo que me toca vivir hoy, puedo decir que soy inmensamente feliz.

## INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I: INTRODUCCION .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 UBICACIÓN Y VIAS DE ACCESO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	2
1.2 FUNDAMENTO .....	4
1.3 OBJETIVOS: .....	5
1.3.1 OBJETIVOS GENERALES .....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.4 METODOLOGÍA GENERAL .....	6
1.4.1 PRIMERA ETAPA: .....	6
1.4.2 SEGUNDA ETAPA: .....	6
1.4.3 TERCERA ETAPA: .....	7
1.5 ESTRUCTURA DEL TRABAJO .....	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA EVALUADA .....	9
2.2 CARACTERÍSTICAS ARQUEOLÓGICAS .....	13
2.3 CONCEPTOS DE CUENCA: .....	16
2.3.1 DIVISION DE LA CUENCA COMO UNIDAD DE GESTION .....	17
2.4 CONCEPTOS DE GEOFORMAS DE ORIGEN FUVIAL .....	18
2.4.1 SISTEMA DE DRENAJE DE LA CUENCA HIDROGRAFICA .....	18
2.5 CONCEPTOS DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA .....	20
2.5.1 TIPOS DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA .....	22
2.6 CONCEPTO DE GEOFORMAS DE ORIGEN ANTROPICO. ....	22
2.7 CONCEPTOS SOBRE – AMENAZA - VULNERABILIDAD- RIESGO .....	23
2.7.1 AMENAZA .....	23
2.7.2 VULNERABILIDAD .....	23
2.7.3 RIESGO .....	24
2.7.4 MITIGACIÓN .....	24
2.8 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE UNA CUENCA: .....	25
2.8.1 PARÁMETROS GENERALES DE UNA CUENCA: .....	26
2.8.2 PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN LA FORMA DE UNA CUENCA: .....	26
2.8.3 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE CANALES .....	28
CAPITULO III: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO .....	31
3.1 HIDROLOGÍA: .....	32
3.2 GEOMORFOLOGÍA: .....	34
3.3 FITOGEOGRAFÍA .....	34
3.4 CLIMA: .....	35
3.5 GEOLOGÍA REGIONAL: .....	41

3.5.1 GEOLOGÍA DEL CONTEXTO LOCAL .....	41
CAPITULO IV: RESULTADOS ALCANZADOS - GEOMORFOLOGIA APLICADA .....	46
4.1 GEOMORFOLOGÍA DE LAS SUBCUENCAS DEL RÍO EL TALA .....	47
4.2 AGENTES MORFOGENERADORES.....	49
4.3 COMPORTAMIENTO HIDROGRÁFICO DEL RIO EL TALA .....	52
4.4 PARTES DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA .....	53
4.4.1 MICROCUENCA N° 1 .....	54
4.4.2 MICROCUENCA N° 2 .....	55
4.4.3 MICROCUENCA N° 3 .....	57
4.4.4 MICROCUENCA N° 4 .....	61
4.4.5 MICROCUENCA N° 5 .....	62
4.4.6 MICROCUENCA N° 6 .....	63
4.5 ANÁLISIS MORFOMETRICO DE LA SUBCUENCA ALTA.....	65
4.6 ANÁLISIS MORFOMETRICO DE LA SUBCUENCA MEDIA .....	70
4.7 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS MORFOMETRICO DE LAS SUBCUENCAS .....	77
4.8 PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN EL RELIEVE DE LA SUBCUENCA: .....	78
4.9 PERFILES ALTIMETRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RIO EL TALA .....	80
4.10 RIESGOS Y AMENAZAS LOCALES .....	86
4.10.1 AMENAZAS DEBIDAS A LA ACCIÓN FLUVIAL: .....	90
4.10.2 AMENAZAS DEBIDO A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA .....	92
4.10.4 AMENAZAS DEBIDO A LA ACCIÓN ANTRÓPICA.....	104
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	111
5.1 CONCLUSIONES.....	112
5.2 RECOMENDACIONES .....	113
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA .....	114
5.1 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:.....	115
5.2 REFERENCIA: .....	116
5.3 PÁGINAS DE INTERNET CONSULTADAS .....	117
CAPITULO VII: ANEXOS.....	119

#### INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	3
FIGURA 2: VIAS DE ACCESO A LA QUEBRADA DE EL TALA. ....	3
FIGURA 3: ÁREA GENERAL DE ESTUDIO. ....	4
FIGURA 4: SENDAS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SITIOS. ....	16
FIGURA 5: DIFERENCIA ENTRE CUENCA HIDROGRÁFICA E HIDROLÓGICA.....	17
FIGURA 6: DIVISIÓN DE CUENCA.....	18
FIGURA 7: PATRONES DE DRENAJE TÍPICOS. ....	29
FIGURA 8: SISTEMA DE JERARQUIZACIÓN.....	30

FIGURA 9: CAMBIO DE RUMBO DEL RIO EL TALA. ....	32
FIGURA 10: MAPA DE CLIMAS DE CATAMARCA. FUENTE: ATLAS CATAMARCA. ....	36
FIGURA 11: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN LA CARTA GEOLÓGICA 14 F SAN FERNANDO. ....	41
FIGURA 12: ZONA DE DENUDACION EN LA SUBCUENCA ALTA. ....	49
FIGURA 13: CÁRCAVAS EN LAS LADERAS DE LA SUBCUENCA ALTA. ....	50
FIGURA 14: SEÑALIZACIÓN DE UN NIVEL DE TERRAZA. ....	51
FIGURA 15: ACUMULACIÓN DE DEPÓSITOS COLUVIALES AL PIE DE LA SIERRA DEL COLORADO. ....	51
FIGURA 16: NACIENTE DEL RIO EL TALA. ....	52
FIGURA 17: CAMBIO DE RUMBO DEL RIO PRINCIPAL. ....	52
FIGURA 18: RECORRIDO DEL RIO PRINCIPAL A LO LARGO DE LA RUTA PROVINCIAL N°4. ....	53
FIGURA 19: DIVISIÓN DE MICROCUENCAS. ....	54
FIGURA 20: ACUMULACION DE MATERIAL EN LA MICROCUENCA N°1 ....	55
FIGURA 21: BLOQUES DE LA MICROCUENCA N°2 ....	56
FIGURA 22: ASENTAMIENTOS EN LA MICROCUENCA N°3. ....	57
FIGURA 23: BLOQUES DE LA MICROCUENCA N°3. ....	58
FIGURA 24: UBICACION DE LAS EDIFICACIONES EN EL CODO DEL RIO EL TALA. ....	62
FIGURA 25: DESLIZAMIENTO DE LADERA EN LA MICROCUENCA N° 5. ....	62
FIGURA 26: DESLIZAMIENTO DE LADERA EN LA MICROCUENCA N° 6. ....	63
FIGURA 27: EDIFICACIONES EN LA MICROCUENCA N°6. ....	64
FIGURA 28: ÁREA DE LA CUENCA ALTA CON SOMBREADO CUADRICULAR. ....	65
FIGURA 29: LONGITUD Y ANCHO MÁXIMO DE LA SUBCUENCA ALTA. ....	66
FIGURA 30: CIRCUNFERENCIA PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD DE LA SUBCUENCA ALTA. ....	67
FIGURA 31: LONGITUD DE LA SUBCUENCA ALTA, ....	68
FIGURA 32: LONGITUD DE CADA CAUCE DE LA SUBCUENCA ALTA. ....	68
FIGURA 33: PERFIL ALTIMÉTRICO DE LA SUBCUENCA ALTA. ....	69
FIGURA 34: ÁREA DE LA SUBCUENCA MEDIA ....	70
FIGURA 35: LONGITUD Y ANCHO MÁXIMO DE LA SUBCUENCA MEDIA. ....	71
FIGURA 36: CIRCUNFERENCIA PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD DE LA SUBCUENCA MEDIA. ....	72
FIGURA 37: LONGITUD DE LA SUBCUENCA MEDIA ....	73
FIGURA 38: LONGITUD DE CADA CAUCE DE LA SUBCUENCA MEDIA. ....	73
FIGURA 39: PERFIL ALTIMÉTRICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA SUBCUENCA MEDIA. ....	75
FIGURA 40: MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM). ....	80
FIGURA 41: PERFIL 1 SUBCUENCA ALTA. ....	81

FIGURA 42: PERFIL 2 SUBCUENCA ALTA, ABARCA LAS MICROCUENCAS 2 Y 3. ....	81
FIGURA 43: PERFIL 3 SUBCUENCA ALTA. ....	82
FIGURA 44: PERFIL 4 EN LA DESEMBOCADURA DE LA SUBCUENCA ALTA. ....	82
FIGURA 45: PERFIL 5 EN EL INICIO DE LA SUBCUENCA MEDIA. ....	83
FIGURA 46: PERFIL 6 EN LA SUBCUENCA MEDIA. ....	83
FIGURA 47: PERFIL 7 EN EL SECTOR MEDIO DE LA SUBCUENCA MEDIA. ....	84
FIGURA 48: PERFIL 8 EN LA SUBCUENCA MEDIA. ....	84
FIGURA 49: PERFIL 9 EN EL SECTOR INFERIOR DE LA SUBCUENCA MEDIA. ....	85
FIGURA 50: PERFIL 10 EN EL SECTOR LÍMITE DE LA SUBCUENCA MEDIA. ....	85
FIGURA 51: DESLIZAMIENTOS DE LADERAS EN LA SUBCUENCA MEDIA. ....	97
FIGURA 52: DESLIZAMIENTOS DE LADERAS EN LA SUBCUENCA MEDIA. ....	99
FIGURA 53: DESLIZAMIENTOS DE LADERAS EN LA SUBCUENCA MEDIA. ....	101
FIGURA 54: DESLIZAMIENTOS DE LADERAS EN LA SUBCUENCA MEDIA. ....	102
FIGURA 55: SECTOR 1 DE LA QUEBRADA DEL RIO EL TALA. ....	105
FIGURA 56: SECTOR 2 DE LA QUEBRADA DEL RIO EL TALA. ....	106
FIGURA 57: SECTOR 3 DE LA QUEBRADA DEL RIO EL TALA. ....	107
FIGURA 58: SECTOR 4 DE LA QUEBRADA DEL RIO EL TALA. ....	108
FIGURA 59: SECTOR 5 DE LA QUEBRADA DEL RIO EL TALA. ....	109

#### INDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFÍA 1: VEGETACIÓN DE ALTURA DOMINANTE EN LA SUBCUENCA ALTA. ....	35
FOTOGRAFÍA 2: A. ....	59
FOTOGRAFÍA 3: B. ....	59
FOTOGRAFÍA 4: C. ....	60
FOTOGRAFÍA 5: D. ....	60
FOTOGRAFÍA 6: E. ....	61
FOTOGRAFÍA 7: DESLIZAMIENTO DE LA FIGURA N° 28. ....	64
FOTOGRAFÍA 8: AVANCE DEL RIO PRINCIPAL. ....	90
FOTOGRAFÍA 9: VIVIENDA A LA VERA DEL RIO PRINCIPAL. ....	91
FOTOGRAFÍA 10: TAPONAMIENTO DEL RIO PRINCIPAL. ....	91
FOTOGRAFÍA 11: BLOQUES AL COSTADO DE LA RUTA PROVINCIAL N°4. ....	92
FOTOGRAFÍA 12: ASENTAMIENTO DE LA RUTA POR FILTRACIÓN. ....	92
FOTOGRAFÍA 13: MATERIAL ACUMULADO EN EL PIEDEMONTE. ....	93
FOTOGRAFÍA 14: BLOQUES AL COSTADO DE LA RUTA PROVINCIAL N°4. ....	93
FOTOGRAFÍA 15: BLOQUES DE LADERA. ....	94
FOTOGRAFÍA 16: INCLINACIÓN DE LA ESQUISTOSIDAD. ....	94

FOTOGRAFÍA 17: DESLIZAMIENTOS DE GRANDES DIMENSIONES EN EL LADO ESTE DE LA RUTA PROVINCIAL Nº4.....	95
FOTOGRAFÍA 18: CORRIMIENTO DE LA RUTA.....	95
FOTOGRAFÍA 19: DESLIZAMIENTOS DE GRANDES DIMENSIONES.....	96
FOTOGRAFÍA 20: FOTOGRAFÍA QUE REPRESENTA LA FIGURA Nº 51.....	98
FOTOGRAFÍA 21: FOTOGRAFÍA QUE REPRESENTA LA FIGURA Nº 52.....	100
FOTOGRAFÍA 22: FOTOGRAFÍA QUE REPRESENTA LA FIGURA Nº 54.....	103
FOTOGRAFÍA 23: EDIFICACIONES NUEVAS Y LOS ASENTAMIENTOS QUE SE UBICAN A LA VERA DEL CAUCE PRINCIPAL.....	110
FOTOGRAFÍA 24: CANALIZACIÓN INSUFICIENTE.....	110

### INDICE DE TABLAS

TABLA 1: CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÁREA DE DRENAJE.....	26
TABLA 2: CLASIFICACIÓN DE LA PENDIENTE SEGÚN D.S. Nº 017-2009-.....	30
TABLA 3: MÁXIMOS DIARIOS ANUALES EN LA ESTACIÓN EL JUMEAL.....	37
TABLA 4: MÁXIMOS DIARIOS ANUALES EN LA ESTACIÓN EL RODEO.....	38
TABLA 5: VALORES DE LAS PRECIPITACIONES DURANTE EL PERIODO 1985 – 1986 EN LA ESTACIÓN PRED002 – EL RODEO.....	39
TABLA 6: M VALORES DE LAS PRECIPITACIONES DURANTE EL PERIODO 1982 – 1983 EN LA ESTACIÓN PRED160 - EL JUMEAL.....	40
TABLA 7: PARÁMETROS GENERALES DE LA SUBCUENCA ALTA.....	65
TABLA 8: DESNIVEL ALTITUDINAL DE LA SUBCUENCA ALTA.....	66
TABLA 9: TABLA Nº 9: FACTOR DE FORMA DE LA SUBCUENCA ALTA.....	66
TABLA 10: COEFICIENTE DE COMPACIDAD DE LA SUBCUENCA ALTA.....	67
TABLA 11: FACTOR DE HORTON PARA LA SUBCUENCA ALTA.....	67
TABLA 12: DENSIDAD DE DRENAJE DE LA SUBCUENCA ALTA.....	68
TABLA 13: PENDIENTE MEDIA DE LA SUBCUENCA ALTA.....	69
TABLA 14: PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA SUBCUENCA ALTA.....	69
TABLA 15: PARÁMETROS GENERALES DE LA SUBCUENCA MEDIA.....	70
TABLA 16: EL DESNIVEL ALTITUDINAL DE LA SUBCUENCA MEDIA.....	71
TABLA 17: FACTOR DE FORMA DE LA SUBCUENCA MEDIA.....	71
TABLA 18: COEFICIENTE DE COMPACIDAD DE LA SUBCUENCA MEDIA.....	72
TABLA 19: FACTOR DE HORTON PARA LA SUBCUENCA MEDIA.....	72
TABLA 20: DENSIDAD DE DRENAJE DE LA SUBCUENCA MEDIA.....	73
TABLA 21: PENDIENTE MEDIA DE LA SUBCUENCA MEDIA.....	74
TABLA 22: PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA SUBCUENCA MEDIA.....	74

TABLA 23: PARÁMETROS OBTENIDOS. ....77

### INDICE DE MAPAS

MAPA 1: HIDROLOGÍA SUPERFICIAL. ....33  
MAPA 2: MAPA GEOLÓGICO.....45  
MAPA 3: MAPA GEOMORFOLÓGICO.....48  
MAPA 4: SISTEMA DE JERARQUIZACIÓN.....76  
MAPA 5: MAPA TOPOGRÁFICO.....79  
MAPA 6: MAPA DE PENDIENTES.....87  
MAPA 7: MAPA DE RIESGO.....88  
MAPA 8: MAPA DE AMENAZAS.....89

## RESUMEN:

El presente trabajo fue realizado por las alumnas Barbieri, Nazaria Rosalí MU N° 521 y Herrera Castellanos, María Constanza MU N° 520, a efectos de dar cumplimiento con los requisitos para acceder al título de grado de Licenciado en Geología, de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas – Universidad Nacional de Catamarca. Representa una integración de los conocimientos, destrezas y habilidades adquiridos durante el proceso de enseñanza – aprendizajes impartidos.

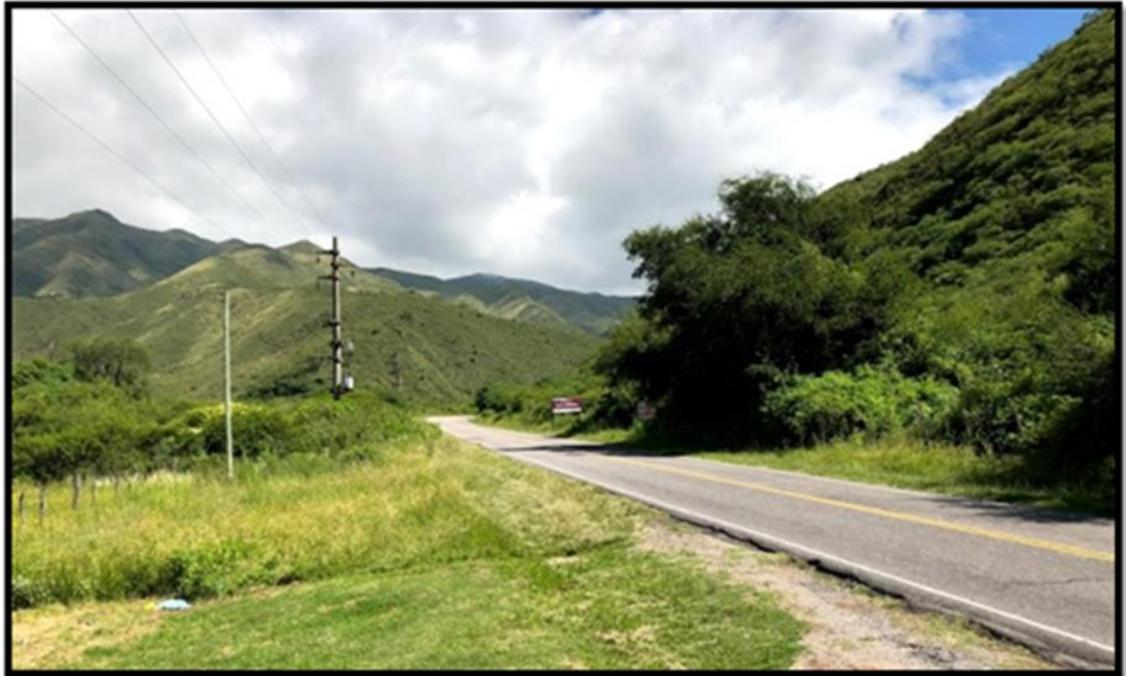
Las actividades se desarrollaron en la subcuenca del Río El Tala, ubicada entre la ladera oriental de la sierra de Ambato y la ladera occidental de la sierra del Colorado, corresponde a un área potencialmente vulnerable a los riesgos geo-ambientales ocasionados por la crecida del Río El Tala, dadas las características topográficas de la Quebrada, son muy comunes los procesos de remoción en masa, potenciados por la interacción con la actividad antrópica.

La subcuenca general es compuesta, debido a la combinación de dos subcuencas distintas respecto de su forma y relieve, dado que la subcuenca alta representa el área cumbral, con un importante porcentaje cubierto de depósitos loessoides que suavizan su relieve, y el resto roca expuesta al intemperismo, de forma subredondeada y la subcuenca media, que representa el valle tectónico, estrecho, de laderas escarpadas con un alto porcentaje de ocupación antrópica y que constituye la quebrada en sí misma, es de forma angular y encajonada, por lo que, la dinámica fluvial es diferente para cada una y los procesos morfodinámicos se desarrollan de acuerdo a esa característica.

En cada una de ellas se aplicó una metodología específica, el trabajo se dividió en tres etapas, la primera comprendió las tareas de gabinete previas a los trabajos de campo, interpretación de imágenes satelitales, confección de cartografía geológica, geomorfológica, topográfica, de hidrología superficial, utilizando softwares AutoCAD 2015, Global Mapper, Google Earth Pro, ArcGis; en la segunda etapa se concretó el control de campo, corrigiendo, correlacionando y ajustando la cartografía confeccionada en la zona de investigación, con la observación directa en el campo de las diversas geoformas presentes, y de todas las características del relieve, relevando puntos estratégicos con navegador GPS, para facilitar el posicionamiento de campo en la cartografía. Asimismo, se describieron in situ y se tomaron fotografías de las geoformas debidas a procesos hídricos y de remoción en masa que pudieran implicar una amenaza.; la tercera etapa consistió en la corrección y elaboración definitiva de la cartografía y el informe final correspondiente, que aquí se presenta.

La Quebrada de El Río El Tala, integra la Ruta Provincial N° 4, que comunica el Valle Central, donde se asienta la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, con las localidades de El Rodeo, Las Juntas, Piedras Blancas, La Puerta, Los Varelas, etc. Todos Valles Turísticos de gran atractivo, no solo para visitantes de la provincia sino también de otras provincias de Argentina y el exterior, por lo que es de gran importancia analizar su vulnerabilidad, las amenazas debidas a procesos geológicos combinados con la actividad antrópica y el clima, para definir el riesgo potencial.

Una vez concluidas las investigaciones, la comprobación de campo y gabinete, se estableció el comportamiento de la cuenca y la respuesta frente a eventos comunes y extraordinarios, en función de ello se estableció que la quebrada de El Tala, al ser encajonada, deja muy poco margen para el desarrollo de geoformas laterales al cauce, por lo que la dinámica fluvial genera, en la zona de estudio dos, tipos principales de geoformas: terrazas y abanicos, en los cuales se realizaron modificaciones antrópicas para construir edificaciones poniendo en riesgo la vida de quienes las habitan.



## CAPITULO I: INTRODUCCION

## 1. INTRODUCCIÓN

La sociedad en general es vulnerable frente al impacto de un evento geológico potencialmente destructor, como, por ejemplo: terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, avalanchas, incendios, deforestación, contaminación, deslizamientos de tierras, entre otros.

Esta vulnerabilidad está relacionada con las transformaciones en el ambiente físico y natural, que merman las potencialidades y la resiliencia de las sociedades y de los ecosistemas de los cuales dependemos para nuestra subsistencia.

Consecuentemente, el riesgo geológico puede ser inducido y/o potenciado por una gran variedad de fenómenos, en adición a los puramente geológicos, como la acción del hombre, por ejemplo.

Entender y reducir el riesgo geológico comprende la sumatoria de diversas acciones sistemáticas enfocadas al análisis, evaluación, valoración y gestión de los factores que contribuyen a la ocurrencia de los mismos, es un proceso sistemático de planificación, toma de decisiones y promoción de acciones a llevar a cabo antes, durante y después de la ocurrencia de un evento de desastre, concibiendo la planificación de los riesgos geológicos como la acción que tiene por objeto la elaboración de medidas destinadas a hacer frente a los daños que estos pudieran provocar. Estas medidas consisten en identificar, predecir, prevenir y corregir, cuando es posible, esos riesgos. No puede entenderse como una actividad que obedece a acciones aisladas, sino como un componente que se integra horizontalmente en todas las actividades de un territorio; es parte del proceso integral del desarrollo local y de la planificación estratégica del mismo.

Por lo tanto, la reducción del riesgo derivado de eventos geológicos debe ser entendida como un proceso integral, transversal y permanente en los procesos normales y cotidianos de desarrollo sustentable y sostenible de un territorio.

Estos conocimientos podrían llevar a la construcción de sociedades más resistentes o al menos más recuperable contra potenciales desastres y educar a la gente para que tenga mejor reacción, a través de una mejor instrucción de los que toman decisiones.

En este contexto, el estudio de la Quebrada del Río El Tala constituye un aporte muy importante para la gestión de un área por su condición, no solo de vía de comunicación con los valles turísticos y para la comunidad que mora en ella, sino también para la influencia que tiene en la zona este y sur de la ciudad Capital y el aporte al Dique El Jumeal, fuente de provisión de agua para varios barrios de ese sector.

### 1.1 UBICACIÓN Y VIAS DE ACCESO DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada al oeste de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, perteneciendo a la gran cuenca del Río del Valle, abarca parte del Dpto. Ambato, Capayán y Capital (Figura N° 1).

Se trata de una subcuenca compuesta, que se integra por la confluencia de cuatro tributarios principales que drenan en un canal colector, el Río El Tala, que discurre en sentido O-E, nace en las cumbres de los Cerros Crestón y Pabellón, en las coordenadas de 28°19'34.55" latitud sur y 65°53'40.76" longitud oeste, forma un codo de 90° tomando una dirección N-S, drenando un valle encajonado a lo largo de 15,5 km. entre la cumbre de Los Ángeles al oeste y sierra del Colorado al este. En la región donde se acoda el río se encuentra el paraje de El Tala, es la comunidad que se encuentra a mayor altitud del departamento Capital. La Calera y Loma Cortada son otras localidades que se asientan en la quebrada.

“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA ”

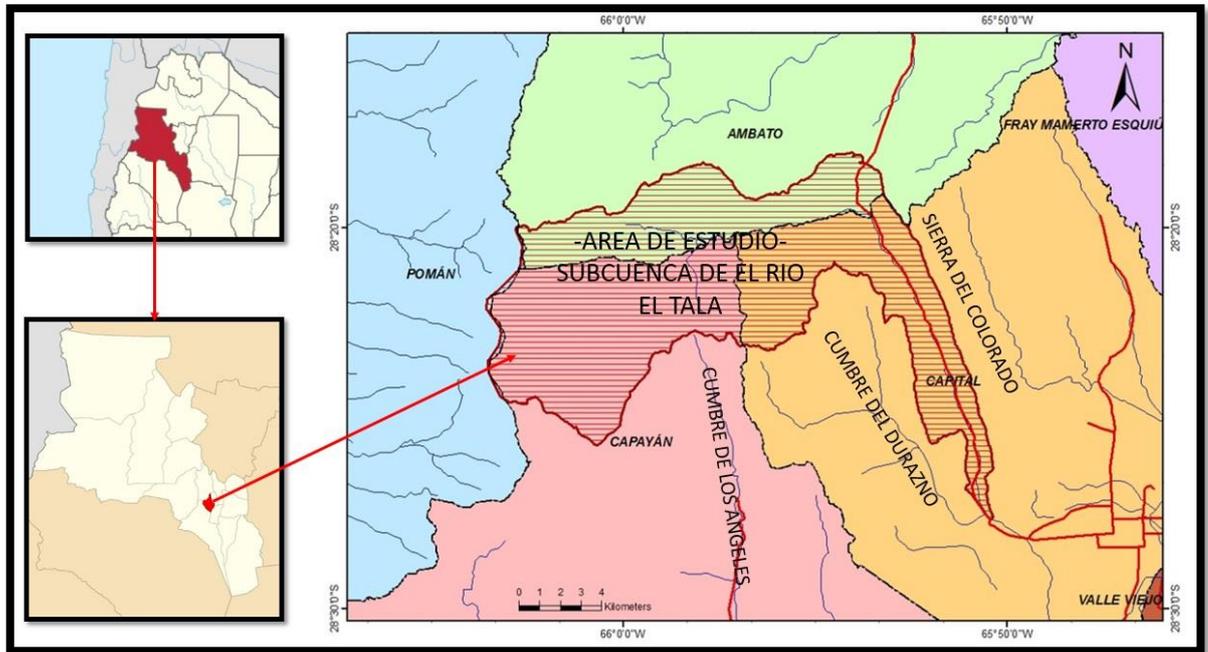


Figura 1: Ubicación del área de estudio.

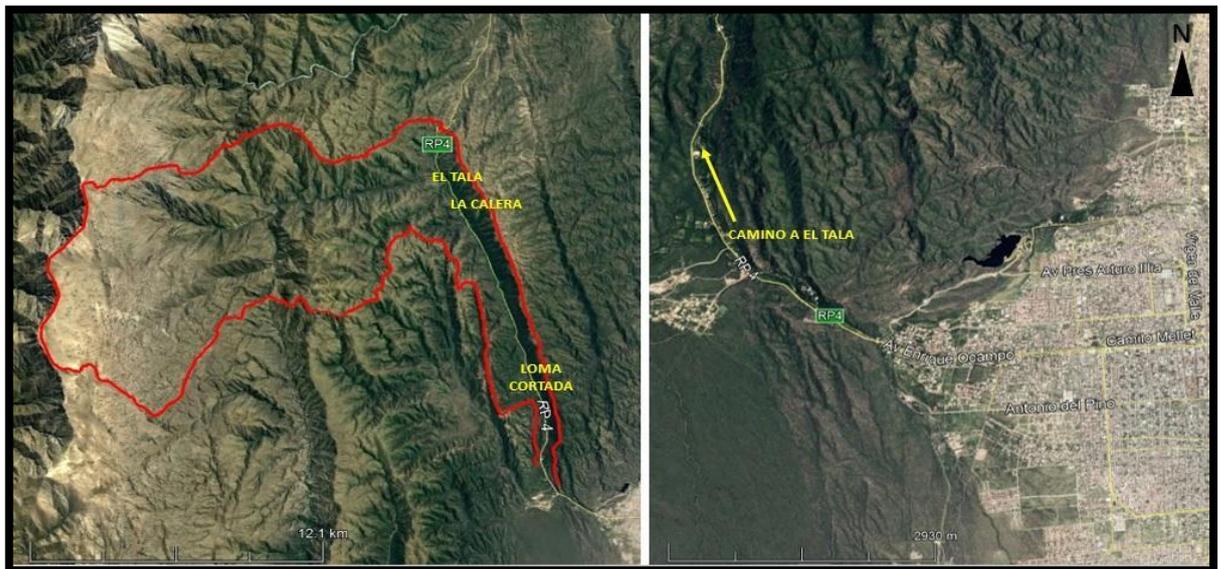


Figura 2: Vías de acceso a la Quebrada de El Tala.

Para acceder a la Quebrada de El Tala, se puede iniciar el recorrido desde la Plaza “Paseo General Navarro” comúnmente conocido como La Alameda, tomando la calle Camilo Melet hacia el oeste que luego se conecta con la Av. Enrique Ocampo, por donde se continúa hasta el paraje Las Rejas, donde se accede a la Ruta Provincial N°4, se prosigue por esa ruta y se accede a la Quebrada de El Tala, hasta el puesto homónimo en el Km 22 (Figura N° 2).

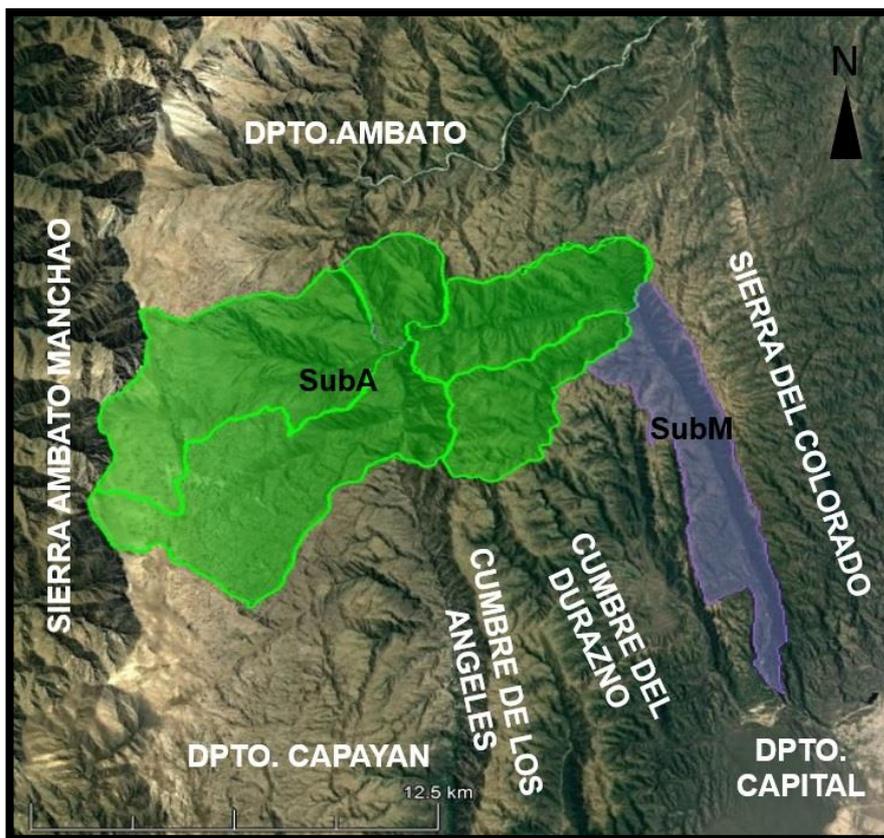


Figura 3: Área general de estudio, donde se puede observar la subdivisión SubA y SubM en las cuales se realizó la investigación.

El área general se puede observar en la Figura N° 3, la cual, por sus características de forma y relieve, se analizó considerando la subdivisión que se muestra en la figura, donde **SubA** representa la subcuenca alta, el área cumbral de forma subredondeada, con un importante porcentaje cubierto de depósitos loessoides que suavizan su relieve y el resto roca expuesta al intemperismo; y **SubM** representa la subcuenca media, el valle tectónico, estrecho, de laderas escarpadas con un alto porcentaje de ocupación antrópica.

Es necesario aclarar que el área de estudio se divide en dos sectores:

- Sector I: abarca la subcuenca alta, que involucra las nacientes de los tributarios, cuya confluencia originan el Río El Tala. Se encuentra entre las coordenadas 28°23'50.71"S - 66° 3'31.63"O y 28°19'34.76"S - 65°53'46.77"O
- Sector II: comprende un tramo de la Quebrada por donde circula la RP N° 4, y se encuadra entre las coordenadas 28°19'34.76"S - 65°53'46.77"O y 28°26'55.77"S - 65°50'52.82"O

El SECTOR I fue ejecutado por Barbieri, Nazaria Rosali, mientras que el SECTOR II por Herrera Castellanos, María Constanza.

## 1.2 FUNDAMENTO

La Quebrada del Río El Tala, es potencialmente vulnerable a los riesgos geo-ambientales ocasionados por la crecida del río principal, fundamentalmente en el periodo estival, es decir desde diciembre a marzo, incrementando la inestabilidad en el equilibrio natural cuando se producen lluvias torrenciales y/o extraordinarias, lo que puede desencadenar desbordes de los ríos, aluviones e inundaciones. Otro factor que aumenta la vulnerabilidad en la zona de

trabajo, la presencia de los asentamientos urbanos ubicados tanto en la Quebrada propiamente dicha, como en el piedemonte que se genera en la desembocadura de la misma, ya que allí se emplaza la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, capital de la Provincia. Por otra parte, el Río el Tala alimenta el Dique el Jumeal, fuente de abastecimiento de una vasta área de la Capital provincial. Si bien este trabajo se centra en la subcuenca alta y media en la Quebrada de El Tala, a partir del paraje denominado “El Calvario”, desde la coordenada 28°27'34.30"S y 65°50'30.24"O aguas arriba, no se puede dejar de considerar la influencia y el impacto de los eventos naturales y antrópicos y sus consecuencias, en relación con la subcuenca baja.

La región, en general se caracteriza por vegetación típica de la zona, principalmente en las zonas cumbres, aunque en los últimos dos años, debido a un aumento en las precipitaciones de verano, ha generado un incremento en la vegetación, principalmente en la zona baja de las laderas; la predominancia de la estación seca y las numerosas fracturas presentes proporcionan el material rocoso, facilitando la meteorización y erosión fluvial de las laderas por parte de los tributarios. Debido a la fuerte pendiente que presentan las laderas del lugar, la capacidad de transporte de sedimentos con la que cuenta el flujo originado por una precipitación torrencial es muy elevado, ya que existe el material disponible para que la corriente genere una importante carga de sólidos, con tamaño que van desde arcillas hasta grandes bloques, se han observado al pie de las laderas bloques de hasta 5 m. x 2.5m.

Por lo mencionado, llevar a cabo el análisis exhaustivo del comportamiento de las subcuencas hidrográficas y su respuesta frente a eventos intensos o extraordinarios, que permita definir y delimitar las áreas vulnerables, proporciona una base de información de gran utilidad para la planificación de dichas subcuencas.

### **1.3 OBJETIVOS:**

#### **1.3.1 OBJETIVOS GENERALES**

- Determinar las características geológicas - geomorfológicas de la subcuenca hidrográfica de El Tala en los sectores alto y medio, para definir los diversos procesos que actuaron y actúan en el modelado de su relieve y establecer de qué forma los procesos naturales y las actividades antrópicas que actúan en ella, pueden generar o potenciar la vulnerabilidad de riesgos geo-ambientales para la comunidad que mora allí, para la ruta N° 4, vía de comunicación con los valles de latitudes superiores, para la ciudad Capital –que se asienta en su piedemonte– y para el dique El Jumeal.
- Aportar a la comunidad y a los organismos pertinentes las herramientas para la toma de decisiones, al momento de elaborar medidas preventivas que tiendan a disminuir o evitar los daños producidos como consecuencias de los riesgos en cuestión.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar el ambiente desde el punto de vista: climático, geográfico, geológico, geomorfológico e hidrológico.
- Aplicar los conocimientos específicos sobre la temática de riesgos geo-ambientales.
- Delimitar la subcuenca hidrográfica del Río El Tala.
- Realizar el estudio morfométrico de cada una de las subcuencas, para definir la red de drenaje superficial y caracterizar el comportamiento hidrográfico.
- Elaborar la cartografía temática a escala de detalle de tipo: geológica, geomorfológica, hídrica y de vulnerabilidad frente a los riesgos de origen hídrico y antrópico. La escala se definirá acabadamente cuando se ejecuten las actividades de campo.

- Definir los tipos de riesgos geo-ambientales que pueden suceder en la subcuenca.
- Recolectar en campo los datos necesarios para completar y constatar la información generada en gabinete.
- Establecer la relación existente entre los procesos naturales y la actividad del hombre en la génesis y/o potenciación de riesgos geo-ambientales.
- Redactar el informe final, que logre los objetivos planificados, y presentarlo para su evaluación y posterior defensa.
- 

## 1.4 METODOLOGÍA GENERAL

El trabajo se llevó a cabo en tres etapas que incluyeron tareas de gabinete y trabajos de campo complementarios: en la primera se desarrollaron tareas de gabinete de recopilación y generación de información de base, en la segunda, se llevaron a cabo trabajos de control de campo y, por último, en la tercera se realizó el procesamiento e interpretación de la información obtenida en las etapas previas. A continuación, se describen las etapas mencionadas:

### 1.4.1 PRIMERA ETAPA:

1. Búsqueda y recopilación de información estadística y bibliográfica sobre el área de estudio, la región y la temática abordada en libros, informes técnicos, publicaciones e investigaciones editadas e inéditas.
2. Compilación de cartografía existente de la zona en formato papel y en soporte digital.
3. Elaboración de cartografía base a escala aproximada de 1:125.000 de tipo: geológica, geomorfológica e hídrica en formato digital, utilizando el software libre *Google Earth*, el Global Mapper, ArcGIS, las imágenes satelitales proporcionadas por CONAE, y bajadas de la Pesquisa Brasileira INPE.
4. Caracterización general de la región, que incluya: superficie total que abarca la zona de estudio, toponimia del lugar, distancias, rutas y accesos, clima, suelos, geología regional, geología local, geomorfología e hidrografía.

### 1.4.2 SEGUNDA ETAPA:

Una vez confeccionada la base de datos y la cartografía preliminar, se realizó el correspondiente control de campo, recorriendo la zona de investigación para constatar, ajustar y corregir la información y los mapas generados en gabinete. Las actividades que se llevaron a cabo son:

1. Verificación de la información volcada en el croquis de ubicación general del área de estudio, mediante el empleo de navegador GPS.
2. Observación directa en el campo de las características del relieve más significativas, para la selección e identificación de puntos estratégicos.
3. Registro de coordenadas geográficas y cotas de los puntos estratégicos con navegador GPS, para georreferenciar la información.
4. Recolección de información en campo utilizando una escala de trabajo adecuada, para garantizar que la cartografía final resulte representativa de las condiciones naturales del área de estudio.
5. Realización de un registro escrito de los datos obtenidos mediante la utilización de libretas de campo, como así también la toma de fotografías de los puntos seleccionados, debidamente georreferenciadas.

6. Recolección de muestras de campo para determinar las características texturales macroscópicas del material de arrastre depositado en los ríos principales y tributarios y además en puntos de control adicionales. Cada muestra deberá ser identificada correctamente con un rótulo, sus coordenadas geográficas y cota.
7. Trazado de perfiles transversales y longitudinales a los cauces de los ríos para definir sus características hídricas. La escala empleada fue acorde a las dimensiones de cada caso en particular.

### **1.4.3 TERCERA ETAPA:**

En gabinete se realizó control, corrección y análisis de los datos obtenidos en campo. Luego la conjunción de los datos de campo y la información obtenida en la primera etapa permitió elaborar la cartografía temática definitiva, a escala de detalle que se determinó acorde a las manifestaciones físicas de los procesos observados en campo, y el correspondiente informe final con los resultados y conclusiones obtenidas.

### **1.5 ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

El trabajo se estructura en siete capítulos, el primero incluye una pequeña introducción al tema, se detalla la ubicación del área de estudio, la fundamentación del trabajo, los objetivos generales y específicos, la metodología que se empleó. El segundo capítulo está constituido por los antecedentes de la zona de estudio y el marco teórico. El tercer capítulo trata sobre las características generales del área de estudio; hidrología, geomorfología, clima, fitogeografía, geología regional y geología local. El cuarto capítulo se refiere a la geomorfología aplicada, es decir el desarrollo del trabajo y resultados alcanzados. En el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes. En el sexto capítulo se detalla la bibliografía consultada, referencias y las páginas web visitadas. En el séptimo y último capítulo se encuentran los anexos correspondientes a la cartografía definitiva.



## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

## 2.1 ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA EVALUADA

Los deslizamientos generados a lo largo de la Quebrada de El Tala tendieron a ser muy frecuentes desde que se construyó el tramo de la Ruta Provincial N° 4, la cual ha sufrido modificaciones en su traza, en algunos sectores, justamente como consecuencia de los deslizamientos de laderas.

A continuación, se muestra, como evidencia de los diferentes eventos ocurridos en la Quebrada del Río El Tala, plasmada en los periódicos locales referida a los procesos de remoción ocurridos, que se manifiestan principalmente en los meses de enero, febrero y marzo, periodos durante los cuales las precipitaciones son más intensas, pudiendo ser en ocasiones de tipo torrenciales.

➤ **CRECIÓ EL RÍO EL TALA Y EVACUARON EL CAMPING: 17/01/2008 FUENTE: DIARIO DIGITAL EL ANCASTI.**

Se registraron derrumbes en algunos sectores. La Policía trabajó en prevención a lo largo de la ruta provincial y lograron evitar accidentes. Algunos bañistas se resistían a abandonar la vera del río. El Río El Tala, cuyo cauce se extiende por gran parte del costado de la ruta provincial N° 4, creció ayer a la tarde en forma considerable, lo que obligó a la policía a evacuar a la gente que se encontraba en el Camping Municipal y a la vera del río. Fuentes policiales informaron que en el camping había al momento de la crecida unas 28 carpas con alrededor de 130 personas, a lo que se sumaron los bañistas que concurrieron a pasar el día.

➤ **DERRUMBES CAMINO A EL RODEO- 14/12/2014 FUENTE: DIARIO DIGITAL EL ANCASTI.**

Por las lluvias se produjeron derrumbes en varios tramos de la calzada.



Debido a las intensas lluvias de la madrugada, la ruta provincial N° 4 sufrió diversos derrumbes en distintos tramos.

Por este motivo, se recomienda transitar con precaución.

➤ **ALERTAN POR LA PELIGROSIDAD DE LOS DERRUMBES CAMINO A EL RODEO- 25/05/2015. FUENTE: DIARIO DIGITAL EL ANCASTI.**

Se advierte que en la ruta provincial N° 4 hay zonas muy vulnerables a derrumbarse. Piden que se haga un plan de evacuación y se instalen alarmas.

El geólogo Lorenzo Parra, junto a un grupo de especialistas de la Universidad Nacional de Catamarca, advirtió a través de un trabajo sobre la ladera de las Sierras del Colorado (son las ubicadas a la derecha subiendo a El Rodeo) en la ruta provincial N° 4, la peligrosidad de los

derrumbes que ya sucedieron y que pueden volver a ocurrir, por lo que solicitaron a las autoridades (que ya fueron advertidas en reiteradas oportunidades) "que trabajen en prevención".

➤ **PRETENDEN REGULARIZAR LAS CONSTRUCCIONES CAMINO A EL RODEO- 11/04/2016 FUENTE: DIARIO DIGITAL EL ANCASTI.**

Si se aprueba el proyecto, se exigirá a los propietarios presentar en 90 días la documentación del inmueble. Podría haber demoliciones y severas multas.

Dentro del proyecto que elevó recientemente el Ejecutivo Municipal capitalino de modificar la ordenanza 4360/07, con la intención de agregar la prohibición de edificar sobre los márgenes de la Ruta Provincial N°4 camino a El Rodeo, se prevé realizar un reordenamiento del sector.



➤ **INHABILITARON EL PASO POR LA CUESTA A EL RODEO- 08/12/2016 FUENTE: DIARIO DIGITAL EL ESQUIU.**

Por desprendimientos, el paso por la Quebrada de la Cébila y el camino a El Rodeo se encuentran inhabilitados. El paso hacia la localidad de El Rodeo por la cuesta se encuentra interrumpido debido a desprendimientos que afectaron la calzada. Según las primeras informaciones, un hombre que se conducía en una motocicleta casi fue aplastado por rocas y tierra por lo que sufrió un ataque de nervios ante la situación. Personal de Defensa Civil se encuentra en el lugar trabajando para restablecer el paso.

Ante esto, se solicita a la población en general transitar con precaución por el lugar y en lo posible circular por la Ruta Provincial N°1 tomando el camino nuevo. Evacuan el Camping Municipal

Un importante número de peregrinos se aloja en el lugar a la espera de la fiesta de la Virgen, y en estos momentos se trabaja para que todos abandonen el camping.



➤ **RESCATARON A UN NIÑO EN EL RÍO EL TALA- 12/01/2018 FUENTE: DIARIO DIGITAL CATAMARCA ACTUAL.**

Ocurrió durante la tarde en inmediaciones del Camping Municipal. Su padre falleció intentando rescatarlo.



Esta tarde, un niño que se refrescaba en el río a la altura del Parador 3 fue sorprendido por una correntada, fue rescatado por un hombre que estaba en el lugar. Por ahora, está internado en observación del Hospital de Niños Eva Perón con politraumatismos. Javier Medina, su padre, se arrojó al agua para intentar salvarle la vida, pero también fue arrastrado y finalmente murió.

➤ **EL MUNICIPIO PRESIONA POR LOS ASENTAMIENTOS SOBRE LA RUTA N°4: QUIEREN DECLARARLA ÁREA DE PROTECCIÓN LIMITADA. 15/01/2018 FUENTE: DIARIO DIGITAL EL ANCASTI.**

Insistirán con una ordenanza que ya propusieron en 2016 al Concejo. Preocupa la cantidad de construcciones irregulares y la contaminación.



*Peligro latente. Una habitación, casi sobre la margen del Río El Tala, a la altura de La Brea.*

La Municipalidad de la Capital volverá a poner en el eje de la discusión el proyecto de ordenanza que ya presentó en abril de 2016, con el que busca regular las construcciones a la vera de la ruta provincial N°4 y del río El Tala. La intención es prohibir nuevas construcciones, analizar las que están en proceso y hasta demoler las que se encuentren en situación irregular. Además, preocupa la contaminación del río, que provee agua para un buen porcentaje de la Capital.

**AJUSTES EN LAS ALERTAS- 15/01/2018. FUENTE: DIARIO DIGITAL EL ANCASTI.**



Lamentablemente, el sistema de alertas tempranas que se instrumenta para anticipar crecientes en los peligrosos ríos catamarqueños no sirvió para salvar la vida de Javier Medina, que se tiró a las aguas turbulentas de El Tala para intentar rescatar a su hijo el viernes a la siesta. El niño fue salvado por otro hombre, pero Medina se ahogó. La tragedia ocurrió a la altura del Parador 3 de la ruta provincial N° 4. El Camping Municipal fue desalojado ante el aviso de Defensa Civil, lo mismo que otros campings del departamento Ambato. No se sabe si la alerta había llegado al Parador 3, ni si Medina había sido advertido. En cualquier caso, la desgracia marca la necesidad de introducir algunos ajustes en el sistema para prevenir otros hechos similares. Por supuesto, parece imposible advertir a todas las personas que podrían estar a lo largo de todo el recorrido de un río, pero en el caso particular del tramo de El Tala que corre a la vera del camino a El Rodeo podría perfeccionarse el sistema, teniendo en

cuenta que es muy concurrido en las jornadas calurosas y que la gente no necesariamente se instala en campings o paradores.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS ARQUEOLÓGICAS

Uno de los primeros antecedentes sobre la arqueología de la zona se asocia a Larrouy (1914) y su trabajo denominado “Los Indios del Valle de Catamarca. Estudio Histórico”. Él fue el primero en registrar y comunicar sobre la existencia de restos arqueológicos caracterizados como andenes ubicados en una serie de quebradas, principalmente en la de El Tala, sobre los cuales sólo realiza una somera descripción en cuanto a sus formas y sitio de emplazamiento.

Años más tarde, Quiroga (1929) comenta, respecto a lo observado durante la visita que realiza a la zona, que las evidencias “consisten en pircas atravesadas en las quebraditas de rápido declive, donde la tierra vegetal arrastrada por las aguas pluviales, deteníanse, contenida por el atajadizo de piedra. Obteníanse así, múltiples y diminutos espacios llanos (...) donde crecían abundantísimos pastizales...” (Quiroga 1929:55). Menciona además que habría existido una alta densidad de población indígena, centrando su atención sobre el número de andenes, asignándole una funcionalidad asociada con regulación de escorrentías y/o espacios de producción de siembra de pastura para alimentar el ganado.

Como podrá observarse, estas primeras publicaciones surgen de una forma particular de hacer arqueología en las primeras décadas del siglo XX, donde las evidencias más sobresalientes fueron destacadas con cierta minuciosidad en la descripción, aunque sus interpretaciones siempre fueron escasas:

“... en las quebradas, sobre todo en la del Tala, abundan hasta el cansancio los andenes, o pircas muy bajas, distantes entre sí de tres, cuatro o más metros, y que se sobreponen, a modo de escaleras hasta varias cuadras en las faldas de los cerros. Los mismos escalones sucesivos, pero más altos, se notan en el cauce de los torrentes que originan las lluvias y que casi siempre están secos...” (Larrouy 1914, en Ardissonne 1944:93).

“...el cerro albergaba una abundante población indígena (...). No hay rigurosidad del monte por pequeña que sea, que no esté cruzada de antiguas construcciones. Generalmente estas consisten en pircas atravesadas en las quebraditas de rápido declive, donde la tierra vegetal arrastrada por las aguas pluviales, deteníanse, contenida por el atajadizo de piedra. Obteníanse así, múltiples y diminutos espacios llanos (...) donde crecían abundantísimos pastizales (...). En la inmensa mayoría de los casos no es más que media, quinta o décima hectárea lo beneficiado; pero tales construcciones son innumerables en el espacio de algunas cuadras y en mayores extensiones pueden contarse por millares...” (Quiroga 1929, en Ardissonne 1944:94).

Como bien sintetiza Álvarez (2001): “Estas primeras investigaciones en la zona se centraron solamente en la observación y descripción de los restos de terrazas emplazadas en los cerros, en particular donde se construyeron, cantidad de estas y función que tuvieron” (Álvarez 2001:22).

Es recién en los años 70 que Barrionuevo (1972) realiza las primeras excavaciones para la zona, en el sitio denominado Yacimiento Paso del Obispo, en el cual define un patrón constructivo de recintos cuadrangulares adosados con aberturas hacia un espacio común, vinculados a terrazas de cultivo. En uno de los recintos excavados describe la estratigrafía y los materiales hallados, en el cual hace referencia a material cerámico tosco y lo vincula a un

uso doméstico, y en los niveles inferiores halla un enterratorio asociado a material cerámico decorado al cual describe como una fase final de la cultura de La Aguada.

Pasados varios años, se retoman nuevamente los trabajos en la zona con las investigaciones Néstor Kriscautzky, quien, en uno de los primeros trabajos, es capaz de mostrar los resultados obtenidos en la Quebrada de El Tala donde describe y clasifica patrones de asentamientos, cerámica, etc. (Kriscautzky 1995). En otra publicación se aborda la diversidad de sitios presentes a nivel quebrada y fondo de valle, los cuales son atribuidos a diferentes modos de producción, caracterizándolos de acuerdo al lugar de emplazamiento en cual se encuentran (Kriscautzky 2000b).

En el año 1999, Kriscautzky presenta una caracterización en la cual agrupa los sitios que se encuentran en la quebrada. Éstos varían según las condiciones geomorfológicas, el paisaje y la función que cumplen; es a partir de estos atributos que crea una tipología para los diversos sitios de la quebrada (Kriscautzky 1999a). En el mismo año se publica un libro el cual aborda la primera síntesis, en el que se integra y expone un panorama general basado en la información recobrada en todos esos años de investigación en el Valle Central de Catamarca (Kriscautzky 1999b). También en 1999 presenta su tesis doctoral, y en la introducción Kriscautzky plantea que, para el Valle Central, las condiciones climáticas y los cambios en la conformación social fueron las causas que permitieron realizar grandes obras de infraestructura. Como señala el autor, “todo ello sostenido por un sistema ideológicoreligioso fuerte, con una organización por lo menos a nivel de señoríos” (Kriscautzky 1999c:35).

Kriscautzky y Lomaglio (2000), plantean una larga tradición de Aguada en el valle de Catamarca, la que dividen en tres etapas. En primer lugar, Aguada Inicial, que habría tenido su origen en el valle de Catamarca, asignada a los primeros siglos de la Era; se encuentra asociada a materiales Condorhuasi y Ciénaga. En esta etapa se encontraría la ocupación de Pueblo Perdido de la Quebrada. En segundo lugar, Aguada Clásica que se corresponde con la descrita para Hualfín y el oeste de la provincia; y finalmente Aguada Final, caracterizada por Aguada Portezuelo del Valle Central, el este catamarqueño y parte del área chaqueña.

Consideramos que fue este autor quien genera un quiebre importante en la arqueología de la zona, por cuanto toma en cuenta un sinnúmero de nuevas evidencias que le permiten realizar interpretaciones y asociaciones entre tipos de asentamientos en relación a la altura de su emplazamiento. Plantea además un modelo caracterizado por zonas de cultivo de maíz en espacios regados por el río principal, complementado con caza de especies y recolección, todos en los espacios más bajos, y pastoreo de camélidos en pastizales de altura, así como depósitos en ese mismo sector (Kriscautzky 2000a, 2000b).

En base a lo antes expuesto, Kriscautzky plantea en líneas generales que:

“...encontramos para el valle de Catamarca en épocas de ‘Aguada’ un grupo social estructurado con un sistema de trabajo de la tierra y producción que combina la ganadería de camélidos en los pastizales de altura con sembrados en laderas preparadas a tal efecto, riego por canales en las laderas, producción y trabajo de las materias primas en los niveles intermedios y caza, recolección y producción en los niveles bajos de la depresión, todo ello requirió evidentemente de un sistema estructurado de organización política sostenido por un sistema de creencias con una ideología estructurada, que permitió el trabajo de conjunto de grupos numerosos para elaborar obras de almacenamiento y producción, sin estructuras que indiquen actividad bélica entre ellos.” (Kriscautzky 2000a:68).

En trabajos posteriores (Álvarez 2000-2001, 2001; Álvarez et al. 2007; Álvarez y Valverdi 2008, 2012), se detectan una gran cantidad de estructuras, la mayoría de las cuales serían

emplazamientos agrícolas. Se realiza una clasificación de estas estructuras, llegando a la conclusión de que en la Quebrada de El Tala se practicó una agricultura intensiva para el momento de Aguada (Álvarez et al. 2007). También compara el sitio Mogote del Carrizal con otros emplazamientos ubicados en la Quebrada de El Tala teniendo en cuenta la arquitectura y material cerámico recuperado, concluyendo que la configuración actual del paisaje en la Quebrada de El Tala es el resultado de una actividad agrícola continua, desarrollada a lo largo de milenios con el fin de modificar el paisaje natural y: “conformar intencionalmente factores microclimáticos, que tuvieron por propósito optimizar las condiciones de cultivo, en zonas que previo a estas reformas resultaban marginales para la implementación de la agricultura.” (Álvarez y Valverdi 2008:146).

Puentes (Puentes 2005; Puentes et al. 2007) realiza una propuesta explicativa de cómo era concebido, administrado y remodelado el espacio respecto de la planificación agraria desde una perspectiva espacial, atendiendo y describiendo las técnicas de apropiación del espacio asociado a la actividad agrícola. Propone que los grupos que habitaron la Quebrada de El Tala supieron administrar la información extraída del ambiente a través de sistemas concretos de cognición y percepción que seleccionaron la información más útil y adaptables a la geografía serrana. Los mismos están evidenciados a través de las múltiples estructuras presentes en esta área (Puentes et al. 2007). Sostiene que, en los tiempos del Formativo Superior para la zona de estudio, el espacio era concebido y administrado a través de un modelo articulado, donde el uso diferencial del suelo alcanzó un equilibrio dinámico logrado con una tecnología capaz de maximizar la heterogeneidad ambiental (Puentes y Fiant 2008). El interés primordial de estos trabajos es comprender la lógica de producción de los sistemas agrícolas prehispánicos, definiendo el patrón de uso del espacio. Siguiendo esta línea, Álvarez y Puentes llevan a cabo las primeras excavaciones en dos sitios de la Quebrada de El Tala, donde muestran la asociación entre un sistema agrícola y uno residencial (Álvarez 2001; Puentes et al. 2007). Si bien en un primer momento presentan un modelo de base fuertemente económica, la descripción de sitios y su caracterización comienza a brindar la posibilidad de realizar nuevas preguntas en torno a los paisajes arqueológicos de la Quebrada. (Tomado de Melian, 2017).

Melian en su estudio define finalmente diversas sendas de comunicación entre las comunidades instaladas en la región de El Tala que se pueden observar en la Figura N° 4.

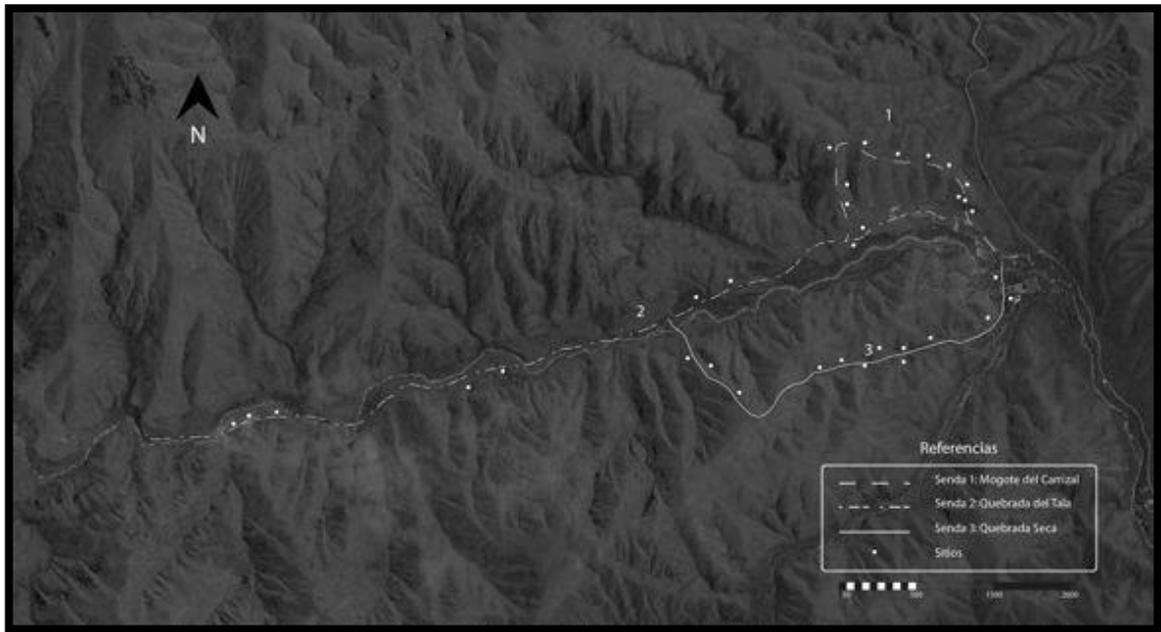


Figura 4: Imagen en donde se observan la totalidad de las sendas y la distribución de los sitios. Tomado de Melian, 2017.

## 2.3 CONCEPTOS DE CUENCA:

Se define como cuenca a una depresión natural limitada por elementos topográficos altos a los que se designa como divisoria de agua o parteaguas. Existen distintos tipos de cuencas, entre los que se destacan: cuenca hidrográfica, cuenca hidrológica y cuenca sedimentaria.

**Cuenca Hidrográfica:** es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico o se infiltra, en lo que se denomina nivel de base local.

La divisoria de aguas es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica y serranías circundantes y que une la cima de las sierras, definiendo el límite entre las diferentes cuencas adyacentes, la pendiente debajo de las divisorias de agua se define como laderas. En la cuenca hidrográfica se producen interacciones entre sus elementos, por ejemplo, si se deforesta irracionalmente en la parte alta, es posible que en épocas lluviosas se produzcan inundaciones en las partes bajas; también la degradación de un recurso como el agua, está en relación con la falta de educación ambiental, con la falta de aplicación de leyes, con las tecnologías inapropiadas, etc.

Cuando el relieve y fisiografía tienen una forma y simetría diferente a la configuración geológica de la cuenca, se puede decir que existe una cuenca subterránea, que cambia la dirección del flujo subsuperficial para alimentar a otra cuenca hidrográfica. A esta configuración se denomina **Cuenca Hidrológica**, la cual adquiere importancia cuando se tenga que realizar el balance hidrológico (Figura N° 5). Cuando la divisoria de la cuenca hidrográfica es diferente de la divisoria de la cuenca hidrológica, los flujos subsuperficiales y el movimiento del agua en el suelo se presenta de la siguiente manera:



Figura 5: Diferencia entre cuenca hidrográfica e hidrológica.

Las **Cuencas Sedimentarias** son áreas de subsidencia donde se lleva a cabo la acumulación de sedimentos para eventualmente formar una sucesión estratigráfica. Sus características principales son: un área topográficamente baja sobre la superficie de la Tierra con respecto a sus áreas adyacentes, pueden ser de origen tectónico o erosional, representan un área de erosión y depósito de sedimentos, la sedimentación puede ser interrumpida (discordancias), pueden ser pequeñas ( $\text{km}^2$ ) o grandes ( $+100\text{km}^2$ ), pueden ser simples o compuestas (subcuencas), cambian de forma y tamaño a partir de: a) erosión, b) sedimentación, c) actividad tectónica, y d) cambios en el nivel del mar.

### 2.3.1 DIVISION DE LA CUENCA COMO UNIDAD DE GESTION

Las cuencas hidrográficas, debido a que constituyen la unidad física en la cual tienen lugar todos los procesos naturales, son también la unidad natural y lógica para el desarrollo ambiental, agrícola y socioeconómico de una región. Teniendo en consideración el crecimiento demográfico y el incremento de las necesidades de urbanización, industrialización y producción de alimentos, los efectos de la actividad antropógena ya no se limitan solo a zonas pequeñas ni a una comunidad en particular. Deben examinarse en el contexto más amplio en el que ocurren ya que, de un modo u otro, de forma directa o indirectamente afectan a los asentamientos y cuencas vecinas.

Se establecen en consecuencia las subdivisiones de la cuenca según la escala considerada (Figura N° 6).

**Subcuenca:** Es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuencas pueden conformar una cuenca.

**Microcuenca:** Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una subcuenca. Varias microcuencas pueden conformar una subcuenca.

**Quebrada:** Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca. Varias quebradas pueden conformar una microcuenca.

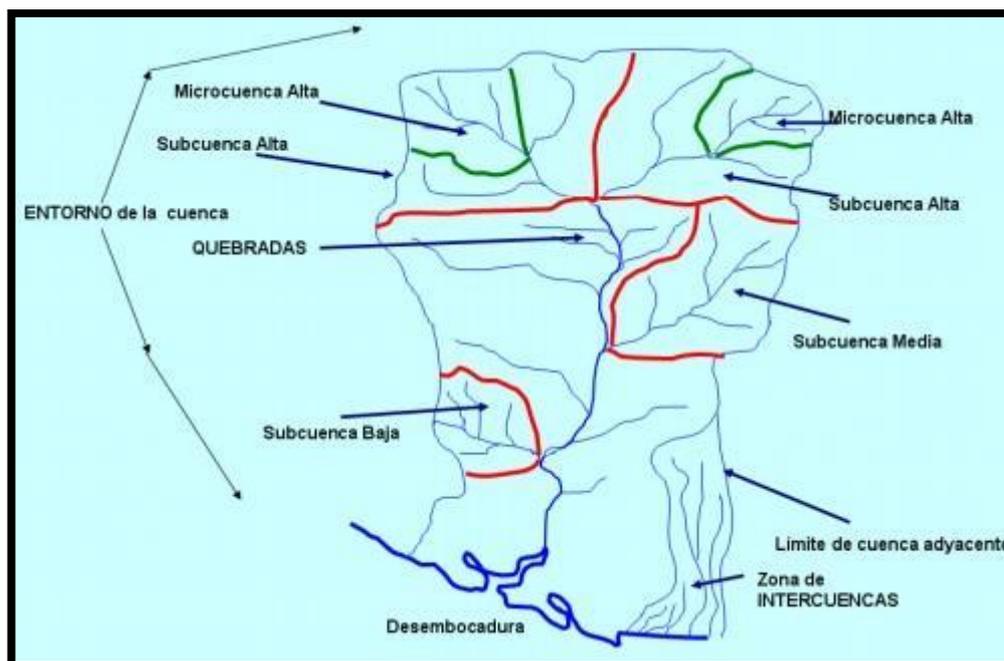


Figura 6: División de cuenca.

## 2.4 CONCEPTOS DE GEOFORMAS DE ORIGEN FUVIAL

Teniendo en cuenta que en la Quebrada de El Tala, los procesos morfodinámicos predominantes se vinculan con las condiciones ambientales de la misma, referida a las condiciones climáticas prevalecientes que definen la biota, la acción de la gravedad relacionada con las pendientes elevadas, propias de un valle tectónico y la actividad antrópica tanto de la comunidad estable, como de la acción correspondiente de vía de comunicación con los valles supramontanos, se definen los conceptos de las geformas y procesos derivados de ellas

### 2.4.1 SISTEMA DE DRENAJE DE LA CUENCA HIDROGRAFICA

La distribución de los cauces en la cuenca determina lo que se designa como el sistema de drenaje de la misma, se definen a continuación los aspectos conceptuales relacionados:

- **Río principal o canal colector:** suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud o mayor área de drenaje, aunque hay notables excepciones como el río Mississippi o el río Miño en España.

Tanto el concepto de río principal como el de nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre río principal y afluente. Sin embargo, la mayoría de las cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura. Cada afluente que se une al río principal recibe el nombre de tributario. (Tomado de Niz 2014)

En el recorrido de un río se distinguen tres partes:

- **Curso superior:** Ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión de las aguas del río es vertical. Su resultado: la profundización del cauce (el cauce exhonda, cava, erosiona- área de erosión).

- **Curso medio:** En donde el río empieza a zigzaguear, ensanchando el valle (es un área de erosión y transporte).
- **Curso inferior:** Situado en la región más baja de la cuenca. Allí, el caudal del río pierde fuerza y los materiales sólidos que lleva se depositan, formando las llanuras aluviales (es el área de acumulación).

Otros términos importantes que distinguir en un río son:

- **Cauce:** Cauce o lecho de los ríos y arroyos. Conducto descubierto o acequia por donde corren las aguas para riegos u otros usos.
- **Thalweg:** Línea que une los puntos de mayor profundidad a lo largo de un curso de agua.
- **Margen derecha:** Orientado río abajo, en sentido de la corriente fluvial es la margen que se encuentra a la derecha.
- **Margen izquierda:** Orientado río abajo, en sentido de la corriente fluvial es la margen que se encuentra a la izquierda.
- **Aguas abajo:** Con relación a una sección de un curso de agua, sea principal o afluente, se dice que un punto está aguas abajo, si se sitúa después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente.
- **Aguas arriba:** Observando en el sentido contrario de la corriente.

**ABANICOS:** Se originan por la depositación de materiales en la desembocadura de una cuenca, se debe a precipitaciones menos torrenciales en la zona alta, que, al llegar a la desembocadura, debido a la disminución de la velocidad y con ella de la capacidad y competencia del cauce, depositan el material en el piedemonte, la vista en planta muestra una superficie aplanada ligeramente ondulada, cuyo perfil transversal presenta el mismo tamaño de grano en toda su extensión.

En los abanicos aluviales se pueden distinguir tres zonas, respondiendo principalmente a factores de distribución areal y a la distribución de facies susceptibles de ser reconocidas en el registro estratigráfico.

- **Zona de cabecera.** Es la parte más alta del abanico, de reducida extensión areal, presentando granulometrías gruesas y heterométricas, constituida por flujos masivos con un comportamiento viscoso o por flujos acuosos muy densos, su grado de preservación en el registro estratigráfico es bajo.
- **Zona de cuerpo del abanico.** Se caracteriza por una falta general de aguas superficiales debido a la infiltración, con cauces más raros y someros. La estratificación está mejor desarrollada, mejora la selección, y los clastos son más pequeños y más redondeados.
- **Zona de pie del abanico.** Es normalmente la de mayor extensión, se prolonga hasta las zonas donde se observa la influencia del transporte de sedimentos, su pendiente es más suave y su granulometría más fina, mostrando un mayor número de canales debido a la reaparición de las aguas superficiales. La zona superior se caracteriza por tener materiales canalizados.

**TERRAZAS:** En general se trata de depósitos aluviales que se han erosionado formando superficies planas, generalmente escalonadas debido a la ocurrencia de dos o más niveles de terrazas, ubicadas en los márgenes de los ríos originadas al encajarse el cauce fluvial en la llanura aluvial que ha generado el río en etapas anteriores. Si existen varios niveles de terrazas indica que el valle ha tenido más de un episodio de encajamiento, las terrazas más antiguas son las más altas topográficamente.

## 2.5 CONCEPTOS DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

Se define como remoción en masa a todo desplazamiento hacia abajo (vertical o inclinado en dirección al pie de la ladera) de un volumen de material litológico, formación superficial, suelo, coberturas vegetales y/o escombros.

Si bien la fuerza de gravedad es la que controla la remoción en masa, hay un grupo de factores que acompañan y desempeñan un papel importante en cuanto al desencadenamiento de los movimientos descendentes. Estos factores se pueden reunir en tres grupos principales (Monti, A., 2004):

### A) Internos

Los internos se refieren a la estructura de las rocas que conforman el sustrato. Correspondería a la estructura geomorfológica del área representada por: 1) Tipo de roca, fracturamiento y orientación de los estratos y 2) Naturaleza geológica del material inconsolidado.

1) Tipo de roca, fracturamiento y orientación de los estratos.

- a) Un trozo de madera sobre una pendiente es una masa compacta y por lo tanto se deslizará como un todo (en conjunto), no por partes. En cambio, una ladera montañosa no se comporta de la misma manera. En ella se puede mover cualquier porción de la pendiente. La resistencia al corte o cizallamiento es la resistencia de un material a ser roto y desplazado a lo largo de planos interiores. En una pendiente rocosa ello se relaciona con: un cuerpo granítico con laderas pronunciadas tiene una gran resistencia al cizallamiento, porque la roca es resistente a la meteorización y además no presenta estratificación. Es por ello que las pendientes de granito no colapsan fácilmente bajo la influencia de la gravedad. En cambio, si una pendiente está formada por un detrito suelto como gravas ricas en arcilla, arenas con baja cementación o limos poco litificados, la baja resistencia al corte o cizallamiento del material le permite fácilmente fracturarse y moverse cuesta abajo.

b) Fracturamiento:

Cuanto más fracturadas se encuentren las rocas que constituyen el sustrato de las laderas, mayor será la inestabilidad de estas. Por lo cual ante la ocurrencia de algún evento disparador serán más susceptibles a la remoción en masa que las rocas sin fracturamiento. Independientemente del tipo de roca o detrito considerado.

c) Orientación de la estratificación

La disposición de la estratificación sedimentaria respecto de la inclinación de la pendiente también afecta la estabilidad de la pendiente. Por ejemplo, si los estratos inclinan en la misma dirección de la pendiente, las capas superiores tienden a deslizarse por encima de las que se encuentran más abajo. Asimismo, una alternancia de estratos rocosos con distinta resistencia a la erosión puede favorecer la inestabilidad y la consecuente caída de rocas cuesta abajo. Si en un sector falta apoyo, la sección superior se convierte en inestable y se mueve cuesta abajo. Las pendientes pierden apoyos por efecto de la erosión generada por agentes geomorfológicos naturales como corrientes de agua encauzadas en los ríos, por las olas del mar que pueden erosionar la base de un acantilado, o por la acción del hombre que realiza cortes de caminos u otros tipos de excavaciones que también producen inestabilidad.

2) Naturaleza geológica del material inconsolidado

El ángulo de reposo es la pendiente máxima a la cual un material suelto permanece estable. Las rocas o bloques de los taludes son angulares e irregulares. Por eso se enganchan y traban entre sí. Ello permite que los taludes tengan un ángulo de reposo alto, mayor a 45°.

La pendiente no puede ser mayor porque si lo fuere, los trozos de roca se caerían. En contraste, los granos de arena no pueden mantener ese ángulo de reposo tan pronunciado y por lo tanto tienden a deslizarse pendiente abajo con mayor facilidad.

## **B) Geográficos**

Estos factores se vinculan con aspectos climáticos y características topográficas, las cuales se reúnen bajo los siguientes puntos: 1) relieve e inclinación de la pendiente y 2) contenido de agua y vegetación.

### ➤ Relieve e Inclinación de la pendiente

El relieve es la distancia vertical entre la cima de una loma o montaña y el fondo del valle aledaño. Si el relieve es pronunciado, el material que se desplaza por la ladera puede acelerarse en el trayecto que le insuma la caída y entonces aumentar su capacidad destructiva al llegar al piso del valle. Por lo tanto, cuanto más importante resulte el relieve relativo de una zona, mayor será la posibilidad que ocurran procesos gravitacionales y mayor será la modificación en el paisaje físico del área.

La inclinación de la pendiente es un factor importante en la remoción en masa. Si hay material suelto en una ladera, éste no suele rodar y caer por un faldeo cuando este es poco pronunciado. La relación entre la inclinación de la pendiente y la remoción en masa puede ser ilustrada colocando un trozo de madera sobre una placa y levantando lentamente uno de los extremos de la placa. Cuando la placa está cerca de la horizontal, la fricción retiene al bloque en su lugar y no le permite deslizarse. A medida que aumenta la inclinación de la madera y se supera un determinado ángulo, denominado ángulo crítico, el bloque resbalará pendiente abajo ya que la fuerza de gravedad superó a la fuerza de rozamiento que se le opone.

### ➤ Contenido de agua y vegetación

La resistencia al corte o cizallamiento y el ángulo de reposo son dos propiedades que no son constantes y pueden variar bajo diferentes condiciones. Por ejemplo, la cantidad de agua presente en los sedimentos sueltos afecta la estabilidad de estos e influye directamente en las propiedades mencionadas. El agua disponible en las laderas en parte se vincula con aspectos climáticos como la cantidad y estacionalidad de las lluvias y con la orientación de los faldeos respecto del Ecuador (pendientes de solana o umbría).

Cuando hay una cantidad moderada de agua en el suelo las moléculas forman una película alrededor de los granos y los mantienen juntos ya que actúa la atracción electroquímica entre moléculas de agua lo que genera una mezcla pegajosa. Sin embargo, si hay demasiada agua presente las moléculas de agua empiezan a separar los granos. En consecuencia, los granos ya no pueden trabarse entre sí y apilarse. Cuando ello ocurre, la mezcla de agua y granos pierde su firmeza y fluye. Además, cuando el agua se junta sobre una capa impermeable, se convierte en un lubricante y facilita el movimiento del material que está por encima. Asimismo, el agua le agrega peso a una pendiente. El peso adicionado durante una lluvia fuerte puede producir remoción en masa. Por otra parte, durante el proceso de congelamiento - descongelamiento, las partículas son unidas y separadas sucesivamente. Cuando las partículas son separadas migran cuesta abajo a favor de la gravedad. Asimismo, el hielo brinda una superficie resbalosa para el desplazamiento de las rocas y el suelo.

Las raíces vegetales por una parte son un factor aglutinante de las partículas del suelo y por otra extraen humedad del suelo. En consecuencia, una pendiente muy vegetada es más estable que una sin cubierta vegetal. Muchos faldeos arbolados que estuvieron estables durante siglos se desestabilizaron después de la deforestación previa a desarrollos de agricultura o de construcciones. La remoción en masa es muy común en las regiones con escasas lluvias y por lo tanto de escasa vegetación. Sin embargo, también el crecimiento de

las raíces vegetales entre las fracturas de las rocas del sustrato puede favorecer fenómenos de meteorización física al actuar las raíces como palancas que separan abren aún más las fracturas y separan las rocas.

### C) Disparadores

Los factores disparadores se vinculan con la ocurrencia de eventos extraordinarios que por su magnitud e intensidad puedan provocar una inestabilidad ambiental tal que promuevan fenómenos de remoción en masa en las laderas montañosas. Los eventos disparadores más comunes son:

- Precipitaciones excesivas
- Sismos
- Vulcanismo
- Hombre

## 2.5.1 TIPOS DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

Los procesos de remoción en masa se pueden dividir en tres tipos de movimientos principales: **1) flujo, 2) deslizamiento y 3) caída (o desprendimiento)**. Los distintos movimientos producen transporte de material cuesta abajo y el mecanismo que domina a cada uno pueden generar geofomas acumulativas (lóbulo, talud, etc.) en las zonas topográficamente más bajas, y muescas, cicatrices y/o escarpas de arranque (erosión) en los sectores topográficos elevados donde comienza el movimiento.

- Durante el **flujo**, un detrito suelto e inconsolidado se mueve como un fluido viscoso sobre una superficie. El flujo puede ser muy lento y tranquilo; algunas pendientes fluyen a velocidades cercanas a 1 cm por año, incluso a veces menores. En otras ocasiones, el detrito mezclado con grandes cantidades de agua puede fluir tan rápidamente como lo haría el agua sola cuesta abajo en la misma pendiente. Normalmente se mueven siguiendo una forma de lengua o lóbulo.
- El **deslizamiento** involucra el movimiento de un bloque rocoso, en lugar de material suelto fragmentado, a lo largo de una superficie que puede ser plana o curva. Es en general más rápido e instantáneo que el flujo, pero le demandará al bloque algunos segundos deslizarse por el frente de la ladera. Cuando se desliza un faldeo montañoso, los bloques desplazados permanecen intactos y los árboles de su superficie pueden llegar a inclinarse, pero en general no se rompen.
- La **caída** es el tipo de movimiento más rápido e instantáneo de la remoción en masa. Aquí bloques de rocas meteorizados en una pendiente se mueven hacia posiciones topográficas de menor altura. En algunos casos extremos las rocas pueden caer a una velocidad limitada únicamente por la fuerza de la gravedad y la pequeña resistencia que el aire puede oponer a ese movimiento. Pueden en su movimiento no tener contacto con el plano de la pendiente y bajar en caída libre o en cambio moverse mediante una serie de saltos y rebotes sobre otras rocas a lo largo del trayecto.

## 2.6 CONCEPTO DE GEOFORMAS DE ORIGEN ANTROPICO.

Cuando se habla de geofomas de origen antrópico se hace referencia a cualquier tipo de intervención directa o indirecta del hombre sobre el terreno. La erosión antrópica es la erosión del suelo, se produce al romper el equilibrio entre el suelo, la vegetación y el agua o viento. El hombre favorece a la acción erosiva del agua y el viento, especialmente en los terrenos de pendiente, al usar sistemas o herramientas inadecuadas en los cultivos, al talar bosques, o

quemar vegetación, al construir obras o vías de comunicación, realización de cultivos en terrenos empinados, etc.

Por lo general el cambio de uso del suelo en áreas urbanas, mientras se realicen las obras de infraestructura de manera adecuada favorece el desarrollo y ordenamiento de un territorio, de lo contrario, si no se tienen en cuenta medidas de prevención y mitigación, se verá incrementada la vulnerabilidad de la zona, así como de la comunidad ya que es posible la generación de procesos de inestabilidad.

En nuestra área de estudio se han observado diversas áreas en las cuales la acción antrópica genera modificaciones continuas del relieve para la realización de obras relacionadas a construcción de rutas y edificaciones. El hombre puede modificar la cobertura vegetal natural creando de esta manera condiciones biológicas nuevas que ocasionan un sistema de erosión antrópico, el cual es producido al romperse el equilibrio natural, con fines urbanísticos.

Las áreas se describen como:

- Áreas de movimientos de suelos en proceso.
- Áreas de desmonte.
- Áreas inundables.
- Áreas de movimientos de suelos con construcciones.
- Áreas afectadas por incendios.

## **2.7 CONCEPTOS SOBRE – AMENAZA - VULNERABILIDAD- RIESGO**

### **2.7.1 AMENAZA**

De acuerdo a H. Herzer, C. Rodríguez, A. Celis, M. Bartolomé y G. Caputo, 2002 una amenaza es entendida como un peligro latente debido a la probable manifestación de un fenómeno físico que puede producir efectos adversos en las personas, la actividad económica, la infraestructura, los bienes y los servicios. Es un factor externo a un elemento o grupo de elementos expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido.

Las amenazas pueden clasificarse en base a su origen, pueden ser naturales, socio-naturales y antrópicas. Cada una de estas categorías comprende a su vez varios tipos. En realidad, la clasificación no puede ser tan rigurosa, porque muchas veces las amenazas son el resultado de una combinación de fenómenos. Las amenazas de origen natural pueden ser terremotos, maremotos, vulcanismos, lluvias intensas, huracanes, ciclones, tornados, tormentas de nieve, tsunamis, sequías e inundaciones, es decir ocurren espontáneamente por acción de la naturaleza. Las amenazas socio-naturales son eventos de origen natural, en los que la acción humana incide sobre su intensidad o manifestación. Es decir, fenómenos de la naturaleza que se agravan por la intervención del hombre, tales como deslizamientos causados por deforestación o incendios forestales, avalanchas y crecidas torrenciales, deslizamientos, desertificación, erosión, agotamiento de acuíferos, derrumbes, erosión de tierras y algunos tipos de inundaciones. Las amenazas antrópicas son aquellas atribuibles a la acción humana sobre la comunidad, que ponen en peligro la integridad física o la calidad de vida de la población. Algunos ejemplos para la zona de estudio son: la instalación de viviendas arbitrariamente ubicadas sin un estudio previo, sobre las exiguas terrazas, o al pie de las laderas generando inestabilidad debido a la nivelación de terreno para la construcción, entre otras.

### **2.7.2 VULNERABILIDAD**

La vulnerabilidad (Cardona, O., 2001) es la predisposición que tiene una comunidad para ser afectada, o sufrir efectos adversos, en caso de que se manifieste una amenaza. Es entonces,

un factor interno de un elemento, o grupo de elementos, expuestos a la misma. Representa también las condiciones que imposibilitan o dificultan la recuperación autónoma posterior al impacto de una amenaza, lo que se conoce como resiliencia. La vulnerabilidad puede provenir de una serie de condiciones, tales como edificaciones en lugares inapropiados, falta de mantenimiento de obras de protección, escasa información, falencias en la educación y concientización de la población respecto de los peligros a los que está expuesta, falta de organización institucional y social para enfrentarlos, pobreza, marginalidad o desarrollo urbano no planificado, entre otros, todos aspectos presentes en la zona de estudio.

En síntesis, la vulnerabilidad puede ser de índole física, económica, institucional, política, cultural, educativa; dándose generalmente una combinación de varias de ellas. Esta visión de la vulnerabilidad se ha plasmado en una enunciación, que es la más aceptada en la actualidad, y que afirma que los desastres son construcciones sociales. En este sentido, un desastre puede ser definido como: una situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población y en su estructura productiva e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona, o comunidad afectada.

### **2.7.3 RIESGO**

El riesgo (H. Herzer, C. Rodríguez, A. Celis, M. Bartolomé y G. Caputo- 2002) puede ser entendido como “una condición latente o potencial y su nivel o grado depende de la intensidad probable del evento desencadenante y de los niveles de vulnerabilidad existentes. Así, el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un desastre. Para que exista un riesgo, debe haber tanto “elementos detonadores (sean de orden natural, socio natural o antrópico) como una población vulnerable a sus impactos”. Puede decirse también que es la probabilidad de que se presente un nivel de consecuencias económicas y sociales adversas en un sitio particular y durante un tiempo definido, que exceden niveles aceptables, a tal grado que la sociedad, o un componente de la sociedad afectada, encuentre severamente interrumpido su funcionamiento rutinario y no pueda recuperarse de forma autónoma, requiriendo de ayuda y asistencia externa. Tal como lo manifiesta la Estrategia y Plan de Acción de Yokohama para un mundo más seguro, “la evaluación del riesgo es un paso indispensable para la adopción de una política y de medidas apropiadas y positivas para la reducción de desastres”. Para evaluar el riesgo, se deben integrar todos los elementos que lo configuran. Es decir, se deben mensurar tanto las amenazas como las vulnerabilidades, elementos básicos que lo definen.

### **2.7.4 MITIGACIÓN**

Larraín y Simpson (1994) definen la mitigación como los "procedimientos adoptados por la población con el objeto de minimizar los efectos de un evento natural extremo". Wilches-Chaux (en Maskrey, 1993) hace la distinción entre prevención y mitigación. El concepto de mitigación corresponde a la vulnerabilidad, a reducir o eliminar la incapacidad de la comunidad para absorber los efectos de un cambio en el ambiente. Por otra parte, conceptos de prevención hacen alusión a la reducción del peligro o la amenaza, en cualquier caso, para que esta se reduzca a "0" es altamente difícil, ya que no existe una tecnología en la actualidad para controlar un terremoto, un huracán, una erupción volcánica, entre otros peligros.

Las medidas de mitigación son agrupadas bajo dos ópticas (Larraín y Simpson, 1994; Wilches-Chaux en Maskrey, 1993; OEA, Ayala-Carcedo y Olcina, 2002) que son las más comunes: medidas estructurales y no estructurales.

#### **Medidas Estructurales**

Las medidas estructurales para la reducción del riesgo de inundación comprenden todas aquellas medidas consistentes en la construcción de obras civiles con el fin de proteger áreas frente a inundaciones. Existen diferentes estrategias en función de cada caso. En general, estas medidas pueden dividirse en tres grupos:

- **Estructuras de retención:** Su misión consiste en retener el agua para evitar inundaciones asociadas a grandes descargas, que pueden producir importantes daños e incluso el fallo de la propia estructura de retención o de otras estructuras existentes aguas abajo. Las estructuras más comunes son presas y embalses situados aguas arriba de zonas urbanas.
- **Estructuras de protección:** Estas estructuras protegen la zona urbana de forma directa, evitando la entrada del agua en la ciudad, como son los diques, o bien forzando al flujo a discurrir por un determinado lugar, como es el caso de los encauzamientos. Estas estructuras aportan protección frente a inundaciones fluviales y marítimas.
- **Sistemas de drenaje:** Los sistemas de captación y drenaje se diseñan para la gestión del agua de escorrentía generada por un evento de precipitación en la zona urbana y sus alrededores. Por tanto, son estructuras de protección frente a inundaciones de origen pluvial. Cabe considerar que las estructuras deben diseñarse teniendo en cuenta la dinámica natural del río, comprendiendo su naturaleza cambiante. En teoría, las estructuras deben diseñarse permitiendo, en la medida de lo posible, el régimen natural del río, respetando los cursos naturales del agua (Ureña y Teixeira, 2004).

### Medidas No Estructurales

- Las medidas no estructurales incluyen políticas, concienciación, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, así como mecanismos de participación pública e información a la población, de modo que puede reducirse el riesgo existente y los impactos derivados de la inundación. Buscan la reducción de la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de la catástrofe, pudiendo clasificarlas en:
- **Política y planeamiento urbano:** Trata de desarrollar normativa que regule el uso de suelo y el tipo de edificación (también en cuanto a materiales de construcción y estructuras resistentes a la acción del agua) en zonas de elevado riesgo de inundación y en consecuencia realización de planeamientos urbanos que tengan en cuenta las zonas con riesgo de inundación. Son numerosas las áreas ocupadas por viviendas e infraestructuras asentadas en zonas potencialmente inundables debido a la disminución en la percepción del riesgo.
- **Predicción de inundaciones:** Estimación del desarrollo, tiempo y duración de una avenida, especialmente del caudal máximo en un punto específico del cauce como consecuencia de fuertes precipitaciones o del deshielo. La predicción de inundaciones se compone de dos pasos: el primero consiste en la predicción meteorológica y el segundo se corresponde con la pre-caracterización de avenidas, considerando la situación meteorológica futura para predecir las inundaciones resultantes, mediante modelos hidrológicos. La combinación de ambas fases es fundamental para la obtención de predicciones precisas.

## 2.8 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE UNA CUENCA:

Para un mejor análisis morfométrico de la cuenca del Río El Tala, se dividió a la misma en Cuenca Alta y Cuenca Baja, se realizaron las mediciones necesarias en el software Autocad 2015 y se ha utilizado el método descrito en Metodología para la Ordenación y Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas (Herrero et al, 1993; Herrero, 2003) y Metodología para la Cartografía de los Suelos con Erosión Potencial en Escala Media Detallada (Riverol, 1989). Guía Metodológica para el Estudio Integral de Cuencas Hidrológicas Superficiales con Proyección de Manejo. (González Piedra, 2000) Determinándose los parámetros necesarios para comprender la dinámica de la cuenca, y cálculos de parámetros morfométricos de cuencas según Ven Te Chow (1994).

### 2.8.1 PARÁMETROS GENERALES DE UNA CUENCA:

Constituyen la información mínima que debemos conocer para formarnos una primera idea de la naturaleza y comportamiento de una cuenca. Son el área, longitud, perímetro, ancho y desnivel altitudinal.

- El área de la cuenca está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; este parámetro se expresa normalmente en km<sup>2</sup>. Este valor es de suma importancia porque un error en su medición incide directamente en los resultados, por lo que se hace necesario realizar mediciones contrastadas para tener total confianza en este valor.

AREA	NOMBRE
< 5	Unidad
5 – 20	Sector
20 – 100	Microcuenca
100 – 300	Subcuenca
>300	Cuenca

Tabla 1: Clasificación según el área de drenaje.

Siguiendo el criterio de investigadores como Ven Te Chow, se pueden definir como cuencas pequeñas, a aquellas con áreas menores a 250 km<sup>2</sup>, mientras que las que poseen áreas mayores a los 2500 km<sup>2</sup>, se clasifican dentro de las cuencas grandes.

- La longitud “L” de la cuenca, está definida como la distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba, donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.
- El ancho se define como, la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L), y se designa por la letra W. De forma que:  $W= A/L$ .
- El desnivel altitudinal (DA), es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja ( $DA= HM_{\text{máx}}-H_{\text{mín}}$ ).

### 2.8.2 PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN LA FORMA DE UNA CUENCA:

La forma de una cuenca es determinante al momento de evaluar su comportamiento hidrológico, y en particular para el análisis de la dinámica de la hidrología superficial de la cuenca, cumplimentando el objetivo central de este trabajo.

Los principales parámetros de forma son: Factor de Forma, Coeficiente de Gravelius (coeficiente de compacidad) y Coeficiente de Horton.

### **Factor de Forma**

Es la relación entre el área de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido, este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas. Es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca. El factor de forma se define como:

$$F = A/(L)^2$$

Una cuenca con factor de forma bajo esta menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño.

$F > 1$ : Cuenca achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas.

$F < 1$ : Cuenca alargada, baja susceptibilidad a las avenidas.

### **Coefficiente de Compacidad o de Gravelius**

Este coeficiente propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito en su interior representa el área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

$$K = 0.282 \times P / \sqrt{A}$$

La razón para usar la relación del área equivalente a la ocupada por un círculo es porque una cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir avenidas superiores dadas su simetría. Sin embargo, este índice de forma ha sido criticado pues las cuencas en general tienden a tener la forma de pera.

- Kc1 1.00 – 1.25: Cuenca redonda a oval redonda.
- Kc2 1.25 – 1.50: Cuenca de oval redonda a oval oblonga.
- Kc3 1.50 – 1.75: Cuenca de oval oblonga a rectangular oblonga.

### **Factor de Forma Adimensional de Horton**

Horton ha sugerido un factor adimensional de forma designado como “Rf” que puede deducirse a partir de la ecuación siguiente:

$$Rf = A / Lb^2$$

Donde:

- Rf = factor adimensional de forma de Horton
- A = área de la cuenca
- Lb = longitud de la cuenca, medida desde la salida hasta el límite, cerca de la cabecera del cauce principal, a lo largo de una línea recta.

### 2.8.3 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE CANALES.

**Densidad de drenaje:** Este índice relaciona la longitud de la red de drenaje y el área de la cuenca sobre la cual drenan las corrientes hídricas.

$$D_d = \sum L_i / A$$

Este índice se calcula con el fin de catalogar una cuenca como bien o mal drenada, analizando su densidad de drenaje, se puede considerar que: valores de densidad de drenaje próximo a 0,5 km/km<sup>2</sup> o mayores indican la eficiencia de la red de drenaje.

Los valores bajos de  $D_d$  se vinculan, por lo general, con un sustrato de alta resistencia a la erosión, muy permeables, y de bajo relieve. En cambio, los valores altos de  $D_d$  se relacionan con áreas sensibles frente a la erosión fluvial, puede tratarse de suelos impermeables, con poca o nula vegetación que la proteja, con un relieve montañoso de pendientes moderadas a altas. Los patrones de drenaje también son fuente importante de información sobre la cuenca ya que nos indica no solo el nivel de erosión de esta, sino también la energía de los cauces, lo cual es significativo al momento de analizar la respuesta de éstos, frente a precipitaciones elevadas o extraordinarias.

También contribuye al conocimiento de la cuenca y su comportamiento respecto de las condiciones de hidrología superficial, la calificación del diseño de drenaje, el cual se vincula con el tipo de litología y estructura de la roca subyacente. En la Figura N° 7 se pueden observar los tipos de diseños de drenaje más frecuentes

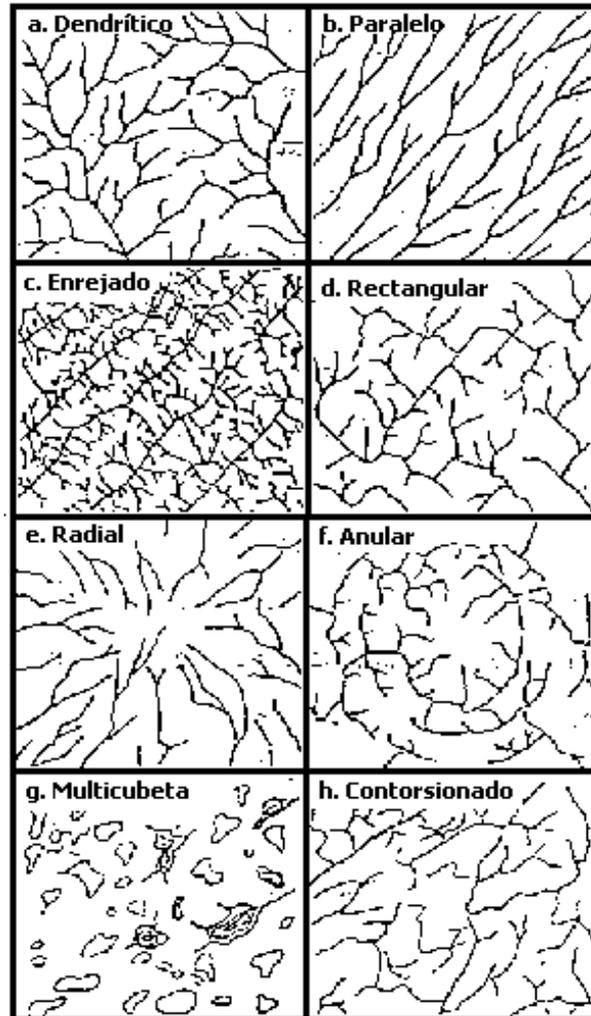


Figura 7: Patrones de drenaje típicos, los cuales pueden ocurrir a escalas variables. (Howard, 1967).

### Jerarquización de la Red Fluvial

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca.

- Corrientes de primer orden: pequeños canales que no tiene tributarios.
- Corrientes de segundo orden: cuando dos corrientes de primer orden se unen.
- Corrientes de tercer orden: cuando dos corrientes de segundo orden se unen.
- Corrientes de orden  $n+1$ : Cuando dos corrientes de orden  $n$  se unen.

Hay varios sistemas de jerarquización, los más utilizados son el de Horton (1945) y el de Strahler (1952).

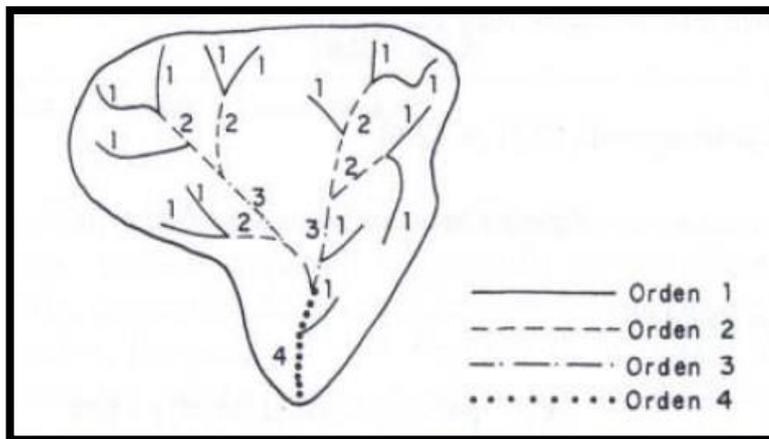


Figura 8: Sistema de jerarquización.

**Pendiente Media de la Cuenca:** La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce. Se calcula como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante.

$$S_{cuenca} = 100 * (\sum L_i * E / A)$$

**Pendiente Media del cauce principal:** En general, la pendiente de un tramo de río se considera como el desnivel entre los extremos del tramo, dividido por la longitud horizontal de dicho tramo, de manera que:

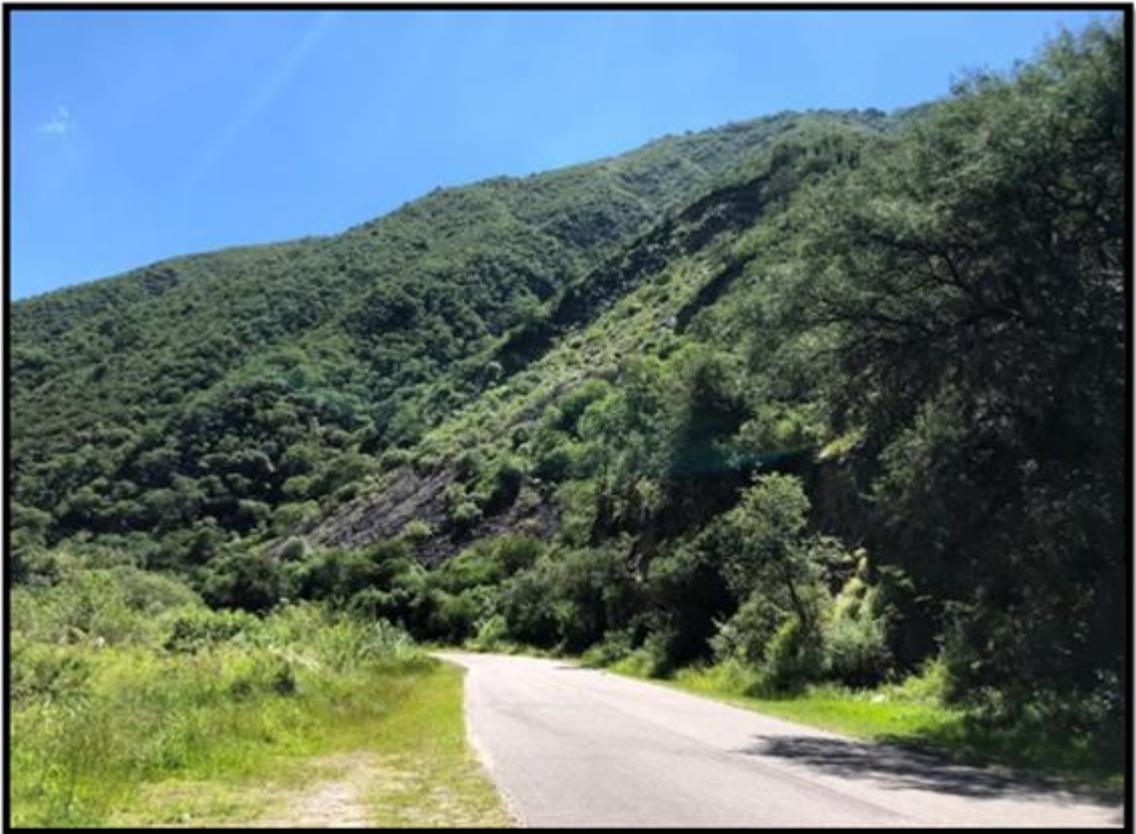
$$S = DA / L$$

Rango	Termino descriptivo
0 - 2 %	Plano o casi a nivel
2 - 4 %	Ligeramente inclinado
4 - 8 %	Moderadamente inclinado
8 - 15 %	Fuertemente inclinado
15 - 25 %	Moderadamente empinado
25 - 50 %	Empinado
50 - 75 %	Muy empinado
> 75 %	Extremadamente empinado

Tabla 2: Clasificación de la pendiente según D.S. N° 017-2009-AG.Fuente: EL PERUENO 2009.

**Perfil altimétrico del cauce principal:** El perfil altimétrico, es simplemente el gráfico de altura en función de la longitud, a lo largo del río principal.

Con base en la forma del perfil altimétrico del río, se pueden inferir rasgos generales de la respuesta hidrológica de la cuenca en su expresión de la hidrógrafa, o sea, la variación del caudal con el tiempo. También los perfiles se usan para estudios de pre factibilidad de proyectos hidroeléctricos, producción de sedimentos, ubicación de posibles sitios susceptibles de avalanchas, entre otros.



## **CAPITULO III: CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO.**

### 3.1 HIDROLOGÍA:

El Río El Tala tiene sus nacientes en los cordones inmediatos al sur del cerro Pabellón en la Sierra de Ambato y a una altitud máxima de 4200 m.s.n.m (Mapa de Hidrología Superficial se puede observar más claramente en formato A3 en el capítulo ANEXOS). Diversas quebradas bajan de ese cordón y confluyen en este río. En la subcuenca alta, el Río El Tala escurre hacia el este, una distancia de 18 km aproximadamente, hasta el puesto homónimo (a la latitud del Km 22), allí gira haciendo un codo con dirección hacia el sureste, ingresa a la denominada Quebrada de El Tala, circula paralelamente a la Ruta Provincial N° 4 (Figura N°9), el valle es flanqueado por las cumbres de Los Ángeles al oeste y la sierra del Colorado al este, hasta desaguar en el denominado Gran Cono del Valle de Catamarca, aunque, debido a la acción antrópica su superficie cónica ha sido aplanada, por lo que en la actualidad es una antropofoma (antro: hombre) denominada cono glacis, el río desagua al oeste de la ciudad de Catamarca, en el paraje denominado Las Rejas desde donde continúa con rumbo sureste con el nombre de río Ongolí; bifurcándose en numerosos meandros se pierde en el mismo cono de deyección del río del Valle. En el tramo de Las Rejas – Km 22 recibe el aporte de numerosas quebradas, siendo la más extensa la del Arroyo El Potrero o Lascano, que ingresa a El Tala sur de la Chacarita de Los Padres (Calvario), el régimen de este es temporario sus nacientes se encuentran en las cumbres del Durazno y del Valle, a través de los arroyos y cañadas del Potrero, Las Trancas, Simbol y otras menores. El río El Tala, es de régimen permanente.

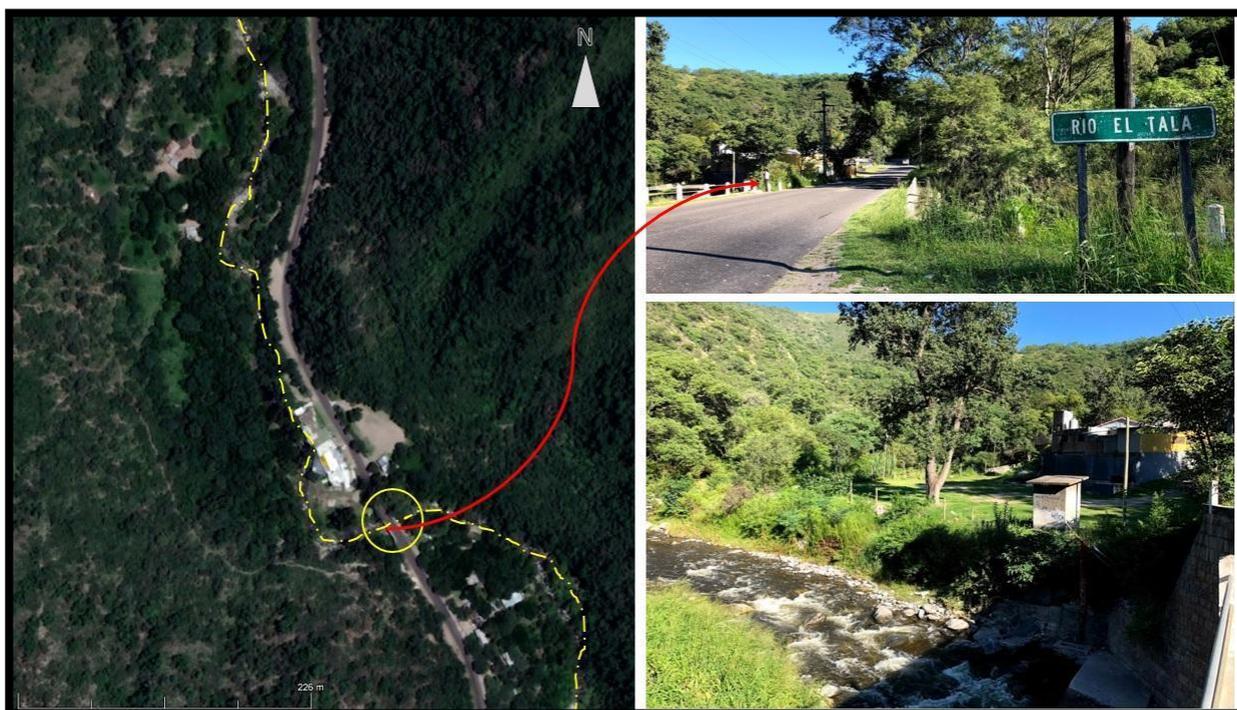
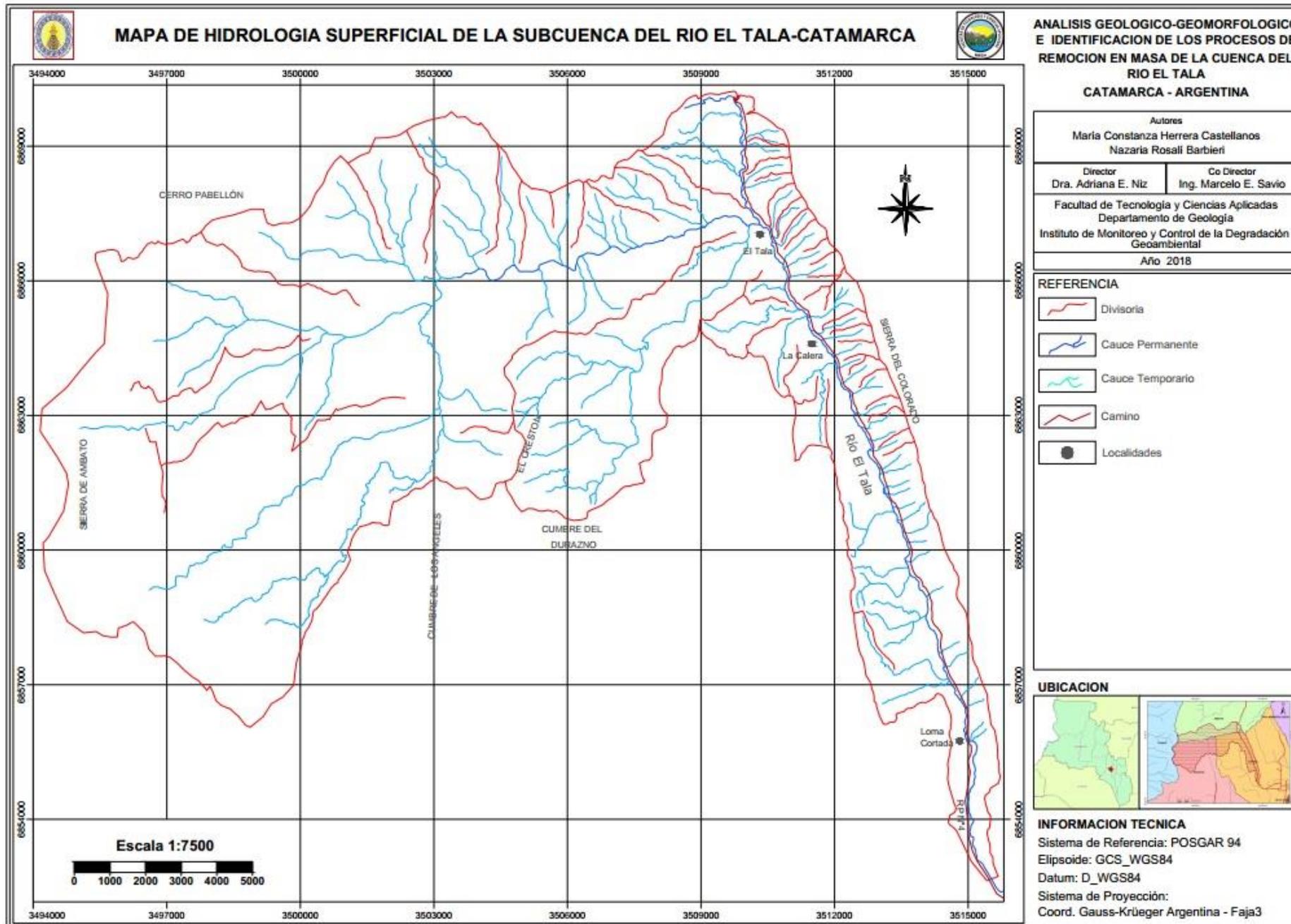


Figura 9: En este punto el Río el Tala cambia de rumbo generando un diseño de meandro encajonado, adaptado a la estructura, dirigiéndose desde el oeste de la ruta hacia el este, al piedemonte la Sa. Del Colorado.

“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”



### 3.2 GEOMORFOLOGÍA:

EL cordón montañoso del Ambato – Manchao, se encuentra ubicado al oeste de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca y constituye la frontera oeste del Gran Valle Central, por su parte, el límite entre las cuencas alta de El Tala y El Rodeo constituye asimismo el límite occidental del departamento Capital, en la ladera oriental se emplazan una sucesión de bloques escalonados, alargados y angostos con pendiente hacia el este. Sobre esta ladera se abre la Quebrada de El Tala, con rumbo noroeste - sureste.

Como resultado de la fuerte actividad tectónica que originó la depresión denominada Valle Central a finales del Periodo Terciario, se produce la geofractura del Cerro Colorado que dio origen a lo que denominamos Valle del Tala. El desarrollo posterior de esta geofirma se debe en gran parte a la erosión hídrica producida por el arroyo que la atraviesa, dándole el típico perfil en “V” que muestra la misma y que indica el dominio de la erosión en lo que se considera un relieve joven.

### 3.3 FITOGEOGRAFÍA

Para la Provincia de Catamarca se distinguen tres distritos de la Provincia Fitogeográfica Chaqueña: Chaco Serrano, Chaco Árido y Chaco Semiárido. En lo que respecta a nuestra zona de estudio, ésta se encuentra emplazada en el primero de los distritos mencionados:

Distrito Chaco Serrano: se extiende de norte a sur a lo largo de las primeras cadenas de montaña, en el este de Jujuy, en el centro de Salta y Tucumán, en el extremo oriental de Catamarca prolongándose hasta las sierras de La Rioja, San Luis y Córdoba y alcanzando aproximadamente hasta los 33° de latitud Sur, suele ocupar las laderas bajas de cerros y quebradas formando un complicado engranaje y un amplio ecotono con la Provincia de las Yungas y con el Monte.

En la subcuenca del Río El Tala, la vegetación y la flora se caracterizan por el predominio de especies como Horco-quebracho, Viraró y Quebracho blanco, en la ribera del río abundan el Mistol y el estrato arbustivo representado por Garabato, Tala Monte negro, el Viscote. La zona contiene un arbustal con predominio de especies espinescentes y caducifolias, de hojas pequeñas y membranosas.

Entre las matas se observan las gramíneas. Se caracteriza por tener un pastizal de gramínea, fasciculadas y rastreras, el cual es interrumpido por grandes espacios de rocas colonizadas por especies de Chaguares, también se observan Tala chiquito, Palo amarillo Cucharero y Quebracho blanco.

La vegetación en la subcuenca alta (Fotografía N°1) está constituida por especies de gramíneas perennes, pastizal discontinuo, lignificado, con espacios entre matas gramíneas o arbustos cubiertos por césped. Posee pequeños manchones de vegetación constituidos por gramíneas perennes cespitosas.



Fotografía 1: Muestra el tipo de vegetación de altura dominante en la subcuenca alta.

### 3.4 CLIMA:

El clima predominante en la provincia es el Árido de Sierras y Bolsones (figura N°10) este se encuentra caracterizado por su situación de continentalidad. Una particularidad del ambiente físico donde predomina esta variedad climática es la presencia de cordones montañosos y la orientación preponderante N-S que tienen ellos.

Como resultado de la conjunción de estos factores es que, en sectores intermontanos, se determinan zonas climáticamente menos rigurosas, favorecidas por un régimen más frecuente de precipitaciones ocasionadas por vientos húmedos del este. Merced a estas condiciones climáticas peculiares se originan “topoclimas” que permiten, en ciertos sectores de la Quebrada de El Tala, el desarrollo de diversas especies vegetales y animales.

Con relación a los vientos, existe un predominio de los del sector noroeste, los que prevalecen en primavera y verano. Estos son portadores de humedad y se condensan formando nubes en los faldeos orientales del Ambato, provocando un mayor régimen de precipitaciones alrededor de los 3.000 m.s.n.m. Un rasgo característico es la intensidad de estos vientos, son más intensos en la región cumbral aguas arriba de la Quebrada, mientras que a medida que descendemos de la misma el viento reduce también su intensidad (Juárez, H.O; 1986). Otro aspecto destacable, producto del viento, es el intercambio entre masas de aire frío que durante la noche descienden desde la montaña al valle, y el efecto inverso que se produce durante el día con la ascensión de aire caliente a zonas altas (Issi Carrizo, L.S; 1996).



Figura 10: Mapa de Climas de Catamarca. Fuente: Atlas Catamarca.

En la región de estudio no se encuentran registros de datos de precipitaciones, no se cuenta con estaciones meteorológicas que permitan conocer esos datos, solo se tienen valores incompletos de las estaciones de El Rodeo y El Jumeal, los cuales no representan fidedignamente las condiciones de precipitación en las subcuencas, solo permiten inferir el comportamiento general en la región, considerando que los mismos son escasos.

De los datos de precipitación proporcionados por la Licenciada Fátima Vílchez, que se muestran en las tablas N° 3 y N° 4 se puede observar un índice que contiene el número de hoja y el periodo anual al que corresponde, a la par se observa otra tabla que indica el año y la precipitación máxima diaria anual, tanto para El Rodeo como para El Jumeal (tablas N° 5 y N° 6 respectivamente), como se puede observar los datos son limitados y no cubren todo los meses y años, por lo tanto no son precisos para hacer un análisis de la precipitación media anual en el lugar de estudio.

"ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y  
 MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA "

Secretaría del Agua y del Ambiente Provincia de Catamarca  
 Dirección de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos  
**ESTACION PRED160 EL JUMEAL**  
**Dpto. CAPITAL**  
**Ubicación:**

Índice		Máximos Diarios Anuales	
Hoja	Año	Año	mm
<a href="#">1</a>	1979/1980	1979/1980	-
<a href="#">2</a>	1980/1981	1980/1981	-
<a href="#">3</a>	1981/1982	1981/1982	33
<a href="#">4</a>	1982/1983	1982/1983	86
<a href="#">5</a>	1983/1984	1983/1984	73
<a href="#">6</a>	1984/1985	1984/1985	44
<a href="#">7</a>	1985/1986	1985/1986	58
<a href="#">8</a>	1986/1987	1986/1987	-
<a href="#">9</a>	1987/1988	1987/1988	-
<a href="#">10</a>	1988/1989	1988/1989	-
<a href="#">11</a>	1989/1990	1989/1990	35
<a href="#">12</a>	1990/1991	1990/1991	-
<a href="#">13</a>	1991/1992	1991/1992	71
<a href="#">14</a>	1992/1993	1992/1993	-
<a href="#">15</a>	1993/1994	1993/1994	65
<a href="#">16</a>	1994/1995	1994/1995	39
<a href="#">17</a>	1995/1996	1995/1996	31
<a href="#">18</a>	1996/1997	1996/1997	58
<a href="#">19</a>	1997/1998	1997/1998	-
<a href="#">20</a>	1998/1999	1998/1999	49
<a href="#">21</a>	1999/2000	1999/2000	-
<a href="#">22</a>	2000/2001	2000/2001	-
<a href="#">23</a>	2001/2002	2001/2002	-
<a href="#">24</a>	2002/2003	2002/2003	-
<a href="#">25</a>	2003/2004	2003/2004	-
<a href="#">26</a>	2004/2005	2004/2005	-
<a href="#">27</a>	2005/2006	2005/2006	-

Tabla 3: Muestra máximos diarios anuales en la estación El Jumeal.

"ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y  
 MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA "

Secretaría del Agua y del Ambiente Provincia de  
 Catamarca  
 Dirección de Hidrología y Evaluación de Recursos  
 Hídricos

Estación **PRED002 EL RODEO**  
 Dpto. **AMBATO**  
 Ubicación:

Índice		Máximos Diarios Anuales	
Hoja	Año	Año	mm
<a href="#">1</a>	1968/1969	1968/1969	-
<a href="#">2</a>	1969/1970	1969/1970	-
<a href="#">3</a>	1970/1971	1970/1971	-
<a href="#">4</a>	1971/1972	1971/1972	-
<a href="#">5</a>	1972/1973	1972/1973	-
<a href="#">6</a>	1973/1974	1973/1974	-
<a href="#">7</a>	1974/1975	1974/1975	-
<a href="#">8</a>	1975/1976	1975/1976	-
<a href="#">9</a>	1976/1977	1976/1977	-
<a href="#">10</a>	1977/1978	1977/1978	-
<a href="#">11</a>	1978/1979	1978/1979	-
<a href="#">12</a>	1979/1980	1979/1980	70
<a href="#">13</a>	1980/1981	1980/1981	56
<a href="#">14</a>	1981/1982	1981/1982	68
<a href="#">15</a>	1982/1983	1982/1983	43
<a href="#">16</a>	1983/1984	1983/1984	67
<a href="#">17</a>	1984/1985	1984/1985	39
<a href="#">18</a>	1985/1986	1985/1986	92
<a href="#">19</a>	1986/1987	1986/1987	45
<a href="#">20</a>	1987/1988	1987/1988	48
<a href="#">21</a>	1988/1989	1988/1989	40
<a href="#">22</a>	1989/1990	1989/1990	68
<a href="#">23</a>	1990/1991	1990/1991	42
<a href="#">24</a>	1991/1992	1991/1992	74
<a href="#">25</a>	1992/1993	1992/1993	-
<a href="#">26</a>	1993/1994	1993/1994	-
<a href="#">27</a>	1994/1995	1994/1995	-
<a href="#">28</a>	1995/1996	1995/1996	-
<a href="#">29</a>	1996/1997	1996/1997	43
<a href="#">30</a>	1997/1998	1997/1998	72
<a href="#">31</a>	1998/1999	1998/1999	83
<a href="#">32</a>	1999/2000	1999/2000	0
<a href="#">33</a>	2000/2001	2000/2001	122
<a href="#">34</a>	2001/2002	2001/2002	-
<a href="#">35</a>	2002/2003	2002/2003	-
<a href="#">36</a>	2003/2004	2003/2004	82
<a href="#">37</a>	2004/2005	2004/2005	-
38	2005/2006	2005/2006	-

Tabla 4: Muestra los máximos diarios anuales en la estación El Rodeo.

**“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”**

Estación	PRED002	EL RODEO			Al índice	Secretaría del Agua y del Ambiente Provincia de Catamarca								
Total Anual	816	Max Diario	92			Dirección de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos								
Año	1985	1/7/1985	-1			1986	1/1/1986	-2						
	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30		
	31.229	31.260	31.291	31.321	31.352	31.382	31.413	31.444	31.472	31.503	31.533	31.564		
Día	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun		
1	0,00	6,70	22,00	0,00	4,00	12,00	33,00	20,60	0,00	0,00	0,00	0,00		
2	0,00	0,00	0,00	0,00	4,90	6,00	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00		
3	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	14,00	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00		
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
5	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	5,00	5,00	0,00		
6	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	26,00	0,00	5,00	0,00	0,00		
7	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00		
8	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	4,00	0,00	0,00		
9	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	34,00	26,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00		
10	0,00	0,00	0,50	0,00	19,50	0,00	12,60	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00		
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	5,00		
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,00	4,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00		
13	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	5,00	0,00		
14	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00	5,00	1,50	0,00		
15	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00		
16	0,00	0,00	3,60	0,00	92,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00		
17	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,60	2,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00		
19	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
20	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	26,50	0,00	0,00	0,00	0,00		
21	0,00	0,00	0,00	0,00	4,90	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00		
22	0,00	0,00	0,00	4,50	2,50	5,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00		
23	0,00	0,00	5,00	0,00	36,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00		
24	5,70	0,00	0,00	0,00	6,00	13,00	0,00	0,00	7,50	6,00	0,00	0,00		
25	0,00	0,00	0,00	1,60	3,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
26	3,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	9,50	1,00	0,00	0,00	0,00		
27	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00		0,00	0,00	0,00	2,00		
30	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	1,90	0,00		1,50	0,00	0,00	0,00		
31	17,60	0,00		2,90		0,00	0,00		0,00		0,00			
Total	30,30	20,70	36,20	32,20	178,10	124,10	137,10	144,20	44,00	42,50	14,50	12,00	815,90	
Máximo	17,60	9,00	22,00	8,00	92,00	34,00	43,00	26,50	15,00	10,00	5,00	5,00	92,00	

Tabla 5: Muestra los valores de las precipitaciones durante el periodo 1985 – 1986 en la estación PRED002 – EL RODEO.

**“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA ”**

ESTACION	PRED160	EL JUMEAL	Al indice										Secretaria del Agua y del Ambiente Provincia de Catamarca	
Total Anual	459	Max Diario	86											Dirección de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos
Año	1982	1/7/1982	-2											1982
	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30		
	30.133	30.164	30.195	30.225	30.256	30.286	30.317	30.348	30.376	30.407	30.437	30.468		
Día	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00		
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	41,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00		
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,50	10,00	0,00	0,00	0,00		
6	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00		
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	0,00	0,00	0,00	4,00		
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00		
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00		
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
20	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	0,00		
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
26	0,00	0,00	27,00	0,00	0,00	0,00	3,00	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
27	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
28	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,00		0,00	0,00	0,00	0,00		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00		
31	0,00	0,00		0,00		0,00	12,00		0,00		0,00			
Total	3,50	3,50	32,00	0,00	10,00	71,50	194,50	88,50	13,00	36,00	2,00	4,00	458,50	
Máximo	3,50	3,50	27,00	0,00	10,00	16,00	86,00	31,00	10,00	12,00	2,00	4,00	86,00	

Tabla 6: Muestra los valores de las precipitaciones durante el periodo 1982 – 1983 en la estación PRED160 - EL JUMEAL

### 3.5 GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se encuentra emplazada dentro de la Provincia Geológica de Sierras Pampeanas Noroccidentales.

Se caracterizan por presentar estrechos valles y amplios bolsones alternando con bloques o cordones elevados que típicamente tienen muy tendida su falda oriental, siendo abrupta o escarpada la occidental. Los valles y bolsones se destacan, como elementos estructurales negativos, una serie de valles intermontanos, longitudinales y angostos (que suelen ser asiento de las principales actividades agrícolas), así como amplios bolsones o "campos", generalmente intermontanos también, que suelen contener salinas y/o formaciones medanosas.

Geológicamente su basamento corresponde a un orógeno Eopaleozoico. Está caracterizado por metamorfitas y migmatitas con una edad de metamorfismo ordovícica, que alojan una serie de granitoides calcoalcalinos. La composición de estos intrusivos varía de gabros tholeiíticos, a tonalitas y granodioritas asociadas a subducción, de edad cámbrica a ordovícico superior a devónica basal. Granitos apotectónicos se emplazan en el carbonífero inferior. Sobre una amplia superficie de erosión, tallada sobre el basamento cristalino, se disponen sedimentitas continentales de edad terciaria cubiertas por depósitos de edad cuaternaria, que se conservan mayormente en valles y bolsones y en las áreas proximales del piedemonte, respectivamente.

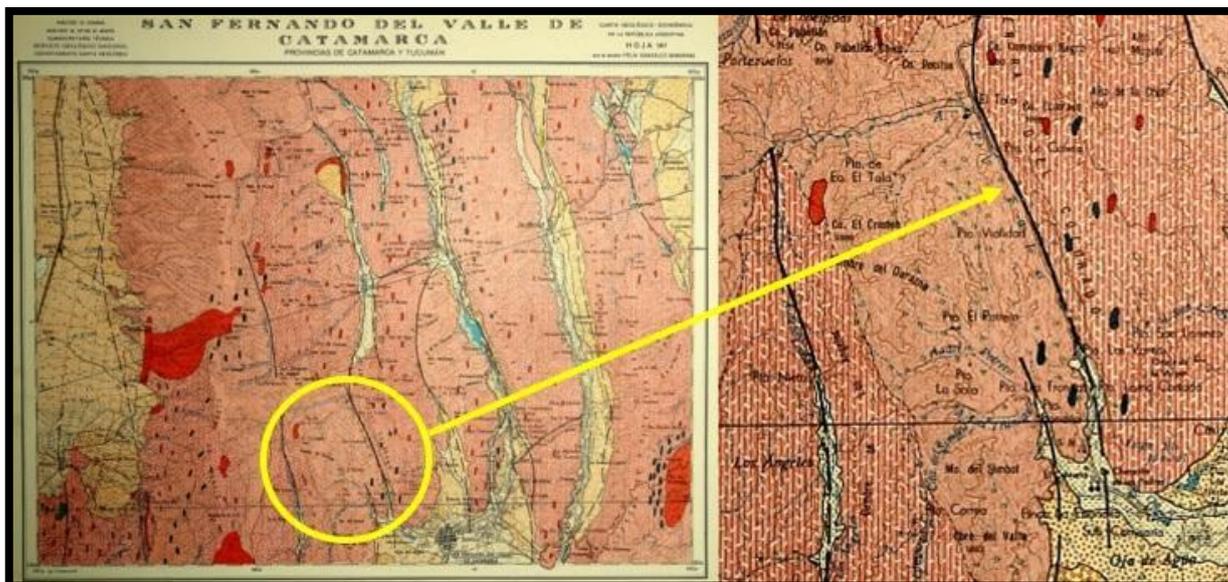


Figura 11: Ubicación del área de estudio en la Carta Geológica 14 F San Fernando.

#### 3.5.1 GEOLOGÍA DEL CONTEXTO LOCAL

- Precámbrico-Paleozoico Inferior

##### Formación La Cébila

Relaciones de campo:

Esta unidad aflora al oeste del departamento Capital, ocupando los faldeos occidentales de la cuenca del río El Tala y las serranías que conforman la cuenca del arroyo El Potrero. Su

contacto oriental con la Formación El Portezuelo, (Aceñolaza et al. 1981) es tectónico, por medio de la falla que se extiende a lo largo de la quebrada de El Tala. Al oeste, fuera de los límites del departamento, sus afloramientos continúan en las serranías vecinas.

**Litología:**

Sus principales componentes varían de esquistos bandeados a filitas bandeadas, con abundancia de micas y cristales de cuarzo, poseen rumbos norte-sur, con inclinaciones promedio de unos 30° hacia el cuadrante oriental. Los afloramientos de esta unidad muestran un aspecto bandeadado que varía en rangos de milímetros a centímetros. Alternan bandas leucocráticas cuarzo feldespáticas con otras oscuras predominantemente biotíticas. Un mesoplegamiento de las bandas, asociado a un aporte importante de venas cuarzosas es ocasionalmente otro de sus rasgos destacables.

El metamorfismo regional de temperatura y presión moderada, determinado por Nullo (1981), se encuadra en la asociación albita – epidoto anfibolita.

Edad: Nullo (1981), a partir de estudios de Aceñolaza y Toselli (1977), ubica a esta unidad entre el Precámbrico al Paleozoico inferior.

### Formación El Portezuelo

**Relaciones de campo:**

La distribución de los afloramientos de esta unidad se ubica en el área norte del departamento Capital, formando las serranías del Colorado y de Fariñango. Su contacto con la Formación de La Cébila es tectónico. Hacia el sur y sudeste está cubierta por sedimentos cuaternarios. Las pegmatitas que afloran en el departamento se ubican en la zona entre La Gruta y el Puesto. La Aguada, Blasco et al. (1994).

**Litología:**

Corresponden a esquistos gnéisicos, gneises bandeados y de ojos, González Bonorino (1978) describe que la inyección es de tipo lit-par-lit con presencia de diques de pegmatitas. Sobre el faldeo oriental del Ambato hace notar que la inyección es más difusa dando lugar a rocas del tipo migmatitas, esto se puede comprobar en la terminación austral de la sierra de Fariñango donde los afloramientos predominantes pertenecen a este tipo de rocas. Las pegmatitas identificadas en el distrito minero Capital, se ubican al norte de la Gruta de la Virgen y zona de La Aguada, son ricas en moscovitas e intruyen rocas migmatíticas y esquistos gnéisicos con rumbos norte-sur e inclinaciones suaves.

Edad: Estas rocas fueron ubicadas en el Paleozoico inferior por Nullo (1981), criterio mantenido por Blasco et al. (1994). Aceñolaza y Toselli (1981). En la sierra de Ancasti Lottner (1983) atribuye al Ordovícico los emplazamientos pegmatíticos.

- Cuaternario

### **Pleistoceno**

#### Formación Concepción

**Relaciones de campo:**

Los afloramientos de esta unidad se encuentran en las desembocaduras de las cuencas del río Tala y arroyos Choya y San Lorenzo, sobre el borde oriental de las sierras del Colorado, corresponden a restos de antiguos conos aluviales generados por estas cuencas hidrográficas. A la salida del arroyo de Choya del tronco montañoso, afloran rocas de esta unidad que fueron atribuidas al Terciario superior, por Merea Llanos (1981) como Formación Sancas. Sin embargo, las observaciones en el terreno determinan una litología semejante a la Formación Concepción, ubicada inmediatamente al sur de dichos afloramientos. En los materiales que afloran en el frente de una cantera para áridos, se verificó la presencia de vidrio volcánico en su matriz fina. Elemento que Merea Llanos (1981) usó para diferenciar entre los depósitos cuaternarios y terciarios. La discordancia que observó Merea Llanos

(1981) podría corresponder a que en la parte superior la Formación Concepción, culmina con derrames de flujos del tipo “debris flows”.

Litología: Son sedimentos fanglomerádicos, en el sentido de Polanski (1966) compuestos por bloques erráticos de hasta 1,5 m de diámetro y rodados del tamaño grava media a gruesa, la composición de estos depende de las áreas de aporte. En los depósitos en la desembocadura de la quebrada de El Tala y al sur de esta, predominan los rodados de esquistos bandeados, micacitas y filitas provenientes de afloramientos de la Formación La Cébila. Al norte de esta quebrada, los rodados están compuestos predominantemente por esquistos inyectados y migmatitas provenientes de los afloramientos correspondientes a la Formación El Portezuelo. Una de las características de estos depósitos es la alteración de sus rodados, los esquistos lo hacen aprovechando sus planos de esquistosidad y foliación, mientras que los rodados de migmatitas y granitoides lo hacen en forma catafilar. Esta característica es una constante de estos depósitos en la Sierras Pampeanas de Catamarca y estaría indicando un clima árido con importantes amplitudes térmicas diarias al momento de su depositación. Los afloramientos en el dique El Jumeal, muestran en la parte inferior, unos 20 m de una secuencia fanglomerádica gruesa, con muy poca matriz del tipo clasto soportante. Culmina en la parte superior con rocas xenoglomerádicas, matriz soportante, generadas por antiguas corrientes de barro del tipo “debris flows”. A lo largo del camino, que corona el dique El Jumeal, es posible diferenciar lateralmente, tres depósitos de este tipo que asientan discordantemente sobre las gravas. Esta unidad, posee depósitos de materiales finos, loessicos, que yacen sobre las áreas serranas, que se consideran coetáneos a los depósitos gruesos del pie de sierra, se caracterizan por ser limos arenosos.

Edad: Estos depósitos fueron asignados al Pleistoceno s. I. por Nullo (1981), criterio mantenido por Blasco et al. (1994), sin embargo, de acuerdo con las interpretaciones de carácter regional de Sayago (1999) se ubican en el Holoceno medio. En un análisis de correlación regional de los depósitos del primer nivel pedemontano, afectados por neotectónica, esta unidad sería equivalente a la Formación Tucumán de Bonaparte y Bobonikov (1974) y probablemente a la Formación Tafí del Valle de Collantes et al. (1993), unidades asignadas al Pleistoceno superior. Sin embargo, faltan elementos de juicio para establecer la edad con mayor precisión. Probablemente si se considerase una correlación de los loess con restos fósiles de la región y depósitos pedemontanos del Valle de Tafí descritos en Collantes (2001) con materiales similares que yacen en el Pto. La Cruz, Cuesta del Rodeo, en las cumbres de Ancasti, y en el bolsón de Catamarca, es posible que esta unidad se ubique entre el Pleistoceno superior – Holoceno inferior, atento a la evolución morfotectónica de las fallas principales de la sierra de Ancasti y los bloques orientales de la sierra de Ambato – Manchao. Esta hipótesis se refuerza con la existencia de bancos limosos con vidrio volcánico identificados por Merea Llanos (1981), al igual que Lafleur (1981) en las unidades equivalentes sobre el piedemonte occidental del Ambato Manchao. Esto hace pensar que al menos hubo una sección de la unidad que se depositó contemporánea o inmediatamente después de determinados niveles de depósitos de carácter loésico.

## **Holoceno**

### Formación Coneta

Relaciones de campo:

La Formación Coneta, en el área de estudio, se desarrolla a partir de la desembocadura de los principales cursos de aguas que bajan de la Cumbre del Durazno, del río El Tala y arroyo San Lorenzo. Los depósitos generados por El Tala son los de mayor importancia y donde históricamente se asentó la ciudad de Catamarca.

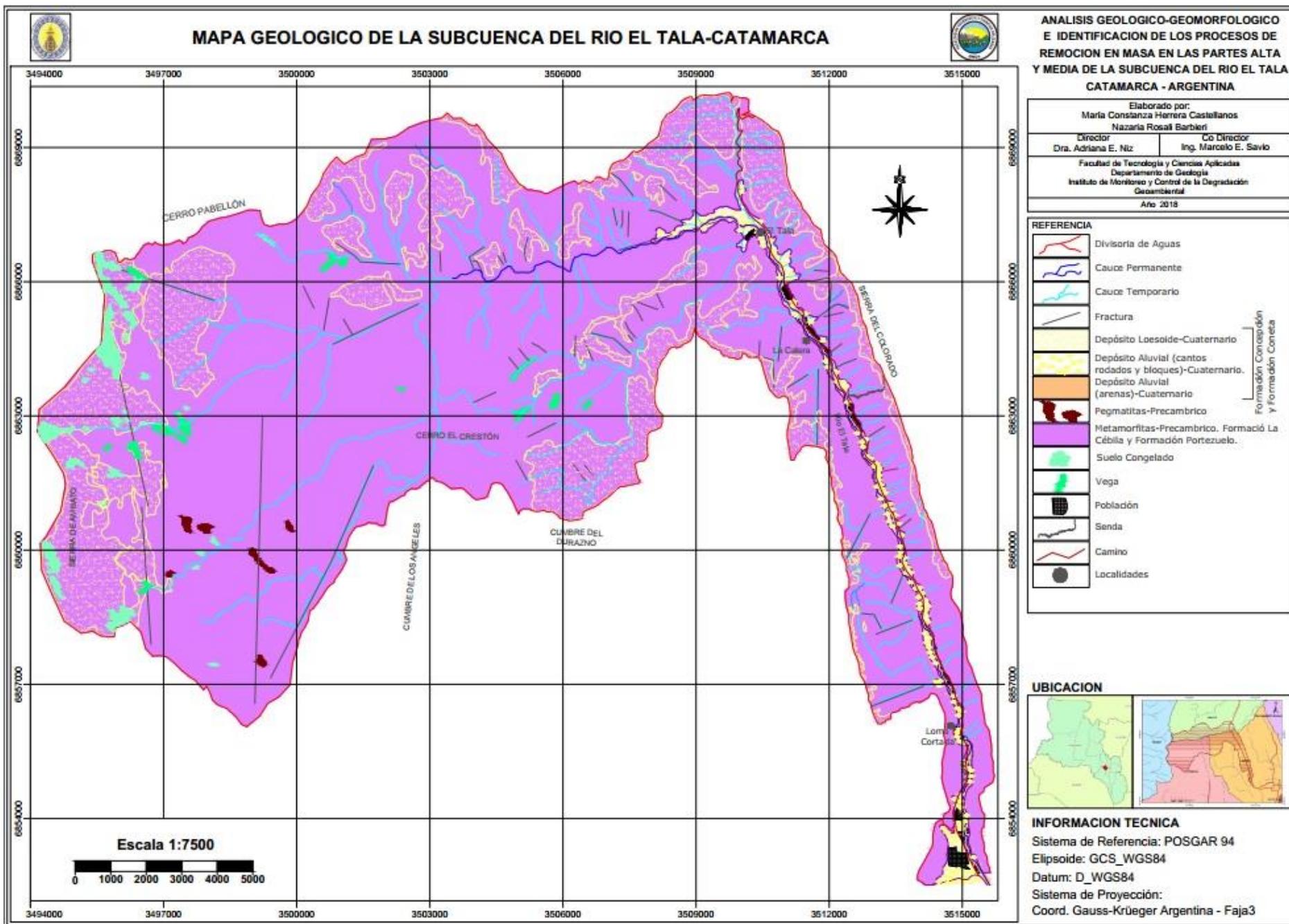
**Litología:**

La característica de los depósitos es el predominio de fanglomerados en la parte media y apical de las geoformas, su parte distal corresponden a arenas finas limosas y limos arenosos. La fracción gruesa está compuesta por elementos provenientes de las rocas metamórficas del área de aporte; Formación La Cébila (Nullo 1981) al sur del río El Tala y Formación El Portezuelo (Aceñolaza y Toselli 1977), cuencas del faldeo oriental de la sierra del Colorado. Las observaciones de campo muestran una estratificación tipo lenticular. La sedimentación es grano decreciente, desde tamaño de bloques en la zona en contacto con la montaña, hasta arenas finas y limos en los contactos con la depresión del Fariñango o sobre los depósitos del río del Valle. La composición de la fracción gruesa, gravas medias a gruesas y bloques de hasta 1,5 m en la zona de contacto con el tronco montañoso, corresponden a filitas, gneises, esquistos bandeados y rodados de migmatitas o migmatitas granitoideas. Una de las características principales que la diferencian de los depósitos similares, del primer nivel y de los acarreos modernos, es la presencia de una pátina de carbonato de calcio en sus rodados, que no presentan alteración. La matriz varía entre arenosa a limosa también posee una pseudocementación de carbonato de calcio.

Edad: Nullo (1981) la asigna al Pleistoceno, pero Blasco et al. (1994) la ubica en el Holoceno y de acuerdo con la interpretación regional, por parte de Sayago (1999) como Holoceno medio. Al igual que la unidad anterior, no se tienen suficientes elementos para una mejor datación.

El Mapa Geológico se puede observar más claramente en formato A3 en el capítulo ANEXOS.

“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”





## **CAPITULO IV: RESULTADOS ALCANZADOS - GEOMORFOLOGIA APLICADA**

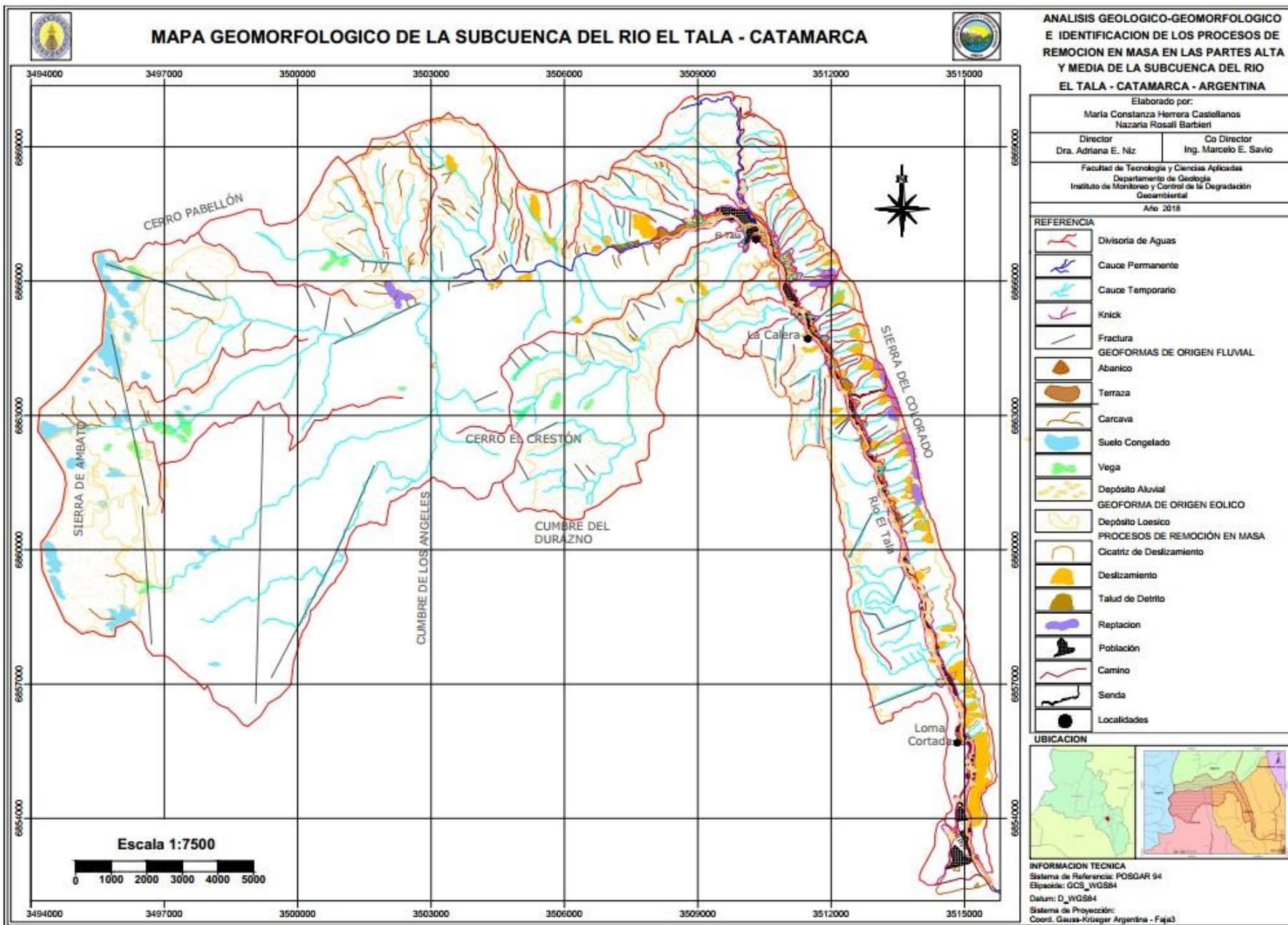
#### **4.1 GEOMORFOLOGÍA DE LAS SUBCUENCAS DEL RÍO EL TALA.**

La zona de estudio se encuentra ubicada entre las Sierras de Ambato y Sierra del Colorado, constituye una depresión tectónica en cuyo valle se emplaza material fluvio-eólico. La subcuenca alta muestra un relieve escarpado en su zona cumbral, debido a la presencia de afloramientos rocosos altamente meteorizado con depósitos de regolito en las zonas deprimidas, en la sección central de esta subcuenca se han producido depósitos de tipo loessoide que suavizan el paisaje y generan cárcavamientos como resultado de la acción fluvial de escorrentía, y deslizamientos de laderas.

Para el análisis geomorfológico, con el objeto de organizar la información, se diferenciaron las unidades geomorfológicas presentes en el área montana y pedemontana de las subcuencas del Río El Tala (Mapa Geomorfológico, se puede observar con mejor calidad en el capítulo ANEXOS). Asumiendo que “una unidad geomorfológica se caracteriza por su homogeneidad espacial y temporal, expresada por la presencia reiterada de elementos morfogenéticos endógenos y una similar historia geomórfica, constituyendo así una unidad básica de mapeo” (Sayago, 1.986, Niz 2003).

En esta etapa, y con el objeto de conocer la dinámica geomorfológica, se analizaron y vincularon entre sí, parámetros tales como: topografía, drenaje, erosión, fenómenos de remoción en masa y aspectos antrópicos, tomando en consideración solamente los procesos geomorfológicos que individualmente y en conjunto, contribuyen a la estabilidad o inestabilidad de un sector. El análisis de los deslizamientos y áreas de vulnerabilidad de riesgo por eventos de remoción en masa se realizó a lo largo del área de estudio, presentándose diferentes geoformas que demuestran, particularmente que el área de la Quebrada, es altamente vulnerable a los eventos de riesgos debidos a causas naturales y antrópicas. Los movimientos de las laderas se ven afectados esencialmente por el tipo de litología, estado de meteorización y erosión de la roca, estructura de las rocas, presencia de escorrentía y lluvias estacionales.

**“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA ”**



#### 4.2 AGENTES MORFOGENERADORES: Son los responsables de la forma del relieve.

Entre ellos podemos incluir:

**Aguas de escorrentía:** las aguas de escorrentía están sometidas a la fuerza de la gravedad, circulan hacia abajo, definiendo una red hidrográfica, integrada por un cauce principal y una serie de afluentes, denominados tributarios, cuyo número variará según el grado de jerarquización de la red de drenaje. A mayor número de tributarios mayor será la jerarquía de la red. Los cauces divagan por la superficie remodelando los relieves; las modalidades de la acción de las aguas de escorrentía dependen de dos factores, el caudal y la velocidad de la corriente. Existen tres reglas que rigen la acción de las aguas de escorrentía, regla de la erosión regresiva: la erosión empieza por la parte baja de las laderas y luego las remonta por erosión retrocedente en las cabeceras; la segunda, la regla de la pendiente: la cual afirma que la erosión es tanto más importante cuanto más fuerte es la pendiente, es decir que a medida que se incrementa la pendiente la energía de degradación también se incrementa y por último la regla del perfil de equilibrio: la erosión, conforme a las reglas precedentes, va disminuyendo con el tiempo en función del rebajamiento del perfil del curso de agua hasta un límite, denominado “perfil de equilibrio”, en el que la energía cinética ligada a la circulación de las aguas está consagrada únicamente a vencer las fuerzas de rozamiento sobre el lecho fluvial sin que ocurra erosión ni transporte.

La acción de las aguas de escorrentía puede manifestarse mediante los siguientes procesos:

- **Denudación:** es el proceso que con mayor frecuencia se observa en las laderas de las cuencas que pueden ser considerados como precursores de los flujos torrenciales. La denudación superficial arrastra el material más fino, la tierra o lodo y la arena, mientras que el más grueso queda sin desplazar (Figura N°12) y es favorecida por la falta de cubierta vegetal protectora del terreno y por la pendiente (Siegfred, 1931).

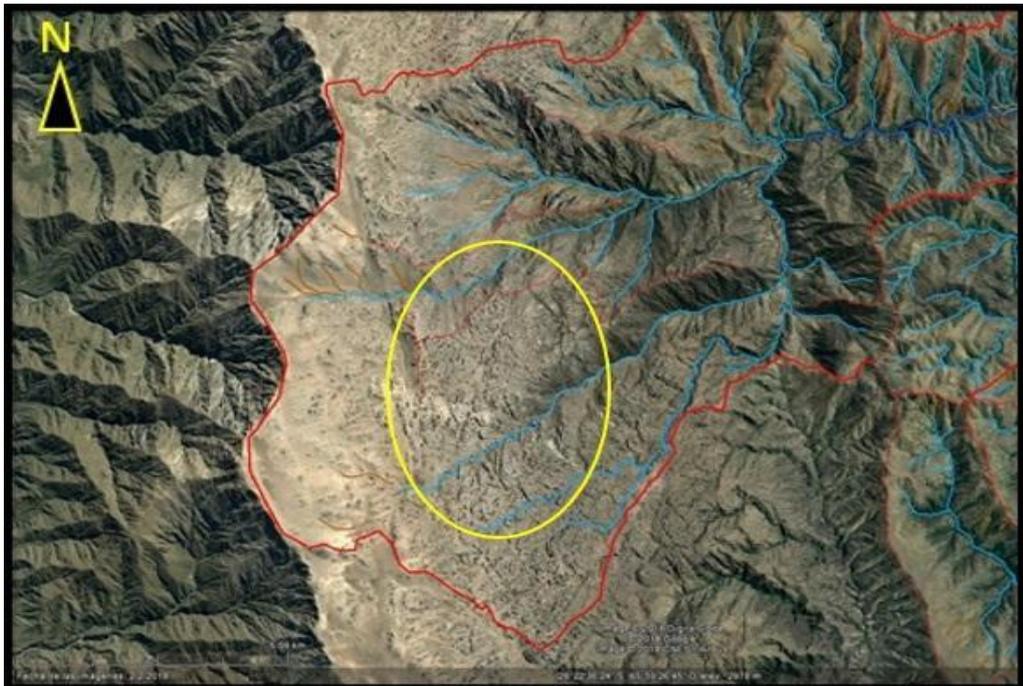


Figura 12: En esta imagen el círculo amarillo involucra la zona de la subcuenca alta que se caracteriza por estar sujeta a proceso de denudación.

- **Erosión en cárcavas:** las cárcavas son cauces en forma de “U” o “V”, originados por la erosión retrocedente que producen en sedimentos finos las aguas que escurren sobre una ladera (Figura N°13). Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de la cárcava. Las cárcavas inicialmente tienen una sección en “V” pero al encontrar un material más resistente o interceptar el nivel freático se extienden lateralmente, tomando forma en “U”.



Figura 13: Manifestación de cárcavas en una de las laderas de la subcuenca alta.

- **Terraza fluvial:** se observa un único nivel de terraza (Figura N°14). La formación de las terrazas va ligada a la alternancia entre períodos de depositación y períodos de erosión. En el área de estudio el único nivel de terraza identificado es el resultado de la depositación del material transportado por el río principal y sobre la cual se han edificado viviendas.



Figura 14: Señalización de un nivel de terraza.

- **Depósitos coluviales:** son depósitos detríticos que se forman por la acumulación de materiales desplazados por gravedad a causa de la evolución natural de una ladera, acumulándose en la parte intermedia y basal de las laderas y fondo de valles (Figura N°15). El material que conforma estos depósitos es heterogéneo, presentando por lo general fragmentos de roca angulares a subangulares. En la ladera occidental de la sierra del Colorado se pueden observar depósitos coluviales, generados por el movimiento gravitacional de material rocoso.

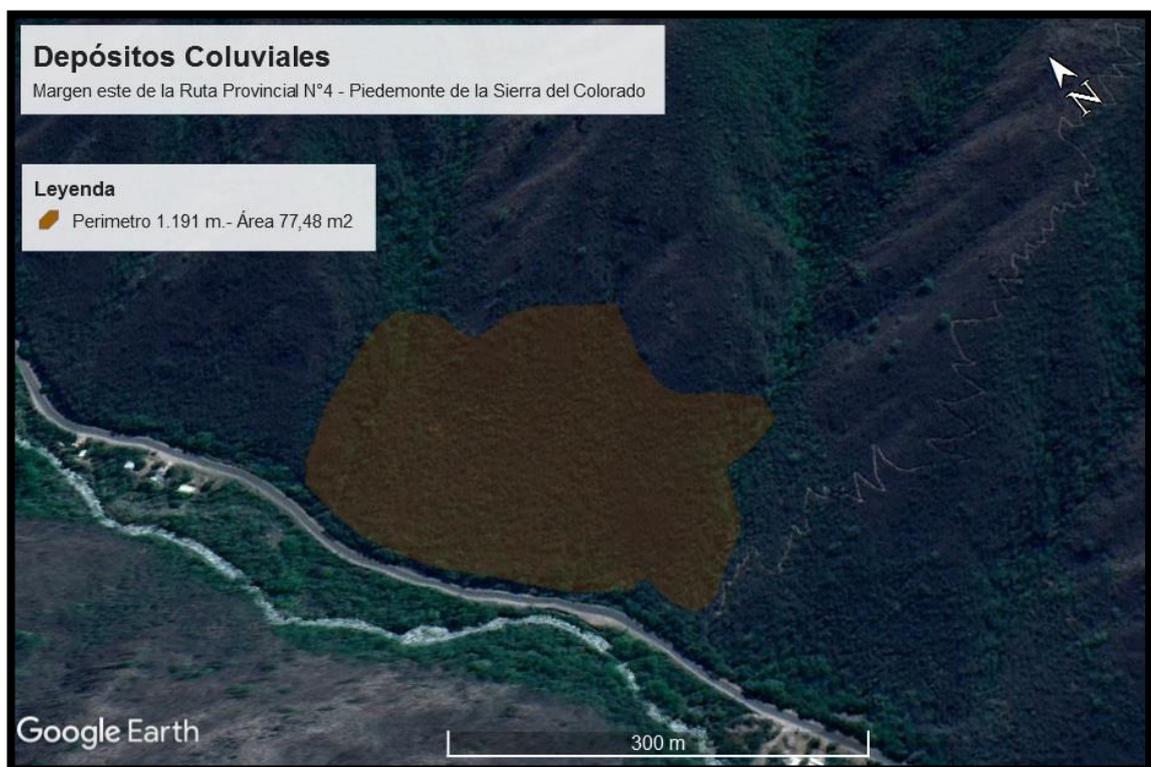


Figura 15: Señalización de acumulación de depósitos coluviales al pie de la Sierra del Colorado.

**4.3 COMPORTAMIENTO HIDROGRÁFICO DEL RIO EL TALA:** Se realizó una descripción detallada del comportamiento del Río El Tala a lo largo de toda su trayectoria, desde sus nacientes en la subcuenca alta, hasta su desembocadura, al sur de la subcuenca media del área de estudio.

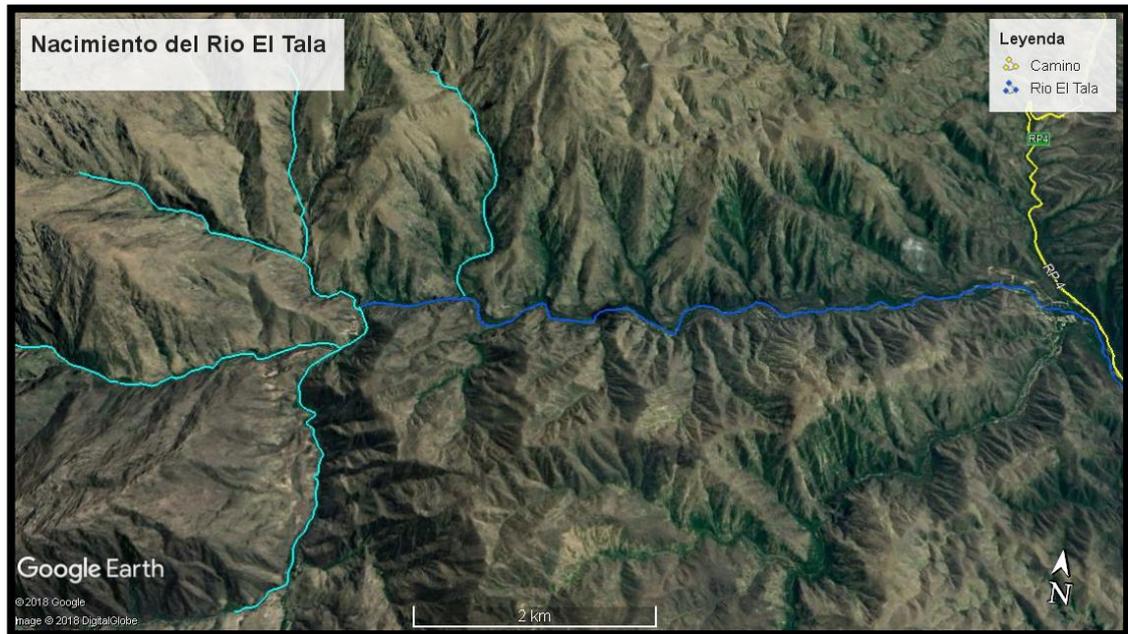


Figura 16: Naciente del Río El Tala.

- El Río El Tala tiene sus nacientes al S del Cerro El Crestón y N de la Sierra de Ambato, al iniciar su recorrido el mismo recibe los aportes de numerosos tributarios que se observan en la Figura N° 16, los cuales confluyen en un colector principal llamado Río El Tala, el cual presenta un comportamiento del tipo anastomosado que se caracteriza por tener una gran capacidad de transporte y sedimentación, tiene menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve.



Figura 17: En esta imagen se puede apreciar el cambio de rumbo del río principal.

- Al llegar al puesto El Tala se produce el cambio brusco de rumbo del río principal de N a S donde comienza a comportarse como un tipo de drenaje rectangular (Figura N°17), el cual se manifiesta cuando la roca subyacente está cruzada por fracturas casi perpendiculares entre sí, lo cual es lógico debido a que se encuentra con la quebrada homónima, que se formó por la falla que dio origen a la Sierra del Colorado, debido a esto se forman zonas de debilidad vulnerables a la erosión. Entonces la corriente principal y sus tributarios siguen cursos caracterizados por curvas casi en ángulo recto.



Figura 18: Recorrido del río principal a lo largo de la Ruta Provincial N°4.

- A través de su recorrido por la Ruta Provincial N°4 su comportamiento pasa a ser paralelo a sub paralelo, este diseño se presenta generalmente donde existen pendientes pronunciadas o controles estructurales que conducen a corrientes paralelas o casi paralelas (Figura N°18), cabe destacar que en un sector en particular, a la altura del kilómetro 9 el cauce se desplaza del E al O de la ruta, comportándose como un meandro encajonado, retomando su diseño paralelo - subparalelo al seguir su recorrido a lo largo de la quebrada.

#### 4.4 PARTES DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA

La subcuenca del Río El Tala tiene la particularidad de que, en el análisis morfodinámico se presenta en lo que se podría denominar una cuenca compuesta con tres aspectos bastante distintos entre sí. (Figura N° 19)

En primer término, **la subcuenca alta**, que involucra el río en su recorrido con rumbo O-E, es una subcuenca subredondeada oblonga, integrada, en el área cumbre por tres microcuencas que aportan al colector principal de diferente manera: las microcuencas ubicadas al norte, en el límite con el Cerro Pabellón, en la figura N° 19 designadas con los números **1** y **2**, contribuyen al cauce de la siguiente manera: la microcuenca **1** aporta al colector principal material de taludes de detritos y sedimentos finos loesoides que transporta desde el área cumbre, la microcuenca **2**, proporciona material de taludes de detritos propio de

deslizamientos rocosos. Por su parte, la microcuenca ubicada inmediatamente al sur - denominada como **3** en este análisis - es la que proporciona mucho material de tipo bloques, de tamaños que llegan incluso a 12 m., el área cumbre presenta afloramientos rocosos sueltos, disponibles para su transporte aguas abajo, tiene además, algunos sectores con suelos congelados que, ante los calores de estiaje, se descongelan superficialmente, generando por un lado vegas, por otro proporciona superficies lubricantes para el deslizamiento rocoso. Estas tres microcuencas confluyen para dar origen al Río El Tala, que escurre con rumbo O-E y recibe en su recorrido los aportes de las microcuencas **4** y **5**.

En segundo término, **la subcuenca media**, que inicia en las coordenadas geográficas 28°19'34.55" latitud sur y 65°53'40.76", donde el cauce hace un codo de 90° y discurre a lo largo de la fractura tomando una dirección N-S. Esta microcuenca es encajonada, tectónica, angosta, agreste, predominan los procesos de erosión, Se extiende hasta el paraje denominado El Calvario, constituye el límite de esta investigación.

Finalmente, en tercer término, **la subcuenca baja**, que recibe el aporte del Arroyo el Potrero, muestra una dinámica completamente distinta, se trata de la zona de acumulación y transporte. Es el sector inicial del piedemonte, que a su vez involucra asentamientos urbanos más extendidos y proyectados, por su particularidad es motivo de estudio de otro Trabajo Final de Carrera que se está ejecutando, y que se nutrirá de los resultados de la presente investigación.

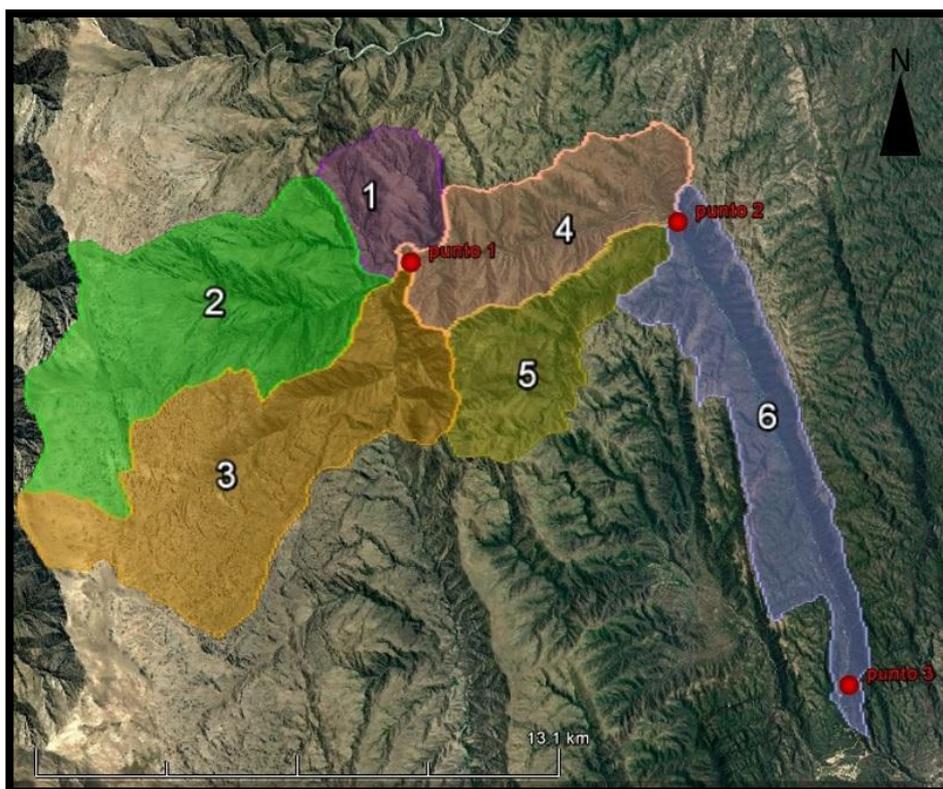


Figura 19: Se puede observar la división de microcuencas.

#### 4.4.1 MICROCUENCA N° 1

Ocupa un área de 39,9 km<sup>2</sup>. En ella se observan frentes de deslizamientos con gran cantidad de material fino suelto sobre las laderas, en sectores se produce acumulación de material que a su vez está glaciplanado y en un punto está siendo sometido a erosión retrocedente como se observa en la imagen de la Figura N°20.

La vegetación en este sector es escasa, se limita a pastos de altura, por lo tanto, el material suelto no puede ser sujeto por la misma para evitar el deslizamiento del material, en caso de una precipitación abundante.

El cambio de pendiente es bastante amplio, desde 2788 m en la cima a 2078 m en la parte baja de la microcuenca en aproximadamente 2,5 km. Esto significaría un gran problema en épocas de mayores precipitaciones, ya que el material suelto sería arrastrado aguas abajo con gran velocidad, produciendo daños en la parte media sin considerar el comportamiento de las demás microcuencas que la rodean.

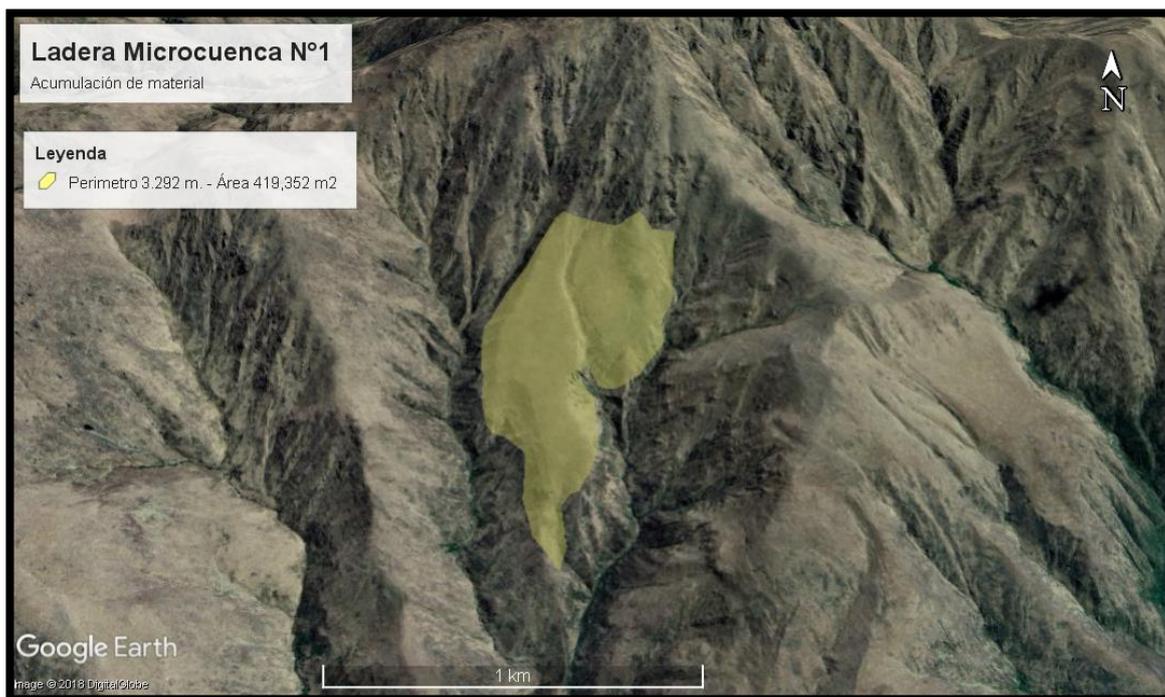


Figura 20: En la imagen se puede observar una ladera de la microcuenca en la cual se produjo acumulación de material que a su vez está glacializado y sometido a erosión retrocedente.

#### 4.4.2 MICROCUENCA N° 2

Si bien esta microcuenca es de mayor tamaño que la microcuenca N° 1, abarca una superficie de 36,7 km<sup>2</sup>, se diferencian también por el contenido en material. La microcuenca N° 2 tiene menos material fino suelto y posee en algunos sectores material rocoso.

En cuanto a la pendiente hay una diferencia de 2050 m aproximadamente, desde la cima hacia la desembocadura de la microcuenca, en 9,5 km de recorrido.

La cabecera de esta microcuenca se caracteriza por poseer suelos congelados demostrados por las vegas que se encuentran en el lugar a orillas del cauce y formando parte de este.

En épocas de gran cantidad de lluvias el material acumulado en las laderas (Figura N° 21) es transportado aguas abajo con gran velocidad, produciendo erosión en las laderas agregando material al volumen que lleva el cauce hacia la microcuenca colectora que sería la microcuenca N° 5.



Figura 21: En la imagen se puede dimensionar el tamaño de los bloques que se transportan hacia el colector principal.

#### 4.4.3 MICROCUENCA N° 3

La microcuenca N° 3, cubre una superficie de 8,98 Km<sup>2</sup>, está constituida en su mayoría por material rocoso observándose en la cima intrusiones pegmatíticas, suelos congelados, vegas, también se caracteriza por poseer escasa vegetación y laderas muy escarpadas.

En este sector de la subcuenca alta, la pendiente va desde los 4010 m hasta los 2170 m aproximadamente en un recorrido de 8 km aproximados.

Se puede observar remoción de masa por reptación y que existe un asentamiento sobre el cauce (Figura N°22), hace más de 15 años (guiándonos de las imágenes del Google Earth) el cual se puede ver muy afectado en épocas de crecidas del río, ya que cuando esto sucede el volumen de agua y material que transporta el cauce toma gran velocidad aguas abajo produciendo erosión de las laderas, y este asentamiento está ubicado justo en la desembocadura del mismo.

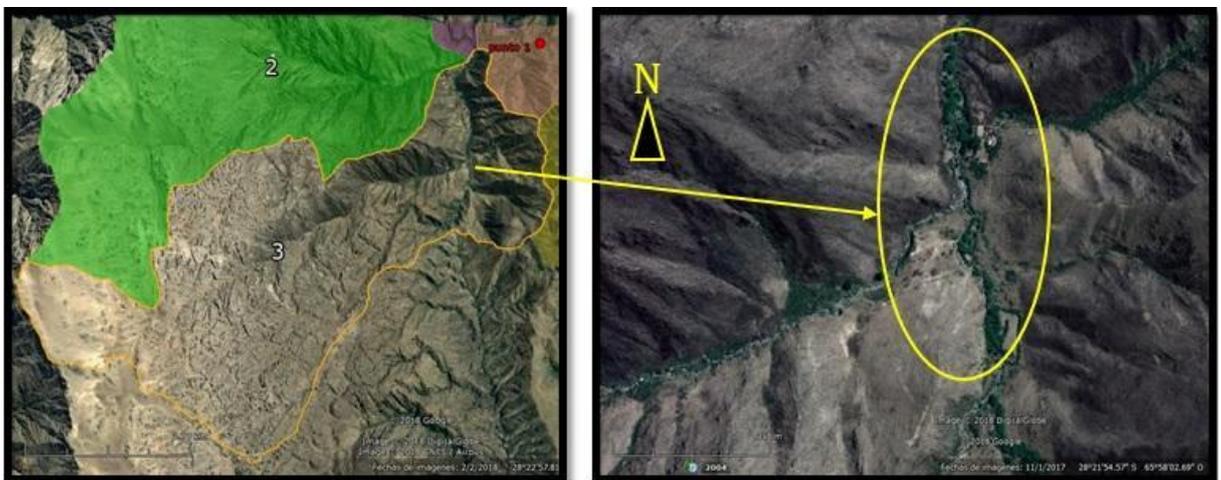


Figura 22: En esta imagen se puede observar la ubicación de los asentamientos dentro de la microcuenca N° 3.



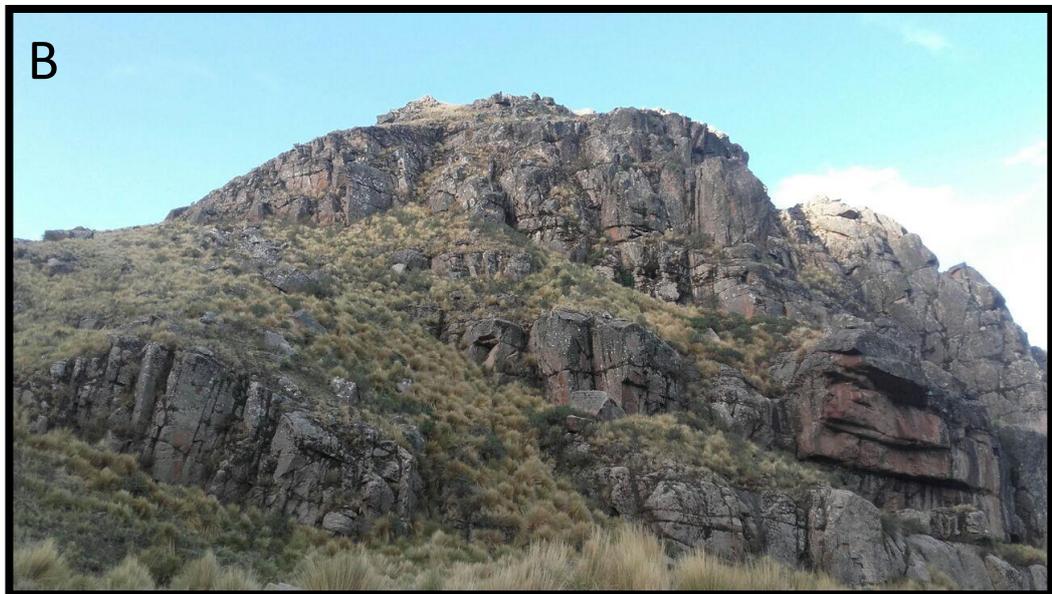
Figura 23: Bloques de la microcuenca N°3.

En la Figura N° 23 se puede observar como los bloques que se encuentran en el pie de las laderas en épocas de lluvias torrenciales pueden llegar a desplazarse a lo largo de la pendiente hasta desembocar en el colector principal, junto con los materiales de la microcuenca N° 2. Tamaño promedio de los bloques: 17 m.

Las imágenes A, B, C, D y E, se han seleccionado para mostrar las características de la subcuenca alta, roca expuesta al intemperismo, material de tamaño de bloque disponible para acarreo, además en las imágenes D y E, se observan las vegas que se generan como consecuencia de la gelivación de los suelos congelados.



Fotografía 2: A



Fotografía 3: B



Fotografía 4: C



Fotografía 5: D



Fotografía 6: E

#### 4.4.4 MICROCUENCA N° 4

En esta microcuenca, que cubre un área de 22 km<sup>2</sup>, se encuentra mayor porcentaje de vegetación, material fino y pocos afloramientos rocosos a diferencia de sus microcuencas vecinas. En el sector E de la microcuenca homónima, se observa el cambio brusco de dirección del Río El Tala (Figura N° 17), debido a un fenómeno estructural dado a que la falla por sobre la cual se desplaza la quebrada ha sido sobre elevada provocando el cambio en la dirección (Juárez 1986), lo que da como resultado un diseño de drenaje de control estructural, de tipo rectangular, típico de ambientes metamórficos; al mismo tiempo en este sector se produce la confluencia entre el Río El Tala y un afluente, lo que le confiere en épocas de máximas precipitaciones una zona de alto riesgo principalmente por la existencia de viviendas en el lugar (Figura N° 24).

Dentro de la microcuenca N° 4 o microcuenca colectora, se encuentra el Punto N° 1, que nos indica la confluencia de las microcuencas N° 1, N° 2 y N° 3. Esta confluencia tiene cierto grado de peligro, ya que, en épocas de máximas precipitaciones, se puede producir un endicamiento debido al gran volumen de material que acarrea, provocando el mismo una acumulación de energía, que una vez liberada puede provocar importantes daños a las viviendas que se encuentran en la desembocadura y a la Ruta Provincial N° 4.



Figura 24: Ubicación de las edificaciones en el codo del Rio El Tala.

En la Figura N° 24 se puede apreciar el área ocupada por edificaciones que fueron construidas en los últimos años, las cuales se pueden ver afectadas en épocas de lluvias torrenciales ya que en ese sector es la confluencia del colector principal y uno de los tantos tributarios.

#### 4.4.5 MICROCUENCA N° 5

En esta microcuenca, que ocupa un área de 16,2 km<sup>2</sup>, se identificó material fino suelto y mayor vegetación que en las otras microcuencas, pero no lo suficiente como para sostener el material suelto de las laderas. Se caracteriza por presentar vegas en la parte más alta, y evidencias de procesos de remoción en masa por reptación y por gravedad como lo indica en la Figura N° 25, en la misma se puede apreciar con gran nitidez el deslizamiento de grandes dimensiones de una de las laderas y posterior acumulación en el pie de la misma.



Figura 25: Deslizamiento de ladera en la microcuenca N° 5.

#### 4.4.6 MICROCUENCA N° 6

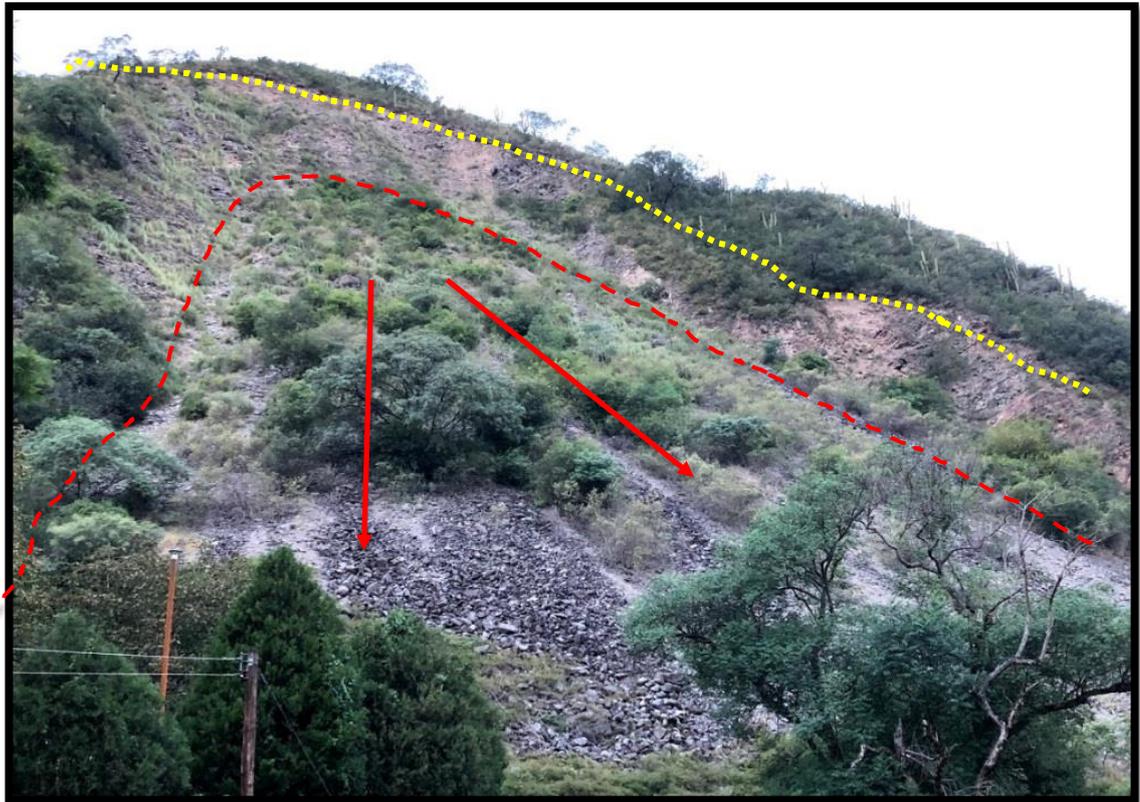
La microcuenca N° 6 es recorrida en toda su extensión por el Río El Tala, este sector abarca un área de 29,5 km<sup>2</sup>, a través de ella circula la Ruta Provincial N° 4 en la cual se pudo observar según el análisis de las imágenes satelitales del Google Earth (Figuras N° 26 y 27), que un gran porcentaje de las viviendas edificadas se encuentran a la vera del río principal, convirtiéndose en zonas de alta vulnerabilidad frente a las crecidas que son habituales en las épocas de verano. En esta microcuenca se encuentra ubicado el Punto N° 2 donde se lleva a cabo la confluencia de las microcuencas N° 4 y N° 5, cuya unión potenciaría el riesgo de que las construcciones cercanas sean invadidas por el caudal, teniendo en cuenta que el mismo posee gran volumen debido a que contiene material de erosión de las microcuencas antes descritas (N° 1, 2, 3, 4 y 5). Un afluente importante del Río El Tala, es el arroyo El Potrero, el cual surge a partir de la Cumbre del Durazno, en el sector medio de la subcuenca, uniéndose al Río El Tala a la latitud de El Calvario, lo que le confiere cierto grado de peligrosidad en el punto de intersección de ambos cauces debido a la existencia de edificaciones. Así mismo se evaluó la presencia de varias zonas activas en cuanto a deslizamientos siendo estas, potencialmente riesgosas teniendo en cuenta la población que habita el piedemonte.

El Punto N° 3 que se ubica al finalizar la microcuenca N° 6 nos muestra el cambio en el comportamiento del Río El Tala, esto se debe a la disminución de la pendiente, lo que conlleva una pérdida de energía de este, también se observa que deja de estar encajonado entre las sierras para extenderse a lo ancho abarcando mayor superficie de edificaciones.



Figura 26: Deslizamiento de ladera en la microcuenca N° 6.

En la Figura N° 26 se puede apreciar con claridad el deslizamiento de ladera en la falda occidental de la Sierra del Colorado, se presta importancia a este deslizamiento en particular debido a la presencia de edificaciones al pie de la misma, las cuales son altamente vulnerables frente a los procesos de remoción en masa.



Fotografía 7: Fotografía que representa el deslizamiento de la figura N° 26. En línea de puntos cicatriz de deslizamiento y en rayas material de deslizamiento

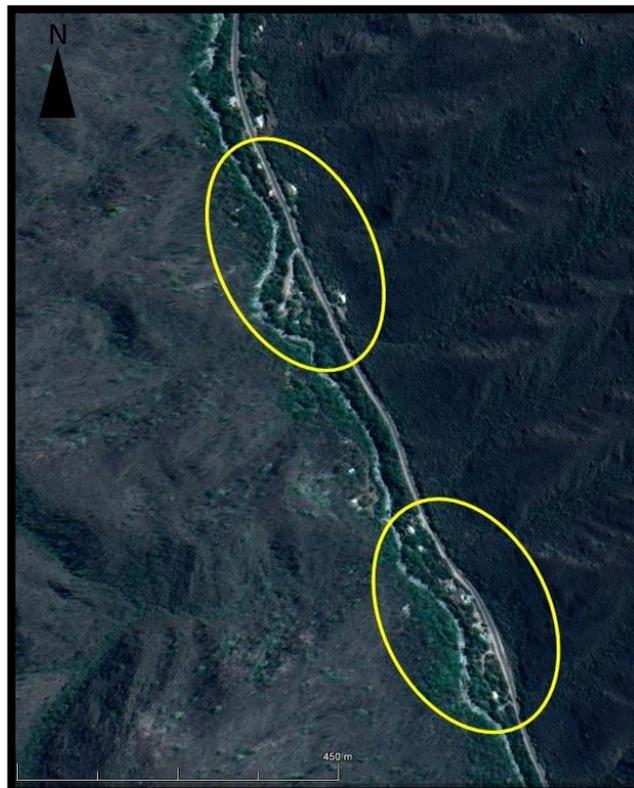


Figura 27: En esta imagen es visible la ubicación de una gran cantidad de edificaciones a la vera del río principal, las cuales en su mayoría contornean al mismo.

#### 4.5 ANÁLISIS MORFOMETRICO DE LA SUBCUENCA ALTA

Para el análisis morfométrico de la cuenca alta se calcularon los siguientes datos: área de la subcuenca, longitud axial y perímetro. Dichos datos se obtuvieron a través del software Global Mapper con el apoyo del software Google Earth Pro.

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Área de la subcuenca	A	Km <sup>2</sup>	126,11
Longitud Axial	L	Km	15,91
Perímetro de la subcuenca	P	Km	59,72

Tabla 7: Parámetros generales de la subcuenca alta.

#### Ancho Promedio (W)

$$W = A/L$$

$$W = 126,11/15,91$$

$$W = 7,93 \text{ km}$$

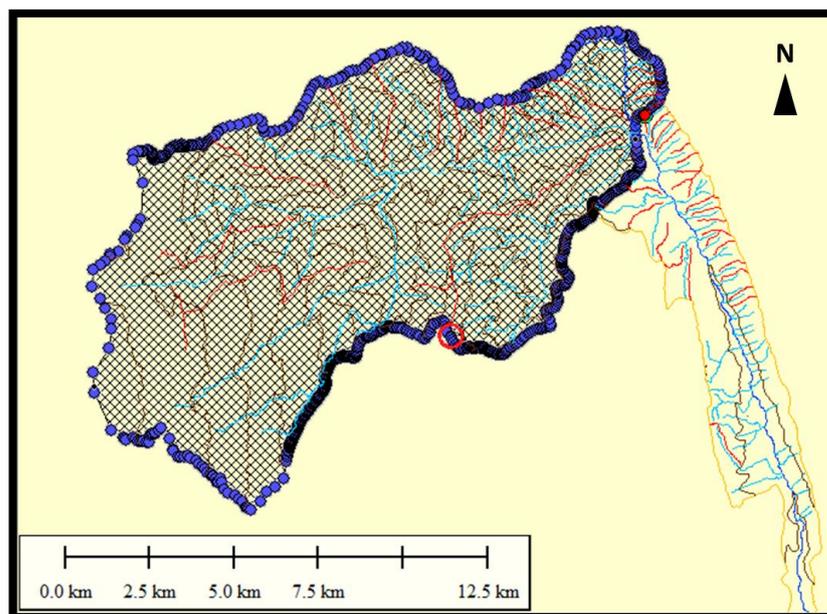


Figura 28: Área de la cuenca alta con sombreado cuadrado.

**Desnivel altitudinal de la subcuenca alta:** Para determinar el desnivel altitudinal se debe activar la capa del modelo de elevación digital y mediante el análisis de mediciones podemos calcular los atributos de elevación. En el sector de máxima y mínima elevación se generará automáticamente una marca de posición con su respectiva cota. El desnivel altitudinal se obtiene de la diferencia entre la máxima y mínima elevación.

$$DA = H_{Máx} - H_{mín}$$

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
HMáx	m.s.n.m.	4418
HMín	m.s.n.m.	1421
DA	m	2997

Tabla 8: Desnivel altitudinal de la cuenca alta.

**Parámetros que caracterizan la forma de la subcuenca alta.**

- Factor de Forma:  $F = W/L$

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Área	A	Km <sup>2</sup>	7,93
Longitud Max	L	Km	19,35

Tabla 9: Tabla N° 9: Factor de forma de la subcuenca alta.

$F = 7,93 / 19,35$

$F = 0,41$

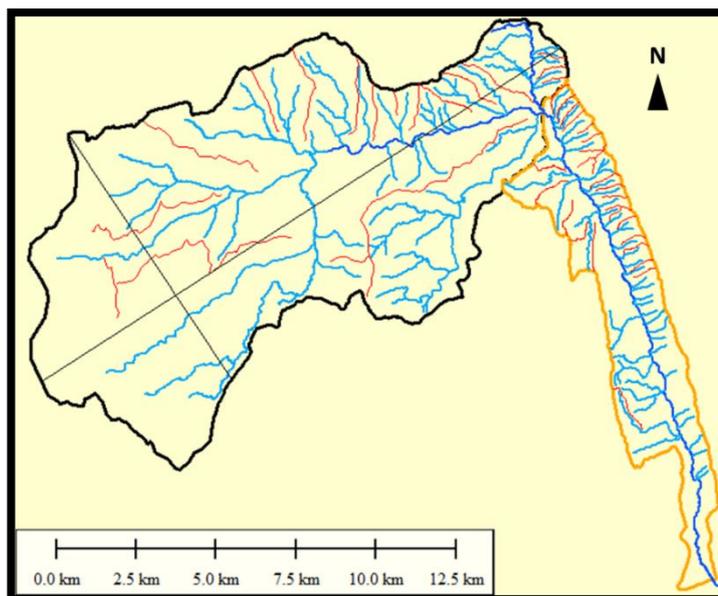


Figura 29: Longitud y ancho máximo de la subcuenca alta.

- Coeficiente de Compacidad o de GRAVELIUS para la subcuenca alta.

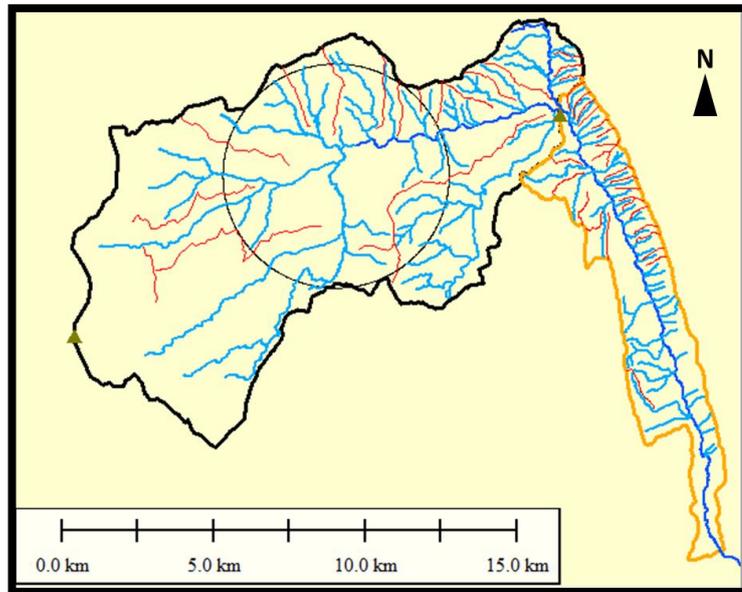


Figura 30: Circunferencia para el cálculo del Coeficiente de Compacidad de la subcuenca alta.

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Área de la subcuenca	A	Km <sup>2</sup>	126,11
Perímetro de la Circunferencia	P	Km	22,86

Tabla 10: Coeficiente de Compacidad de la subcuenca alta.

$$K = 0.28 \times P / \sqrt{A} \quad K = 0.28 \times 22,86 / \sqrt{126,11} \quad K = 0,28 \times 22,86 / 11,23 \quad K = 0,6$$

- Factor de forma adimensional de HORTON de la subcuenca alta.

$$R_f = A / L_b^2$$

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Área de la subcuenca	A	Km <sup>2</sup>	126,11
Longitud de la subcuenca	L <sub>b</sub>	Km	15,91

Tabla 11: Factor de Horton para la subcuenca alta.

$$R_f = 126,11 / (15,91)^2$$

$$R_f = 126,11 / 253,12$$

$$R_f = 0,5$$

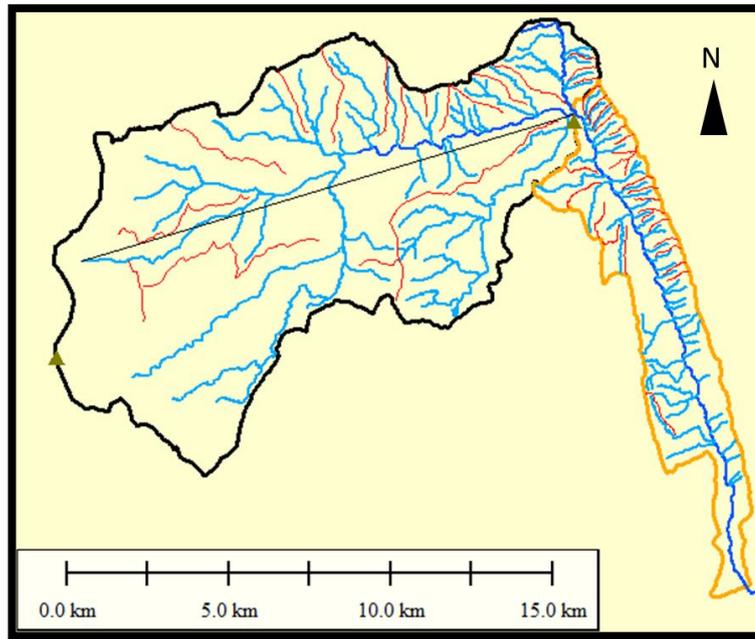


Figura 31: Longitud de la subcuena Alta, medida desde la salida hasta el límite, cerca de la cabecera del cauce principal, a lo largo de una línea recta.

### CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE CANALES.

- Densidad de drenaje de la subcuena alta.

$$D_d = \sum Li / A$$

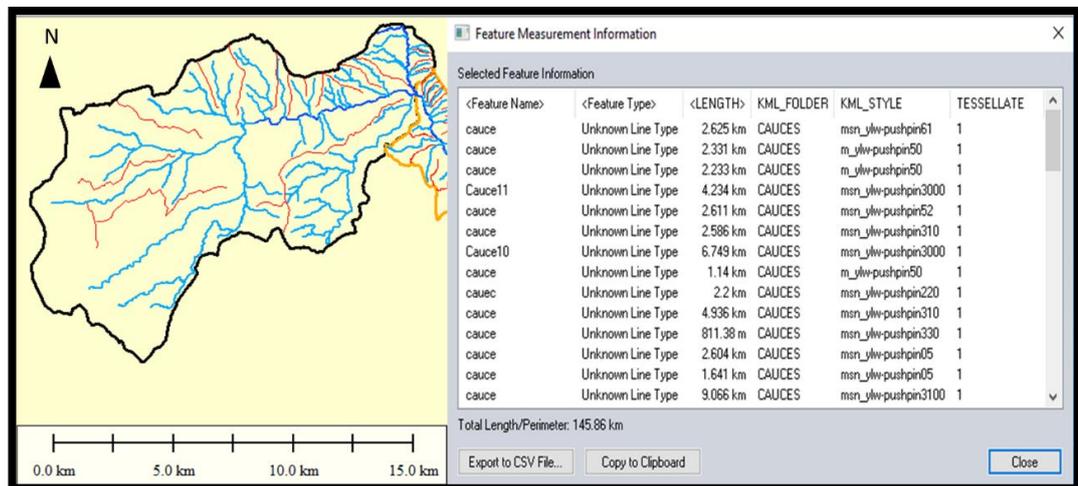


Figura 32: Longitud de cada cauce de la subcuena alta.

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Longitud total de las corrientes	Li	Km	145,86
Área de la subcuena	A	Km <sup>2</sup>	126,11

Tabla 12: Densidad de drenaje de la subcuena alta.

$D_d = 145, 86 / 126, 11$   
 $Dd = 1, 16$

**Parámetros que caracterizan el relieve de una subcuenca alta.**

- Pendiente Media de la subcuenca alta.

$Scuena = 100 * (\sum Li * E / A)$

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Longitud de cada una de las curvas de nivel	Li	Km	195
Equidistancia	E	Km	0,3
Área de la subcuenca	A	Km <sup>2</sup>	126,11

Tabla 13: Pendiente media de la subcuenca alta.

$Scuena = 100 * (195 * 0,3 / 126,11)$

Scuena= 46.62 %

- Pendiente Media del cauce principal de la subcuenca alta.

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Desnivel Altitudinal	DA	M	2579
Longitud del cauce principal	L	Km	18,8

Tabla 14: Pendiente Media del cauce principal de la subcuenca alta.

$S = DA / L$

$DA = 4005m - 1426m = 2579m$        $S = 2, 58 km / 18, 8 km$        $S = 0, 14$

- Perfil altimétrico del cauce principal de la subcuenca alta.

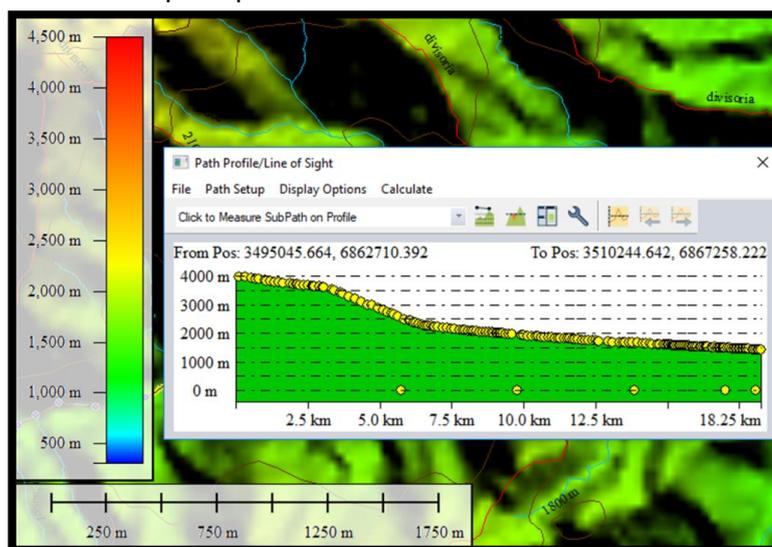


Figura 33: Perfil altimétrico de la subcuenca alta.

#### 4.6 ANALISIS MORFOMETRICO DE LA SUBCUENCA MEDIA

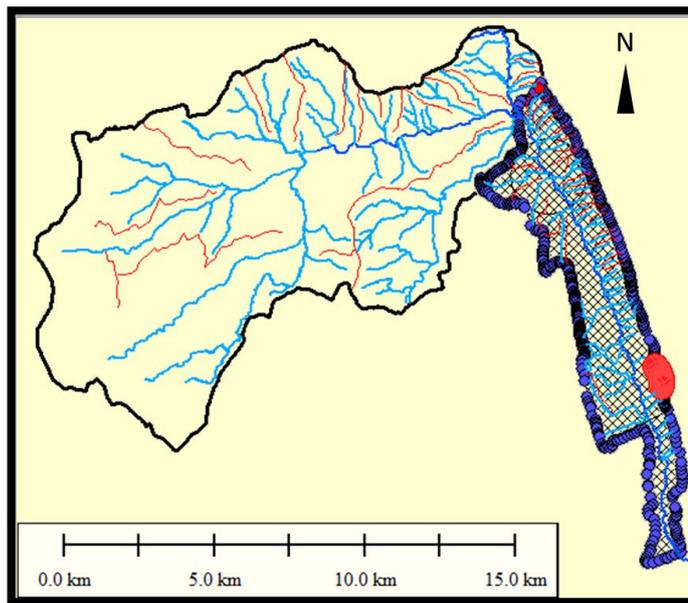


Figura 34: Área de la Subcuenca Media

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Área de la subcuenca	A	Km <sup>2</sup>	30,64
Longitud Axial	L	Km	15,58
Perímetro de la subcuenca	P	Km	41,82

Tabla 15: Parámetros generales de la subcuenca media.

#### Ancho Promedio (W)

$$W = A/L$$

$$W = 30,64/15,58$$

$$W = 1,97 \text{ km}$$

Siguiendo el criterio de investigadores como Ven Te Chow, se pueden definir como Cuencas Pequeñas, a aquellas con áreas menores a 250 km<sup>2</sup>, mientras que las que poseen áreas mayores a los 2500 km<sup>2</sup>, se clasifican dentro de las Cuencas Grandes.

#### Desnivel altitudinal de la subcuenca media

$$DA = H_{Max} - H_{min}$$

$$DA = 1962 - 751$$

$$DA = 1211$$

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
HMax	m.s.n.m.	1962
HMin	m.s.n.m.	751
DA	m	1211

Tabla 16: El Desnivel altitudinal de la subcuenca media.

**Parámetros que caracterizan la forma de la subcuenca media.**

- Factor de Forma de la subcuenca media

$$F = W/L$$

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Ancho	W	Km	1,97
Longitud Max	L	Km	16,12

Tabla 17: Factor de Forma de la subcuenca media.

$$F = 1,97/16,12$$

$$F = 0,12$$

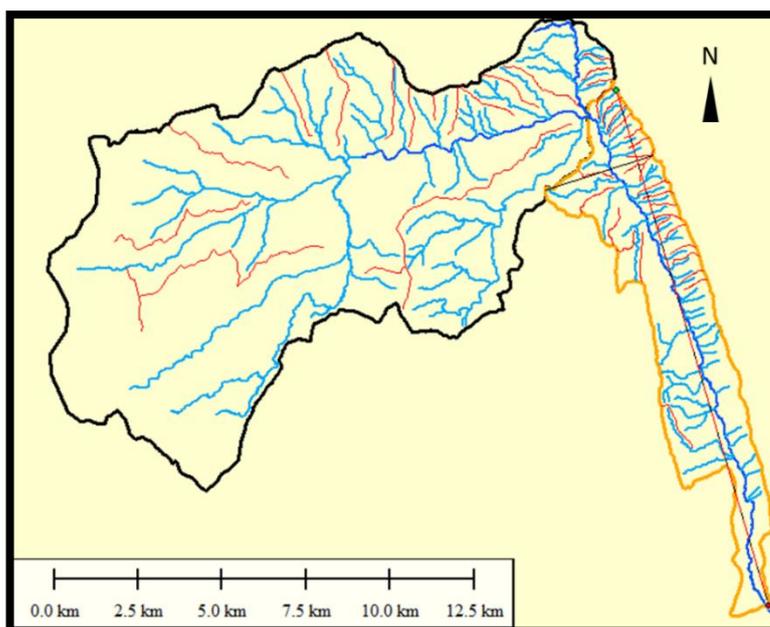


Figura 35: Longitud y ancho máximo de la subcuenca media.

- Coeficiente de Compacidad o de GRAVELIUS de la subcuenca media.

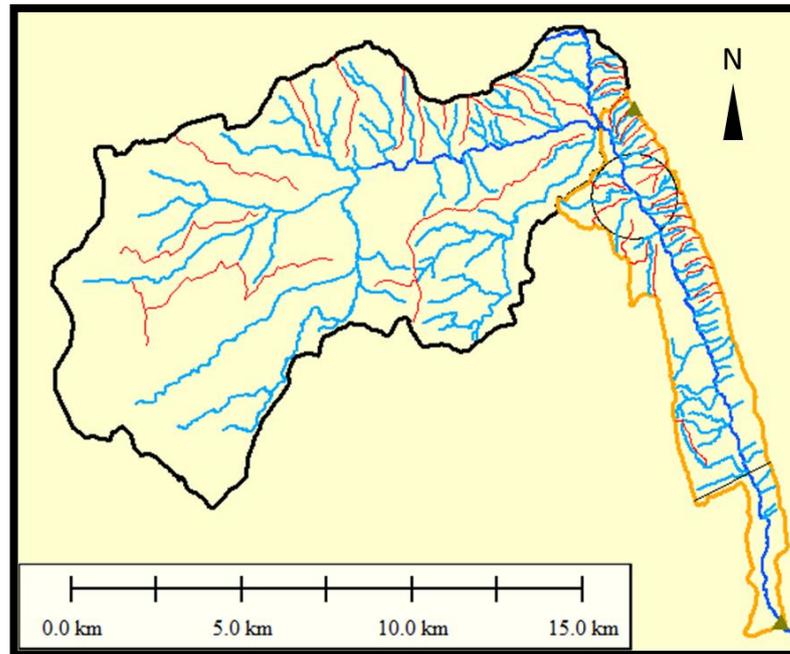


Figura 36: Circunferencia para el cálculo del Coeficiente de Compacidad de la subcuena media.

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Area de la subcuena	A	Km <sup>2</sup>	30,64
Perímetro de la Circunferencia	P	Km	7,8

Tabla 18: Coeficiente de Compacidad de la subcuena media.

$$K = 0.282 P / \sqrt{A}$$

$$K = 0.282 \times 7,8 / \sqrt{30,64}$$

$$K = 0,282 \times 7,8 / 5,53$$

$$K = 0,4$$

- Factor de forma adimensional de HORTON de la subcuena media

$$R_f = A / L_b^2$$

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Área de la subcuena	A	Km <sup>2</sup>	30,64
Longitud de la subcuena	L <sub>b</sub>	Km	16,12

Tabla 19: Factor de Horton para la subcuena media.

$$R_f = 30,64 / (16,12)^2$$

$$R_f = 30,64 / 259,85$$

$$R_f = 0,12$$

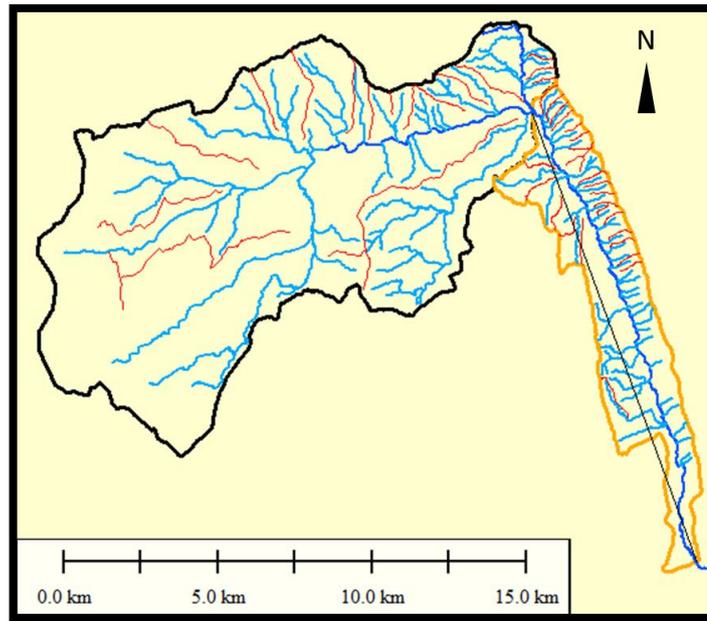


Figura 37: Longitud de la subcuenca media, medida desde la salida hasta el límite, cerca de la cabecera del cauce principal, a lo largo de una línea recta.

### Caracterización de la red de canales de la subcuenca media.

- Densidad de drenaje de la subcuenca media.

$$D_d = \sum L_i / A$$

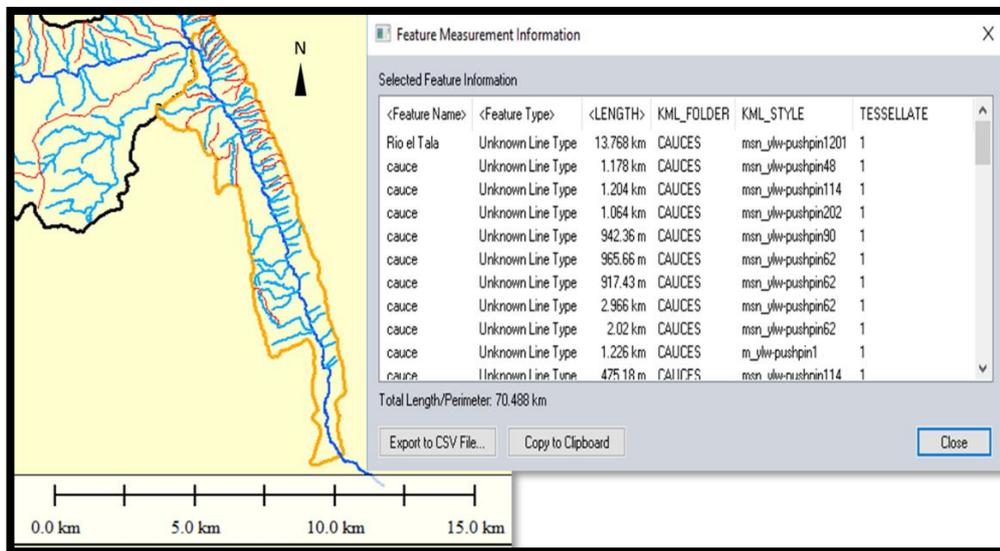


Figura 38: Longitud de cada cauce de la subcuenca media.

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Longitud total de las corrientes	Li	Km	71,33
Área de la subcuenca	A	Km <sup>2</sup>	30,64

Tabla 20: Densidad de drenaje de la subcuenca media.

$$D_d = 71,33 / 30,64$$

$$D_d = 2,32$$

**Parámetros que caracterizan el relieve de la subcuenca media.**

- Pendiente Media de la subcuenca media

$$Scuenca = 100 * (\sum Li * E / A)$$

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Longitud de cada una de las curvas de nivel	Li	Km	24,84
Equidistancia	E	Km	0,3
Área de la subcuenca	A	Km <sup>2</sup>	30,64

Tabla 21: Pendiente media de la subcuenca media.

$$Scuenca = 100 * (24,84 * 0,3 / 30,64)$$

$$Scuenca = 24,32 \%$$

- Pendiente Media del cauce principal de la Subcuenca Media

$$S = DA / L$$

DESCRIPCIÓN	SIGLA	UNIDAD	VALOR
Desnivel Altitudinal	DA	M	668
Longitud del cauce	L	Km	<b>16,12</b>

Tabla 22: Pendiente media del cauce principal de la subcuenca media.

$$DA = 1425m - 757m = 668m = 0,68 \text{ km}$$

$$S = 0,68 \text{ km} / 16,12 \text{ km}$$

$$S = 0,04$$

- Perfil altimétrico del cauce principal de la subcuenca media.

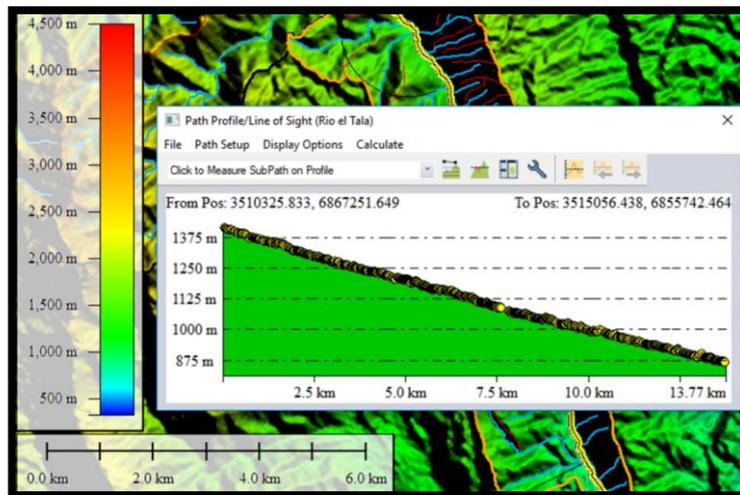


Figura 39: Perfil altimétrico del cauce principal de la subcuenca media.

### Jerarquización de la Red Fluvial

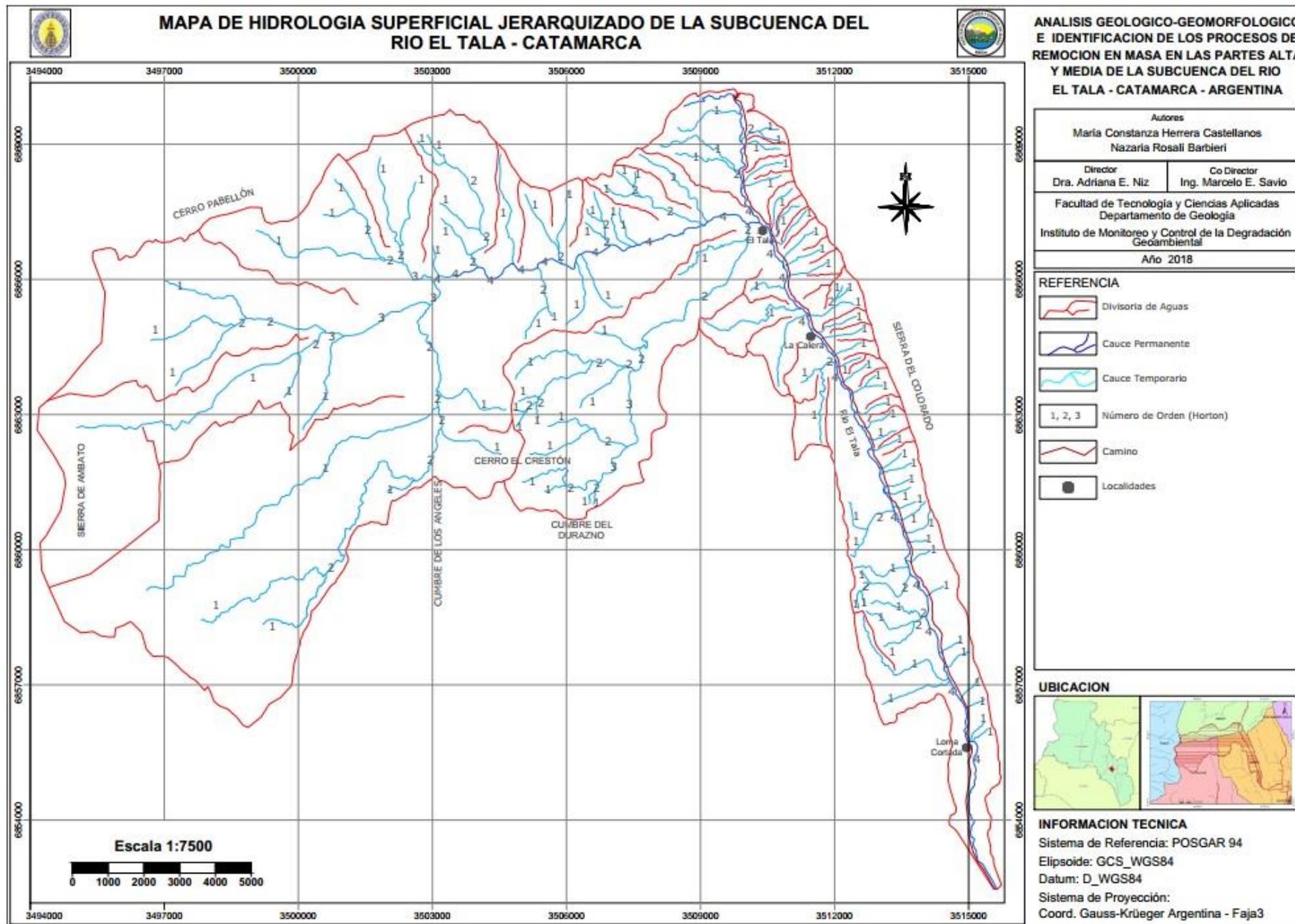
El número de orden para la subcuenca del Río El Tala es 4, definido por la densidad de drenaje de la subcuenca alta (Véase el Mapa de Hidrología Superficial con mejor calidad en el capítulo de ANEXOS).

Si tomáramos solamente la subcuenca media la jerarquización de la red de drenaje sería a lo sumo de orden 3, debido a que los afluentes de la ladera oriental de la Sierra del Colorado son paralelos y tienen como máximo 2 tributarios de jerarquía para aportar agua al cauce.

De la ladera occidental sucede lo mismo pero la diferencia es que los tributarios son más extendidos y no superan el orden 2.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente se deduce que una precipitación intensa en la subcuenca alta es más peligrosa que en el sector de la subcuenca media o quebrada.

“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”



#### 4.7 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS MORFOMETRICO DE LAS SUBCUENCAS

PARÁMETROS	SUBCUENCA ALTA	SUBCUENCA MEDIA
Área de la Subcuenca (Km <sup>2</sup> )	126,11	30,64
Perímetro de la Subcuenca (Km)	59,72	41,82
Longitud Axial (Km)	15,91	15,58
Ancho Promedio (Km)	7,93	0,73
Desnivel Altitudinal (m)	2.997	1.211
Factor de Forma	0,41	0,12
Coefficiente de Compacidad	0,6	0,4
Factor de Forma Adimensional de Horton	0,5	0,12
Densidad de Drenaje (Km)	1,16	2,32
Pendiente Media de la Subcuenca (%)	46,62	24,32
Pendiente Media del Cauce Principal	0,13	0,04

Tabla 23: Parámetros obtenidos.

De acuerdo al criterio de ciertos investigadores como Ven Te Chow, se pueden definir que ambas subcuencas se clasifican como cuencas pequeñas, con áreas menores a 250 km<sup>2</sup> y según el área de drenaje se clasifica a la subcuenca alta como subcuenca porque su área mide entre 100 y 300 km<sup>2</sup>, y como microcuenca a la subcuenca media.

El factor de forma para ambas subcuencas es < 1 lo que indicaría que son subcuencas alargadas, con baja susceptibilidad a las avenidas. Sin embargo, la litología y la pendiente de ambas subcuencas estudiadas, modifican esta perspectiva y, si bien el tamaño y forma de ambas, las ubica entre subcuencas con relativa posibilidad de captación de aguas de lluvia, el contexto local del estudio, las posiciona como capaces de provocar anegamiento y potenciación de eventos de remoción en masa en caso de tormentas, sean normales o extraordinarias, si se concentran en ellas en un periodo corto de tiempo, conociendo situaciones como la cumbre inmediata de Ambato, que afectó las localidades de El Rodeo y Sijan, como El Alto y otras, deja evidencia de probabilidad cierta de ocurrencia de eventos de este tipo en esta región

El Coeficiente de Compacidad para la subcuenca alta es de 0,6 lo que nos indicaría que la forma de la Subcuenca es oval redonda a oval oblonga. Mientras que la subcuenca media tiene un coeficiente de compacidad igual a 0,4 siendo su forma rectangular oblonga.

Analizando la densidad de drenaje, y teniendo en cuenta la clasificación siguiente en la que se puede considerar, que valores de densidad de drenaje próximos a 0,5 km/km<sup>2</sup> son para cuencas con drenaje pobre y mayores a 0,5 km/km<sup>2</sup> indican la eficiencia de la red de drenaje, las Subcuencas Alta y Media poseen un buen drenaje.

El tipo de drenaje característico de la subcuenca alta es el dendrítico caracterizado por ramificaciones que forman ángulos variados. Mientras que la subcuenca media posee un tipo de drenaje rectangular el cual se caracteriza por formar ángulos casi rectos, también se encuentra el diseño paralelo, el cual está controlado por la estructura y potenciado por la topografía que se relaciona con altas pendientes.

Podemos agregar que los valores bajos de D<sub>d</sub> se vinculan, por lo general, con un sustrato de alta resistencia a la erosión, muy permeables, y de bajo relieve. En cambio, los valores altos de D<sub>d</sub> como los que tenemos en ambas subcuencas, se relacionan con áreas sensibles frente a la erosión fluvial, puede tratarse de suelos impermeables, con poca o nula vegetación que la proteja, con un relieve montañoso de pendientes moderadas a altas. Los patrones de

drenaje también son fuente importante de información sobre la cuenca ya que nos indica no solo el nivel de erosión de la misma, sino también la energía de los cauces, lo cual es significativo al momento de analizar la respuesta de éstos, frente a precipitaciones elevadas o extraordinarias.

La determinación de la pendiente media de la cuenca es muy importante pues define el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo, puesto que, en zonas de alta pendiente son más recurrentes los problemas de erosión; mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

Esta característica afecta directamente la velocidad con la que se da la escorrentía superficial; es decir el tiempo de formación que lleva el agua de lluvias para concentrarse en el cauce principal.

En el caso de la Subcuenca Alta los valores de las Pendiente Media nos indican que posee un relieve empinado, esto en épocas de mayores precipitaciones provoca que el agua y material acumulado en la cuenca, adquiera gran velocidad provocando mayor erosión en el cauce.

No sucede lo mismo en la Subcuenca Media, en este sector la pendiente es moderadamente empinada, esto no quiere decir que no se produzca erosión, sino que es menor que en la Subcuenca Alta, de todas maneras, el hecho de que el cauce esta encajonado indica su estadio de juventud y de dominio de la erosión.

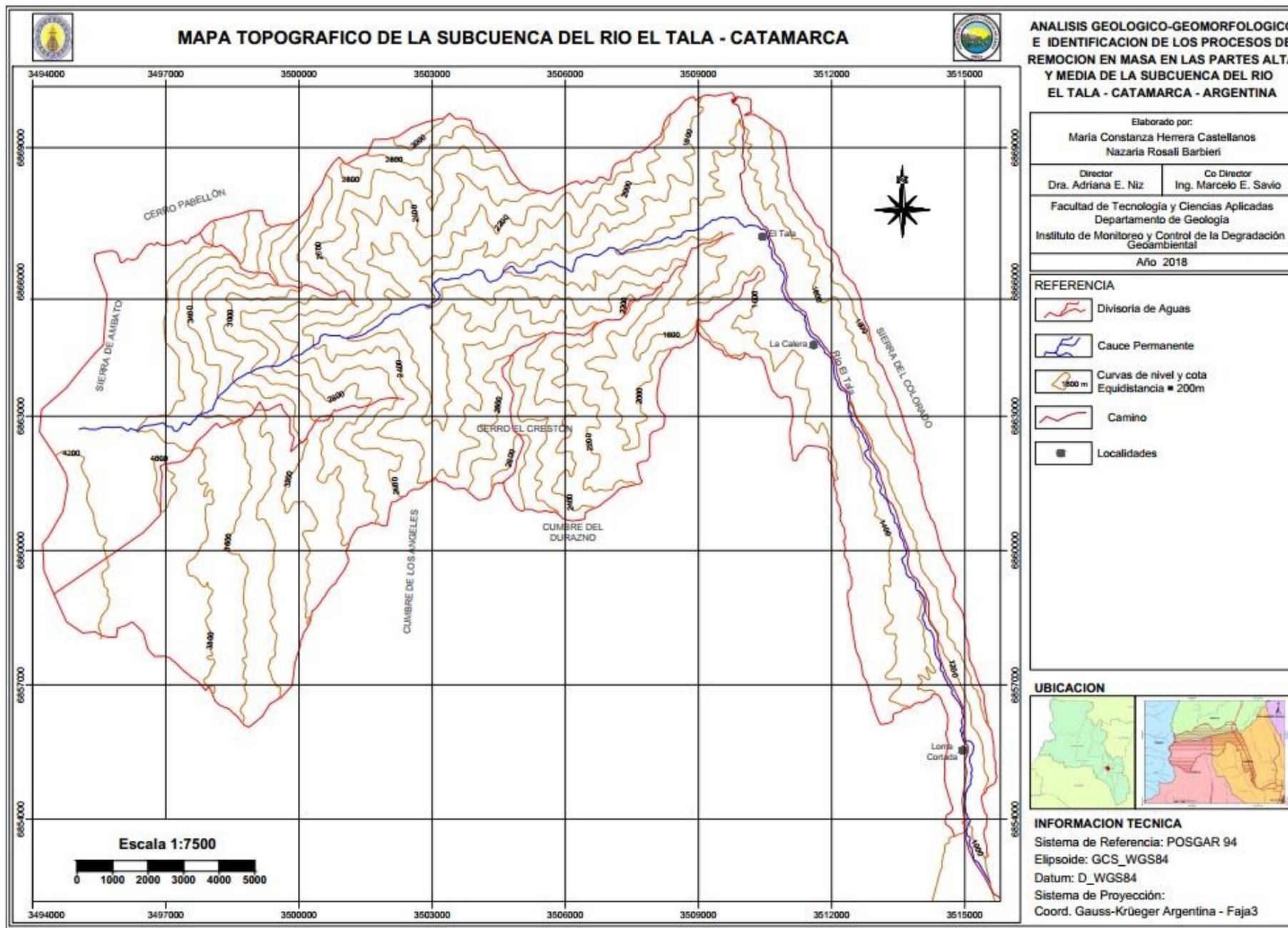
Los perfiles altimétricos de ambas subcuencas nos indican un cauce de elevada energía frente a las precipitaciones, lo cual, combinado con las características geomorfológicas de la subcuenca (elevado nivel de erosión en ladera, presencia de procesos de remoción en masa lentos del tipo reptación, con evidencias de procesos de remoción en masa rápidos por caída de detritos), indica que la subcuenca del río El Tala es vulnerable ante eventos enérgicos de precipitaciones, y se debe poner especial atención en la Subcuenca Media, pues en la misma, se concentran gran número de edificaciones las que se verían muy afectadas en el momento en el que en ambas subcuencas se produzca precipitaciones caudalosas.

#### **4.8 PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN EL RELIEVE DE LA SUBCUENCA:**

Se confecciono el mapa topográfico y el modelo de elevación digital (Digital Elevation Model DEM) de las subcuencas del Río El Tala con el fin de estudiar los parámetros que caracterizan el relieve de la subcuenca, entre ellos la pendiente.

Para ello se ha recurrido al software Global Mapper, en el cual se utilizó los archivos KMZ extraídos del Google Earth, que contienen: área de estudio delimitada, cauces y divisorias de agua. El archivo kmz se inserta en el software Global Mapper, en el que se trabajó con la proyección Gauss Krueger Argentina- Zona 3, se genera el Modelo Digital de Elevación (DEM), figura N° 40 y en base a él se genera el trazado de las curvas de nivel para la elaboración del mapa Topográfico (Ver con mejor calidad el Mapa Topográfico en el capítulo ANEXOS).

**“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA ”**



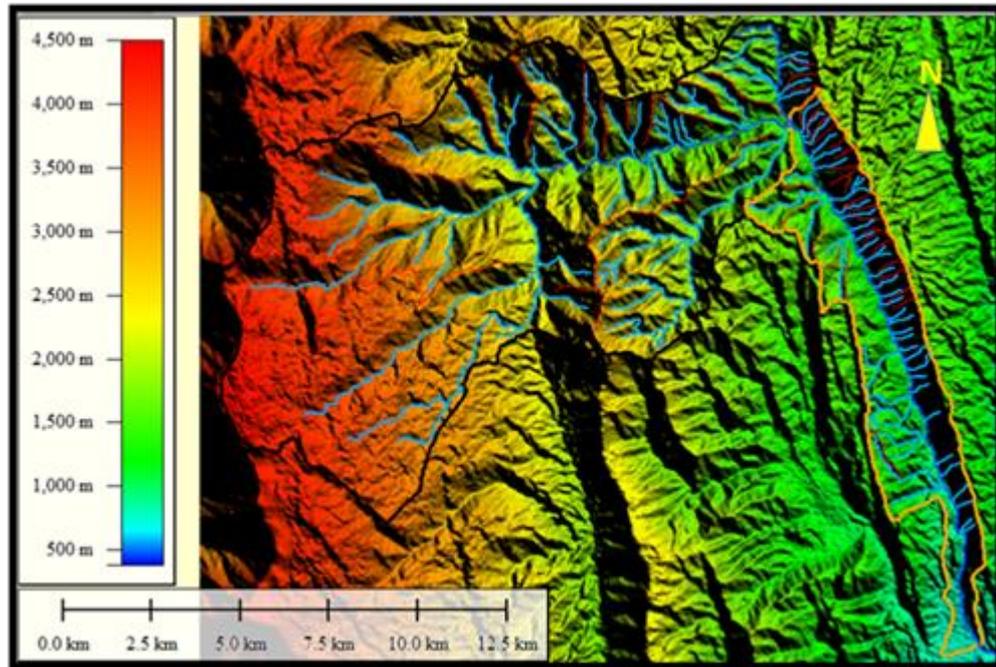


Figura 40: Modelo Digital de Elevación (DEM).

#### 4.9 PERFILES ALTIMÉTRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA

Se han confeccionado perfiles transversales a las subcuencas con el objeto de representar cartográficamente y de manera palmaria la variación del relieve, tanto en la subcuenca alta como en la quebrada en sí misma.

Los perfiles N° 1, 2, 3, 4 se tomaron desde la divisoria limítrofe con la subcuenca del Río Ambato, con orientación NNW-SSE.

- El P N° 1 (Fig. N°41) refleja el perfil de las microcuencas 2 y 3, en él se puede observar un relieve relativamente homogéneo, como se puede apreciar en las líneas dibujadas simulando el perfil original, salvo las quebradas generadas por los dos cauces, que tallan una pendiente abrupta, debido a que se ajustan a sendas fracturas que se encuentran allí.

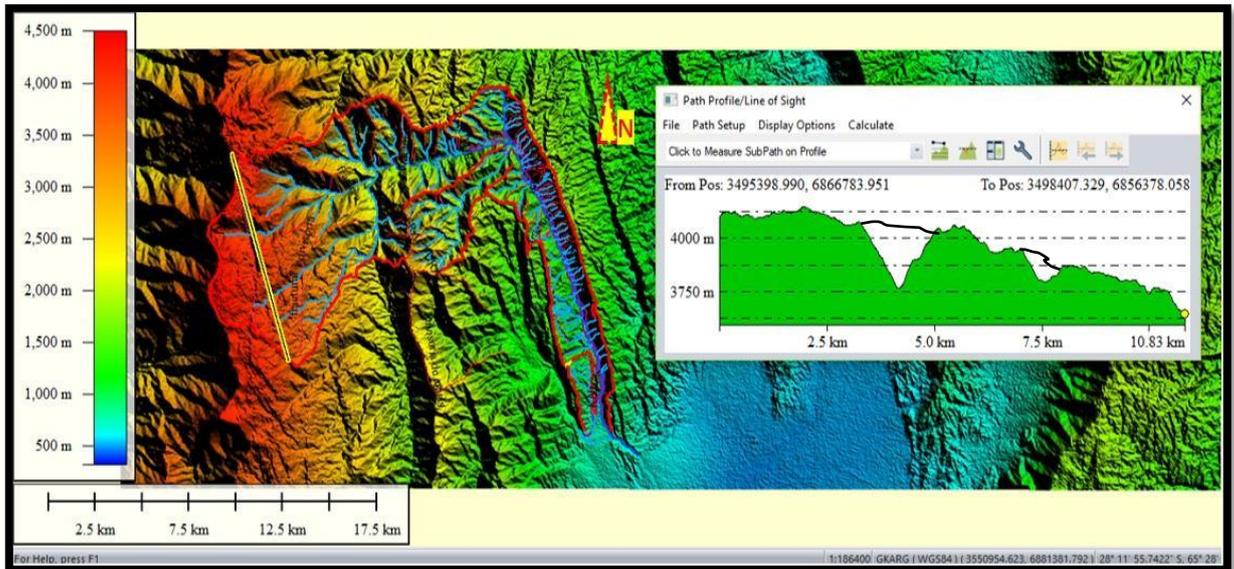


Figura 41: Perfil 1 subcuena alta.

- El P N° 2 (Fig. N°42) abarca microcuencas N° 2 y 3, se puede apreciar que el relieve es más escarpado, presenta laderas abruptas, la capacidad de carga del cauce aumentó notablemente generando la erosión de las mismas.

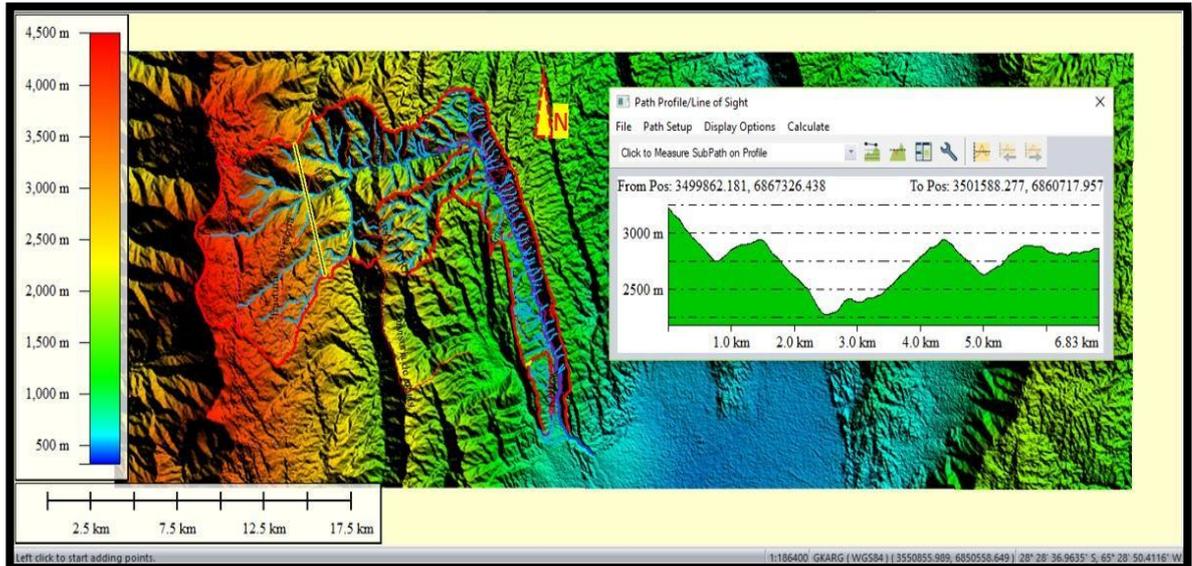


Figura 42: Perfil 2 subcuena alta, abarca las microcuencas 2 y 3.

- En el P N° 3 (Fig. N°43) se puede observar como el colector principal Río El Tala profundizó la forma del relieve, producto de la erosión mecánica provocada por el agua y los materiales que arrastran de las microcuencas N° 2 y N° 3.

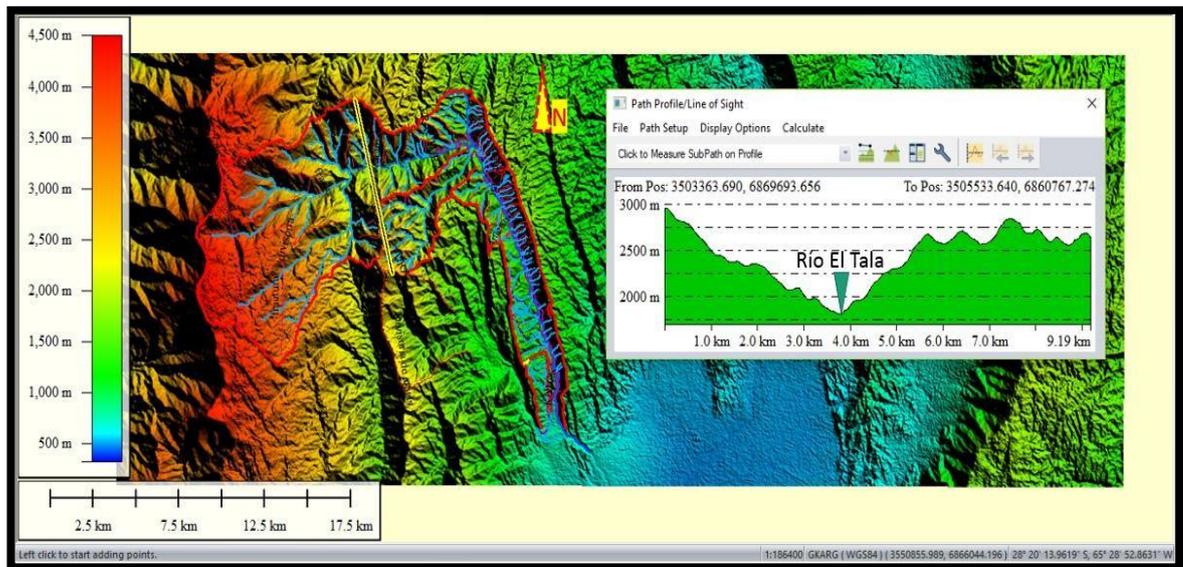


Figura 43: Perfil 3 subcuena alta, trazado sobre el inicio del colector principal ya con el nombre de Río El Tala.

- El P N° 4 (Fig. N°44) tiene una orientación aproximadamente N-S, corresponde a las microcuencas N° 4 y N° 5. Se puede apreciar como el colector sigue erosionando, cargado de material de tipo bloque y fino proveniente de las microcuencas vecinas

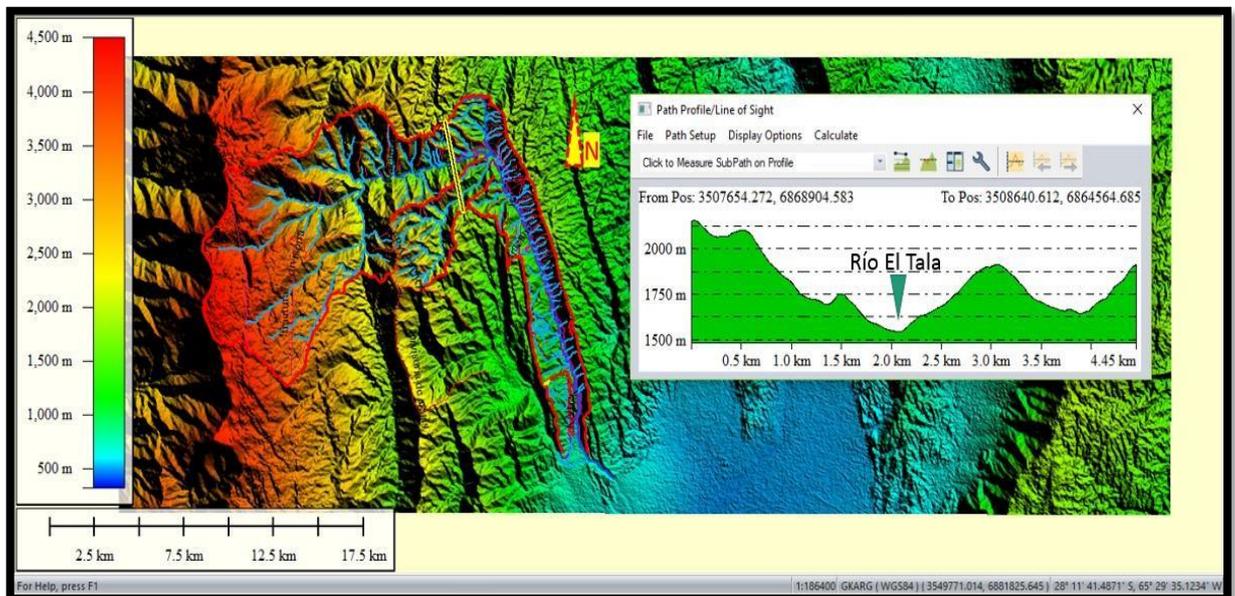


Figura 44: Perfil 4 en la desembocadura de la subcuena alta, en la proximidad del acodamiento del río.

Todos los perfiles correspondientes a la microcuena N°6 tienen una orientación NNE-SSW.

- El P N° 5 (Fig. N°45) tiene una orientación NNE-SSW, se encuentra en el punto donde el Río El Tala ingresa a la quebrada de El Tala. Se ha seleccionado el perfil de este sector debido a que en esa zona se lleva cabo la confluencia del río principal y tributario, al mismo tiempo la unión de las microcuencas N° 4, 5 y 6; este perfil está dispuesto desde la divisoria limítrofe de la Sierra Del Colorado atravesando el Puesto

El Tala. El sector se caracteriza por el cambio de rumbo del río principal que realiza un giro de casi 90° debido a un fenómeno puramente estructural dado que la falla por sobre la cual se desplaza la quebrada, ha sido sobre elevada provocando el cambio en la dirección. El relieve se ve notablemente aplanado como consecuencia de la disminución de la velocidad del río.

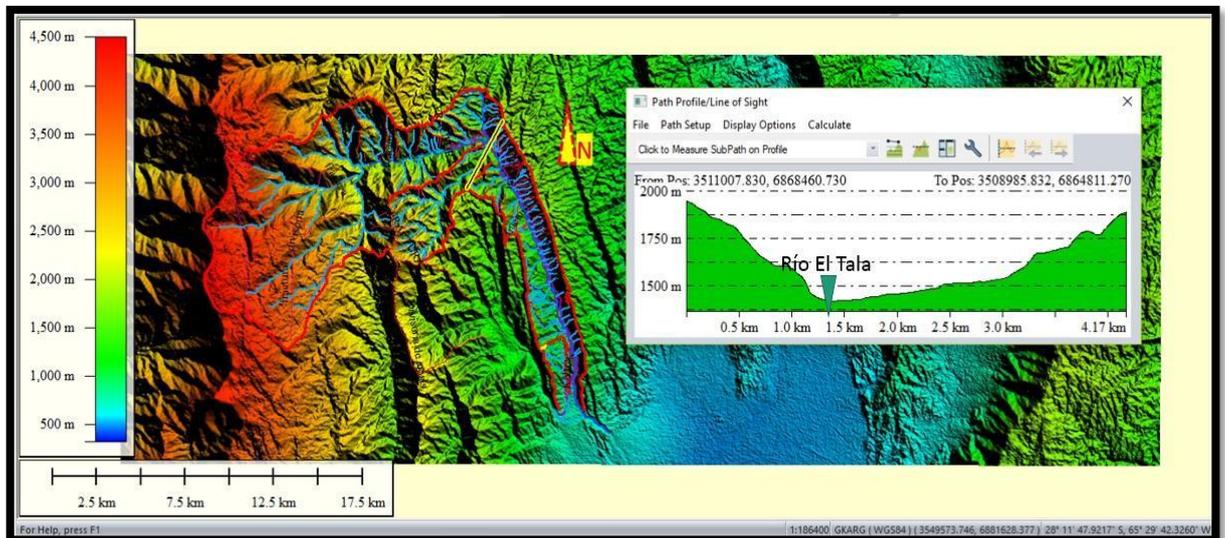


Figura 45: Perfil 5 en el inicio de la subcuenca media, en la proximidad del acodamiento del río.

- El P N° 6 (Fig. N°46) fue tomado desde la Sierra Del Colorado hasta el Puesto de La Calera, en esta microcuenca el cauce principal tiene un sentido N-S dispuesto por la falla tectónica sobre la cual se emplaza, la fuerza del caudal va aumentando.

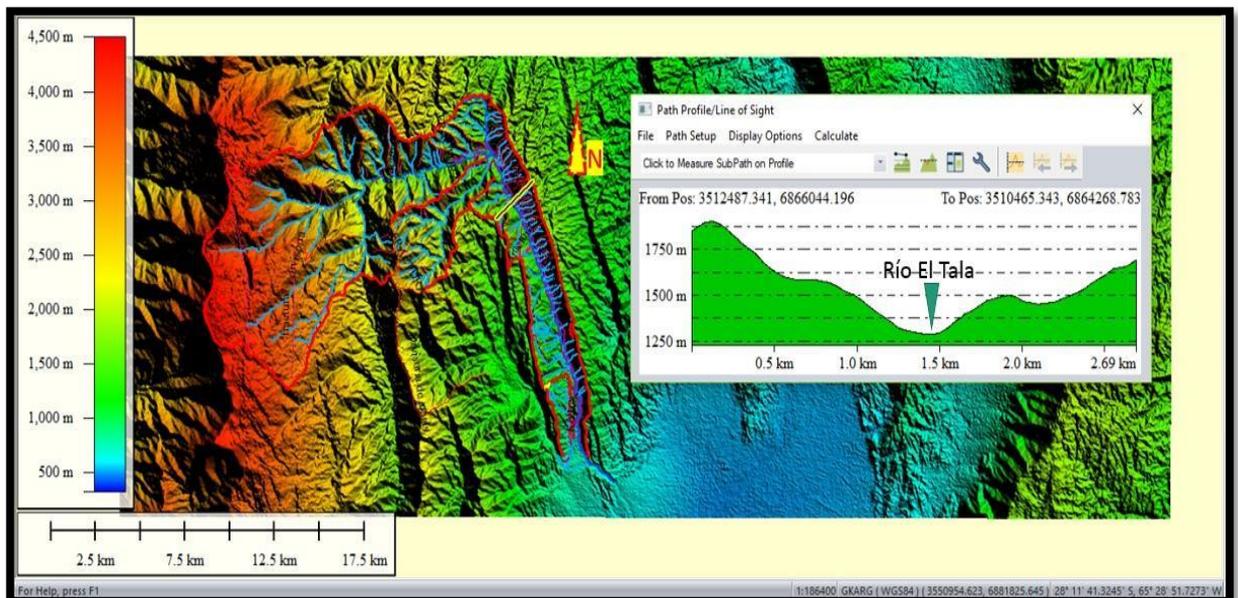


Figura 46: Perfil 6 en la subcuenca media.

- El P N° 7 (Fig. N°47) presenta un relieve de pendiente suave, debido al ensanche de valle.

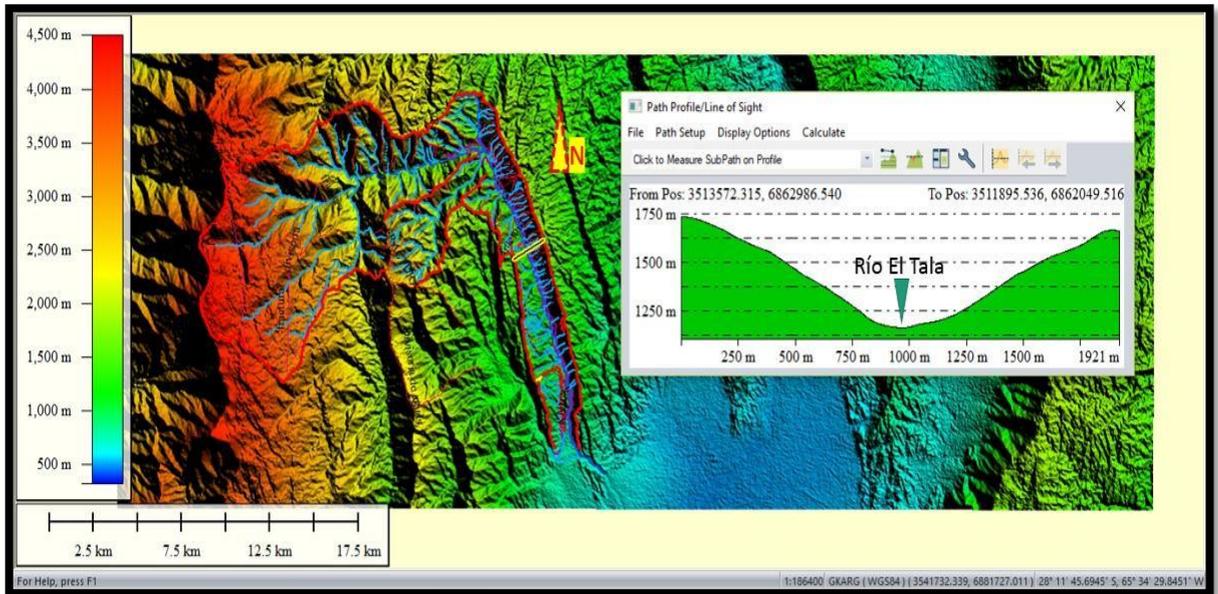


Figura 47: Perfil 7 en el sector medio de la subcuena media.

- En el P N° 8 (Fig. N°48) la pendiente occidental es un tanto suave, mientras que la pendiente oriental tiende a presentar escarpas.

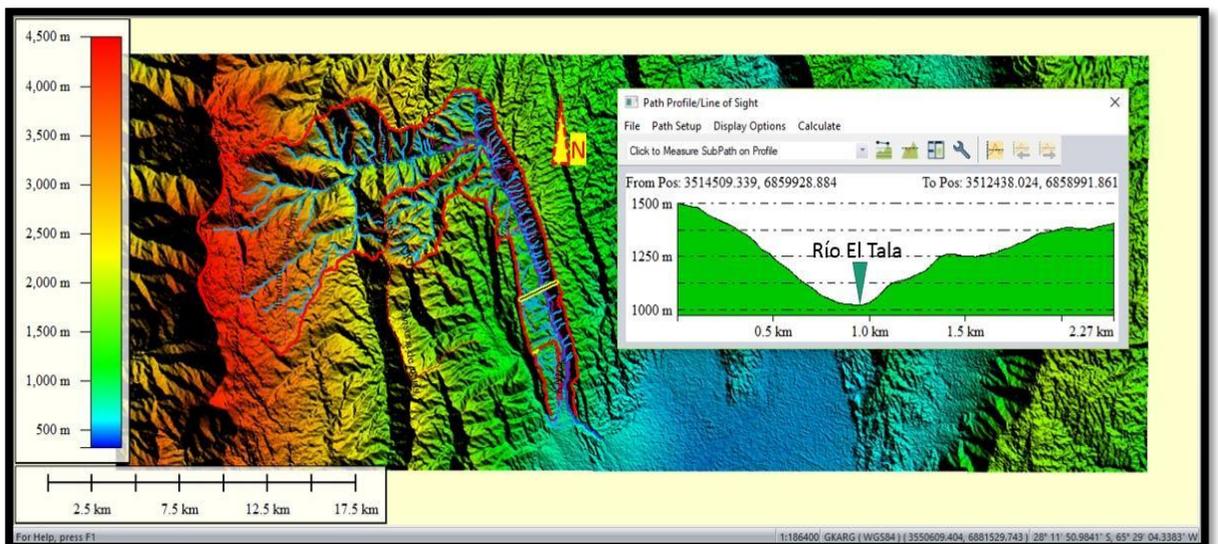


Figura 48: Perfil 8 en la subcuena media.

- El P N° 9 (Fig. N°49) está dispuesto en el Puesto Loma Cortada. Aquí se puede apreciar como el relieve va adquiriendo una forma casi plana, debido a su cercanía de la desembocadura del cauce principal.

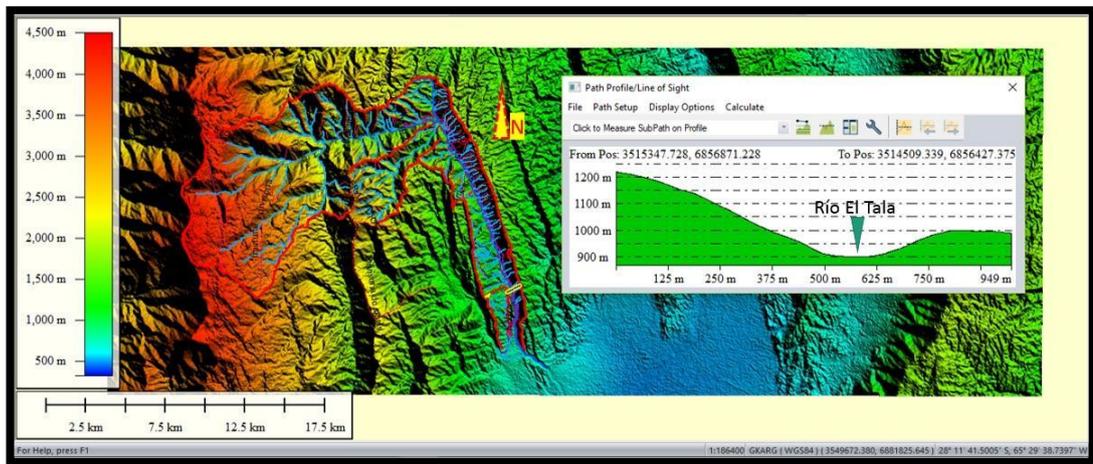


Figura 49: Perfil 9 en el sector inferior de la subcuenca media.

- El P N° 10 (Fig. N°50) está posicionado a la latitud de El Calvario. Al ser una zona de desembocadura se inicia la formación de depósitos en forma de abanico aluvial en la zona de depositación y transporte de material. Estos se originan a partir de la sedimentación de la carga sólida transportada por la corriente fluvial, donde ésta pierde fuerza debido a la disminución del gradiente topográfico que se produce cuando el río que drena entre las sierras alcanza el ápice del pie de monte.

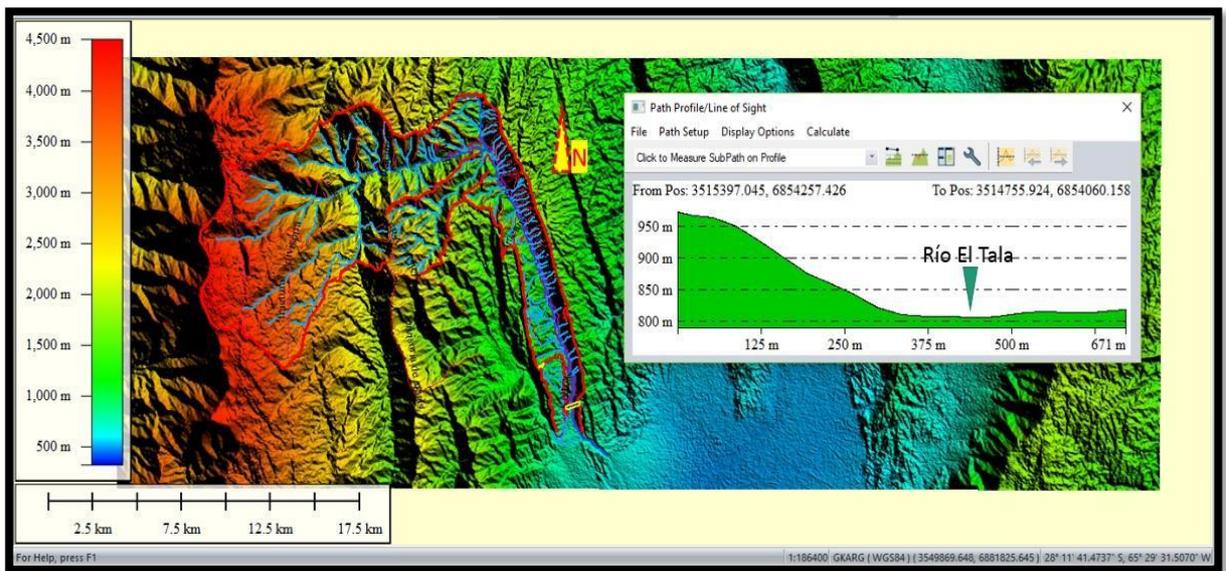


Figura 50: Perfil 10 en el sector límite del trabajo en la denominada como subcuenca media.

## 4.10 RIESGOS Y AMENAZAS LOCALES

### **Peligrosidad o Amenaza**

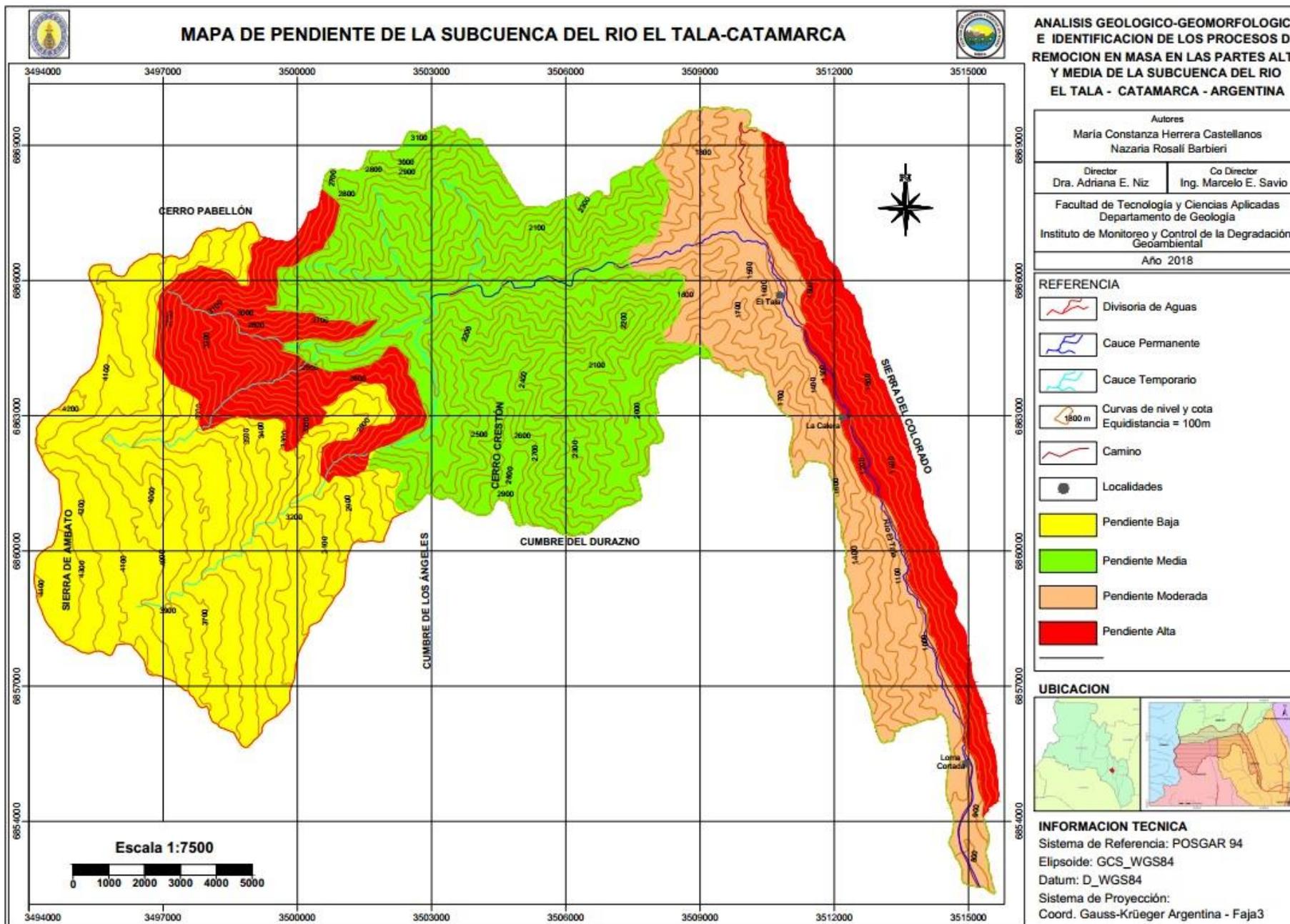
Es necesario hacer la distinción entre fenómeno natural y peligro natural. Los granizos, erupciones de volcanes, tormentas, tsunamis, son sólo fenómenos naturales, se convierten en peligros cuando actúan en las áreas pobladas por humanos, como señala Smith (1992, en Aneas, 2000): "los peligros naturales resultan de los conflictos de los procesos geofísicos con la gente". En la misma línea Lavell (2001: 2), define amenaza como "la posibilidad de la ocurrencia de un evento físico que puede causar algún tipo de daño a la sociedad", sin embargo, no todo fenómeno natural es peligroso, constituyen un peligro "por su tipo y magnitud, así por lo sorpresivo de su ocurrencia" (Romero y Maskrey, en Maskrey, 1993).

Para una mejor observación de las zonas de alto riesgo y amenaza se realizaron los mapas correspondientes a partir del mapa de pendientes.

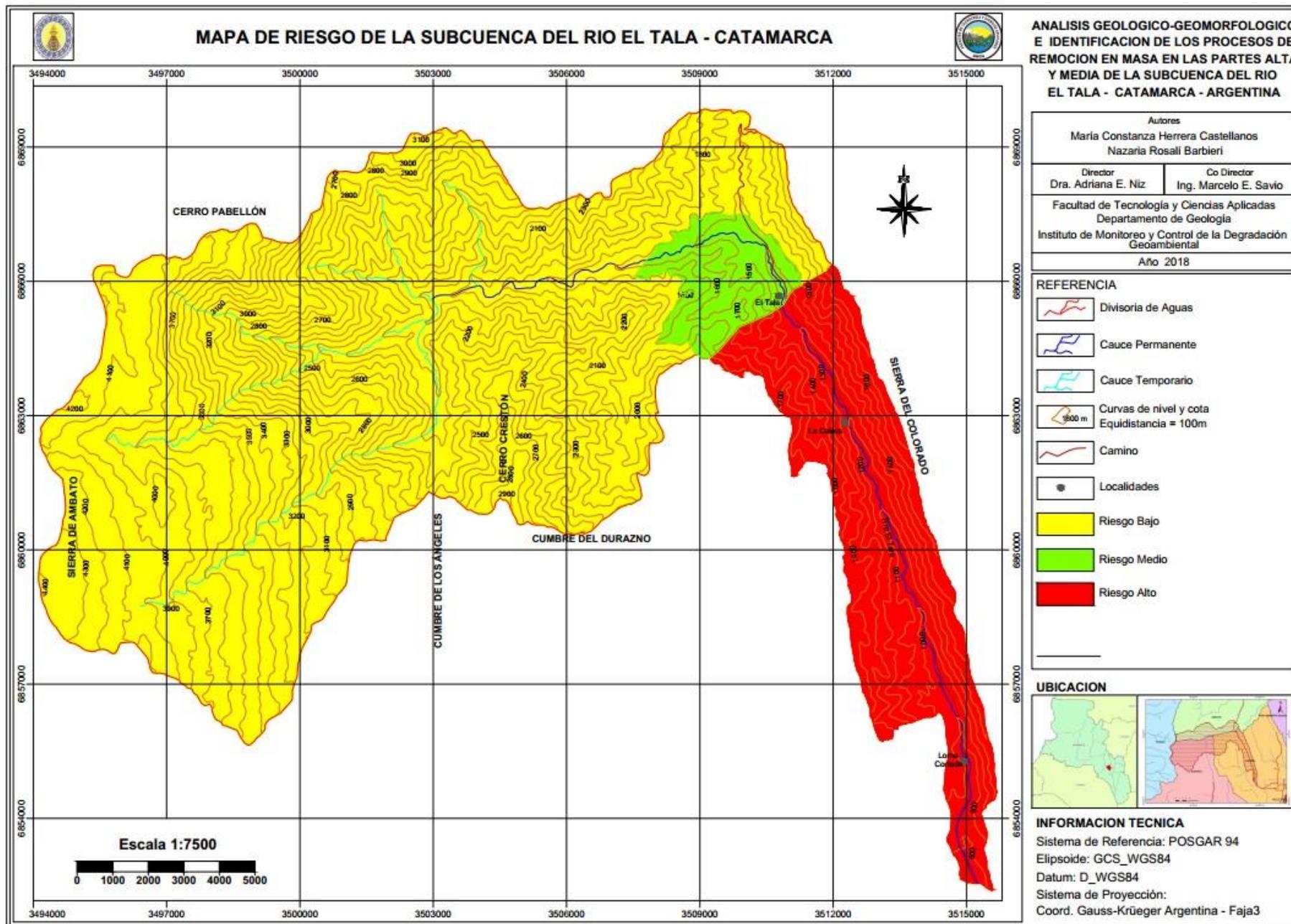
Se considera de riesgo medio en la parte alta de la subcuenca, porque si bien la pendiente en su mayoría es baja, las características que presenta, es decir roca suelta y suelo disponible para transporte hacen una zona de vulnerabilidad media.

En la parte media de la subcuenca, las pendientes son elevadas, dando como resultado una zona de alto riesgo, considerando el incremento de edificaciones a lo largo de la Ruta Provincial N° 4.

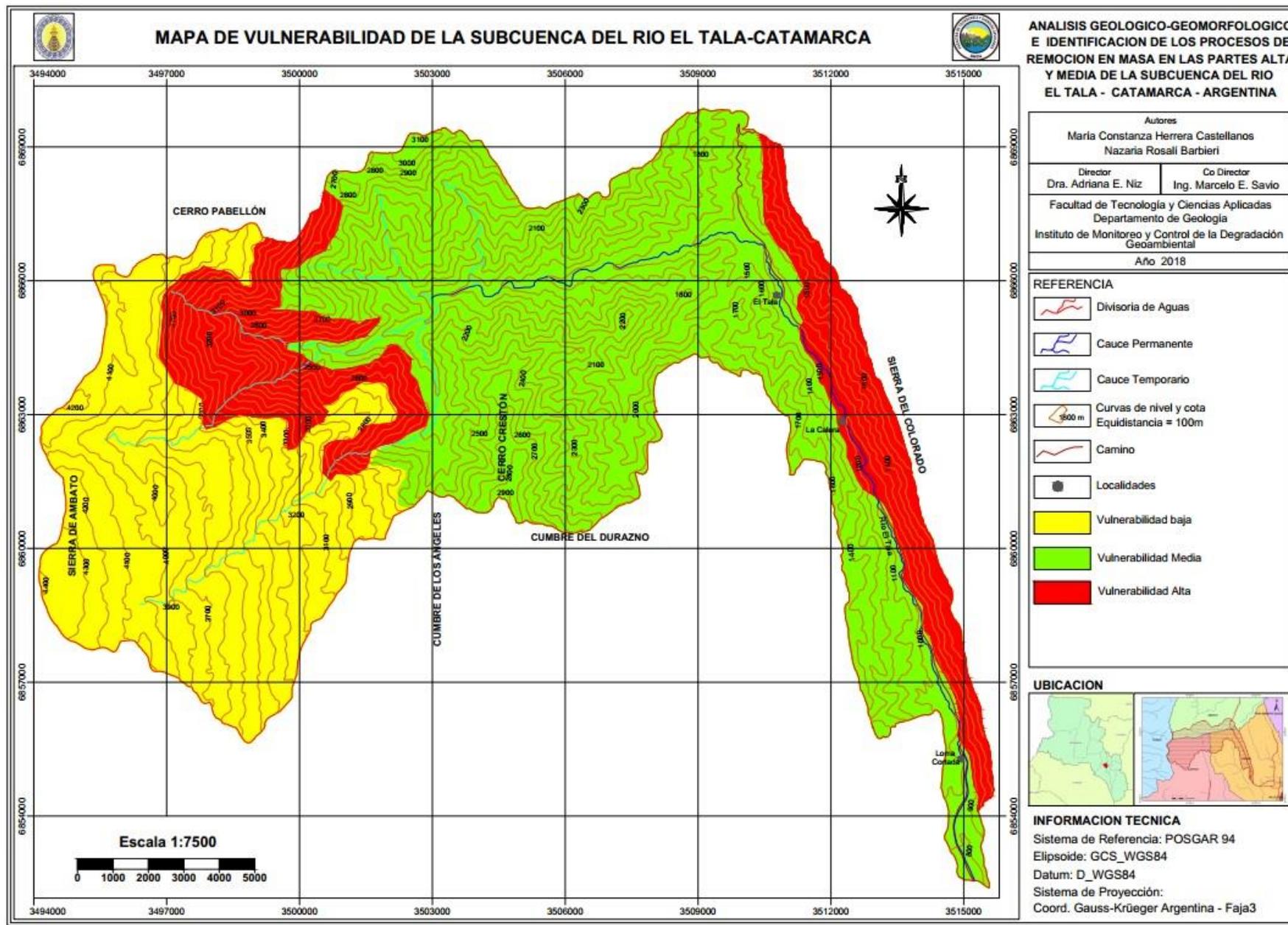
**“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA ”**



"ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA"



“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”



En función de ello y considerando los conceptos expresados en capítulo II, se hace un análisis de las amenazas a las cuales se encuentra expuesta la Quebrada de El Tala.

#### 4.10.1 AMENAZAS DEBIDAS A LA ACCIÓN FLUVIAL:



Fotografía 8: Avance del río principal.

En la Fotografía N°8 se puede apreciar como en las últimas crecidas el río principal ha aumentado su caudal de tal manera que fue cavando el terreno hasta avanzar aprox. 1,50 m. hacia dentro.



Fotografía 9: Vivienda a la vera del río principal.

En la Fotografía N° 9 se puede observar como una vivienda que fue construida en los últimos años, se encuentra a la vera del río principal. Se pudo constatar que las crecidas habrían transportado rocas y arrancado árboles, posteriormente depositándolos por algún obstáculo al costado del cauce.



Fotografía 10: Taponamiento del río principal.

En la Fotografía N° 10 se observó que por la caída de árboles que fue generando el avance del cauce, terminó por tapar el camino del río en la vivienda colindante.



Fotografía 11: Bloques al costado de la Ruta Provincial N°4.

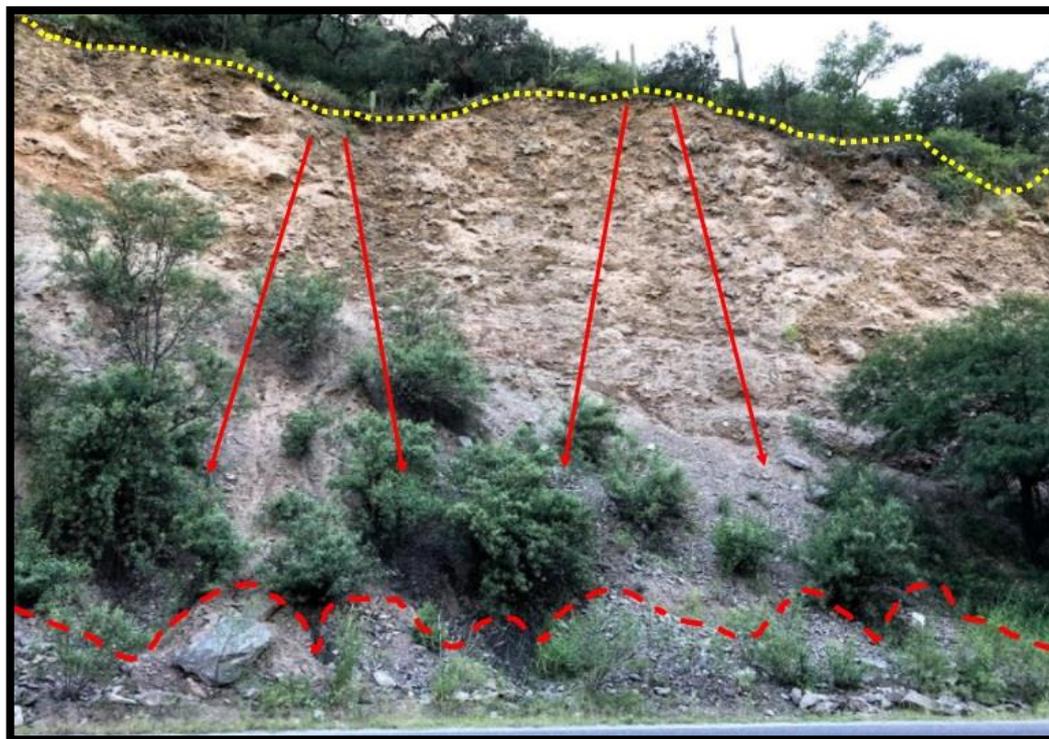
En la Fotografía N° 11 se puede apreciar el tamaño de los bloques que son transportados y posteriormente depositados por el río durante la crecida

#### 4.10.2 AMENAZAS DEBIDO A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA



Fotografía 12: Asentamiento de la ruta por filtración.

En la Fotografía N° 12 se puede observar la infiltración de una vertiente de la Sierra del Colorado, que está generando el asentamiento de la ruta.



Fotografía 13: Se observa material acumulado en el piedemonte producto del deslizamiento. En línea de punto se distingue la cicatriz de deslizamiento.



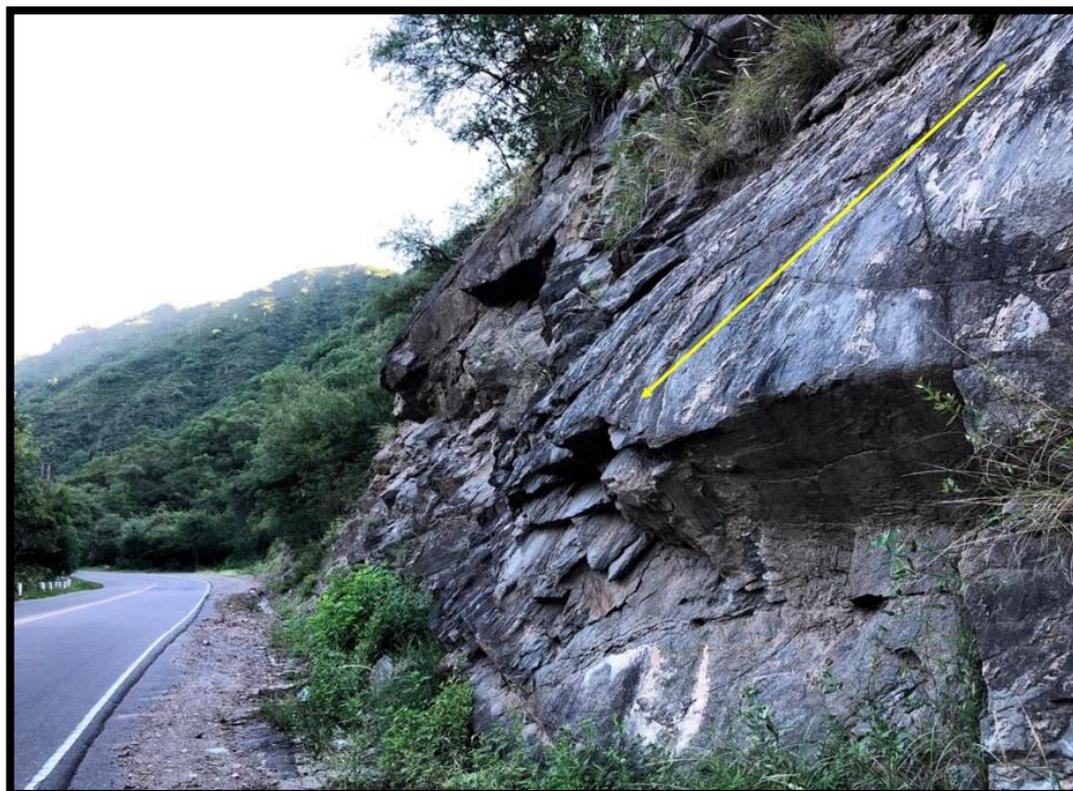
Fotografía 14: Bloques al costado de la Ruta Provincial N°4.

En la Fotografía N° 14 es posible dimensionar el tamaño de los bloques que se deslizaron en una de las laderas al costado de la ruta.



Fotografía 15: Bloques de ladera.

En la Fotografía N° 15 se puede observar la inestabilidad de los bloques, los cuales se vieron afectados por el crecimiento de la raíz de los árboles, los que posteriormente pierden su sostén y generan el desprendimiento de roca y vegetación.



Fotografía 16: Inclinación de la esquistosidad.

En varios afloramientos se pudo observar que las rocas metamórficas del tipo esquistosas favorecen el deslizamiento de estas, debido a sus planos de foliación que a su vez inclinan

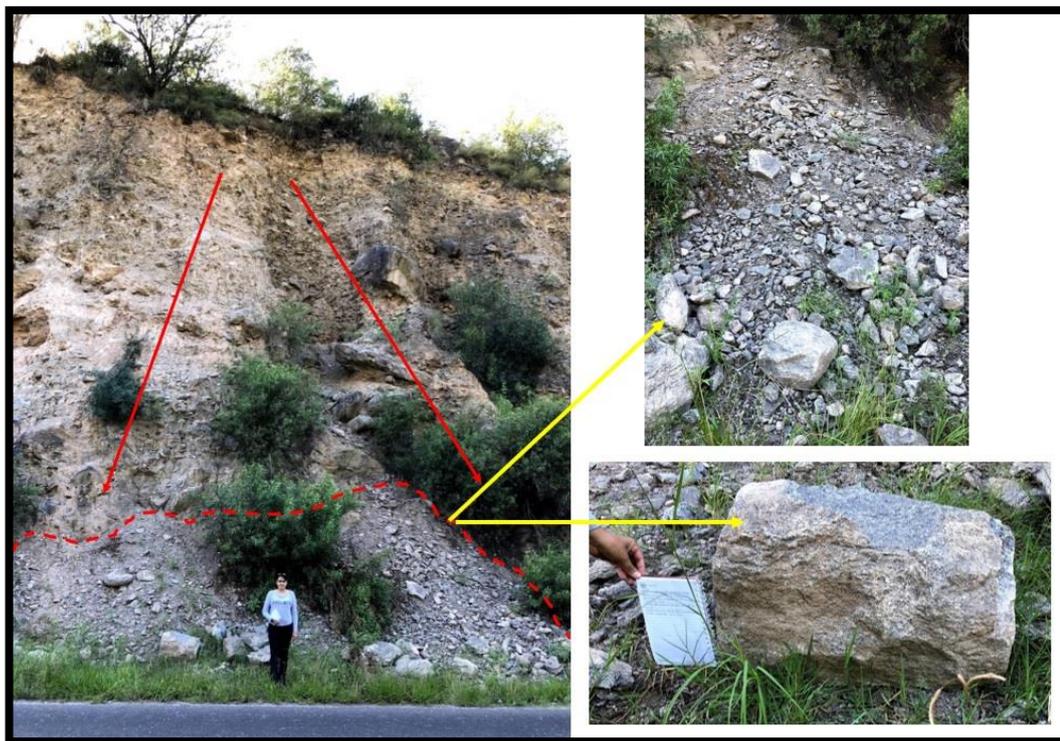
hacia la ruta, de tal manera que, con la ayuda de precipitaciones, meteorización son zonas potenciales de deslizamiento (Fotografía N° 16).



Fotografía 17: Uno de los deslizamientos de grandes dimensiones en el lado este de la Ruta Provincial N°4. Material de deslizamiento del tipo grueso medio y fino.



Fotografía 18: Debido a los derrumbes continuos capturados en la Fotografía N° 17 esto produjo que la ruta que pasaba en el piedemonte se corriera unos metros más hacia el oeste.



Fotografía 19: Deslizamientos de grandes dimensiones. Compuesto por material de tamaño variable, desde cantos hasta bloques de dimensiones 0,70 m. de alto x 1 m. de largo.

#### **4.10.3 AREAS DE MAYOR VULNERABILIDAD DE EVENTO DE DESLIZAMIENTO DE LADERA A LA VERA DE LA RUTA PROVINCIAL N°4**

A continuación, se detallan los sectores de mayor vulnerabilidad respecto de eventos de deslizamientos de laderas, que afectan directamente a la Ruta Provincial N° 4 que, en el momento de su ocurrencia, no solo genera una situación de incomunicación de los valles intermontanos ubicados al norte y para la comunidad de la Quebrada, sino, además que implica un riesgo de vida de las personas que en esa ocasión pudieran estar transitando por la ruta. Las imágenes se han analizado utilizando el software Google Earth Pro.

Las áreas mencionadas se describen desde la cabecera de la Quebrada (denominada para este trabajo como subcuenca media) hacia la desembocadura. Número de Figuras desde la 51 hasta la 54.



Figura 51: Deslizamientos de laderas en la zona cumbre de la subcuena media.



Fotografía 20: Fotografía que representa la captura de la figura N° 51. En línea de puntos la cicatriz del deslizamiento.



Figura 52: Deslizamientos de laderas en la zona cumbral de la subcuenca media.



Fotografía 21: Fotografía que representa la figura N° 52. En línea de puntos la cicatriz de deslizamiento y en línea de rayas el material deslizado.



Figura 53: Deslizamientos de laderas en la zona cumbre de la subcuena media

La fotografía tomada en este sector se puede observar en la fotografía N° 7.



Figura 54: Deslizamientos de laderas en la zona cumbral de la subcuenca media.



Fotografía 22: Fotografía que representa la figura N°54. En línea de puntos la cicatriz de deslizamiento.

#### **4.10.4 AMENAZAS DEBIDO A LA ACCIÓN ANTRÓPICA**

Para poder explicar el incremento en el número de viviendas y asentamientos a lo largo de la ruta N° 4 se dividió a la misma en cinco sectores, donde empleando el software Google Earth se capturaron imágenes en intervalos de cinco años, desde el 2003 hasta el 2018. La división de sectores está en base a la densidad de viviendas. Numero de Figuras desde la 55 hasta la 59.



Figura 55: Sector 1 de la Quebrada del Rio El Tala. Entre las coordenadas  $28^{\circ} 27' 30,29''$  S- $65^{\circ} 50' 31,64''$  W /  $28^{\circ} 26' 27,72''$  S-  $65^{\circ} 50' 48,21''$ .

“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”

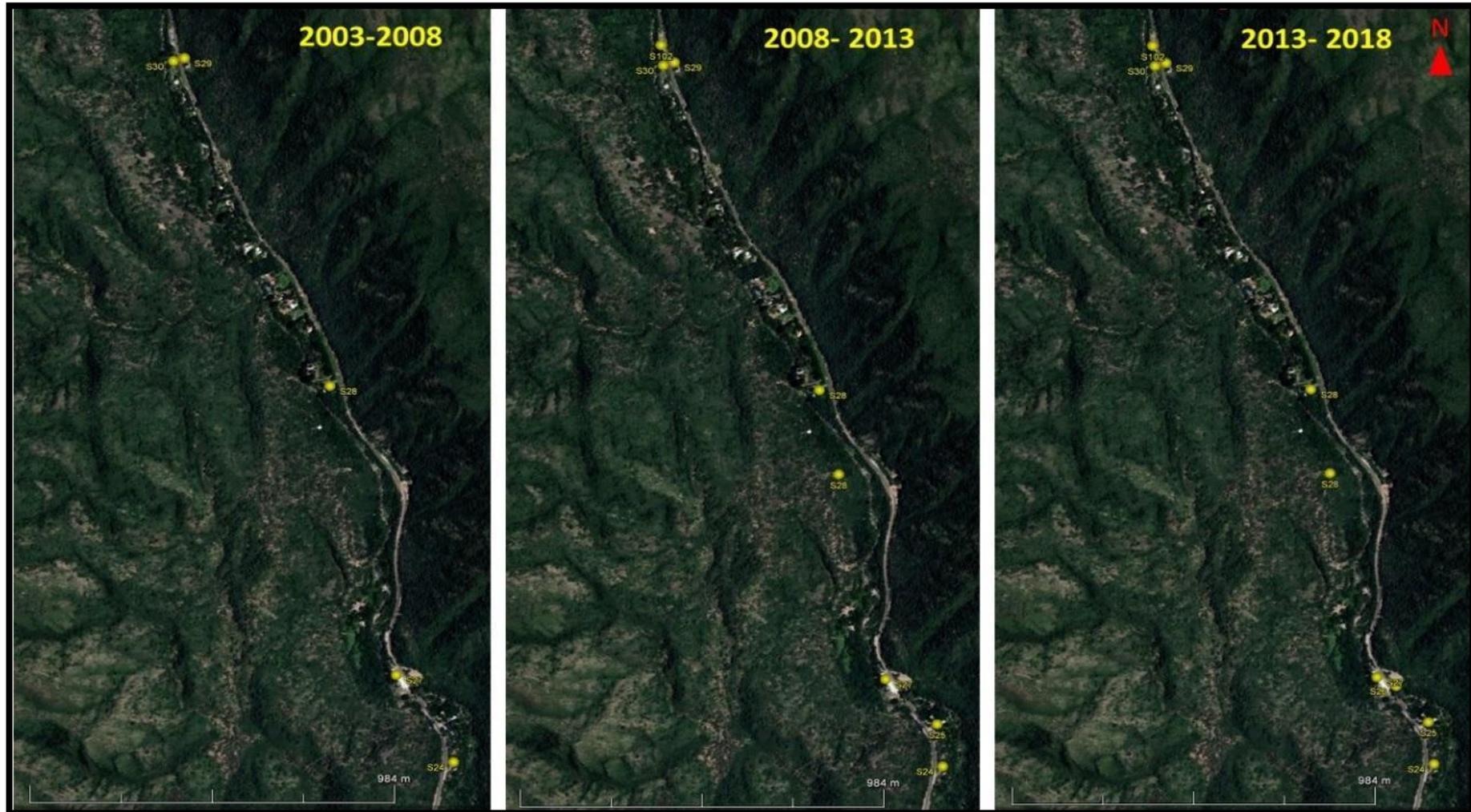


Figura 56: Sector 2 de la Quebrada del Rio El Tal. Entre las coordenadas 28° 26' 19,57" S-65° 50' 41,43" W / 28° 24' 41,83" S- 65°51'12,92" W.

“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”

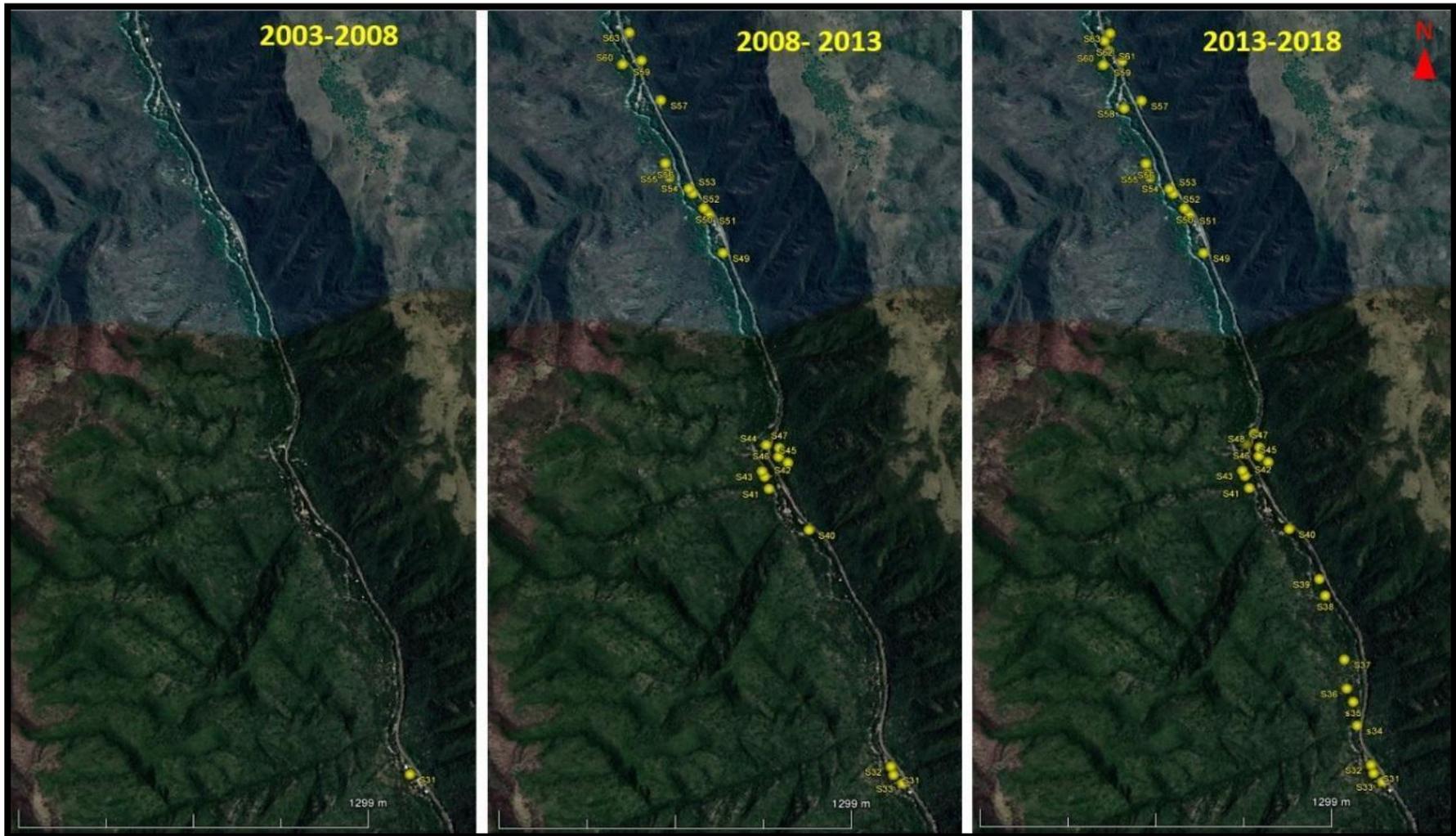


Figura 57: Sector 3 de la Quebrada del Río El Tala. Entre las coordenadas 28° 24' 29,65" S-65° 51' 18,67" W / 28° 22' 41,36" S- 65°51'59,39" W.

“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA”

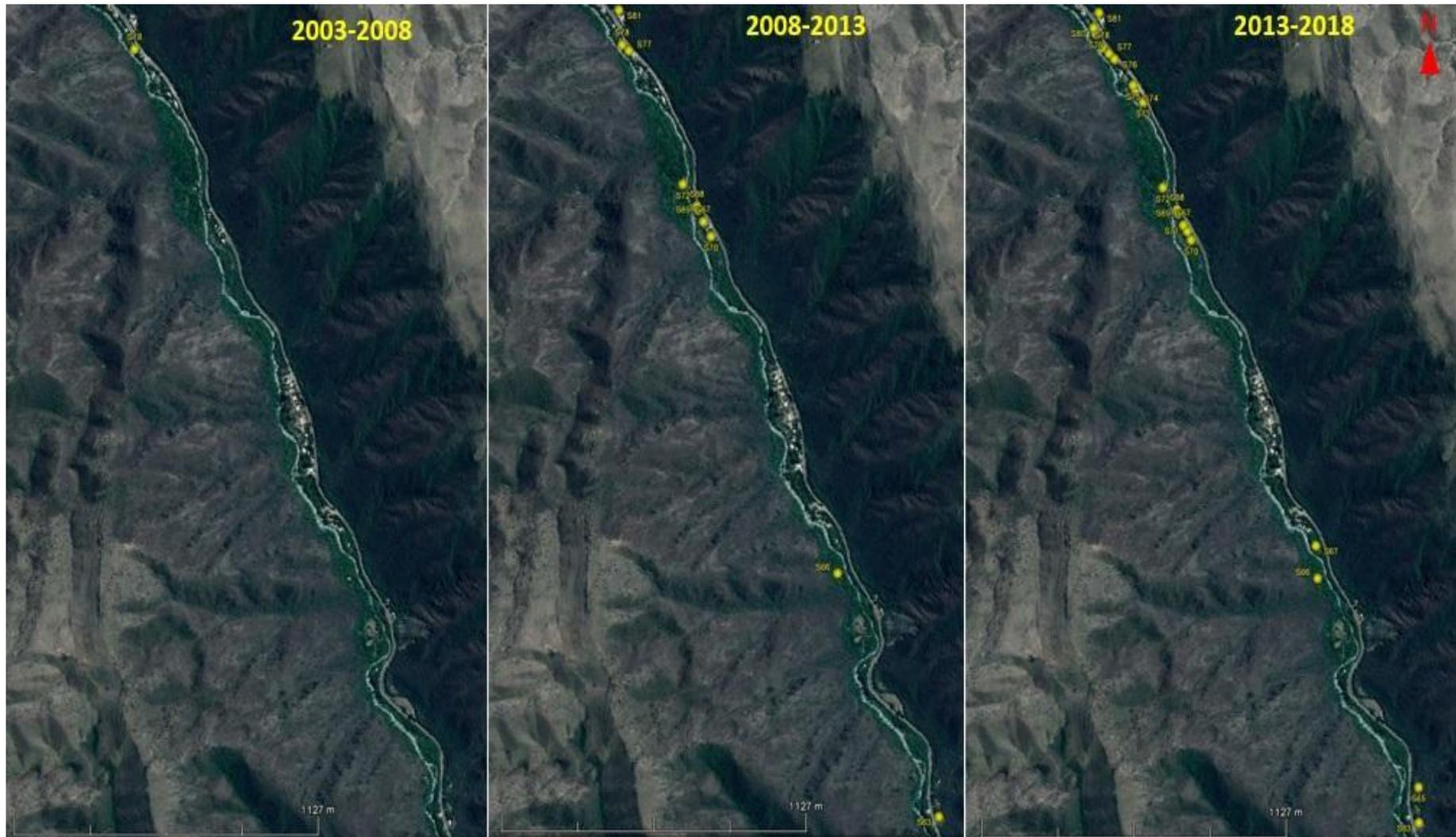


Figura 58: Sector 4 de la Quebrada del Río El Tala. Entre las coordenadas 28° 22' 40,46" S-65° 52' 00,98" W / 28° 21' 00,62" S- 65°52'48,18" W.

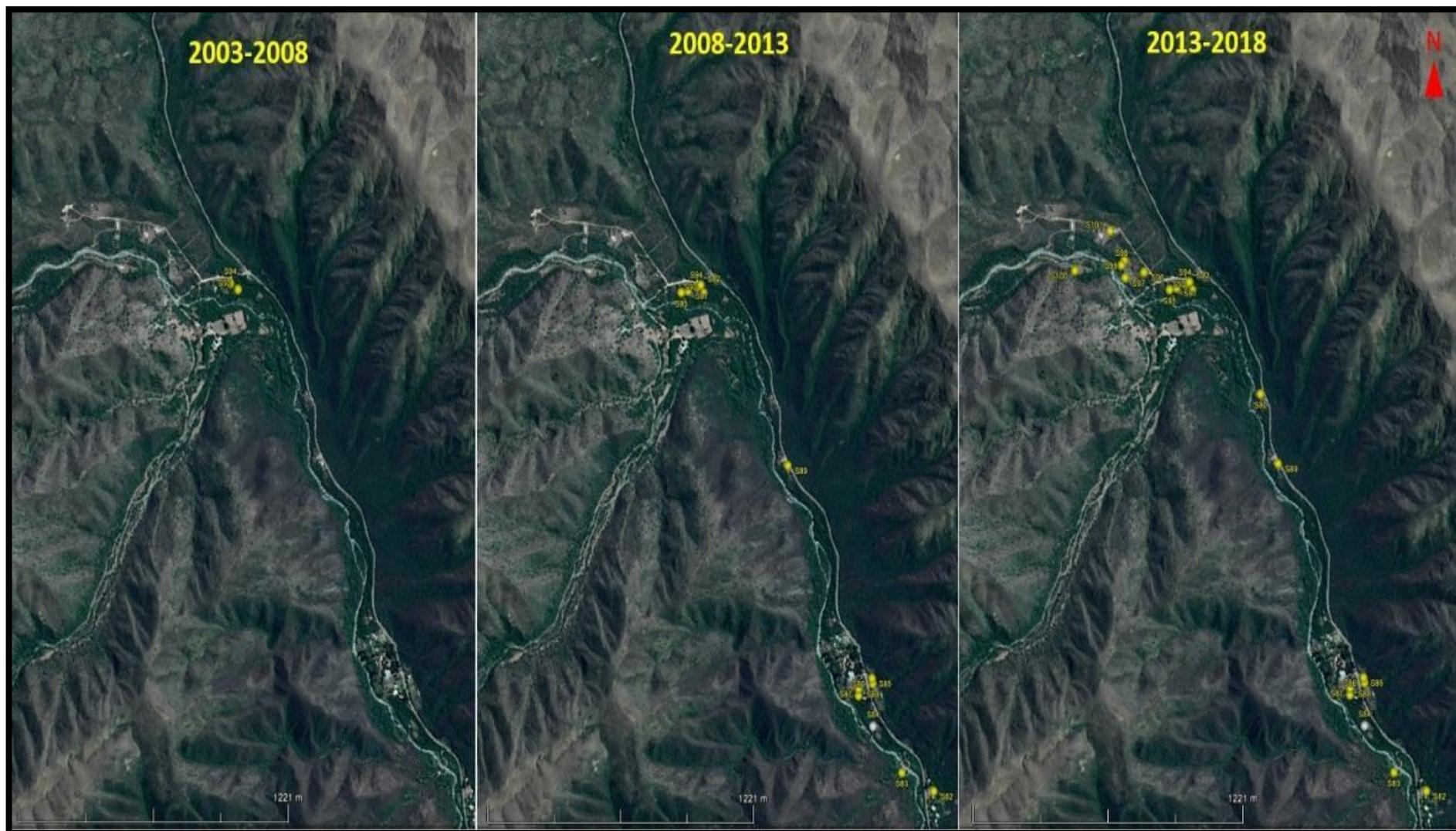


Figura 59: Sector 5 de la Quebrada del Río El Tala. Entre las coordenadas 28° 20' 44,93" S-65° 52' 58,23" W / 28° 19' 28,93" S- 65°53'57,00" W.

De acuerdo con el análisis realizado en cada sector de las Figuras 55-59 se puede concluir que hubo un incremento considerable en cuanto al número de edificaciones a la vera del río principal y en el piedemonte de la Sierra del Colorado.

Se compararon estos sectores con la base de datos proporcionada por la Secretaria de Planeamiento y Modernización dependiente de la Municipalidad de la Capital, poniendo en evidencia que un gran número de edificaciones no se encuentran registradas con su correspondiente matrícula catastral.

El hecho de no estar registradas es un obstáculo a la hora de realizar un plan de evacuación en caso de crecientes, debido a que no se conoce el número exacto de viviendas.



Fotografía 23: Se muestran las edificaciones nuevas y los asentamientos que se ubican a la vera del cauce principal.



Fotografía 24: Canalización insuficiente y desagüe expuestos a taponamiento por residuos y material de deslizamiento.



## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en base al análisis correspondiente a la Subcuenca del Río El Tala, se puede concluir:

- Según el factor de forma obtenido  $< 1$ , la forma para la subcuenca alta es oval redonda caracterizada por un drenaje dendrítico, con laderas escarpadas. La subcuenca media corresponde a una forma alargada donde el drenaje es del tipo rectangular en su ladera oeste controlado por las fallas y en la ladera este posee un drenaje paralelo controlado por la topografía relacionada con la pendiente.
- El proceso de remoción en masa está muy presente en las laderas de la quebrada del Río El Tala; considerando que la litología presenta esquistosidad, sus planos de foliación favorecen estos procesos, además del fracturamiento que presentan, provocando serios daños en la Ruta Provincial N°4 y en las edificaciones cercanas. Los procesos recurrentes en este sector son del tipo deslizamientos de detritos, por reptación y derrumbes, éste último se presenta con frecuencia en épocas de máximas precipitaciones produciendo cortes de ruta.
- Se puede inferir una alta vulnerabilidad de riesgo debido a la dinámica fluvial y torrencial, en caso de producirse en la subcuenca alta precipitaciones abundantes y concentradas, generaría una afluencia importante de materiales que podrían provocar aluviones, o simplemente el acarreo de un gran volumen de material erosionado arrastrado por el flujo de agua, que potenciaría las crecidas del Río El Tala. Debido a las elevadas pendientes en este sector la masa de agua toma gran velocidad, pero la misma disminuye al llegar a la desembocadura de la microcuenca colectora N° 5, producto del cambio brusco de la dirección del cauce, debido a la falla tectónica que dio origen a la Quebrada de El Tala.
- Se determinó que la subcuenca media es una zona altamente vulnerable, pues una elevada precipitación produciría un impacto importante en las viviendas y ruta por el incremento de caudal, el cual contiene por lo general vegetación y material erosionado de las laderas, a su vez puede generar endicamiento en la zona, como consecuencia de este fenómeno se produciría acumulación de energía la cual puede ser liberada bruscamente provocando mayores daños en la población que habita a la vera del Río El Tala.
- La quebrada de El Tala, al ser encajonada, deja muy poco margen para el desarrollo de geoformas laterales al cauce, por lo que la dinámica fluvial genera, en la zona de estudio dos, tipos principales de geoformas: terrazas y abanicos, en los cuales se realizaron modificaciones antrópicas para construir edificaciones poniendo en riesgo la vida de quienes las habitan.
- Se ha incrementado notablemente la urbanización en la zona que, se evidencia por el incremento en la cantidad de edificaciones en los últimos años en los márgenes del río principal, dado que no están registradas, implica un problema a la hora de realizar un plan de evacuación en caso de crecida del Río El Tala.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Ordenamiento territorial destinado a regular determinados usos de las zonas propensas a las inundaciones.
- Controlar la cantidad de viviendas ubicadas a la vera del Río El Tala y al pie de la Sierra del Colorado y verificar si esos lotes se encuentran registrados con su correspondiente matrícula catastral. En caso de asentamientos precarios gestionar las medidas pertinentes para evacuar el terreno.
- Determinar cuáles son las zonas de riesgo para realizar un plan de alarma y evacuación.
- Se recomienda la instalación de sistemas de alerta temprana y el desarrollo de planes de emergencia y de contingencia.
- Determinar y señalar mediante cartelería cuáles son las zonas seguras ante una posible crecida.
- Informar a la comunidad sobre las amenazas de la zona y la forma adecuada de actuar en caso de desastre.
- Mantener la limpieza del cauce y de los desagües.
- Reforestación y conservación de suelos. El aumento de la vegetación en las laderas para sujetar el material en estas y así reducir los deslizamientos.
- Realizar muros de contención o pantallas en las laderas con frecuencia de derrumbes.



## CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

## 5.1 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

- Atlas Catamarca (s.f.). Departamento Pomán. Mota Botello 540: ETISIG Catamarca.
- Botija Llasat, M (2012). Riesgos Naturales: clasificación, conceptos, y cuestiones. Tema de portada. Vol. N°31.
- Bravo, B. y Narváez, A. (2007). Manual de gestión y manejo integral de microcuencas. Tarma-Perú: Ministerio de agricultura.
- Caminos, R. (1999). Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina. Buenos Aires, República Argentina. Anales N° 29. ISSN 0328-2325
- Campaña, S. (2011). Gestión integrada de cuencas hidrográficas y desastres naturales. Chile. Corporación Nacional Forestal – CONAF.
- Cátedra de Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Lic. en Geología (2009). Tema 8: Riesgos Geológicos y Ordenamiento Territorial. Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca, Argentina: Apunte de clase no publicado.
- Cruzate, G; Moscatelli, G y J. Panigatti (2011). Suelos y ambientes de Catamarca.
- Estrategia y Plan de Acción de Yokohama para un Mundo más Seguro.
- Ferrari Bono, B. (2004). Las inundaciones en la República Argentina consideradas como desastres naturales. Centro Argentino de Ingenieros (CAI) - Instituto Argentino de Recursos Hídricos (IARH). Jornadas de debate sobre riesgo hídrico, inundaciones y catástrofes. Buenos Aires, Argentina.
- González Bonorino, F. (1978). Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca, provincias de Catamarca y Tucumán. Boletín Servicio Geológico Nacional. Buenos Aires, Argentina.
- Gutiérrez, A. y Mon, R (2008). Macroindicadores Cinemáticos en el Bloque Ambato, Provincias de Tucumán y Catamarca. Revista de la Asociación Geológica Argentina 63 (1): 24 – 28.
- INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.
- Instituto Nacional del Agua (INA) - Centro Regional Andino (CRA) y Secretaría del Agua y del Ambiente Provincia de Catamarca (SAyA) (2010). Relevamiento de la Disponibilidad de Recursos Hídricos Superficiales de Cuenca Salar de Pipanaco, Cuenca Abaucán-Colorado-Salado y Cuencas Faldeo Oriental del Ancasti: Mendoza.
- Instituto Nacional del Agua (INA)-Gobierno de Catamarca (2012). Delimitación De Áreas De Riesgo Hídrico En El Rodeo Departamento Ambato- Catamarca. Mendoza: Publicación Interna.
- Maskrey, A. (1993). Los desastres naturales no son naturales. Primera edición. Colombia: Tercer Mundo Editores.
- Morláns, M. (1995). Regiones Naturales de Catamarca: Provincias Geológicas y Provincias Fitogeográficas. Revista de Ciencia y Tecnología de la UNCa. ISSN 0328-431X. Universidad Nacional de Catamarca: Editorial Científica Universitaria.
- Nullo, F. (1981). Descripción geológica de la hoja 15f, Huillapima (provincia de Catamarca). Boletín del Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires.
- Ojeda, G., Lacreu, H. y Sosa, G. (2007) Atlas De Recursos Geoambientales, Municipio de Potrero de Los Funes. Universidad Nacional de San Luis (ISBN: 978-987-23360-5-9).
- Ordoñez Gálvez (2011). Cartilla Técnica ¿Qué es Cuenca Hidrológica? Jr. Puno 450-Lima: Sociedad Geográfica de Lima
- Paoli, H (2002). Recursos hídricos de la Puna, Valles y Bolsones áridos de la Noroeste Argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Centro de investigación, Educación y Desarrollo (CIED). Salta, República Argentina.
- Pérez Arlucea, M., Filgueira, M., Freijido, M. y Méndez, G. (2000). Parámetros morfométricos e hidrológicos de las cuencas de drenaje y ríos tributarios a la ría de Vigo. Estimación de las variaciones anuales en las cargas en suspensión y en

disolución. En *Journal of Iberian Geology*. 2000, vol. 26 (pp. 171-187). ISSN: 0378-102X.

- Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP) (2011). Mejoramiento de los Sistemas Productivos y de Riego en Rincón. Provincia de Catamarca. Anexo 4: Evaluación de Impacto Ambiental y Social. República Argentina.
- Ramsar (2010). Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales 4° Edición. Manual 9, Manejo de Cuencas Hidrográficas. Editado: Dave Pritchard
- Ribera Masgrau, L. (2004). Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas.
- Santander, A. y Barrios, A. (s.f.). Hidrología. Morfometría de Cuencas.
- Vaccarino Pasquali, E., Manduca, F., Bizzoto F., Vich, A. (s.f.). Morfometría de cuencas ubicadas en el piedemonte mendocino de la Precordillera. (1) Instituto de Estudios del Ambiente y Recursos Naturales, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, (2) IANIGLA-CONICET, Mendoza, Argentina.
- Villanueva, C. (s.f.). Aplicación de sistemas de información geográfica en la determinación de áreas vulnerables a Riesgos Naturales. Instituto Nacional de Defensa Civil. Proyecto: Sistema de información geográfica- GEODECI. Lima, Perú.

## 5.2 REFERENCIA:

- Aceñolaza et al (1981): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 49
- Aceñolaza y Toselli (1977): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 49
- Ayala- Carcedo y Olcina (2992): Medidas estructurales de mitigación. Pág. 18
- Blasco et al (1994): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 49
- Bonaparte y Bobonika (1974): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 51
- Cardona, O., (2001).
- Chaux en Maskrey 1993: Medidas de mitigación. Pág. 33
- González Bonorino (1978): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág.51
- González Piedra (2000): Guía metodológica para el estudio integral de cuencas hidrológicas superficiales con proyecciones de manejo. Pág.42
- H. Herzer, C. Rodríguez, A. Celis, M. Bartolomé y G. Caputo (2002). Pág. 32
- Herrera et al (1993): Metodología para la orientación y manejo integral de cuencas hidrográficas. Pág. 31
- Horton (1945) y Strahler (1952): Sistemas de jerarquización. Pág. 83
- Issi Carrizo (1996): Clima de Catamarca. Pág. 43
- Juárez, H.O (1986): Clima de Catamarca. Pág. 43
- Larrain y Simpson (1994): Concepto de mitigación. Pág. 33
- Lottner (1983): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 51
- Lafleur (1989): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 51
- Lavel (2002): Concepto de amenazas. Pág. 32
- MELIAN, Cristian Sebastián y VILLAFANEZ, Emilio Alejandro. Caminando sendas en el valle intermontano de "El Tala", Dpto. Capital, Catamarca. Zaranda ideas [online]. 2017, vol.15, n.1 [citado 2018-03-23], pp. 29-46. Disponible en: <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-12962017000100002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-12962017000100002&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1853-1296. Pág. 21

- Merea Llanos (1981): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 50
- Monti A. (2004). Conceptos Remoción en Masa. Pág. 31
- María Cristina Morláns – Fitogeografía de Catamarca. Pág. 34
- Niz (2014). Pág. 26
- Niz (2003). Concepto de unidad geomorfológica. Pág. 55
- Nullo (1981): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 51
- Polanski (1966): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 51
- Riverol (1989): Metodología para la cartografía de los suelos con erosión potencial en escala media detallada. Pág. 33
- Romero y Maskrey en Maskrey 1993: Concepto de peligrosidad. Pág. 32
- Sayago (1999): Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca. Pág. 51
- Secretaria de Agua y del Ambiente. Estacion PRED 160 El Jumeal. Pág. 45
- Secretaria de Agua y del Ambiente. Estacion PRED 002 El Rodeo. Pág. 46
- Siegfried (1931): Concepto de denudación. Pág. 57
- Smith (1992, Aneas): Concepto de Peligrosidad o amenaza. Pág. 32
- Ureña y Terxera (2004): Medidas estructurales de mitigación. Pág. 32
- Vente Chow (1994). Metodología para el análisis morfométrico de cuencas. Pág. 33
- Wilches-Chaux en Maskrey (1993): Concepto de mitigación. Pág. 32

### 5.3 PÁGINAS DE INTERNET CONSULTADAS

- Análisis Morfométrico de una cuenca. <http://www.aguaysig.com/2013/10/analisis-morfometrico-de-una-cuenca.html>
- Argentina: Catamarca–Población de las localidades de la provincia. [http://www.citypopulation.de/php/argentina-catamarca\\_s.php](http://www.citypopulation.de/php/argentina-catamarca_s.php)
- Balance hídrico en la cuenca del salar de Pipanaco, provincias de Catamarca y La Rioja: [http://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/scg\\_13/54\\_arantonello.htm](http://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/scg_13/54_arantonello.htm)
- Caracterización morfométrica de la cuenca alta del arroyo Las Lajas, Córdoba: Un análisis estadístico (2005). [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?sc9ript=sci\\_arttext&pid=S0004-48222005000100003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?sc9ript=sci_arttext&pid=S0004-48222005000100003)
- Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina argentina. (s.f.). <http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/catalogo/cdandes/ca0104.htm#003>
- Definición de cuenca hidrográfica: <http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/ochoa/hidrogeologia2k16-2/presentaciones/FACTORES%20QUE%20AFECTAN%20EL%20ESCURREMIENT O1.pdf>
- Delimitación de una Cuenca Hidrológica <http://es.slideshare.net/Gianelly45/delimitacion-de-una-cuenca-hidrologica>
- Directrices para la Prevención de los Desastres Naturales, la Preparación para Casos de Desastre y la Mitigación de sus Efectos: <http://eird.org/fulltext/Yokohama-strategy/YokohamaEspa%F1ol.pdf>
- Dr. Navarro, H. (2002), Climas. <http://www.catamarcaquia.com.ar/Geografia/Climas.php>
- Giménez, J. y Bertomeu, M. (s.f.). Cálculo de Hidrogramas de crecida en cuencas semiáridas. Aplicación del Hidrograma geomorfológico instantáneo unitario. <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/5932/5859>

- El riesgo de inundación. Medidas estructurales y medidas no estructurales. Herramientas para la cuantificación: <http://www.eoi.es/blogs/danielnovillo/2012/04/26/el-riesgo-de-inundacion-medidas-estructurales-y-medidas-no-estructurales-herramientas-para-la-cuantificacion/>
- Introducción a los conceptos de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo. <https://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Presentaciones%20Powerpoint/03%20Introduccion%20Amenaza%20Vulnerabilidad%20y%20Riesgo/Introduccion%20Amenaza%20Vulnerabilidad%20y%20Riesgo.pdf>
- Los suelos de Catamarca (s.f.) Recuperado el día 3/05/2016 <http://inta.gob.ar/documentos/caracteristicas-suelos-de-catamarca>
- Mapa de tipos de suelo de la república Argentina <https://profesoradodegeografia.wordpress.com/category/geoespacio-argentina/mapas-de-la-republica-argentina/>
- Morfometría (2009, 30 de agosto), <http://geologia.unsl.edu.ar/materias/geomorfologia/teorias/20xx/MORFOMETRIA.pdf>
- Morlans M. (2008), Sinergismo entre Desertificación y Procesos Ecológicos, productivos y sociales. <http://ecosistemasdecataamarca.blogspot.com.ar/>
- Procedimiento para delimitar una cuenca hidrográfica o unidades hidrográficas. Recuperado de <http://es.slideshare.net/MIDABA/procedimiento-para-la-delimitacion-cuencas-hidrograficas>
- Provincia de Catamarca, Relieve (s.f.). <http://www.todo-argentina.net/geografia/provincias/catamarca/relieve.html>
- Relevamiento de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales de cuenca salar de Pipanaco cuenca Abaucán–Colorado–Salado y cuencas faldeo oriental del Ancasti (2010, octubre). [http://www.ina.gov.ar/pdf/CRA-H.Sup-5-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES\\_Catamarca-I.pdf](http://www.ina.gov.ar/pdf/CRA-H.Sup-5-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES_Catamarca-I.pdf)
- Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-42652011000100005](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652011000100005)
- Riesgo residual y análisis de vulnerabilidad: [http://www.ipresas.upv.es/docs/2010\\_12\\_15\\_Memoria\\_SUFRI\\_WP3\\_borrador.pdf](http://www.ipresas.upv.es/docs/2010_12_15_Memoria_SUFRI_WP3_borrador.pdf)
- Sectorización hidrográfica y Morfometría de cuencas (s.f.). [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303013/Contenido%20en%20Linea/leccin\\_17\\_sectorizacion\\_hidrografica\\_y\\_morfometria\\_de\\_cuencas.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303013/Contenido%20en%20Linea/leccin_17_sectorizacion_hidrografica_y_morfometria_de_cuencas.html)
- Servicio Meteorológico Nacional. Monitoreo Diario y Mensual-Provincia de Catamarca. <http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=vigilancia&id=13&var=catamarca#javascript>
- Visor Geointa. <http://geointa.inta.gov.ar/visor/?p=79>
- Zarantonello A. y Mamani M. (s.f.). Balance Hídrico en la Cuenca del Salar de Pipanaco, Provincias de Catamarca y La Rioja.



## CAPITULO VII: ANEXOS

**“ANÁLISIS GEOLÓGICO- GEOMORFOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA PARTE  
ALTA Y MEDIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL TALA - CATAMARCA - ARGENTINA ”**