

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6888

EVALUACIÓN DE PELIGRO POR EROSIÓN DE LADERA EN EL SECTOR CARCAVA EL BALCÓN



Región Madre de Dios
Provincia Tambopata
Distrito Tambopata



MAYO
2019

RSI 001 ATUE INFC TFC INC ET / 19

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Antecedentes y trabajos previos	2
1.2 Objetivos.....	3
2. ASPECTOS GENERALES	3
2.1 Ubicación y accesibilidad.....	3
2.2 Clima y vegetación	4
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	4
3.2 Unidades Geomorfológicas	4
3.3 Morfología y Dinámica fluvial del río Madre de Dios	8
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
5. PELIGROS GEO-HIDROLÓGICOS.....	12
5.1 Erosión de laderas (cárcavas)	12
6. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES.....	23
7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN/MITIGACIÓN.....	25
7.1 TRATAMIENTO INTEGRAL DE LA CÁRCAVA MUYUNA	25
CONCLUSIONES.....	31
RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

EVALUACIÓN DE PELIGRO POR EROSIÓN DE LADERA EN EL SECTOR CÁRCAVA EL BALCÓN

(Distrito y provincia Tambopata, departamento Madre de Dios)

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

Su alcance contribuye con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), a partir del reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidrolimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas, o asociados a actividad volcánica. Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona una evaluación técnica que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como, recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos o la generación de desastres futuros en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres.

Mediante Oficio N°083-2019-GOREMAD/ODNyDC, de fecha 15 de marzo del presente, representantes de la Oficina de Defensa Nacional y Defensa Civil de la región Madre de Dios, solicitaron una evaluación geológica de Puntos Críticos (Cárcava El Balcón). La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, comisionó a los geólogos Guisela Choquenaira Garate y Katerin Ramirez Talavera, para realizar la respectiva evaluación.

Dicha evaluación técnica, se basa en la recopilación y análisis de la información de trabajos realizados anteriormente por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales, elaboración de mapas para trabajos en campo, adquisición insitu de datos de campo (fotografía y puntos GPS), cartografiado y redacción del informe.

Este informe, como instrumento técnico para la toma de decisiones, se pone a disposición del Instituto Nacional de Defensa Civil, autoridades y funcionarios competentes para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo de desastre.

1.1 Antecedentes y trabajos previos

Entre los principales estudios realizados en la zona de estudio se pueden mencionar:

- El estudio de Riesgo geológico en la región Madre de Dios (Ingemmet, 2015, Inédito) elaboró un informe sobre Zonas críticas por peligros geológicos en la región Madre de Dios (2015). En dicho informe se determinan 13 zonas críticas en la región, de las cuales cinco corresponden al distrito de Tambopata. El 72% de los eventos identificados son originados por inundación y erosión fluvial.
- El Proyecto INDECI –PNUD PER/02/051- CIUDADES SOSTENIBLES (2007), realizó un Mapa de Peligros para la ciudad de Puerto Maldonado, donde presentaron como producto final la zonificación de peligros en cinco niveles de peligro múltiple en función a la ocurrencia y magnitud de los fenómenos naturales de origen geológico, geotécnico, climático. Asimismo, identificó 20 cárcavas en la ciudad de Puerto Maldonado, a lo largo del perímetro del

acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata. Entre ellas, la “Cárcava Balcón” catalogada como zona de peligro muy alto, con intensa producción de erosión fluvial, derrumbes y deslizamientos.

1.2 Objetivos

- Evaluar e identificar los peligros geo hidrológicos que afectan viviendas y obras de infraestructura en ambas márgenes de la Cárcava El Balcón; así como las causas de su ocurrencia.
- Proponer obras de mitigación para contribuir en la Gestión de Riesgo de Desastres.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación y accesibilidad

La Cárcava El Balcón está ubicada en el distrito y provincia de Tambopata, departamento Madre de Dios (figura 1), en la margen derecha del río Madre de Dios; entre las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) X: 479466.00 E; Y: 8608845.00 N, y a una altitud de 148 m s.n.m.

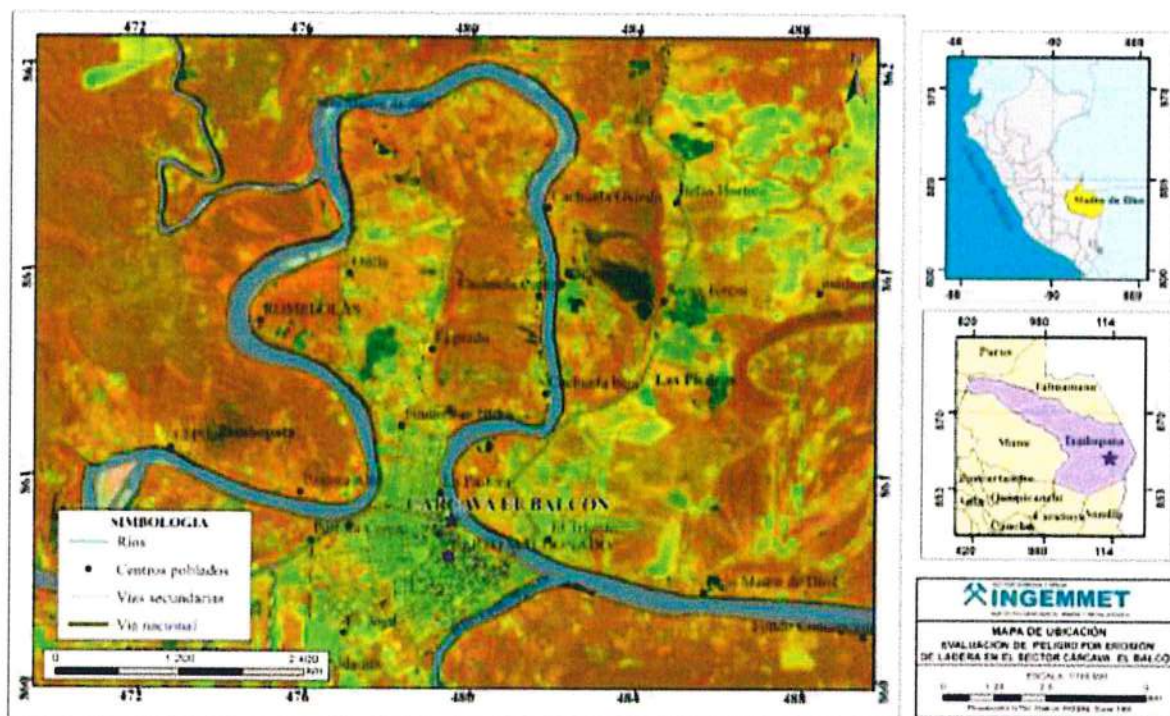


Figura 1: Mapa de ubicación de la cárcava El Balcón.

La ciudad de Puerto Maldonado es accesible por vía aérea y terrestre. La vía terrestre Cuzco-Marcapata-Quincemil-Mazuco-Puerto Maldonado, es la principal vía para la entrada y salida de productos, se recorre 478 km por la Interoceánica Sur, se realiza aproximadamente 8 horas y 15 minutos de viaje.

El área de estudio (Cárcava El Balcón) es accesible por la Av. 2 De Mayo con Daniel Alcides Carrión, en dirección Este, al río Madre de Dios.

2.2 Clima y vegetación

Tomando como referencia la clasificación de Holdridge (1987), la ciudad de Puerto Maldonado al ubicarse en la selva baja presenta un clima de tipo tropical cálido y húmedo: Bosque Húmedo Tropical. La precipitación total anual media para la región es de 2,000.00 mm (2000 l/m²); las máximas precipitaciones ocurren entre los meses de diciembre a marzo, período en que las lluvias son frecuentes e intensas y pueden durar varias horas. Las temperaturas son altas durante todo el año, superando los 29°C en Puerto Maldonado. Por las noches, el tiempo es generalmente fresco, y las temperaturas mínimas promedio oscilan entre 18° y 22° C.

La vegetación comprende árboles y pastizales propios del lugar como: castañuelas, platanales, cético, Zapote, Mucuna, entre otros. Este tipo de árboles, son de raíz poco profundas, y pueden ser arrancados con facilidad.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfológicamente la ciudad de Puerto Maldonado está ubicada sobre una superficie plana disectada por los ríos Madre de Dios y Tambopata, ambos de tipo meandriforme. Desde el punto de vista morfo-estructural se ubica sobre la Llanura Amazónica.

La zona evaluada en particular, se caracteriza por presentar geoformas de carácter deposicional o agradacional.

3.1 Pendiente de los terrenos

Un aspecto importante en la clasificación de las unidades geomorfológicas, además del relieve, es la pendiente de los terrenos. La Cárcava El Balcón constituye laderas con pendientes empinadas (>30°), el cual facilita la erosión de las mismas.

3.2 Unidades Geomorfológicas

La diferenciación de unidades geomorfológicas considera como criterio la homogeneidad de la litología y aspectos del relieve en relación a la erosión y sedimentación ocurridos a lo largo de su historia geológica (relacionados al clima húmedo y cálido, vegetación densa y presencia de ríos meándricos, fundamentalmente).

Se identificaron geoformas en función a la altura relativa y pendiente: 1) Planicies y 2) Geoformas particulares (Cuadro 1).

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los cuales tienden a nivelar la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Unidades geomorfológicas de carácter deposicional y agradacional		
Unidad	Sub unidad	
Planicies	Llanura o planicie disectada aluvial	Pld-al
	Terraza aluvial	T-al
	Complejo de orillares meándricos antiguo	Com-a
	Complejo de orillares meándricos reciente	Com-r
	Sistema de pantanos y aguajales	Sp
Geoformas Particulares	Meandro abandonado	Ma
	Cauce del río	Río

Cuadro 1. Unidades geomorfológicas

A continuación, se describe las unidades geomorfológicas, detallando su ubicación y distribución geográfica (figura 2).

Unidad de planicies

Una llanura o planicie es un espacio geográfico con poca o ninguna variación en la altitud de la superficie o terreno respecto al nivel del mar.

Llanura o planicie disectada aluvial (Pld-al): Conformada por superficies planas, disectadas y onduladas, originada por los procesos morfodinámicos fluviales y pluviales a través del tiempo. La ciudad de Puerto Maldonado se encuentra asentada sobre gran parte de esta planicie disectada aluvial.

Esta subunidad geomorfológica está expuesta a peligros geo-hidrológicos, principalmente a inundaciones periódicas. Otro tipo de proceso que ocurre son: la erosión fluvial producto de la dinámica de los ríos, intensas precipitaciones, depósitos inconsolidados, la deforestación y la intervención del hombre debido al desfogue de aguas residuales.

Terraza aluvial (T-al): Conforman áreas de terreno plano, adyacentes a la llanura de inundación o del lecho principal de los ríos Madre de Dios y Tambopata, con altura relativamente marcada.

Complejo de orillares meándricos antiguo (Com-a): Superficie caracterizada por la presencia de un conjunto de orillares de meandros abandonados o cauces de ríos antiguos; se encuentra cubierta por abundante vegetación y su morfología es poco visible. Esta subunidad agrupa al complejo de orillares antiguos de antiguos cauces de los ríos Madre de Dios, Tambopata y Las Piedras.

Complejo de orillares meándricos reciente (Com-r): Son huellas dejadas por los ríos Madre de Dios, Tambopata y Las Piedras; se presentan como barras semilunares (restingas), originadas por los sedimentos acarreados por sus aguas. Esta subunidad geomorfológica está expuesta a peligros geo-hidroológicos, principalmente a inundaciones por la corriente de los ríos Madre de Dios, Tambopata y Las Piedras, durante los meses de mayor precipitación.

Sistema de pantanos y aguajales (Sp): Las condiciones de saturación de estos suelos se producen por la acumulación de aguas pluviales, así como por efectos de inundación y desborde de aguas fluviales en planicies deprimidas, conocidas como áreas hidromórficas (inundadas la mayor parte del año) de material arcilloso subyacente que impide el escurrimiento de las aguas.

Unidad de geoformas particulares

Meandro abandonado (Ma): Esta sub unidad se refiere a pequeñas lagunas de origen fluvial, similar a la letra "U" o de forma semicircular o en media luna. Son antiguos cauces o brazos del río Madre de Dios que han quedado separados del cauce actual debido al estrangulamiento de una de las curvaturas, cuando el río tiende a erosionar, se estrecha la curva y hace de su cauce más recta (figura 3).

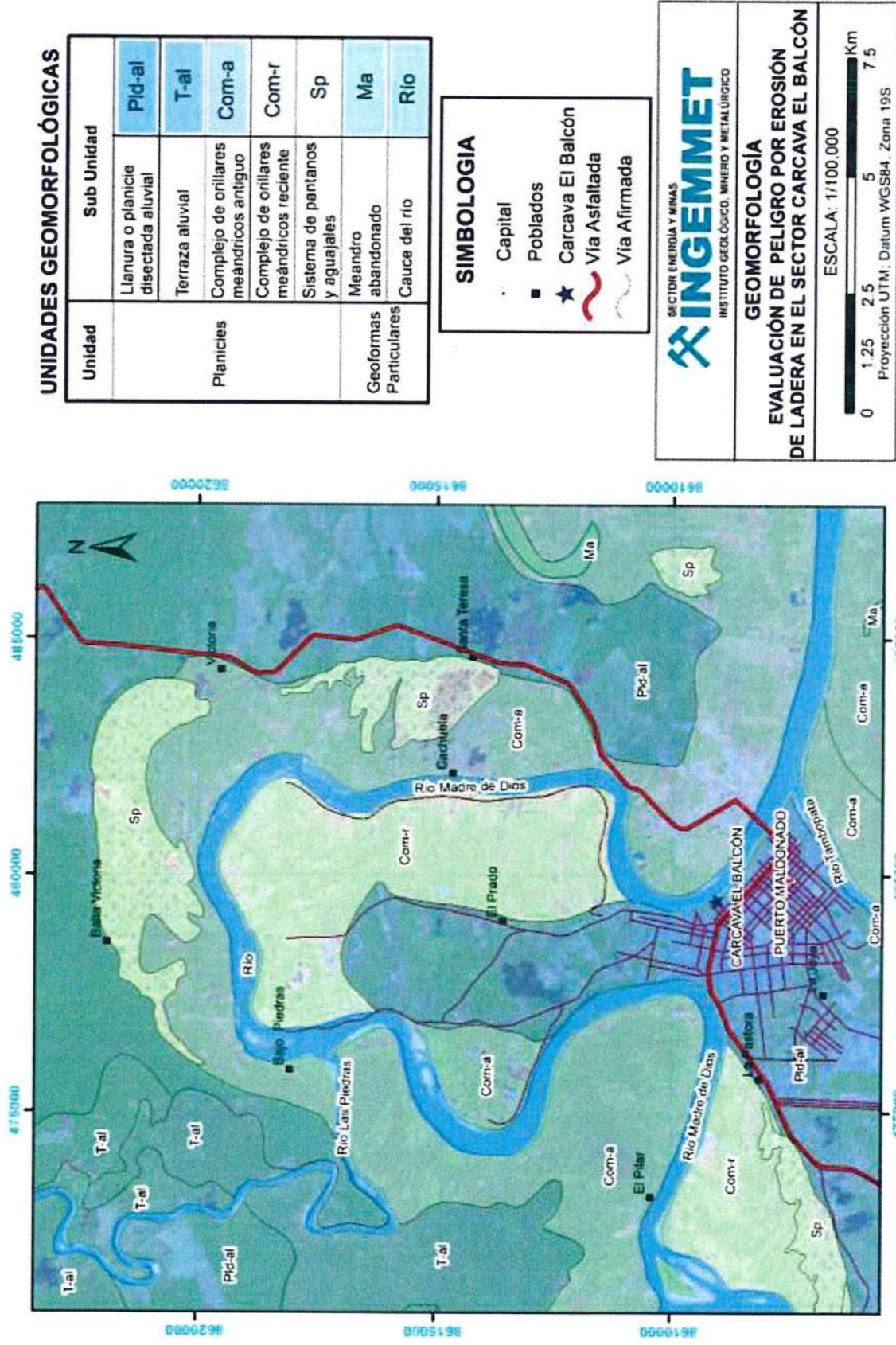


Figura 3. Mapa geomorfológico de la zona de estudio. (Tomado de Ingemmet, 23.3)

3.3 Morfología y Dinámica fluvial del río Madre de Dios

La morfología dinámica de los ríos Madre de Dios, Tambopata y Las Piedras son catalogados como meandriforme (figura 4). Aguas abajo de la ciudad de Puerto Maldonado el río Tambopata se llega a unir con el río Madre de Dios, formando un solo río, denominado Madre de Dios.

Actualmente estos ríos se encuentran en diferentes fases en el desarrollo de meandrificación, es decir erosión y sedimentación. El río Madre de Dios se encuentra en la Fase IV del proceso evolutivo (figura 6).

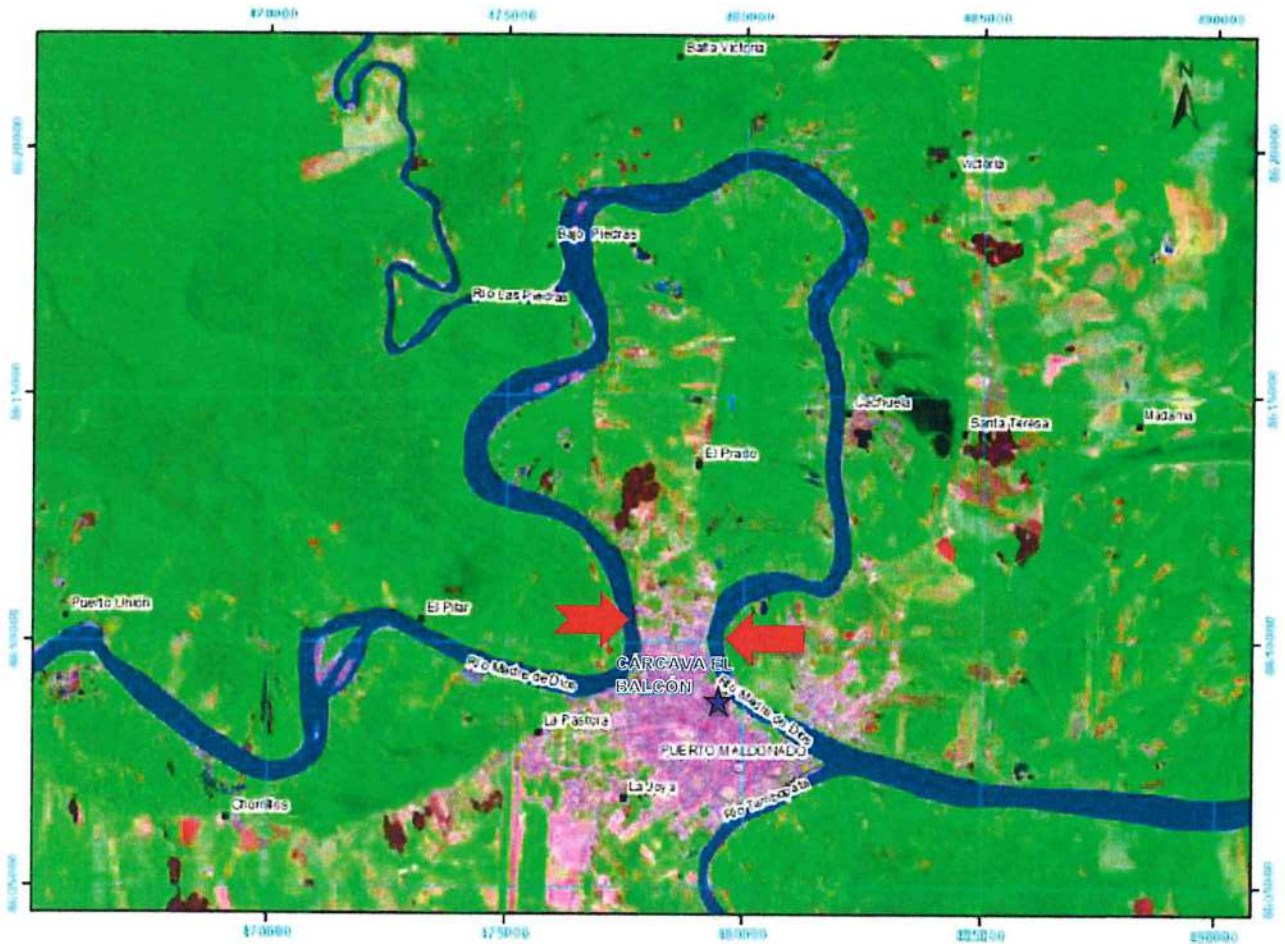


Figura 4. Imagen Satelital del Estrangulamiento de meandro en el río Madre de Dios. Puerto Maldonado.

En época de intensas precipitaciones el río Madre de Dios incrementa su caudal, generando mayor erosión en sus márgenes (foto 1). La margen derecha del río, por inmediaciones de la Cárcava El Balcón muestra mayor actividad erosiva, producto de la dinámica fluvial del río, generando procesos por movimientos en masa (deslizamientos antiguos y recientes) y peligros geo-hidrológicos (erosión fluvial, erosión de ladera e inundación fluvial).

Las laderas constituyen pendientes que varían de 25° a 30°. Con árboles inclinados a favor de la pendiente, esto incrementado por la escorrentía superficial.



Foto 1: Margen derecha del río Madre de Dios, frecuentemente se genera erosión fluvial producto de la dinámica fluvial del río.

A medida que el río erosiona la zona baja de la ladera, va modificando el talud en forma casi geométrica (90°) dejando áreas de terreno inestables sobre la cual se construyeron viviendas de material rústico (calamina y madera). Muchas veces el desarrollo de infraestructura provoca la formación y crecimientos de las cárcavas cuando los escurrimientos se concentran en las zonas de ruptura. Tal como se observa en la fotografía 2, las paredes del talud muestran surcos de 20 cm de ancho, que se van erosionando con mayor velocidad producto de la filtración de agua.



Foto 2: Vista de pequeños surcos formados por la escorrentía superficial y la filtración de agua de las tuberías que se encuentran en pésimas condiciones.

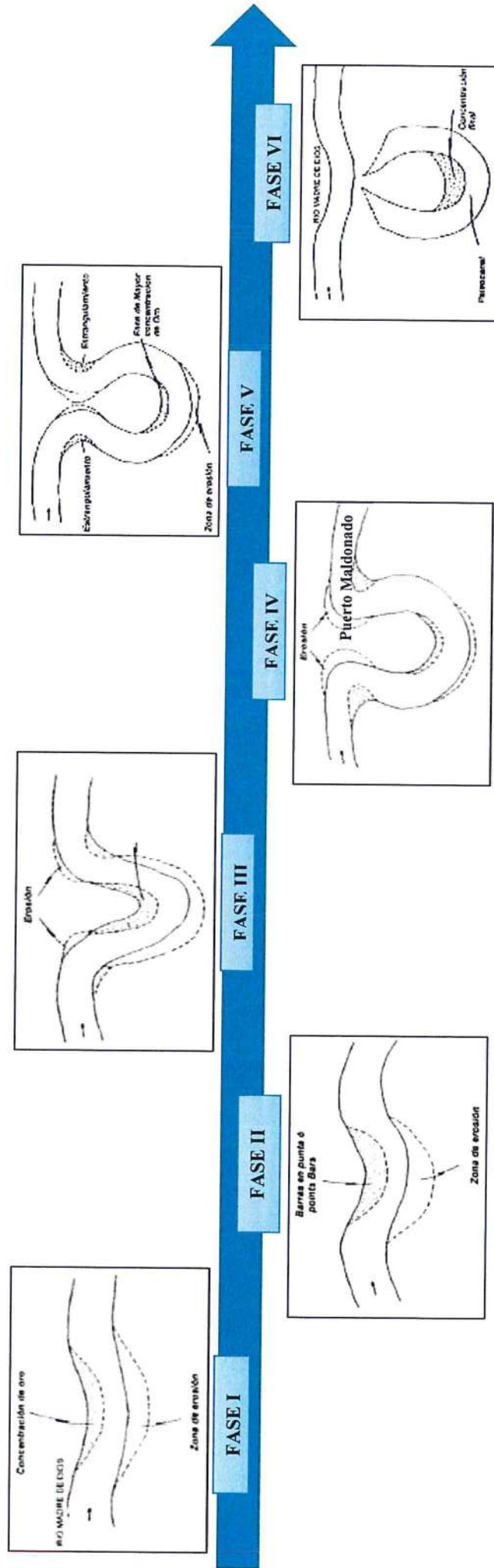


Figura 6: Modelo genético evolutivo de los depósitos aluviales de tipo paleocanal (zona baja - Madre de Dios). Adaptado de Palacios et al (1999).

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se realizó en base a la carta geológica del cuadrángulo de Puerto Maldonado (26y; Palacios *et al.*, 1996) y el mapa integrado (2017). El área de estudio está conformada por afloramientos de rocas sedimentarias del Cenozoico, Formación Ipururo, Formación Madre de Dios Superior y depósitos aluviales del Cuaternario (figura 7)

Formación Ipururo (Nmp-i): Palacios *et al.* (1996) describe a esta unidad como lutitas rojizas y grises, seguidos de areniscas feldespáticas. Localmente constituye niveles lenticulares de conglomerados con restos de materia orgánica intercalados con limolitas arcillosas marrón rojizas. La Formación Ipururo aflora en el río Las Piedras al extremo noroeste, emplazado sobre terrazas aluviales

Formación Madre de Dios Superior (NQ-md/s): Está conformada por conglomerados con clastos blandos intercalados con arenas y arcillas color gris amarillento, hacia la parte superior comprende areniscas y arcillas rojas en capas subhorizontales a horizontales. El área de estudio se encuentra emplazada en la Formación Madre de Dios Superior, con espesores que alcanzan los 20 m aproximadamente, constituido principalmente por areniscas y arcillas rojizas (material de fácil remoción ante agentes erosivos, como el agua).

Depósito Aluvial (Qh-al): Constituido por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz limo arcillosa y materiales residuales no consolidados, se ubican en llanuras donde se forman los complejos de orillares y meandros abandonados, así como en terrazas aluviales.

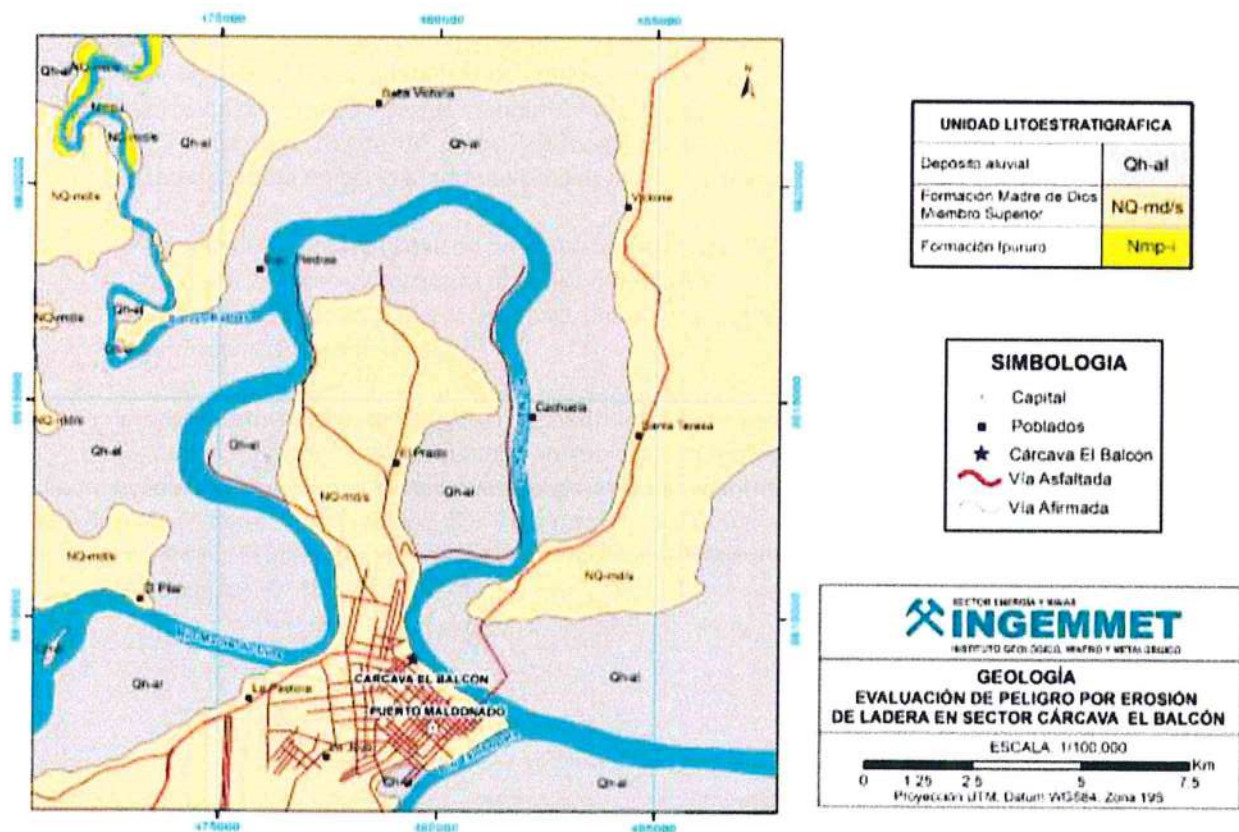


Figura 7. Mapa geológico de la zona de estudio. Tomado del mapa integrado (Ingemmet, 2017)

b) Margen Izquierda

En el 2016, producto de las precipitaciones intensas, detonó un derrumbe por las inmediaciones del asentamiento Dos de Mayo, a la altura de la manzana 7-N, lote 06; donde se desprendió 8 m del terreno aproximadamente. En enero del presente año, se reactivó el derrumbe, el cual desprendió 3 m del terreno (foto 4), consecuencia de ello colapsó una vivienda. Gran parte de las viviendas están construidas sobre areniscas y limos de la Formación Madre de Dios, material de fácil remoción ante precipitaciones intensas (foto 5).



Foto 4: Vista del derrumbe, a la margen izquierda de la cárcava.



Foto 5: Material de baja resistividad ante la erosión (suelo inconsolidados).

Es importante resaltar, que de no realizar alguna obra de mitigación en la base del talud, el terreno seguirá cediendo, trayendo consigo consecuencias mayores, como el colapso de las viviendas ubicadas a 1m del escarpe (foto 6).



Foto 6: Vista de viviendas ubicadas a un metro del escarpe (las flechas rojas muestran el límite del escarpe).

La escorrentía superficial está generando pequeños surcos de 5 a 10 cm en la ladera. El proceso erosivo ha generado una pared de geometría casi recta-90° (foto 7).

En la zona media de la ladera se muestran árboles caídos recientemente, ello indica que el terreno sigue cediendo cuesta abajo.



Foto 7: Árboles inclinados y caídos sobre la parte media de la ladera.

La zona de escarpe presenta pequeños agrietamientos, esto indica que continuará el avance retrogresivo del escarpe (foto 8), afectando el canal de drenaje, que se encuentra a 30 cm del escarpe (foto 9).



Foto 8: Evidencia de surcos producto de la escorrentía fluvial.



Foto 9: Canal de drenaje a 30 cm del escarpe.

Asimismo, el evento del 2016 generó la ruptura del muro de concreto, incrementando la inestabilidad en la ladera. A partir de ello, el terreno empezó ceder hacia el canal colector.

Es importante resaltar que el vertimiento de agua y desagüe sobre los pies de la ladera acelera el proceso de erosión, generando mayor inestabilidad en la ladera (foto 10).



Foto 10: Vista del vertimiento de las tuberías de agua y desagüe sobre el pie de ladera

Aguas arriba del puente Dos de Mayo, se desprendió un bloque de roca de 1.5 m de diámetro sobre el canal colector, la caída de la roca rompió la estructura de contención (muro de concreto) de la margen izquierda (foto 11), dejando la ladera inestable.



Foto 11: Caída de rocas en la base del canal colector.

A la altura del puente 2 De Mayo, a 10 m de la margen izquierda de la cárcava se sitúa la Institución Educativa Emblemática Dos De Mayo, de generarse un avance retrogresivo de la margen izquierda se vería afectada la estructura en mención (actualmente la zona no muestra indicios de erosión), dado que cuenta con obras de mitigación como: zanjas de coronación a lo largo de 15 m (foto 12).

A comparación de la Cárcava Muyuna, la Cárcava El Balcón cuenta con un sistema de drenaje pluvial en mejores condiciones, además el vertimiento de agua y desagüe a la ladera se da en menor proporción.



Foto 12: Vista de Zanjas de coronación aguas arriba del puente 2 de Mayo.

Si bien, se cuenta con zanjas de coronación; algunos de ellos se encuentran en mal estado (foto 13), ello podría generar la filtración de agua al suelo, generando erosión y por ende pérdida de estabilidad en la ladera.



Foto 13: Vista del canal de drenaje en mal estado

La dinámica de formación de la cárcava El Balcón es compleja, debido a la ubicación de viviendas al borde de la cárcava, el cual apoyado de las intensas precipitaciones y la fuerte pendiente que constituye sus laderas favorece la ocurrencia de pequeños derrumbes. A partir de allí se observa árboles inclinados por la acción erosiva del suelo (foto 14).



Foto 14: A) Arboles de raíz poco profunda, no resiste a la erosión que genera el suelo. B) arboles inclinados a favor de la pendiente.

Aguas abajo del puente Dos de Mayo, hacia la desembocadura del río Madre de Dios, el agua va socavando la base de la ladera, generando inestabilidad en las laderas (foto 15).



Foto 15: Vista del socavamiento que genera el agua hacia la desembocadura del río Madre de Dios.

c) Margen derecha

Si bien, el vertimiento de agua y desagüe se da en menor proporción, la protección con plásticos (foto 16) es una forma aun mayor de incrementar la estabilidad de sus laderas. Cabe indicar que los plásticos se cambian cada dos años por el desgaste que se genera al estar expuesta al sol.



Foto 16: ladera protegido con plásticos negros.

En la zona baja de la ladera cubierta con plásticos, se colocaron bolsacretos de 1.5 m de altura (foto 17) en reemplazo al muro de concreto que colapsó producto de la erosión, con el fin de evitar el contacto con el agua.



Foto 17: Vista de bolsacretos en la base del canal colector.

Hacia la desembocadura del río Madre de Dios, la corriente arrancó árboles desde su raíz, lo que indica que son árboles de raíz poco profunda.



Foto 18: Vista de árboles caídos, arrancados desde su raíz

La evaluación geológica in situ permitió identificar las condiciones de las tres partes principales de la Cárcava El Balcón:

- Erosión en el fondo de la cárcava – Estable (foto 12)
- Erosión lateral o ampliación de la cárcava – Avance retrogresivo por tramos (foto 13)
- Erosión en la cabeza o avance hacia arriba de la cárcava -Estable (fotos 14 y 15)

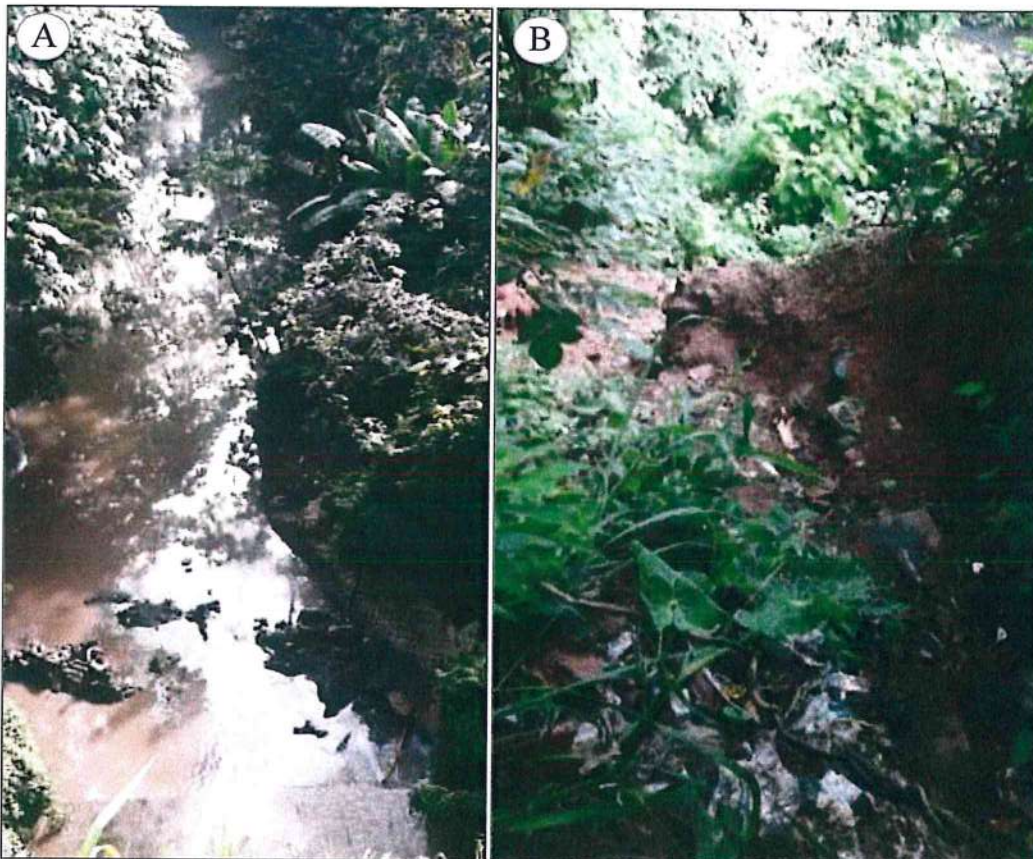


Foto 19: A) Vista del fondo de la Cárcava El Balcón. B) Margen derecha de la cárcava, ladera bastante erosionada producto del vertimiento de agua.

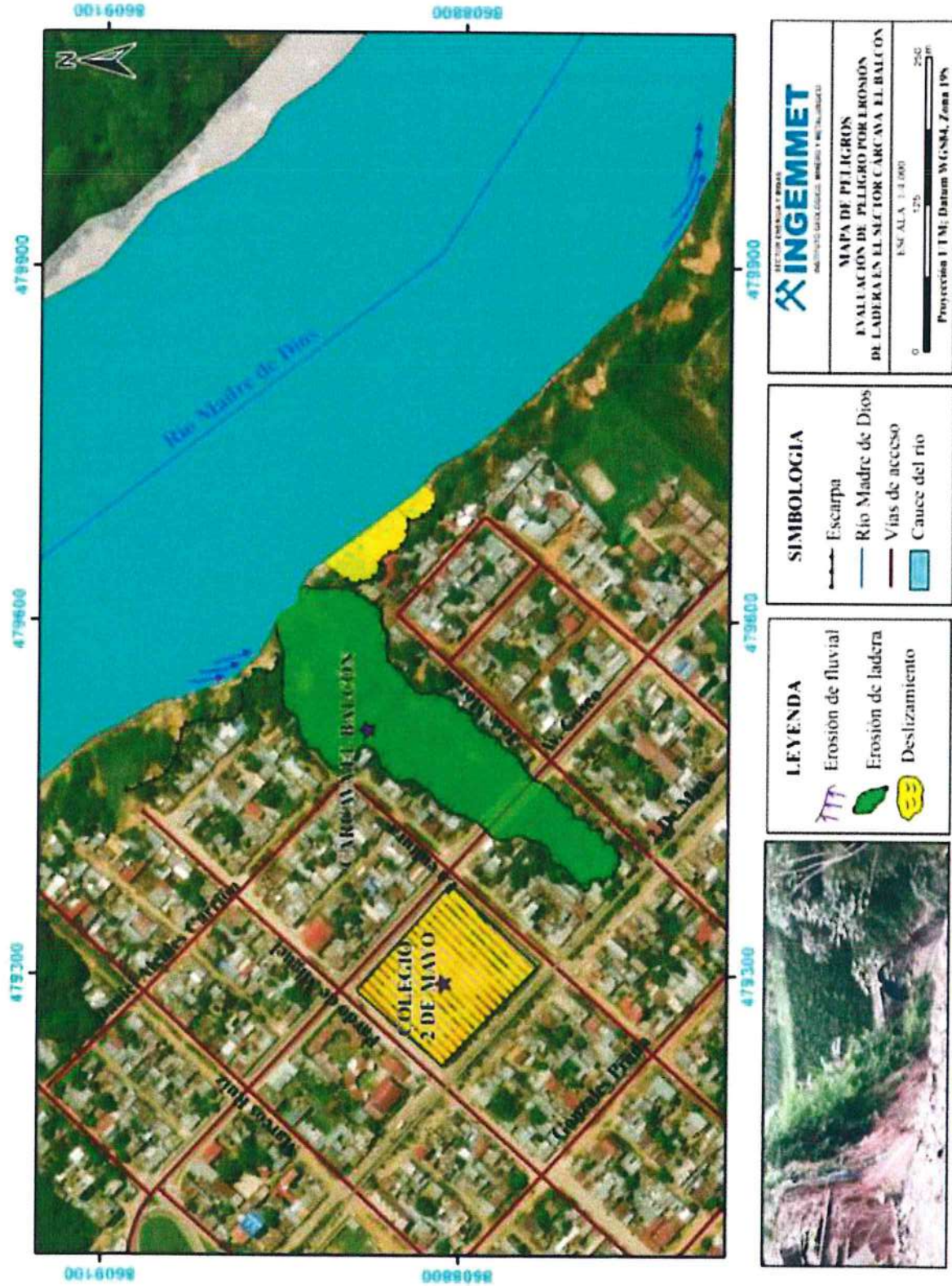


Figura 10: Mapa de peligros por erosión de laderas, Sector Cárcava El Balcón.

6. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES

La cárcava El Balcón presenta los mismos factores condicionantes y detonantes que la Cárcava Muyuna, como son las características geomorfológicas, geológicas y actividad antrópica; inicialmente solo tenía influencias naturales.

Entre los factores condicionantes tenemos:

Factor litológico

Por influencia litológica. Al existir roca de mala calidad geotécnica, de fácil remoción ante intensas precipitaciones pluviales. La unidad geológica corresponde a las areniscas masivas y arcillas rojas, denominados Formación Madre de Dios y suelos inconsolidados conformado por arenas y arcillas de baja resistividad a la erosión.

Factor geomorfológico

La morfología del terreno tiene gran influencia en la erosión de laderas (carcavamiento), y erosión fluvial. La fuerte pendiente ($>30^\circ$) que constituyen las laderas de la cárcava favorecen la ocurrencia de la escorrentía pluvial, originando la profundización y ensanchamiento de la cárcava (desprendimiento y remoción paulatino del suelo).

Asimismo, en relación a la susceptibilidad a las inundaciones y erosión fluvial, gran parte de la provincia de Tambopata está ubicada sobre terrenos planos y plano ondulada, que conforman planicies aluviales y terrazas: controlados por la dinámica fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata; estando expuestos a la ocurrencia de inundaciones periódicas en época de intensas precipitaciones.

Entre los factores detonantes tenemos.

Factor climático-precipitaciones

La provincia Tambopata por su clima tropical, soporta lluvias intensas en épocas de verano (diciembre a marzo) razón por la cual, la ciudad se ve afectada por erosión de laderas (en terrenos con suelos susceptibles a erosión) y terrenos morfológicamente susceptibles a inundación fluvial (por desborde de los ríos) o por inundación pluvial (zonas depresionadas o cóncavas con deficiencia de drenaje).

Factor hidrológico-hidráulico (evacuación de agua de lluvia)

Las aguas de escorrentía en la ciudad de Puerto Maldonado (que soporta al estar ubicada en una zona muy lluviosa), están siendo controladas por canales pluviales y alcantarillas. Sin embargo, en épocas de intensas precipitaciones estos canales son insuficientes y colapsan, generando inundación en ciertas partes cóncavas o depresionadas de la ciudad.

Factor antrópico (Urbanismo inadecuado).

La ubicación Y construcción de viviendas al borde y dentro del cuerpo de la cárcava El Balcón está generando avance retrogresivo en ambas márgenes de la cárcava (foto 20).

Así mismo, la filtración de agua hacia las calles circundantes a la cárcava va directamente a las márgenes de la cárcava, generando mayor erosión de las mismas (foto 21).

Es importante resaltar que la principal causa del mal estado y deficiente funcionamiento del sistema de drenaje de la ciudad de Puerto Maldonado se debe a la falta de mantenimiento de las

redes de drenaje, sobre todo en época de lluvia que arrastra consigo material de suspensión, el cual genera inundaciones y colapso de las tuberías por saturación en diversos sectores de la ciudad (foto 22).



Foto 20: Vista de una vivienda ubicada en el cuerpo de la cárcava.



Foto 21: La filtración de agua hacia las calles que conectan directamente a la Cárcava.



Foto 22: A) Cabecera del canal colector, en su base se almacena bastantes sedimentos (margen derecha de la cárcava). B) El sistema de alcantarillado a la altura del colegio 2 De Mayo, se encuentra obstruido por sedimentos, pastizales y basura.

7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN/MITIGACIÓN

7.1 TRATAMIENTO INTEGRAL DE LA CÁRCAVA MUYUNA

Las cárcavas se generan por la velocidad excesiva de corrientes concentradas de agua. El control de la erosión en cárcavas incluye obras para el control de escorrentía, control del fondo de la cárcava y protección de la superficie del talud.

Se propone un programa para control y manejo de la erosión en cárcavas, haciendo énfasis, desde la perspectiva técnica, en aquellos tratamientos catalogados genéricamente como bioingeniería. Una revisión de ello pretende, de manera sintética, aportar información útil a técnicos y profesionales involucrados en la gestión del territorio y de sus recursos naturales, para la toma de decisiones relativas al control de la erosión en cárcavas (León J. 2001).

De acuerdo a la caracterización de la Cárcava El Balcón, se recomienda un programa para el control de erosión, a partir de cinco apartados: aislamiento físico, control del agua subsuperficial, control del agua de escorrentía, remodelado del terreno, construcción de obras transversales, e incorporación de material vegetal.

i. Aislamiento Físico.

Tiene por objeto evitar el acceso al área de la Cárcava El Balcón, de agentes cuya presencia pudiera resultar contraproducente para los fines perseguidos, en caso de asentamientos humanos, debe establecerse un margen de 8 m (Distancia del borde de la cárcava a las zona urbana).

ii. **Control del Agua Subsuperficial.**

Busca controlar la presión producida por las aguas subsuperficiales y regular las fluctuaciones del nivel freático, brindando estabilidad y garantizando la permanencia de las obras que se adelanten en la superficie del terreno, así como mejorando la aireación del suelo a favor de las coberturas vegetales; este control se hace a través de filtros o subdrenes interceptores, consistentes en zanjas rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte de agua. Existen diferentes tipos (Suárez, 1992): con material de filtro y tubo colector; con material grueso permeable sin tubo (filtro francés); con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector; con geotextil, material grueso y sin tubo; y tubo con capa gruesa de geotextil alrededor (figura 11).

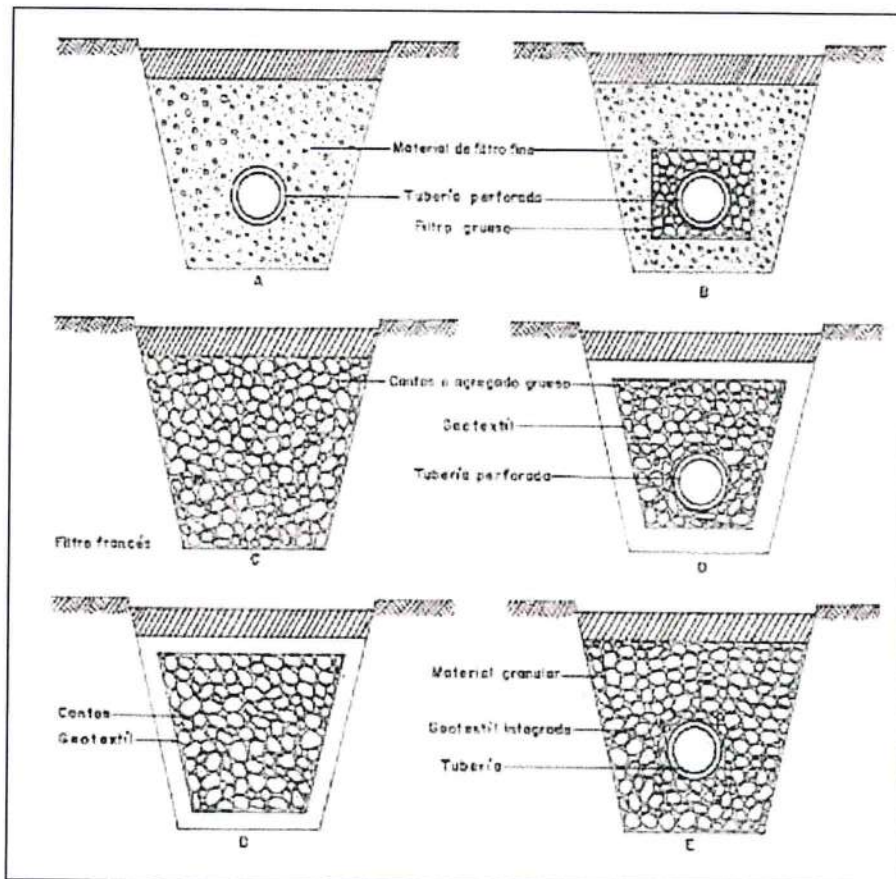


Figura 11: Tipos de subdrenes interceptores (Adaptado de Suárez, 1992).

La elección del tipo de dren interceptor, estará en función del presupuesto y materiales disponibles, así como de las necesidades de captación y caudal del dren; dentro de las limitaciones e implicaciones en su manejo (Suárez, 1989), se destaca la tendencia al taponamiento, producto del transporte y deposición de las partículas más finas del suelo, razón por la cual debe ser muy cuidadosamente escogido el material de filtro, y el tipo y calidad de geotextil a utilizar. Asimismo, es necesario prestar especial atención a las plantas, ya que invaden los drenes, al taponar los orificios de drenaje.

El sellado de grietas es otra actividad de gran importancia, en la búsqueda del control del agua y estabilidad del terreno; con ella se previene la penetración del agua a través de grietas existentes en la superficie del terreno, y su posterior contacto con el subsuelo, el cual favorecería eventualmente la ocurrencia de derrumbes en cercanías a las cabeceras de las cárcavas.

iii. **Control del Agua de Escorrentía (aguas superficiales).**

La desviación del escurrimiento de la cabecera de la cárcava, es fundamental para el control de su crecimiento; la forma más común de controlar el agua de escorrentía ha sido mediante la construcción de estructuras de captación llamadas zanjas (figura 12), canalículos o acequias, que cortan el recorrido del flujo de agua sobre el terreno, disponiéndolo más rápidamente y en forma adecuada, a un canal natural u otra estructura receptora sin que se produzca erosión (figura 13).

La estructura más común es la zanja de coronación o canal de corona, la cual se dispone en la parte superior a una distancia prudencial; debe estar impermeabilizada y verter sus aguas a un canal principal, el cual, en condiciones de alta pendiente, se acompaña de estructuras que disipan la energía alcanzada por las aguas en su recorrido, caso de pantallas deflectoras, canales escalonados o enrocados.

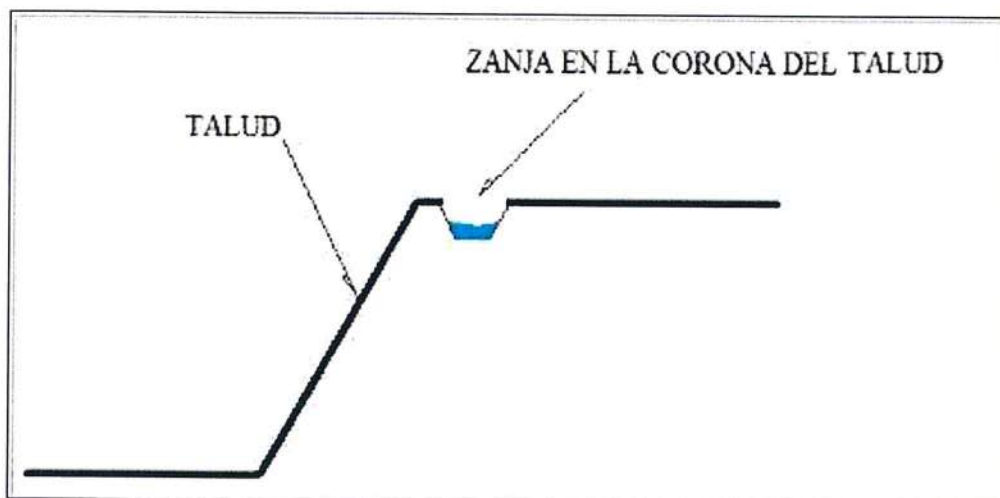


Figura 12: Zanja de coronación, la cual se dispone en la parte superior del talud.

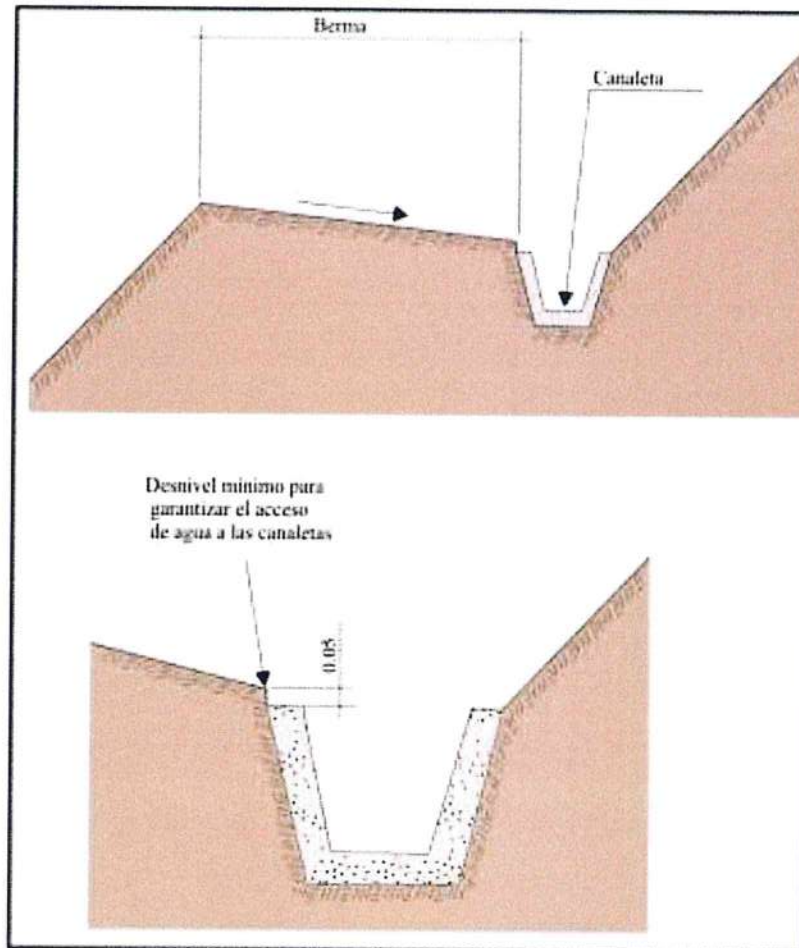


Figura 13: Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

iv. Construcción de Obras Transversales.

Si bien se han descrito algunos trabajos correctivos de carácter transversal en su disposición sobre el terreno -en sentido perpendicular al eje principal de la cárcava o línea de flujo- se ha querido agrupar bajo esta denominación, aquellas técnicas que además de controlar el movimiento del agua en superficie, buscan, de forma clara, la generación de un proceso de sedimentación. De acuerdo con esto, su finalidad principal es retener los sedimentos producto del desgaste del suelo, que provienen de la parte superior o ladera arriba, y suavizar la pendiente en el fondo de la cárcava; gracias a esto se produce una colmatación que, o bien es aprovechada por la vegetación para la colonización, o es ésta inducida mediante diferentes técnicas de repoblamiento vegetal.

Algunos autores (Fournier, 1975; SCS, 1973) las consideran obras complementarias en el sentido de que apoyan las actividades de remodelado de la pendiente y de establecimiento de coberturas vegetales, contribuyendo en la disipación de la energía hídrica.

Por otra parte, las estructuras de tipo permanente tienen una duración mucho mayor; son construidas en concreto, cemento y otros tipos de materiales, y por contrapartida, son más costosas. Como ejemplo se tienen los diques de suelo cemento (figura 14).

- **Diques en suelo cemento.** En lugar de ser rellenos los sacos con material de la cárcava, se hace con cemento y limo proveniente de ellas en proporción 1:10; el porcentaje de agua en la mezcla debe ser del 10 al 20% por peso y el suelo debe estar libre de terrones, siendo los tamaños de partículas recomendables menores de 9,5 mm o 3/8 pulg. Se deben preparar cantidades en forma tal que puedan ser colocadas en un lapso de tiempo apropiado, para lo cual se citan volúmenes inferiores a 1 m³ de material preparado; la altura de la estructura y las especificaciones restantes son las anotadas para la recién descrita.

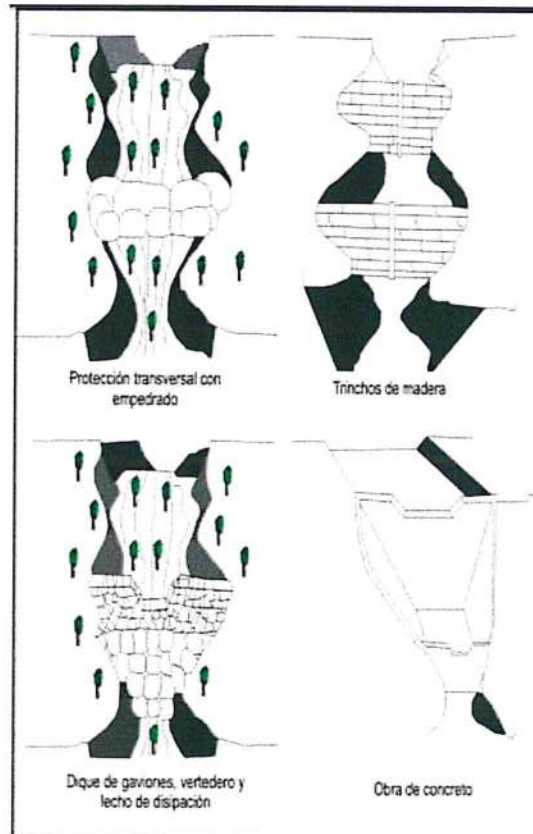


Figura 14: Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

v. Incorporación de Material Vegetal.

Las estructuras transversales, además del objetivo de controlar el escurrimiento, tienen la función de propiciar las condiciones necesarias para la colonización y crecimiento de vegetación sobre las superficies de colmatación que favorecen; sin embargo, algunas de estas estructuras en su diseño, incorporan expresamente la implementación de coberturas vegetales (caso de estacas vivas que complementan obras de carácter transversal). Asimismo, para la corrección de cárcavas, son formulados programas específicos de repoblamiento vegetal, que van desde la siembra y conformación de barreras vivas con plantas de porte herbáceo y arbustivo, hasta la reforestación de partes altas de las cuencas de drenaje y áreas cuya estabilización requiere de sistemas radicales profundos (figura 15).

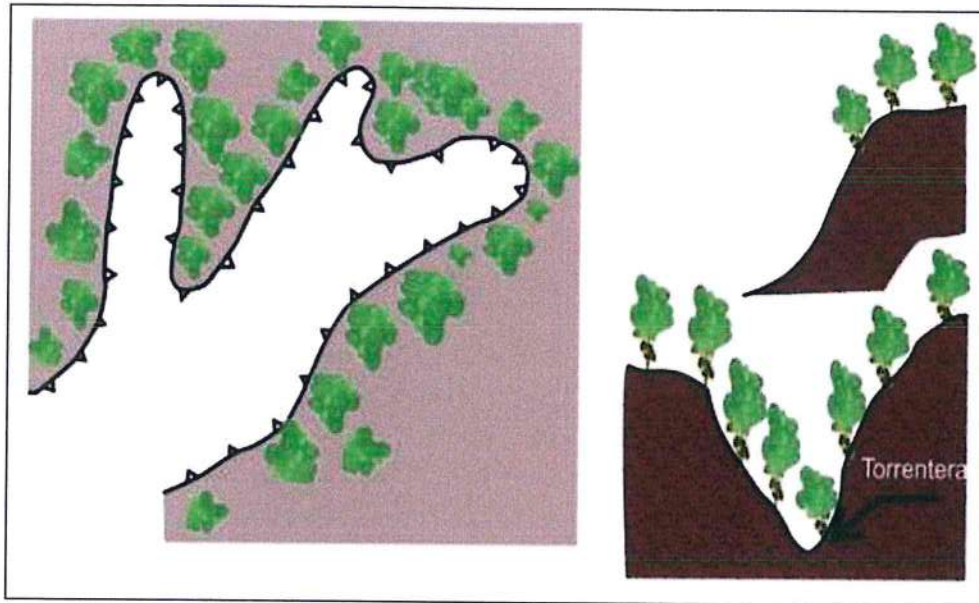


Figura 15: Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

CONCLUSIONES

1. Por las condiciones geológicas y geomorfológicas que presenta la zona de estudio, como: roca de fácil erosión-remoción, pendiente del terreno, zona en planicies y muy susceptibles a erosión fluvial; se le considera como **Zona crítica por peligros geo-hidroológicos**.
2. Por las consideraciones expuestas, el asentamiento de viviendas y la "Institución Educativa Emblemática Dos De Mayo" al estar ubicadas al límite de la Cárcava El Balcón, se les consideran como **Zona de Muy Alto Peligro**.
3. La erosión de laderas originada en el sector de la Cárcava El Balcón está condicionada por:
 - a) Presencia de rocas roca de mala calidad, de fácil remoción (Formación Madre de Dios).
 - b) Suelos conformados por arena y limo, ello permite la filtración y retención de agua en su cuerpo, esto lo hace inestable.
 - c) Laderas con pendiente entre 30° a 40°, permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente.
 - d) Acción de las aguas de escorrentía pluvial sobre el terreno.
 - e) Actividad antrópica, como construcción de viviendas al borde de la cárcava, canal de drenajes en pésimas condiciones, vertimiento de aguas residuales y desagüe a la ladera de la cárcava.

RECOMENDACIONES

1. Seguimiento y mantenimiento de obras dispuestas para el control de la erosión, prolongar su vida útil y determinar la funcionalidad de las medidas adoptadas. Realizar una adecuada y permanente vigilancia.
2. A la altura de la manzana 7- N, lote 6; construir un muro de contención según especificaciones técnicas de un especialista.
3. Realizar limpieza de los canales de drenaje superficial y alcantarillado.
4. Realizar un tratamiento de las aguas residuales que son vertidos a la ladera de la cárcava.
5. Reforestar las laderas con árboles de raíz profunda.
6. Sensibilizar a la población a fin de evitar asentamientos dentro de la cárcava o en áreas susceptibles. Asimismo evitar la construcción de viviendas de material noble al borde de la cárcava.



Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fournier, F. (1975). Conservación de Suelos. Madrid: Mundi-Prensa
- INGEMMET (2015). Zonas críticas por peligros geológicos en la región Madre de Dios. Informe Técnico, Primer reporte
- León P., Juan Diego. (2001). Estrategias para el Control y Manejo de la Erosión en Cárcavas. Universidad Nacional de Colombia Medellín.
- Núñez, S. & Medina, L. (2008). Riesgos geológicos en la Región Ucayali. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n.37, 161 p.
- Palacios, O., Molina, O., Galloso, A. & Reyna, C. (1996). Geología de los cuadrángulos de Puerto Luz, Colorado, Laberinto, Puerto Maldonado, Quincemil, Masuco, Astillero y Tambopata. Lima. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A: Carta Geológica Nacional, Boletín N° 81, 189 p.
- Quispesivana, L., Sánchez, J., Atencio, E., Zapata, A., Alvarez, D., Cuyubamba, V. & Lagos, A. (1999). Geología de los cuadrángulos de Cunambo, Mariscal Cáceres, Río Pucaruro, Vargas Guerra, Río Huitoyacu, Checherta, Andoas, Lamastipishca, San Antonio, Nuevo Soplín, Valencia, Pucaruro, Sungache, Puncuna, Villa Trompeteros, San Fernando, San Juan de Pavayacu, Río Urituyacu, Santa Martha, Barranca, San Isidro, Río Nucuray y Urarinas, Lima. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A: Carta Geológica Nacional, Boletín N° 130, 220 p.
- Suarez, J. (1992). Manual de Ingeniería para el Control de Erosión. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander