

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7013

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DENOMINADO RUMI RUMI - LA COLPA

Región Cajamarca
Provincia Cajamarca
Distrito Jesús



ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
2.2 ESTUDIOS ANTERIORES	2
2. GENERALIDADES	3
2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	3
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	3
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	6
3.1 GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	6
3.2 GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL .	7
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
4.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	8
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	9
5.1 CONCEPTOS BÁSICOS	9
5.2 CÁRCAVAS EN EL SECTOR RUMI RUMI	10
5.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁRCAVAS	12
6. MEDIDAS DE CONTROL PARA EROSIÓN EN CÁRCAVAS	16
CONCLUSIONES	21
RECOMENDACIONES	22
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL TERRENO DENOMINADO RUMI RUMI – LA COLPA

(Distrito de Jesús, provincia y departamento de Cajamarca)

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en el terreno denominado Rumi – Rumi – La Colpa, distrito de Jesús, provincia y departamento de Cajamarca, con este informe, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología.

El terreno Rumi Rumi es afectado por peligros geológicos tipo erosión de laderas - cárcavas, los mismos que aportan material a la parte baja de los flujos temporales de las cárcavas.

Los factores condicionantes que originaron los peligros geológicos son: litología y calidad del substrato rocoso, el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica, la escasa cobertura vegetal y la pendiente del terreno. Las lluvias intensas extraordinarias son el factor detonante que originan dichos eventos.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas se consideran como Zona Crítica de muy alto peligro, las áreas afectadas por procesos de erosión de laderas – cárcavas en el sector Rumi Rumi, las mismas que transportan gran cantidad de sedimentos hacia a la parte baja en época de precipitaciones extraordinarias.

En el presente informe, se brindan medidas para el control de la erosión de laderas – cárcavas, para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a los peligros geológicos. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños. Los trabajos de prevención deben tener el asesoramiento y monitoreo a través de un profesional especialista en geotecnia.

1. INTRODUCCIÓN

Los integrantes de la Asociación de Residentes “Ciudad y Campo”, mediante OFICIO N° 051 – 2019 – MDJ/GM, de fecha 16 de abril del 2019 a través del Gerente Municipal de la Municipalidad Distrital de Jesús, se dirigen al Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET, solicitando la identificación de peligros geológicos en el terreno denominado Rumi Rumi – La Colpa, previos a realizar un proyecto urbanístico.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó al Ing. Luis León, para realizar la evaluación, llevándose a cabo el 01 y 02 de julio del 2019.

Para evaluación técnica, se realizó la preparación de mapas para trabajos de campo en base a la interpretación de imágenes satelitales, toma de datos (fotografías y puntos de control con GPS), cartografiado geológico y geodinámico en campo, y redacción del informe.

El presente informe se pone a consideración de las autoridades de la Municipalidad del distrito de Jesús para informar a los integrantes de la Asociación de Residentes “Ciudad y Campo”, de los peligros encontrados en el sector Rumi Rumi, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones de su proyecto urbanístico.

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Realizar la evaluación de peligros geológicos en el sector Rumi Rumi, en el distrito de Jesús, provincia y región de Cajamarca.
- Determinar las causas de origen de los peligros geológicos.
- Recomendar acciones de mitigación de los peligros identificados.

2.2 ESTUDIOS ANTERIORES

La zona evaluada está incluida en el área de estudio de trabajos de geología de escala regional. También cuenta con trabajos de mayor detalle, relacionados a peligros geológicos.

- Boletín N° 31 Serie A: “Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba”, INGEMMET, (Reyes, 1980). En el “Mapa geológico de San Marcos Hoja 15-g”, escala 1:100,000, (Reyes, 1980).
- Boletín N° 44 Serie C “Riesgos geológicos en la región de Cajamarca”, INGEMMET (Zavala & Rosado 2011). En el “Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa”, escala 1:250,000, el sector Rumi Rumi se encuentra en zona de alta, media y baja susceptibilidad.

2. GENERALIDADES

2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El sector Rumi Rumi se localiza al sur del distrito de Jesús, provincia de Cajamarca (figura 3), región Cajamarca, sobre los 2911 m s.n.m., en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S):

Sector	Coordenada N	Coordenada E	Altitud
Rumi-Rumi	9 200 060	779987	2911 m s.n.m.

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Cajamarca, es por vía terrestre, para ello se debe seguir la siguiente ruta: Cajamarca – Agocucho - La Collpa - sector Rumi Rumi, por un tiempo estimado de 20 min, a 10 km aproximadamente.

Ruta	Km	Tipo de transporte	Tiempo
Cajamarca – Agocucho - La Collpa - sector Rumi Rumi,	10	Vía terrestre	20 min

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está situada en el piso altitudinal entre 2 700 m s.n.m. a 2 970 m s.n.m.

La Temperatura está ligada al factor altitudinal, por lo que está fluctúa de la condición semicálida a templada en las quebradas o valles, a fría en las partes más altas.

La temperatura máxima mensual en el distrito de Jesús, es de 20° C y la mínima de 5.1°C. La temperatura promedio muestra que los meses más fríos están entre mayo – agosto y los más cálidos entre septiembre – abril (figura 1).

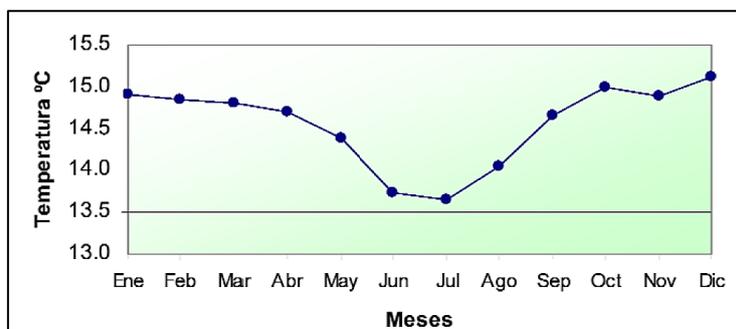


Figura 1: Variación de temperatura promedio mensual.
 (Fuente: Estación Meteorológica Augusto Webwerbauer)

En cuanto a la precipitación se aprecia claramente que hay dos periodos bien marcados durante el año: uno de lluvias abundantes que se reparten entre enero – abril y octubre

– diciembre, con registro máximos en el mes de marzo (123 mm.) y otro de ocurrencias escasas entre mayo – setiembre, con valores mínimos en julio (8.2 mm.). Las mayores precipitaciones se concentran en los meses de febrero y marzo, después de lo cual se reducen y posteriormente en agosto vuelven a incrementarse gradualmente (figura 2). La precipitación promedio mensual en la zona es unos 56.6 mm. Y un promedio de precipitación anual de 691 mm. (Plan de Ordenamiento y Territorial, Jesús, 2007).

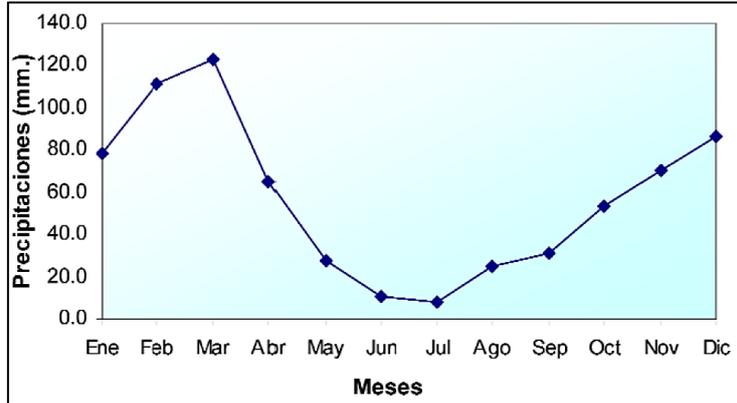


Figura 2: Precipitaciones medias mensuales.
(Fuente: Estación Meteorológica Augusto Webwerbauer)

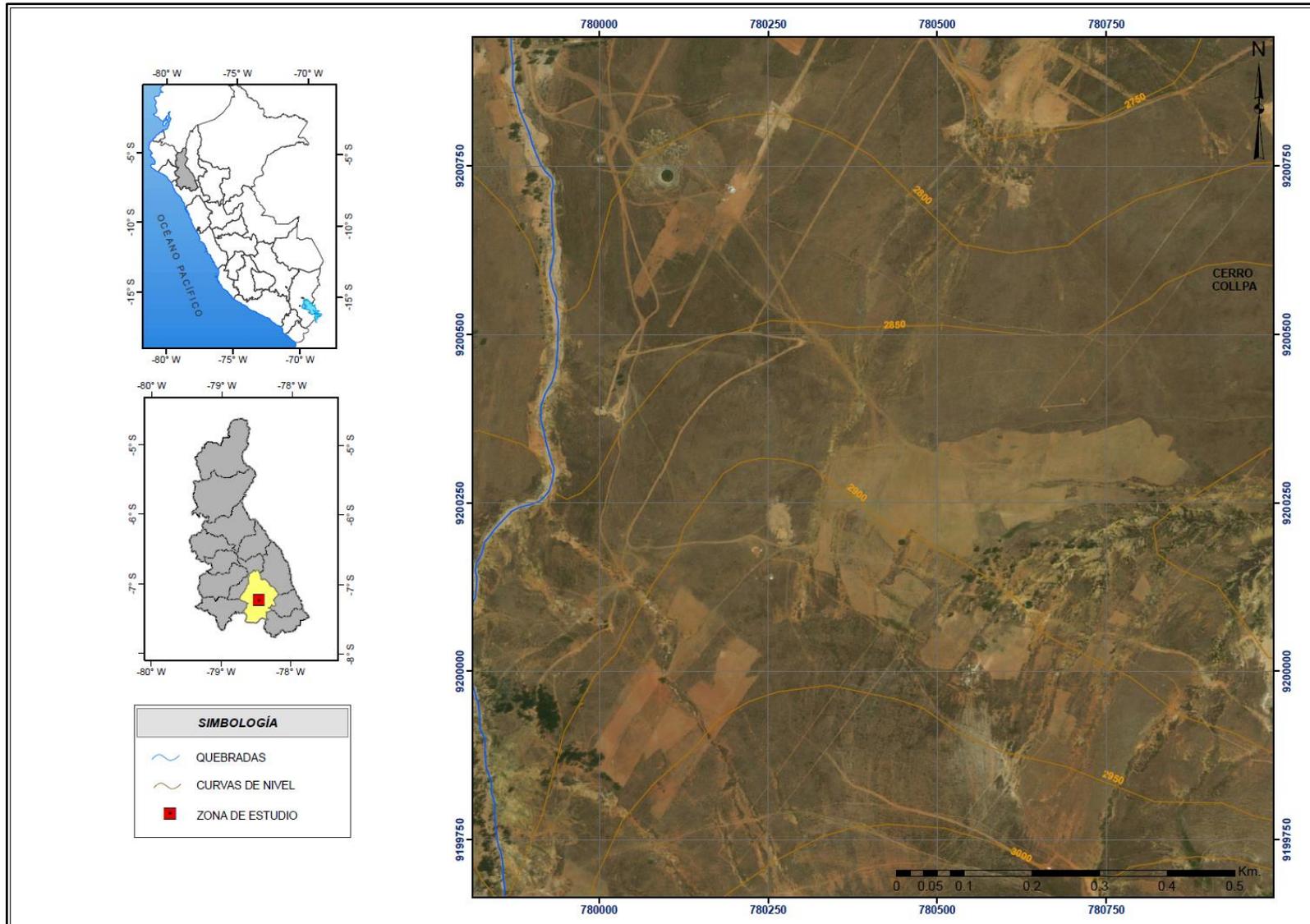


Figura 3: Ubicación del sector Rumi Rumi - La Colpa.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en la zona de estudio, se consideraron criterios como aspectos del relieve por procesos de erosión y. Las geoformas identificadas en el sector Rumi Rumi son:

- 1) Montañas
 - a. Montaña en roca sedimentaria (RM-rs)
- 2) Piedemonte
 - a. Piedemonte aluvial

Se tomó en cuenta para la clasificación de las unidades geomorfológicas, la publicación de (Zavala y Rosado, 2011).

3.1 GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Resultado del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Subunidad de Relieve de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs)

Corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias tipo arenisca, reducidos por procesos denudativos y que se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta (30° a 45°).

Se identificaron estas geoformas al sur de la localidad de La Colpa (figura 4).



Figura 4. Montañas en rocas sedimentarias ubicadas en el sector Rumi Rumi.

3.2 GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL

Son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Piedemonte

Correspondiente a la transición entre los relieves montañosos y áreas bajas próximas; en el sector predominan los depósitos aluviales y están relacionados al cambio de pendiente.

Subunidad de Piedemonte aluvial (P-al)

Está compuesto por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, bolos y detritos), subangulosos, en matriz limo-arenosa, acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, asociados al fenómeno El Niño, las pendientes son suaves con valores de 5 a 15° (figura 5).



Figura 5: Unidad Piedemonte en el sector Rumi Rumi – La Colpa

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 31-Geología del cuadrángulo de San Marcos-Hoja: 15-g (Luis Reyes, 1980), donde indican que en la zona de estudio afloran, rocas sedimentarias tipo areniscas de grano medio a grueso, así como depósitos Cuaternarios (aluviales). Reafirmando con observaciones de campo.

4.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias y depósitos Cuaternarios, diferenciándose las siguientes:

Formación Chimú (Ki-chim)

Esta unidad litoestratigráfica pertenece al Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior. Litológicamente está compuesto por areniscas de grano medio a grueso, los afloramientos se caracterizan por presentar una coloración gris blanquecina a amarillenta por meteorización.

Depósitos aluviales (Qh-al)

En la zona evaluada esta unidad está conformada por mezclas de gravas, arenas y limos, con formas subredondeadas, estos depósitos han sido acarreados por acción de las corrientes de agua debido a las fuertes precipitaciones y abundante escorrentía.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos tienen como factores condicionantes intrínsecos, la pendiente, el tipo de roca y suelo, el drenaje superficial-subterráneo, la cobertura vegetal, etc. Teniendo como factores desencadenantes, las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en el sector Rumi Rumi.

Los peligros geológicos reconocidos en el sector Rumi Rumi son erosión de laderas en forma de erosión de laderas - cárcavas. Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, hendiduras sufridas por los cursos de agua que modifican la topografía del terreno evaluado.

5.1 CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se describen términos referentes a peligros geológicos y que serán utilizados en el presente informe técnico.

a) CÁRCAVAS

La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras. En general, los cursos de agua fluctúan hacia un punto de equilibrio, de forma que, si el caudal se incrementa, el canal se ensanchará, profundizará o incrementará su pendiente hasta conseguirlo, y sólo podrá recuperar su estado original si las alteraciones son leves; pero si la cárcava comienza, será necesario un esfuerzo de mayor magnitud para conseguir volver a esa situación inicial. En la denominada erosión por cárcavas, el escurrimiento superficial es grande y con elevada energía erosiva, de forma que se concentra dando lugar a surcos o cárcavas que pueden alcanzar decenas de metros, tanto en dimensión longitudinal como altitudinal, originando, como consecuencia, contaminación, debido a la movilización de sedimento que producen, y causando una pérdida de productividad del terreno afectado (Rivera et al., 2007; Casali et al., 1999).

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

- Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).
- Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.
- Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de “V” pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en “U” (figura 6).

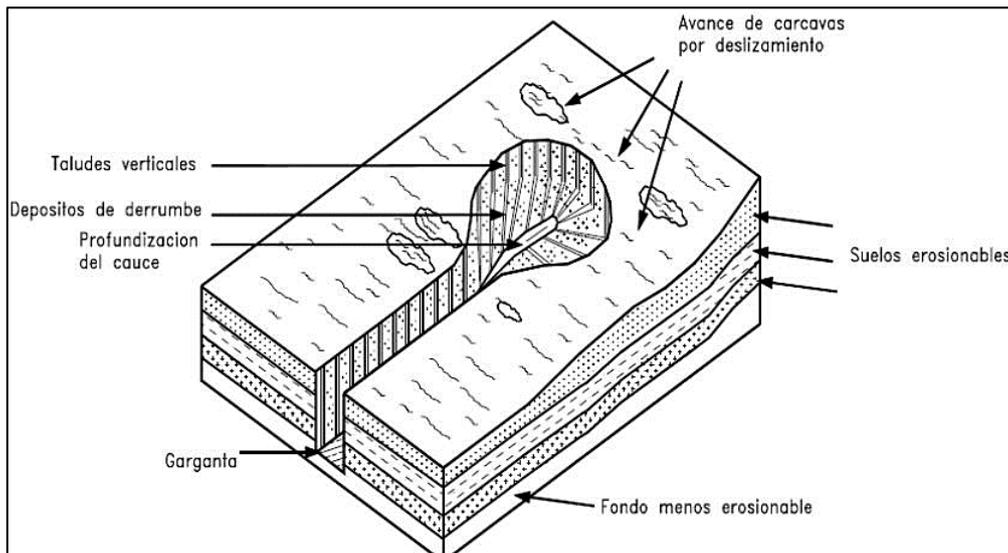


Figura 6. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

5.2 CÁRCAVAS EN EL SECTOR RUMI RUMI

La ocurrencia de cárcavas en las laderas del sector Rumi Rumi es favorecida por la pendiente de las laderas que pueden superar los 30° y la naturaleza del suelo (incompetente).

Durante los periodos de precipitaciones intensas y/o extraordinarias, la escorrentía superficial aumenta significativamente, generando el aumento progresivo de la capacidad de erosión en las paredes de las cárcavas.

Se identificaron cárcavas con un estado evolutivo maduro, al suroeste del terreno evaluado, estas últimas presentan longitudes de hasta 700 m y profundidades de 7 m. (figura 7 y 8).



Figura 7. Cárcavas (líneas amarillas discontinuas) en la parte media de la con profundidades de hasta 7 m. Vista hacia el Noreste.



Figura 8. Cárcavas (líneas amarillas discontinuas) en la parte baja del sector Rumi Rumi. Vista hacia el Noreste, longitudes de hasta 700 m)

5.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁRCAVAS

Las cárcavas se originaron a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurrieron en la ladera de la montaña, en el terreno denominado Rumi Rumi, entre los factores condicionantes se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno y el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica.

Causas:

Factores condicionantes:

- a. Características litológicas: depósitos aluviales, rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada; la misma que es afectada más rápida por la presencia de arcillitas. (figura 9, 10 y 11).
- b. Pendiente promedio entre los 30° y 40°.
- c. Presencia de afloramientos rocosos muy fracturado.
- d. Escasa cobertura vegetal de tipo pastizal (ichu) dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y roca. (figura 12).

Factor desencadenante:

Las precipitaciones pluviales intensas y extraordinarias son el factor desencadenante que originaron las cárcavas en el sector Rumi Rumi, erosionando las laderas de terreno evaluado (figura 13).



Figura 9. Erosión de ladera a manera de cárcavas (línea amarilla discontinua), rocas de mala calidad, fracturadas y con intensa meteorización.

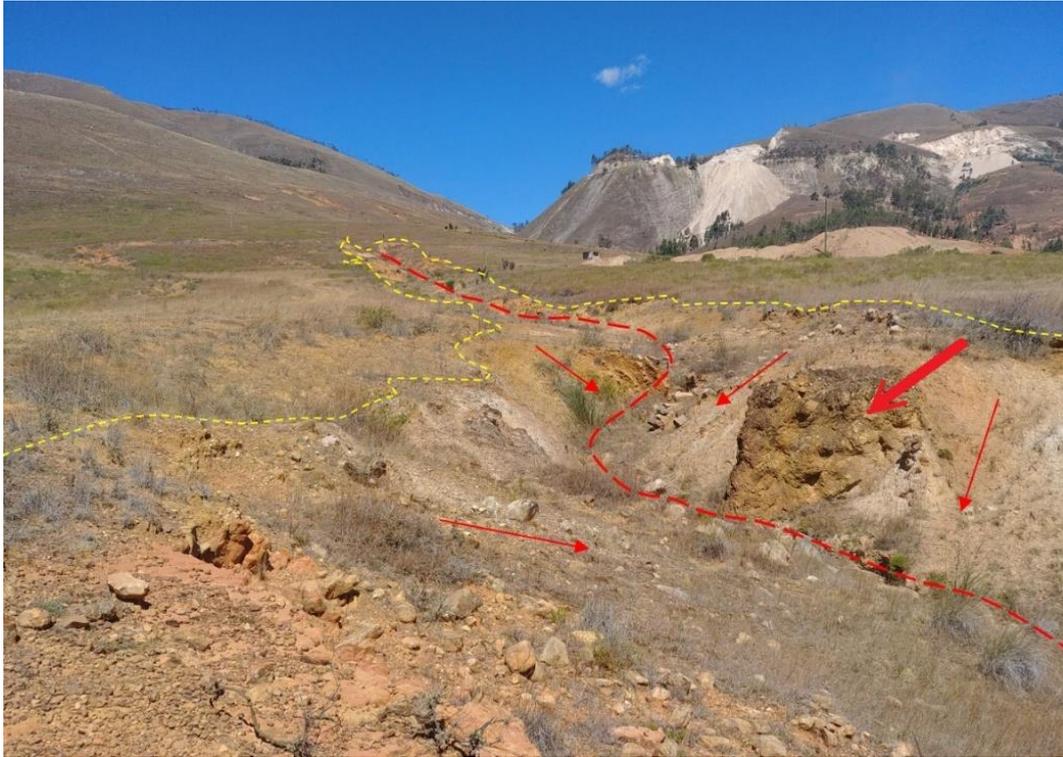


Figura 10. Inicio de erosión de laderas en la parte alta, se identifica un muro de contención deteriorado por la fuerza del torrente. Vista Suroeste.

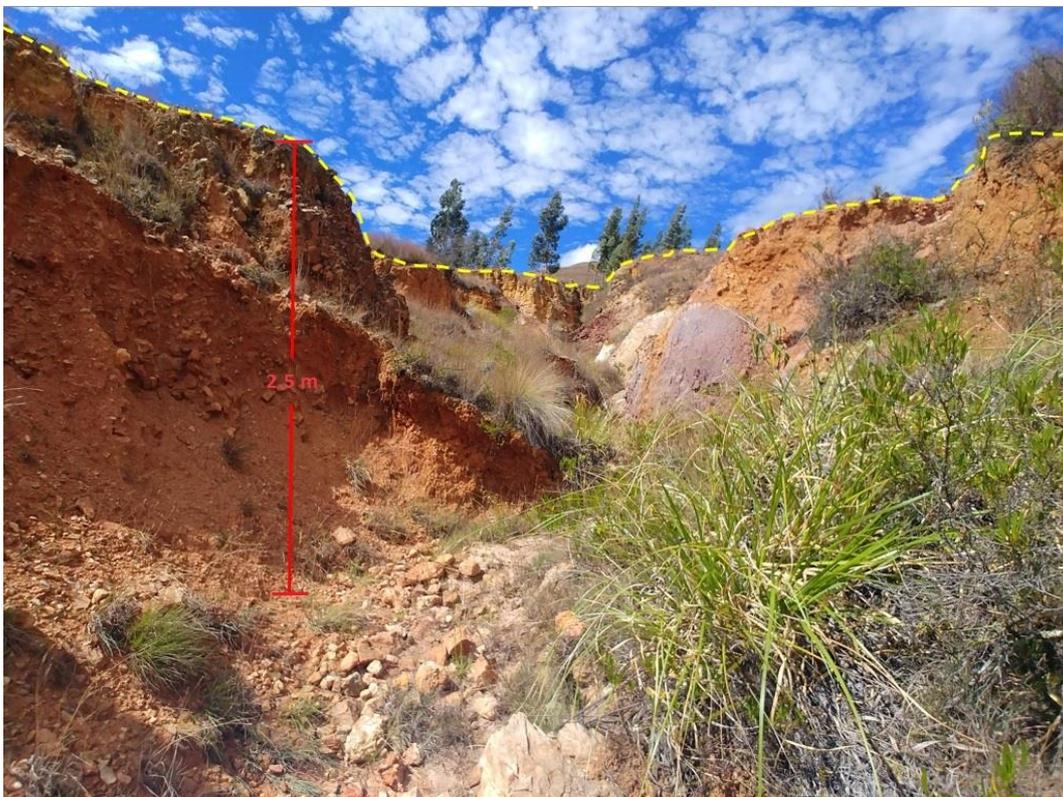


Figura 11. Cárcavas en la parte alta, profundidades de hasta 2.5 metros. Vista hacia el Suroeste.



Figura 12. Cárcavas (líneas amarillas discontinuas) en la parte baja del sector Rumi Rumi. Vista hacia el Suroeste. Escasa cobertura vegetal por erosión.

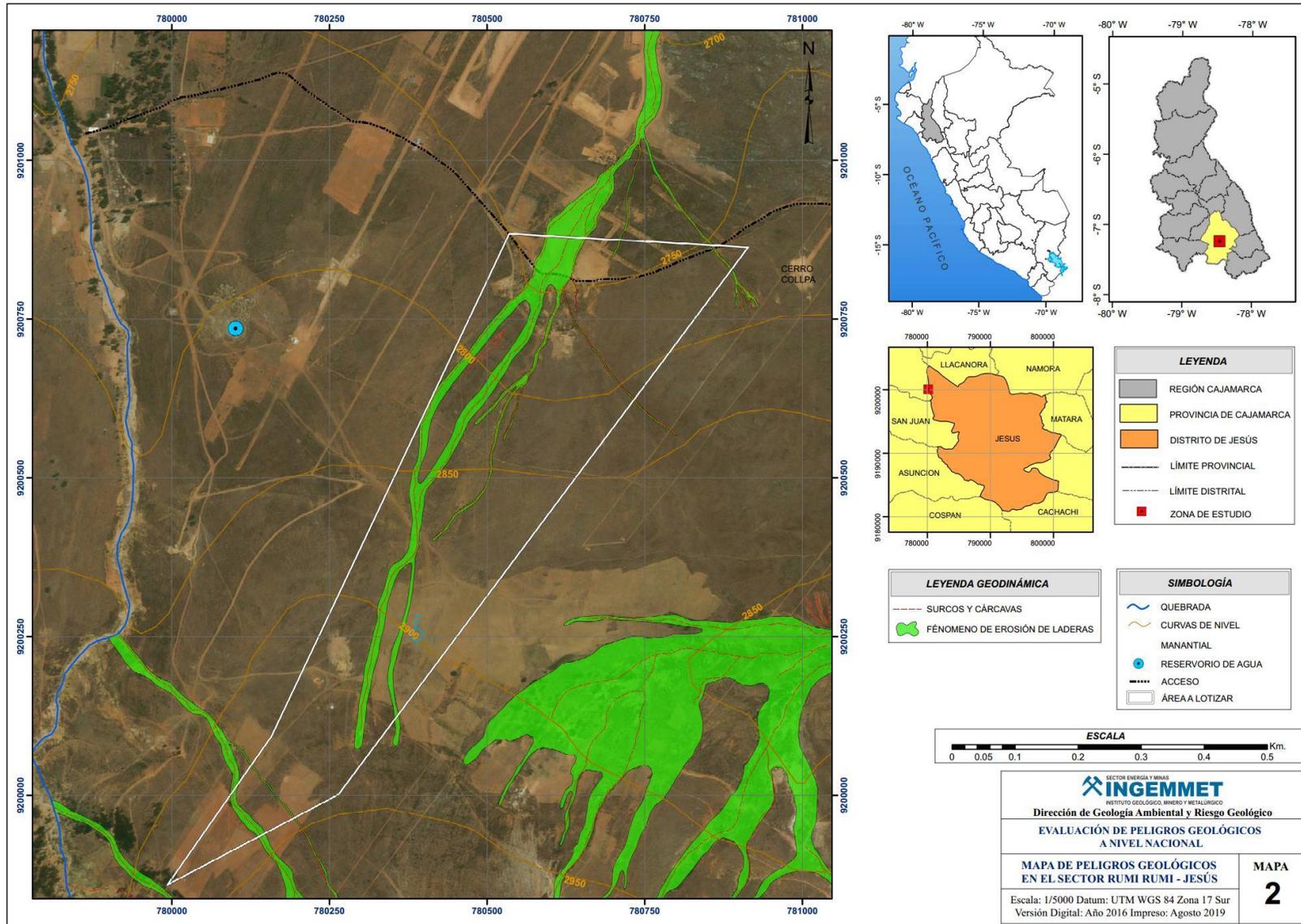


Figura 13. Mapa de peligros geológicos en el terreno Rumi Rumi.

6. MEDIDAS DE CONTROL PARA EROSIÓN EN CÁRCAVAS.

En el sector evaluado las cárcavas presentan gran longitud y un desarrollo irreversible que no pueden corregirse con labores de agricultura o cultivo, debiendo establecer las siguientes practicas:

- En las laderas contiguas a las cárcavas se deben implementar medidas de conservación y manejo agrícola (conservación e incremento de la cobertura vegetal nativa considerando sus características radiculares, la altura que alcanzarán, teniendo en cuenta el tipo de suelo en función a la pendiente y la profundidad de los suelos. (figura 14 y 15); se recomienda también realizar estas prácticas en la parte superior a las zanjas de coronación con el objetivo de disipar y captar el agua controlando la erosión hacia la parte baja.
- La construcción de diques o trinchos transversales a lo largo del desarrollo de la cárcava. (figura 16 y 17), implementar diques o trinchos.
- Zanjas de coronación revestidas en la parte superior a los procesos de erisión, para evitar que el recorrido del agua siga afectando las laderas.
- No realizar prácticas de pastoreo, para evitar el deterioro la cobertura vegetal. (figura 18).
- Evitar la quema de pajonales. Una vez identificados los peligros geológicos en el sector Rumi Rumi, se requieren de medidas estructurales para poder mitigar y prevenir futuros desastres.

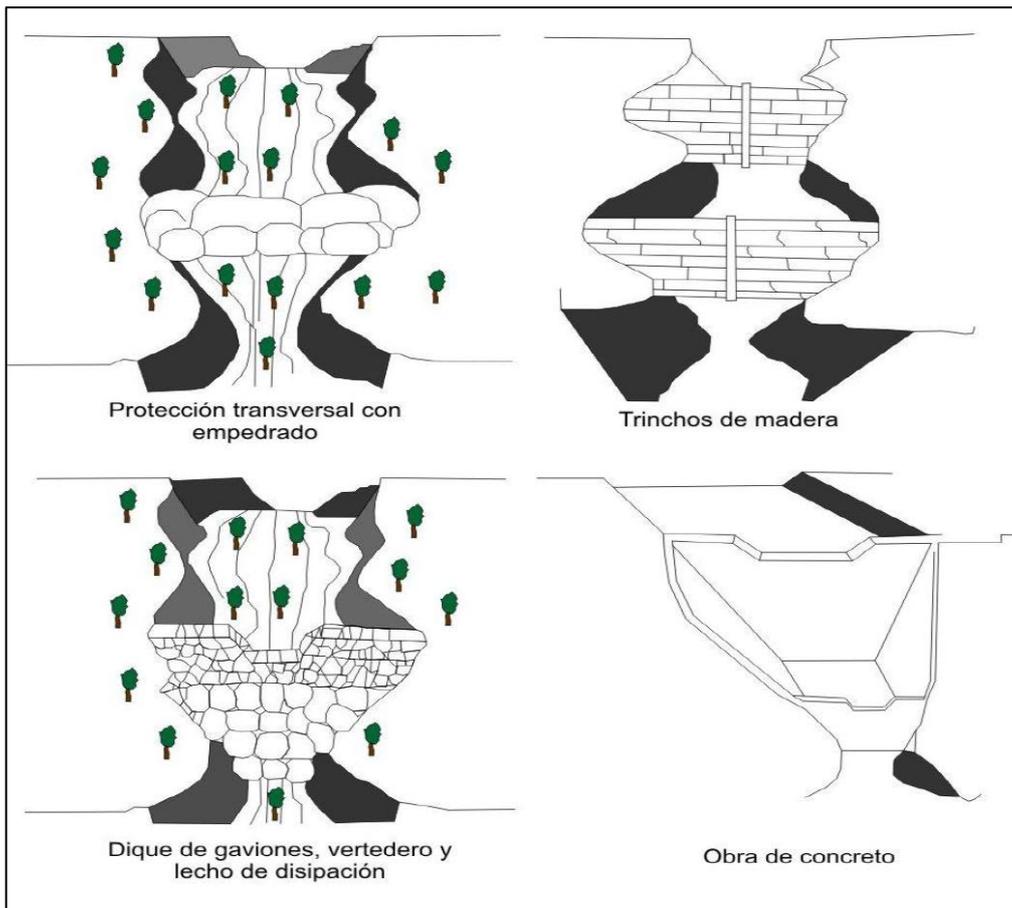


Figura 14. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas (CENICAFE, 1975)

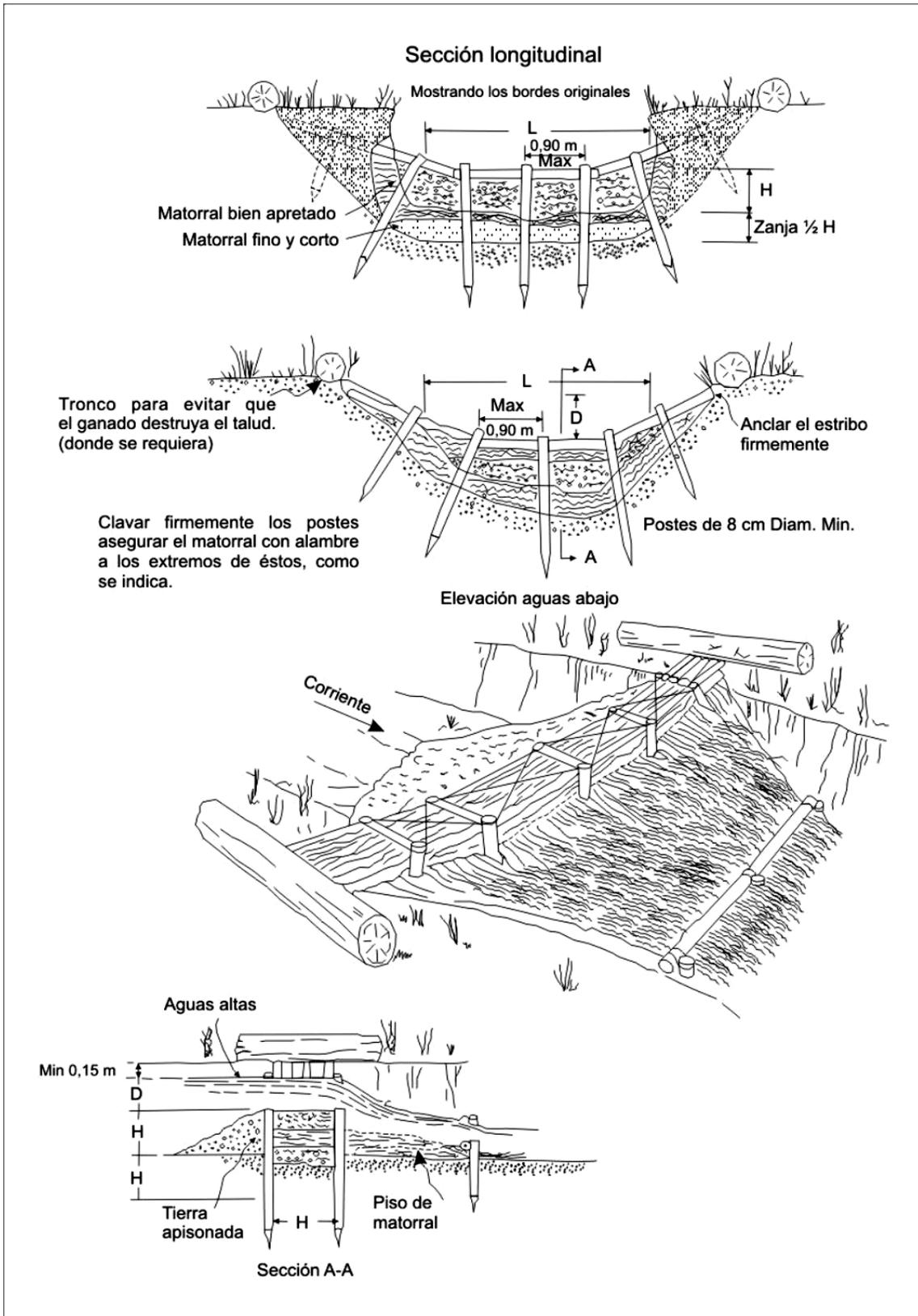


Figura 15. Presa de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

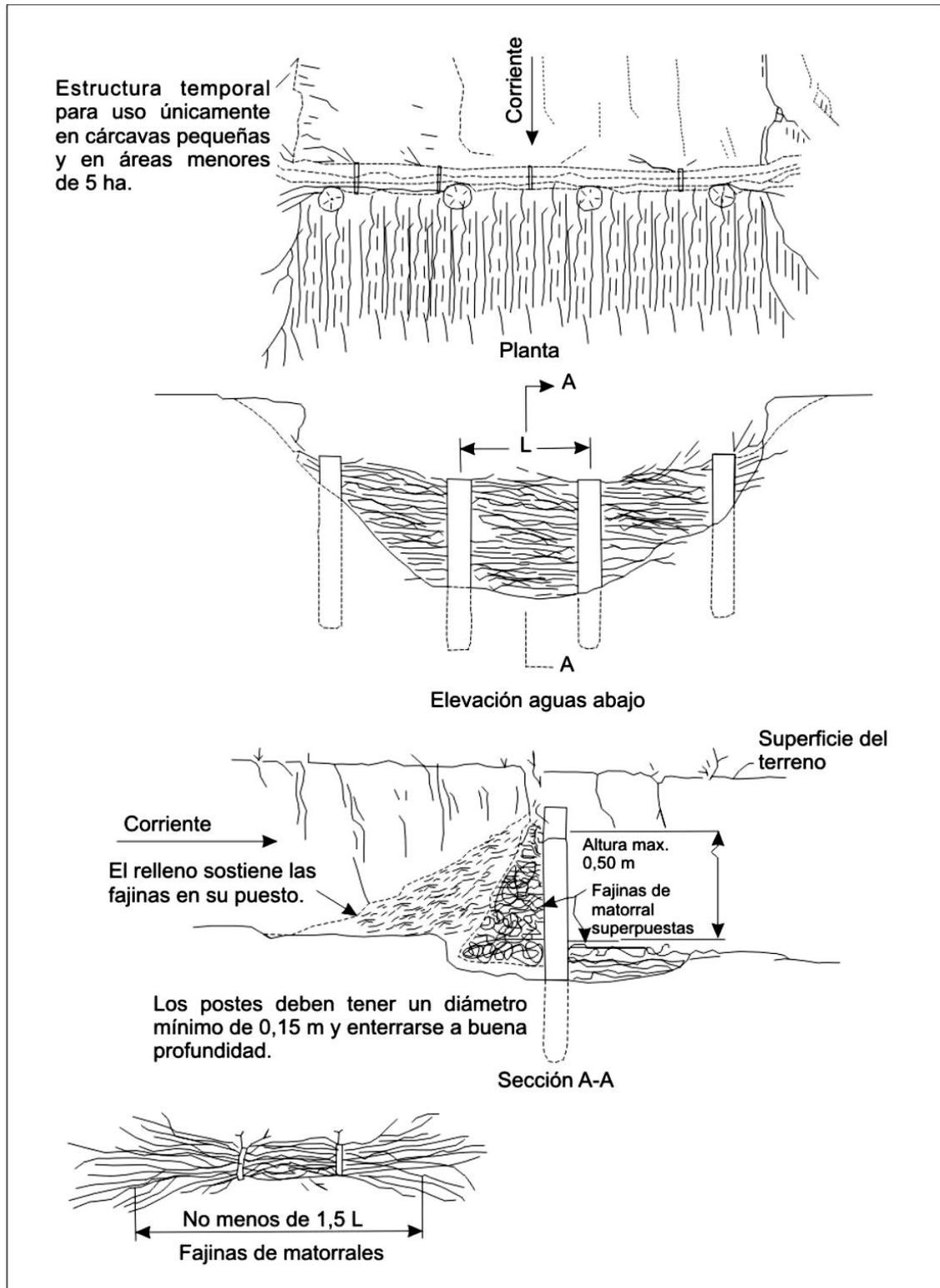


Figura 16: Presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

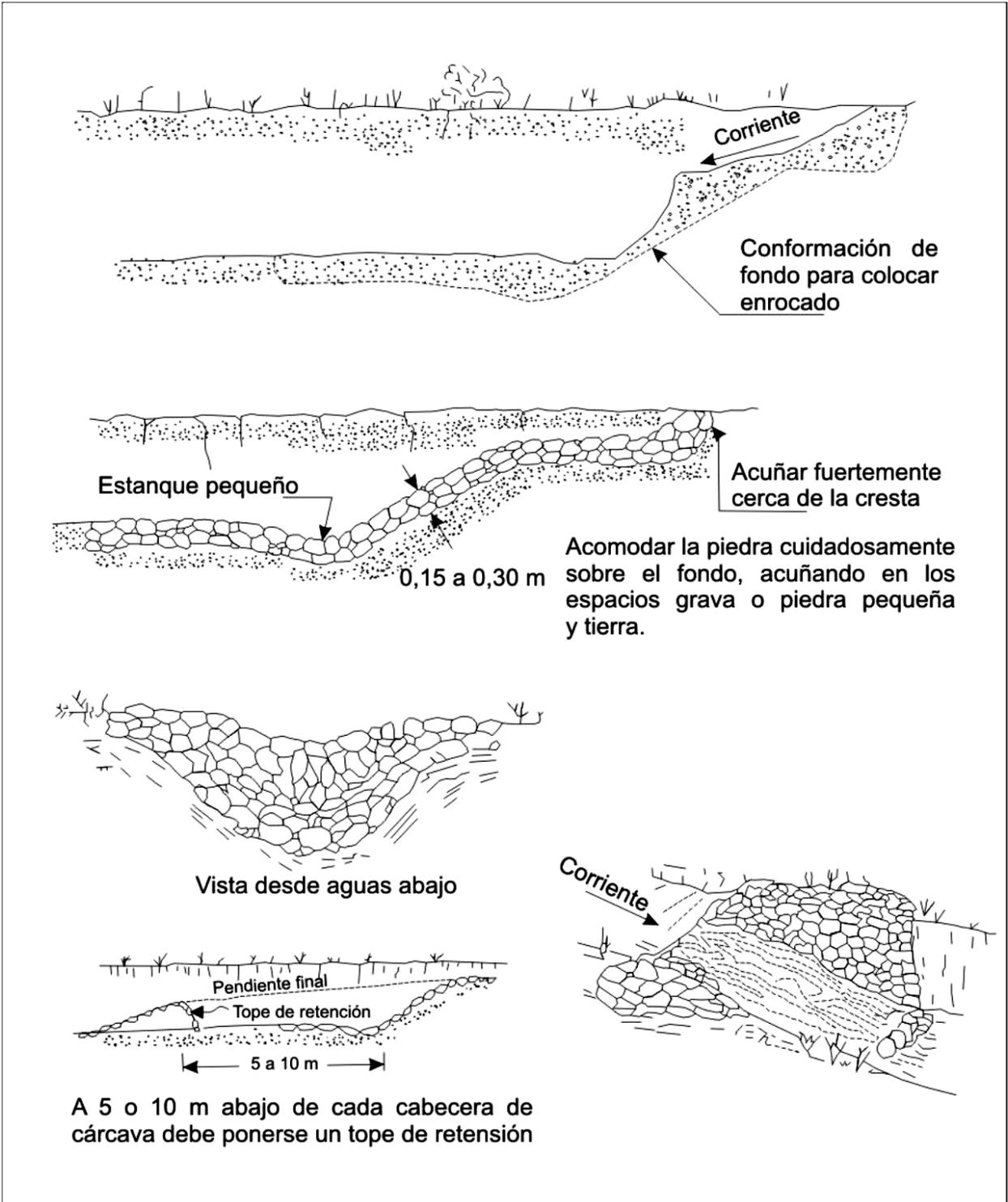


Figura 17. Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

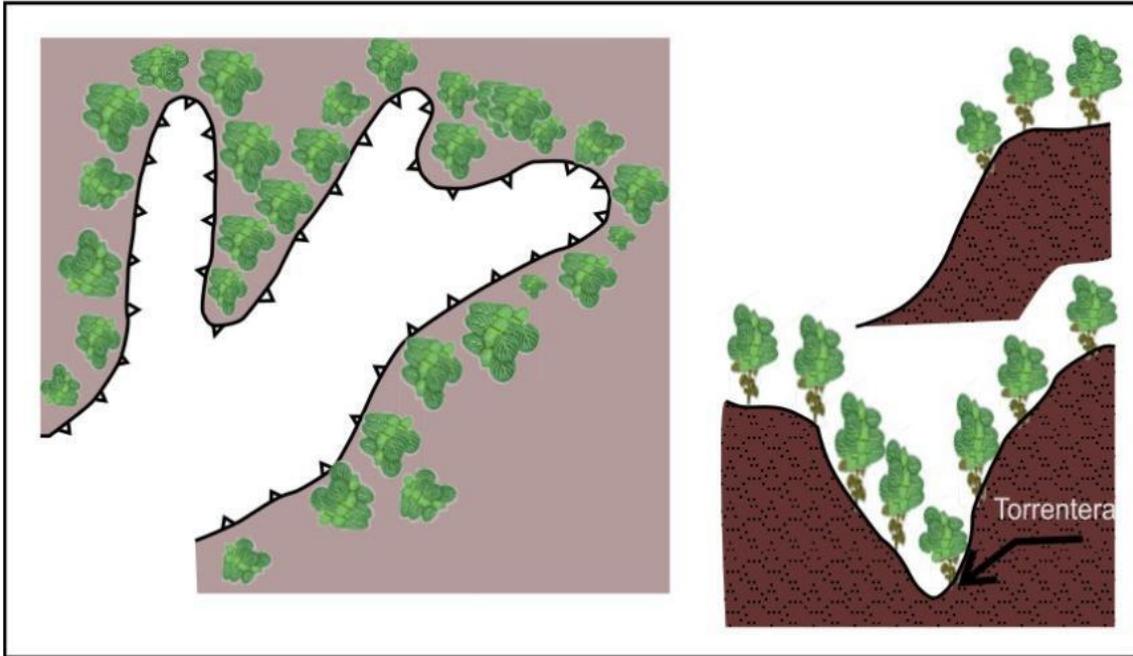


Figura 18. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

CONCLUSIONES

- a) El sector Rumi Rumi, se encuentra ubicado al sur oeste de la hacienda La Colpa del distrito de Jesús, provincia y departamento de Cajamarca.
- b) Geomorfológicamente, en el sector se han identificado las siguientes geoformas: montaña en roca sedimentaria y piedemonte aluvial.
- c) Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias de la Formación Chimú, areniscas de grano medio a grueso, las mismas que se encuentran altamente fracturadas y con intensa meteorización; así mismo, en la parte baja del sector evaluado encontramos depósitos aluviales conformada por gravas, arenas y limos, con formas subredondeadas, estos depósitos han sido acarreados por acción de las corrientes de agua debido a las fuertes lluvias extraordinarias.
- d) Los peligros geológicos reconocidos en el sector Rumi Rumi son procesos de erosión de laderas tipo cárcavas, que pueden generar huaicos. Las mismas que transportan gran cantidad de sedimentos hacia a la parte baja
- e) Se considera como Zona Crítica de muy alto peligro, las áreas afectadas por procesos de erosión de laderas – cárcavas en el sector Rumi Rumi, en época de precipitaciones extraordinarias.
- f) La erosión de laderas – cárcavas en el sector Rumi Rumi está condicionada por los siguientes factores:
 - Características litológicas depósitos aluviales, rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y con intensa meteorización; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de arcillitas.
 - Pendiente del terreno comprendido entre los 30° y 40°.
 - Presencia de afloramientos rocosos muy fracturado.
 - Escasa cobertura vegetal de tipo pastizal (ichu) dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar un tratamiento inmediato para el control de erosión de laderas – cárcavas, evitando el incremento de tamaño de las mismas y la sedimentación en la parte baja, el tratamiento debe estar bajo monitoreo constante, prolongando la vida útil de las obras implementadas.
- b) Las obras a implementarse deben estar orientadas a controlar la erosión de fondo, erosión lateral y el avance hacia la parte alta de la cárcava.
- c) Implementar un programa de reforestación con especies nativas el entorno de las cárcavas evitando la erosión lateral de las mismas.
- d) No realizar ningún proyecto urbanístico, al borde o dentro de las zonas afectadas directamente por erosión de laderas.
- e) Es necesario realizar un estudio geotécnico detallado por un especialista, para la implementación de las medidas de corrección para el control de cárcavas y posteriormente se puedan determinar las áreas aptas para asentamiento poblacional.



LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610



César Augusto Chacaltana Budiel
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CENICAFÉ (1975) Manual de conservación de suelos de ladera. En Manual de Estabilidad de Taludes-Geotecnia Vial-1998. Instituto Nacional de Vías. Ministerio de Transporte. Colombia. 339 p.
- FAO (1967) - La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de fomento agropecuario. N° 81 Roma. 207 p.
- Faustino, J.; 1985. CATIE. Proyecto regional de manejo de cuencas. Conservación de suelos. Curso de capacitación. Panamá.
- Gómez, A.; Schnabel, S.; Lavado, F.; 2011. Procesos, factores y consecuencias de la erosión por cárcavas; rabajos desarrollados en la Península Ibérica. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 55: 59-80 p.
- Luis Reyes Rivera (1980). Mapa Geológico de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima – Perú, Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 31. 76p.
- Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito de Jesús 2007-2017, Fodo Peruano Alemania – Deuda por el Desarrollo. 180 p.
- Valderrama, L. Montenegro, E. y Galindo, J. (1964). Reconocimiento Forestal del Departamento de Cundinamarca. Departamento Agrológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 86 p.
- Villota, H. (2005) – Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación de Tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá, Colombia. 184 p.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapas.