

Los Amates, Honduras

Análisis de amenazas y riesgos por inundación y planificación de medidas de mitigación



Georg Heim, Keilyn Montalván

Los Amates, Honduras

Análisis de amenazas y riesgos por inundación y planificación de medidas de protección

Índice

1.	Resumen	3
2.	Punto de partida	4
3.	Objetivos y elementos del estudio	4
4.	Datos de base	4
5.	Descripción del área de estudio.....	5
6.	Metodología de análisis	6
6.1	Análisis de amenazas naturales	6
6.2	Análisis de Riesgos	10
7.	Resultados	12
7.1	Catastro de eventos y huellas morfológicas de eventos ocurridos.....	12
7.2	Cálculo de caudales de crecidas	13
7.3	Capacidad de descarga y descripción de escenarios	14
7.4	Mapeo de las amenazas por inundación	15
7.5	Necesidad de medidas de mitigación	16
7.6	Análisis de riesgos	17
7.7	Propuesta de medidas de protección	17
8.	Comentarios finales	21

Anexos

Catastro de eventos (ficha StorMe)	1
Mapa de amenazas, situación actual	2
Análisis de riesgos, ficha de cálculos	3
Mapa de amenazas, situación con medidas de mitigación	4

1. Resumen

La Comunidad de Los Amates se ha visto afectada por inundaciones varias veces luego del huracán Mitch en 1998. El riesgo de inundaciones está aumentando debido al efecto del cambio climático y la erosión progresiva de las medidas de protección existentes. La población planea reducir los riesgos a un nivel aceptable. La Cruz Roja Hondureña apoya la comunidad en la planificación y la cofinanciación de medidas de protección.

El mapa de amenazas muestra un total de 14 viviendas, una iglesia y un camino de importancia municipal propensos a inundaciones. Para un total de 13 de estos objetos los posibles daños (riesgos) superan el límite de tolerancia.

Mediante medidas estructurales se pueden reducir los riesgos para 10 de los 13 objetos a un nivel aceptable. Las medidas propuestas en el análisis presente consisten en un dique de 190 m de longitud y la rehabilitación de un muro de contención con una longitud de 75 m, ambos en el lado oeste de la quebrada. Suponiendo costos de 180.000 Lps. el factor costo-beneficio llega a 5,1, lo que justifica la inversión. Los costos efectivos y la planificación detallada de las medidas deben ser llevados a cabo por un ingeniero local. Para asegurar la sostenibilidad de las medidas, la población de Los Amates debe participar en el proceso de planificación y debe garantizarse el mantenimiento de las medidas.

2. Punto de partida

La comunidad de Los Amates en el departamento de Choluteca en Honduras ha sido afectada por inundaciones cuatro veces desde el huracán Mitch en 1998. 10 viviendas y la iglesia se inundaron y las tierras agrícolas de la quebrada Los Amates fueron erosionadas. La progresiva erosión de los terraplenes y el efecto del cambio climático aumentan el riesgo. Por esta razón, la Cruz Roja Hondureña ha decidido investigar los riesgos y analizar la factibilidad de posibles medidas de protección.

3. Objetivos y elementos del estudio

El objetivo del presente estudio es presentar una propuesta de medidas para reducir los riesgos en la aldea de los Amates a un nivel aceptable. Con este motivo se realizaron las siguientes investigaciones:

- Determinación de los caudales máximos para crecidas con períodos de retorno de 5, 20 y 50 años en el área de estudio (Ilustración 1).
- Análisis de amenazas por inundaciones.
- Determinación de los posibles daños (análisis de riesgos).
- Comprobación de la necesidad de medidas de protección.
- Elaboración de una propuesta de medidas de protección y comprobación de la costoeficacia de las medidas.

4. Datos de base

- [1] Cruz Roja Suiza (2020): Guía metodológica para el análisis de amenazas naturales, de riesgos a desastres y la comprobación de la costoeficacia de medidas. Berna, Suiza.
- [2] Mapa de suelos de Simmons (2010), proporcionado por COPECO.
- [3] Cruz Roja Suiza (2019): Modelo Digital de Terreno para el área de la comunidad de Los Amates, Suiza.
- [4] Cruz Roja Suiza (2019): Ortofotografía del área de la comunidad de Los Amates, Suiza.
- [5] USGS (2017): Modelo Digital de Terreno, SRTM 30 m para la cuenca de la quebrada Los Amates.

- [6] Secretaría de recursos naturales de Honduras: Datos meteorológicos de la estación de Pespire entre 1969 – 1989.
- [7] <https://earthengine.google.com>. Datos satelitales de precipitación de la cuenca de Los Amates, datos 1981 – 2019.

5. Descripción del área de estudio

La subcuenca de Los Amates, aguas arriba de la comunidad con el mismo nombre, está situada en el sur de Honduras, en el Departamento Choluteca, y se encuentra dentro de los Municipios de San Antonio de Flores en el oeste y San Isidro en el este. La subcuenca tiene una extensión de 34 km², se caracteriza por una pronunciada topografía con afiladas crestas montañosas en la parte alta. En la parte baja, la topografía es más suave. La pendiente media es de 14,8°. Las mayores elevaciones llegan hasta los 840 msnm, la comunidad de Los Amates está a 155 msnm.

En las últimas décadas, la forestación natural ha sido reducida. Una densa forestación todavía se puede encontrar en laderas escarpadas. Áreas boscosas ocupan alrededor del 20 - 30 % de la cuenca. Alrededor del 50 - 60 % del área consiste en pastizales o terrenos baldíos degradados. La agricultura intensiva con cultivos se practica en un 10 - 20 % de la subcuenca. La proporción de áreas selladas (urbanización) es insignificante (< 5 %).

Según la clasificación de Simmons [2], el tipo de suelo "Coray" domina la cuenca. Se caracteriza por litosoles poco profundos con un drenaje pobre (textura limo-arcilloso). En los primeros centímetros, presentan un color café muy oscuro, con una textura limo orgánico. En la parte más oriental de la cuenca, predominan suelos de la serie Ojojona, que se caracterizan por ser suelos poco profundos con buena permeabilidad (textura de suelo limo-arenoso). La profundidad y la permeabilidad de los suelos pueden variar considerablemente a nivel local. Esta diferenciación micro no fue considerada en este estudio.

El perímetro del mapa de amenazas (perímetro A) está situado dentro de la Comunidad de Los Amates. Cubre un área de 0,15 km² con un total de 23 viviendas , 1 pulpería y 1 iglesia. Además, un camino de importancia municipal cruza el perímetro.



Ilustración 1: Perímetro A de la comunidad de Los Amates donde se realizó el mapeo de amenazas naturales. Las aguas de la quebrada Los Amates fluyen de izquierda a derecha.

6. Metodología de análisis

6.1 Análisis de amenazas naturales

Introducción

El análisis se realizó de acuerdo con el estándar avanzado de la guía metodológica de la Cruz Roja Suiza [1]. Los pasos de trabajo se describen allí en detalle. Por consiguiente, las explicaciones metodológicas del presente informe son breves.

Catastro de eventos

Durante un encuentro con representantes de la Comunidad, las áreas inundadas por eventos anteriores dentro del perímetro A fueron registradas en un mapa y registradas usando los formularios StorMe de acuerdo con el anexo 1 de la guía

[1]. La cartografía de los acontecimientos anteriores tuvo lugar en una sala plenaria y durante una inspección conjunta en terreno. Además de la extensión espacial de las inundaciones anteriores, se registraron también sus causas (obstrucción de puentes, influencia de la madera flotante y la carga de sedimentos) y los daños causados.

Mapeo de huellas morfológicas en terreno

Para la reconstrucción de eventos ocurridos y el pronóstico de eventos futuros, se cartografiaron e interpretaron los rastros de eventos ocurridos (fenómenos morfológicos) en el área de la quebrada. Los depósitos de sedimentos, de la madera flotante y de los residuos de desechos colgados en los árboles indicaron las trayectorias de flujo y los niveles de agua de eventos anteriores. Estas huellas permitieron verificar la información del registro de eventos y de la evaluación cuantitativa de las amenazas. La cartografía de los fenómenos morfológicos se llevó a cabo de acuerdo con las instrucciones del anexo 2 de la guía [1]. Durante esta inspección también se detectaron inestabilidades en las laderas y posibles puntos de obstrucción por madera flotante, que se tuvieron en cuenta para la definición de los escenarios de futuros eventos.

Cálculo de crecidas

En el contexto del presente estudio se examinaron tres escenarios de futuras inundaciones: un evento frecuente con un período de retorno de hasta 5 años, un escenario generacional con un período de retorno de hasta 20 años y el escenario de eventos extremos con un período de retorno de 50 años. Para cada uno de los tres escenarios se calcularon los caudales máximos.

Estos cálculos se llevó a cabo de acuerdo con el procedimiento simplificado del Servicio de Conservación de Suelos (SCS), de conformidad con el anexo 4 de la guía metodológica [1]. Para ello se evaluaron datos estadísticos de precipitaciones y se utilizó la información espacial existente (área de subcuenca, topografía, longitud de cauces, propiedades del suelo y uso de la tierra). Los datos de precipitaciones se obtuvieron para el período entre 1969 - 1989 de la estación meteorológica de Pespire, situada a 10 km al suroeste del perímetro A. Para las series temporales entre 1989 - 2019 se utilizaron los datos satelitales CHIRPS, disponibles para todo el mundo con el registro completo de precipitaciones diarias, al que se puede acceder a través del Anexo 3 de la guía [1]. La información espacial de la subcuenca se organizó mediante un sistema de información geográfica (SIG) basado en los modelos digitales de terreno disponibles [3] y en los mapas de suelo [2]. La información sobre el uso de la tierra se tomó de imágenes satelitales de libre acceso (Google Earth y Basemap en ArcGIS).

Definición de la capacidad de descarga

Sobre la base del modelo digital de terreno [3], se midió el área del corte transversal de la quebrada en varias secciones dentro del perímetro A y se determinó la velocidad de la escorrentía (método de Manning-Strickler) para los tres escenarios definidos, con el fin de determinar la capacidad de descarga. El producto de la velocidad de la escorrentía y el área del corte transversal define la máxima capacidad de descarga de la quebrada. Además, se consideró de manera cualitativa el efecto de obstrucciones en puentes por sedimentos y madera flotante. Si los caudales calculados para los tres escenarios eran mayores que la capacidad de descarga en una sección transversal, este punto se definía como el punto de inicio de inundación (punto de desbordes).

Definición de las áreas propensas a inundaciones

El mapeo de las áreas propensas a inundación fue realizado en el terreno. No se aplicó una modelación 2D hidráulica, ya que las posibles trayectorias de flujo podían determinarse en terreno. También se tuvieron en cuenta los resultados del catastro de eventos y los testigos morfológicos cartografiados. Para cada escenario (período de retorno de 5, 20 y 50 años) se identificaron las correspondientes zonas de posible inundación en el mapa de amenazas (Ilustración 5). Además de la diferenciación de los tres períodos de retorno, se hizo una diferenciación según tres clases de intensidad de inundación, dependiendo de las profundidades de inundación esperadas y las velocidades de flujo correspondientes. La clasificación de los períodos de retorno e intensidades se basó en el diagrama de niveles de amenaza según Ilustración 2).

Para áreas de inundación que se ven afectadas por varios escenarios, sólo el escenario de mayor intensidad o de período de retorno más corto se mostró en el mapa de amenazas. La diferenciación de los niveles de intensidades se realizó según tabla 1.

Tabla 1: Diferenciación de la intensidad de inundaciones.

	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
Altura de inundación	< 0.5 m	0.5 – 2.0 m	> 2.0 m
Velocidad	Agua corre lento	Velocidad de una persona cuando corre	Más rápido que una persona cuando corre

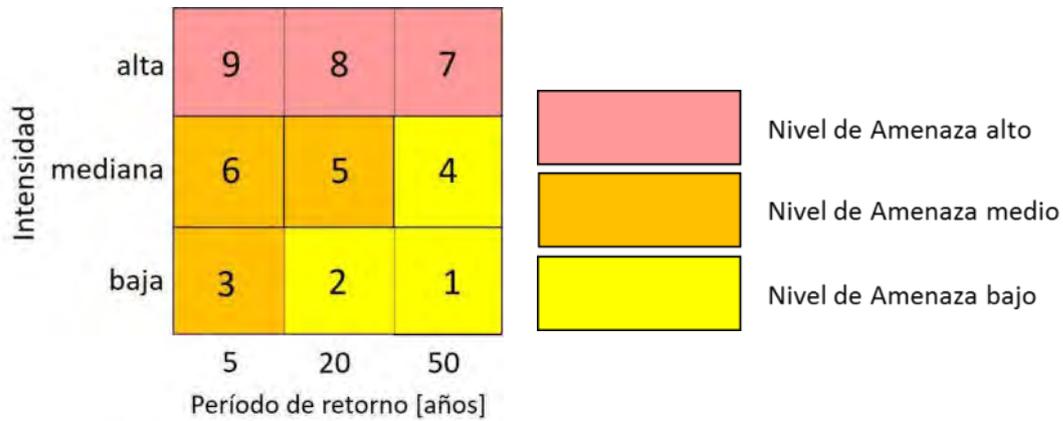


Ilustración 2: Matriz de 9 campos para clasificar los niveles de amenaza por inundación.

Significado de los niveles de amenaza

Tabla 2: Definición de los niveles de amenaza.

Nivel de amenaza		Significado
rojo	Nivel de Amenaza alto	Las personas están amenazadas tanto dentro como fuera de los edificios. Es de esperar la destrucción de edificios e infraestructura.
naranja	Nivel de Amenaza medio	Las personas no están amenazadas dentro, sino sólo fuera de edificios. Es de esperar que se produzcan daños moderados en los edificios y en la infraestructura. La destrucción de edificios no se puede descartar para construcciones simples (construcciones de madera o de adobe).
amarillo	Nivel de Amenaza bajo	Edificios e infraestructura pueden sufrir daños menores. Las personas no están amenazadas dentro o fuera de edificios.
blanco	Área no amenazada	

6.2 Análisis de Riesgos

Justificación de la necesidad de medidas de protección

Durante un taller con representantes de la Cruz Roja Hondureña, de COPECO y autoridades locales se definieron para diferentes tipos de objetos (viviendas, objetos de infraestructura, medios de vida) las metas de protección según Tabla 3. Estas metas muestran para cada tipo de objeto el umbral de tolerancia de amenaza. En caso que el nivel de amenaza por inundación supere el umbral definido para un conjunto de objetos, se define un sitio crítico, el cual requiere medidas de mitigación de riesgos. En el taller mencionado se definieron las metas de protección para un total de 26 tipos de objetos según tabla 3. Esta clasificación aun no es institucionalizada en Honduras. Dado que fue elaborada por autoridades competentes de la región se la consideró viable para aplicarla en este estudio.

Tabla 3: Matriz de metas de protección para definir la amenaza máxima permisible para diferentes tipos de objetos. Los números y colores de la columna de la derecha indican el nivel de amenaza máxima permitida (meta de protección) según la Ilustración 2. Si el peligro efectivo según el mapa de amenazas para varios objetos es mayor que la meta de protección definida, es necesario adoptar medidas para reducir los riesgos.

Casa madera y/o adobe	2
Casa ladrillo	4
Escuela estándar (muros de concreto)	0
Iglesia	2
Tanque de agua	3
Molino	4
Taller de bicicleta	6
Edificio de administración	2
Mercado	2
Hospital	0
Puesto de salud	0
Escuela principal	0
Carretera principal (pavimentada) 100 m	3
Camino comunitario (no pavimentado) 100 m	3
Puente comunitario (para vehiculos, no pavimentado)	3
Línea eléctrica (incluyendo postes) 100 m	3
Transformador	3
Reservorio (incluyendo bombas)	2
Canal de riego 100 m	3
Infraestructura de comunicación	5
Tubería de agua al aire libre 100 m	2
Huerto (ha)	3
Campos de maíz, frijol, sorghum (ha)	3
Pastos, Pastizales (ha)	3
Frutales (ha)	5
Camaroneras (ha)	3

Análisis de riesgos y de costo-beneficio de medidas de mitigación

Los riesgos se cuantificaron en el presente estudio de conformidad con la guía metodológica [1]. Por definición, el riesgo describe los posibles daños causados por las inundaciones en el perímetro A, que pueden producirse en un determinado período de tiempo. El daño potencial incluye tanto los daños personales como los daños materiales previstos. El análisis de riesgos se llevó a cabo tanto para la condición actual como para una condición optimizada, teniendo en cuenta las posibles medidas de protección. El valor de riesgo se da como un valor monetario (Lps./año).

La reducción del riesgo por las medidas propuestas corresponde al beneficio que esta medida genera. Dado que la reducción del riesgo también se da como valor monetario, puede compararse con los costos de las medidas propuestas. Si los beneficios son mayores que los costos de las medidas, la medida es costoeficaz y

se recomienda su aplicación. La Cruz Roja Hondureña decide si la medida debe aplicarse en función de los recursos financieros disponibles. Para obtener más información sobre el análisis costo-beneficio, véase <https://ghr.redcross-intern.ch>.

7. Resultados

7.1 Catastro de eventos y huellas morfológicas de eventos ocurridos

El producto del catastro de eventos son los formularios StorMe completados en el anexo 1. Se descubrió que, desde el huracán Mitch, varias viviendas de la comunidad de Los Amates se han visto afectadas por las inundaciones en cuatro ocasiones. Las profundidades de las inundaciones alcanzaron un máximo de 1,5 m y velocidades de flujo entre 2 - 3 m/s. La cajapunte suele estar obstruida frecuentemente por madera y sedimentos aluviales. El nivel del lecho está estable, gracias a la pavimentación natural gruesa. Sin embargo, durante un solo evento, también pueden producirse erosiones del lecho. Los terraplenes laterales se erosionan cada vez más, especialmente en el lado izquierdo (oeste). Árboles heridos y los restos de desechos en los árboles representan huellas de antiguas trayectorias de inundación y niveles de agua. La cartografía de los acontecimientos anteriores según la Ilustración 3 se llevó a cabo junto con los residentes.

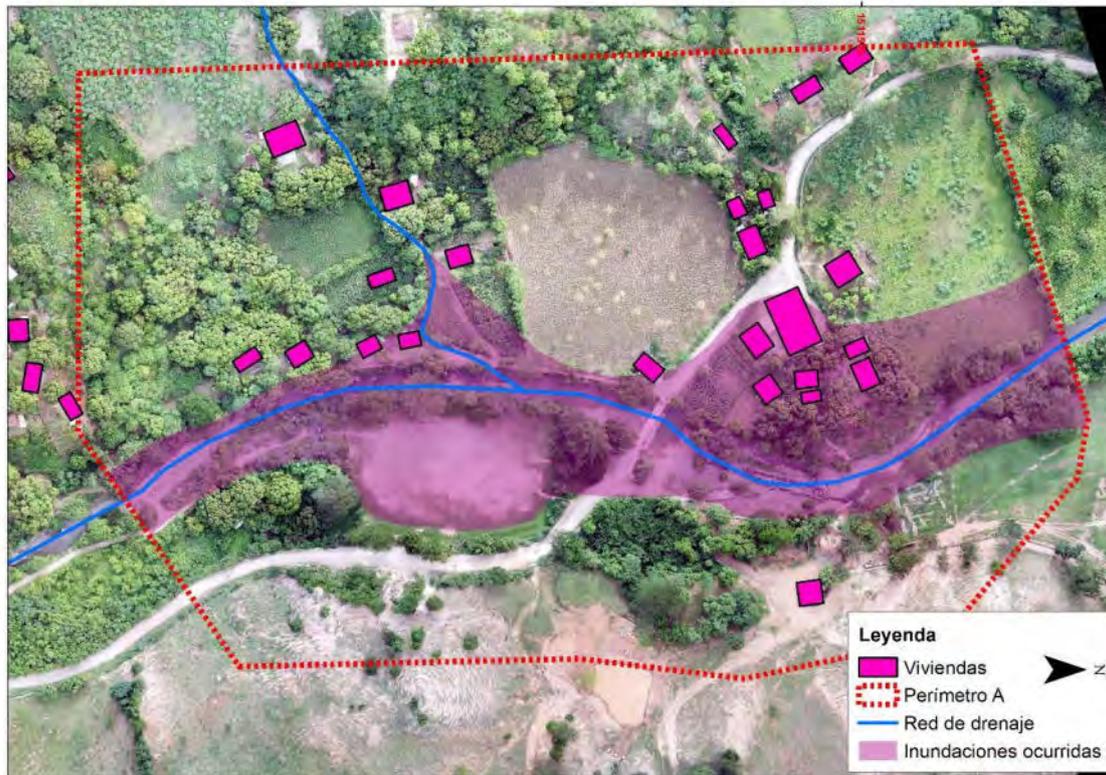


Ilustración 3: Inundaciones ocurridas desde 1998 en el perímetro A de Los Amates según el catastro de eventos (anexo 1). La dirección de flujo es de la izquierda hacia la derecha.

7.2 Cálculo de caudales de crecidas

El cálculo de caudales máximos para los tres escenarios definidos llevaron a los valores indicados en la Tabla 4. Para los cálculos se asumió una tormenta de 2 horas de duración, con un 40 % del área de la cuenca afectada. El cálculo muestra que el caudal máximo ocurre después de 1.7 horas (aprox 100 minutos) luego del comienzo de la tormenta. Sin embargo, esta duración es producto de cálculo y puede variar dependiendo del núcleo de la tormenta..

Tabla 4: Valores máximos de crecidas en la comunidad de Los Amates.

Período de retorno (escenario)	Caudal [m ³ /s]
Período de retorno hasta 5 años	121 m ³ /s
Período de retorno 5 - 20 años	192 m ³ /s
Período de retorno 20 - 50 años	250 m ³ /s

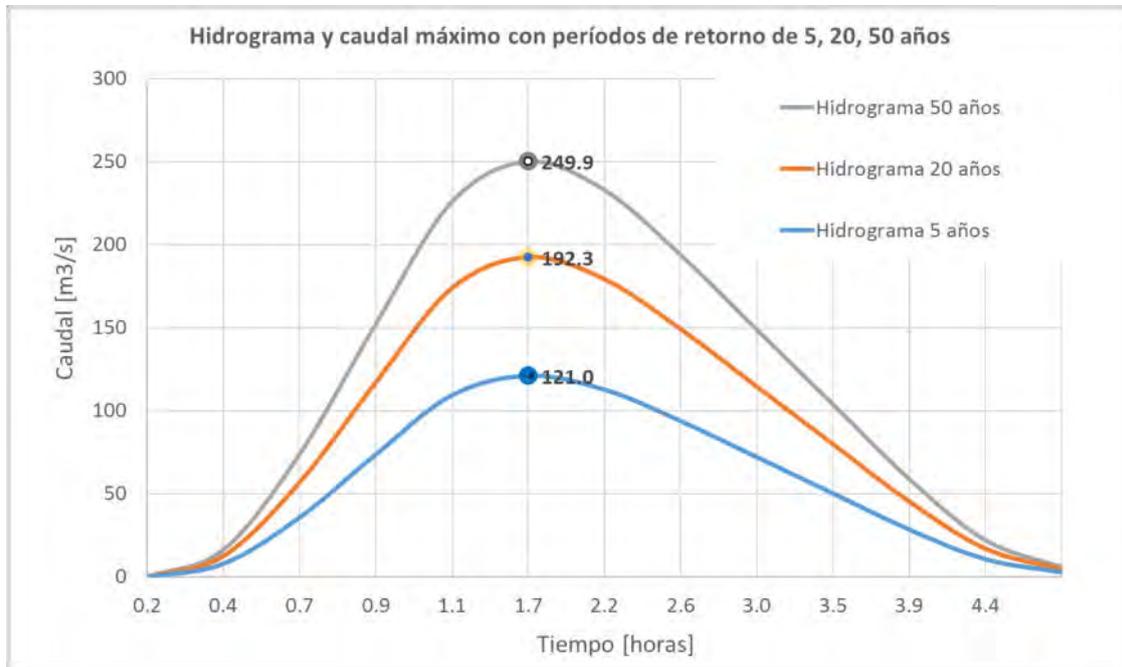


Ilustración 4: Hidrogramas para la quebrada de Los Amates para eventos con un período de retorno de 5, 20 y 50 años, indicando los valores de los caudales máximos en m^3/s .

7.3 Capacidad de descarga y descripción de escenarios

Se determinó la geometría de la quebrada (pendiente, ancho del lecho, alturas de terraplenes) a base del modelo digital de terreno (MDT, [3]), el cual se elaboró por medio de vuelos de un dron. Para la determinación de la capacidad de descarga se consideró la cajapunte obstruida para los tres escenarios. Las velocidades alcanzan 3 – 4 m/s (velocidad que una persona adulta puede alcanzar corriendo)

Escenario 5 años (eventos con un período de retorno de hasta 5 años)

La cajapunte está obstruida. Los caudales superan la capacidad de descarga de la quebrada y provocan inundaciones en el lado derecho (este). La cajapunte y la cancha de fútbol se inundan con una profundidad inferior a 0.5 m. En el lado poblado no se producen inundaciones.

Escenario 20 años (eventos con un período de retorno de 5 - 20 años)

La cajapunte está obstruida. Los caudales superan la capacidad de descarga de la quebrada en el lado derecho y provocan inundaciones extensas en la parte oriental del perímetro A. Las inundaciones en la cancha de fútbol alcanzan hasta 1 m de profundidad. En la parte izquierda de la quebrada (oeste) ocurren desbordes

arriba y abajo del puente. Por consiguiente, la aldea con 10 viviendas queda inundada con intensidades medianas.

Escenario 50 años (eventos con un período de retorno de 20 - 50 años)

El escenario es comparable con el de 20 años, la extensión de las inundaciones es ligeramente más amplia. Los terraplenes en la parte occidental (180 m – 110 m aguas arriba de la cajapunte) pueden colapsar y arriesgar la estabilidad de dos viviendas.

Un afluente lateral en la parte occidental que desemboca a la quebrada de Los Amates a 80 metros aguas arriba de la cajapunte puede obstruirse por sedimentos y reducir su capacidad de descarga. Por consiguiente pueden ocurrir desbordes que inundan la aldea de Los Amates con intensidades bajas. Además, otro pequeño afluente que desemboca a un alcantarillado frente a la iglesia puede provocar la obstrucción del alcantarillado y provocar inundaciones de intensidad baja en la aldea.

7.4 Mapeo de las amenazas por inundación

El mapeo de las trayectorias de inundaciones se realizó mayormente en terreno, parcialmente en gabinete a base del modelo digital de terreno. Para la planificación detallada de medidas de mitigación se recomienda una verificación del mapa de amenazas para las áreas no recorridas en terreno (sector norte del perímetro). El mapa de amenaza se puede apreciar en el anexo 2.

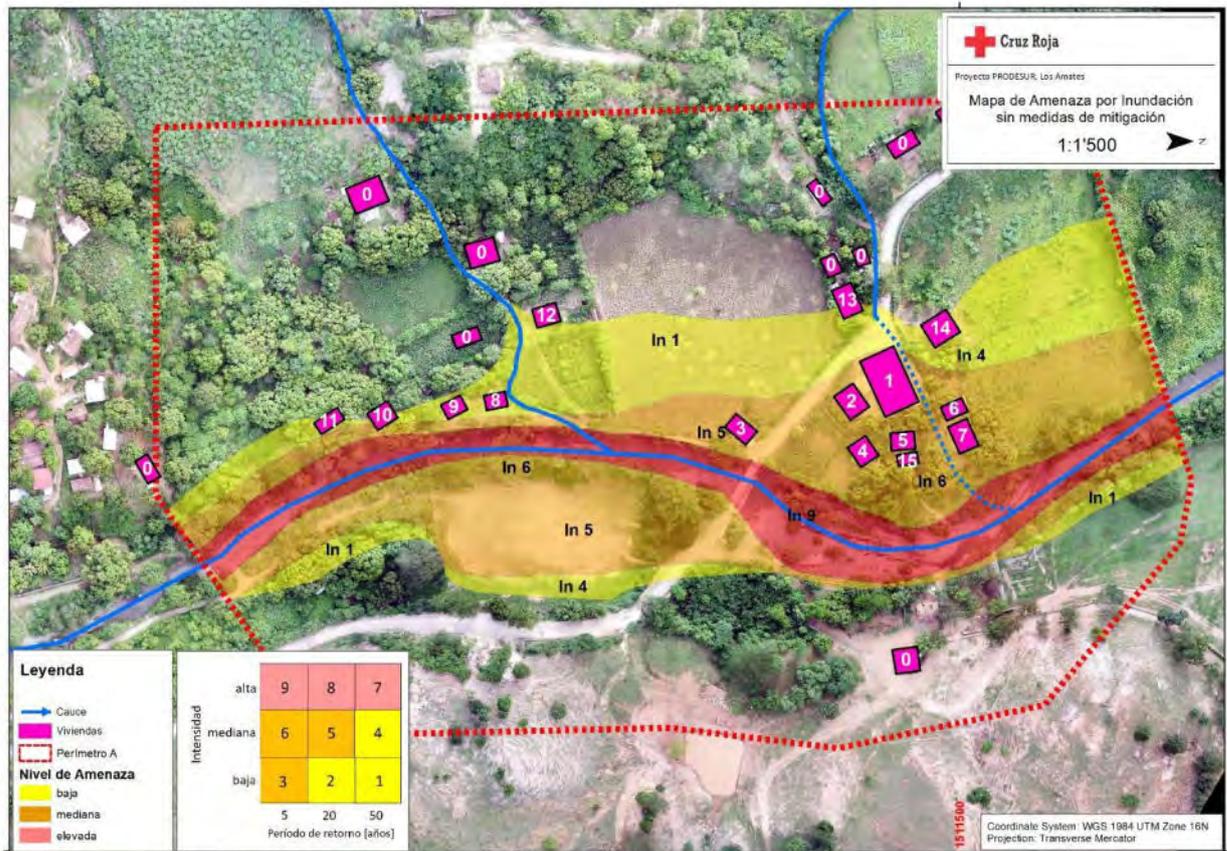


Ilustración 5: Mapa de amenazas por inundación para el perímetro “A” del estudio presente.

7.5 Necesidad de medidas de mitigación

De acuerdo a la Tabla 5, 8 viviendas, la iglesia, el camino de importancia municipal y un total de alrededor de 1 ha de tierras agrícolas presentan riesgos intolerables. Por ello, la aldea de Los Amates se denomina como “sitio crítico”, para el cual las medidas de protección tienen por objeto reducir los riesgos a un nivel aceptable.

Tabla 5: Representación de la amenaza máxima permisible y la amenaza efectiva por inundación según el mapa de amenazas. Los objetos marcados con * muestran riesgos intolerables. La numeración de los objetos se encuentra en la Ilustración 5.

	No de objeto	Nivel de riesgo aceptable	Nive de Riesgo existente	# objetos
Iglesia	1	2	5*	1
Casa ladrillo	2	4	5*	1
Casa ladrillo	3	4	5*	1
Casa ladrillo	4	4	5*	1
Casa ladrillo	5	4	5*	1
Casa ladrillo	6	4	5*	1
Casa ladrillo	7	4	5*	1
Casa ladrillo	8	4	1	1
Casa ladrillo	9	4	1	1
Casa ladrillo	10	4	5*	1
Casa ladrillo	11	4	1	1
Casa ladrillo	12	4	1	1
Casa ladrillo	13	4	1	1
Casa ladrillo	14	4	1	1
Casa ladrillo	15	4	5*	1
Camino comunitario (no pavimentado) 100 m		3	9*	45 m
Puente comunitario (para vehiculos, no pavimentado)		3	5*	189 m
Huerto (ha)		3	5*	0.5 ha
Pastos, Pastizales (ha)		3	5*	0.5 ha

7.6 Análisis de riesgos

En el análisis de riesgos sólo se tuvieron en cuenta los riesgos de daños directos a las personas, los caminos y las tierras agrícolas. Las sumas anuales de daños esperadas (riesgos) se calcularon de acuerdo con el anexo 1 de la guía [1], y suman 109.000 Lps/año. Los riesgos personales contribuyen de manera significativa a la suma de riesgos. Los daños previstos en los caminos y las tierras agrícolas son de menor importancia. En el Anexo 3 se presenta una tabla de los riesgos.

7.7 Propuesta de medidas de protección

Para la planificación de medidas de protección se tomó los siguientes aspectos en consideración:

- Los riesgos tienen que ser reducidos a un nivel aceptable
- Las medidas tienen que ser costoeficaces (tener un factor costo-beneficio favorable)
- Las medidas no deben perjudicar el paso de camiones en el camino

- Las inundaciones en la parte derecha de la quebrada (cancha de fútbol) son permisibles
- El camino pedestral en la parte izquierda de la quebrada se debe mantener.
- Las medidas tienen que ser construidas con material del lugar y diseñadas de manera que los comunitarios puedan mantenerlas independientemente y sin mayores costos.

Gracias a las medidas propuestas, se puede evitar inundaciones por la quebrada de Los Amates para eventos con un período de retorno de hasta 20 años. De esta manera se pueden reducir los riesgos a un nivel aceptable para la mayoría de las viviendas.

Medidas propuestas (dique)

Una mitigación de los riesgos para el caserío puede lograrse por medio de un dique natural de 1,0 m de altura, una anchura en la base de 3,5 m y una longitud de 190 m (Ilustración 7). En la zona del camino principal, la base del dique debe ensancharse para que siga siendo transitable para los camiones. En la zona de la pulpería, el dique puede sustituirse por un muro de contención a ambos lados de la pulpería para asegurar el acceso a la misma. La protección de la vivienda más al norte (más abajo) no puede lograrse a un costo razonable. Las alturas de la inundación requerirían un dique más alto. Además, un dique en este sector impediría la evacuación de las aguas en caso de inundación por el arroyo que pasa a lo largo de la iglesia (remanso de agua) y aumentaría de esa manera el riesgo para las viviendas más al norte del perímetro A.

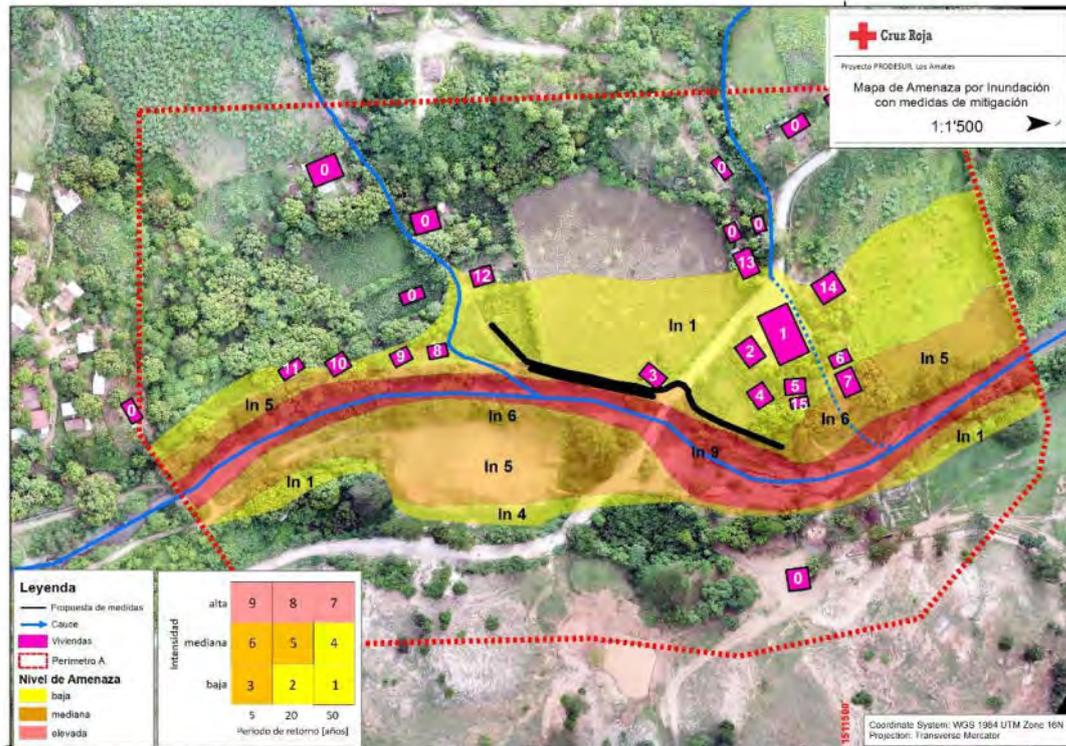


Ilustración 6: Mapa de amenazas por inundación considerando el efecto de medidas de protección propuestas.

Medidas propuestas (rehabilitación del muro de contención)

Se rehabilitará el muro de contención existente, de aproximadamente 75 m de largo, en el lado occidental de la quebrada, aguas arriba de la cajapunte. Por razones de costo, no se planea su reconstrucción. En su lugar, las superficies dañadas serán reparadas localmente con concreto. Un sondeo en el pie del muro comprobará la profundidad de los cimientos. Si el cemento tiene menos de 1 m de profundidad, se instalará el cemento necesario según la Ilustración 7. Para las medidas propuestas se considera una vida útil de 20 años. Una estimación exacta se puede asignar al momento de tener el diseño final de las obras. Si se dispone de recursos financieros, se puede considerar la reconstrucción del muro de contención (opción 2) a fin de aumentar la vida útil de la obra.

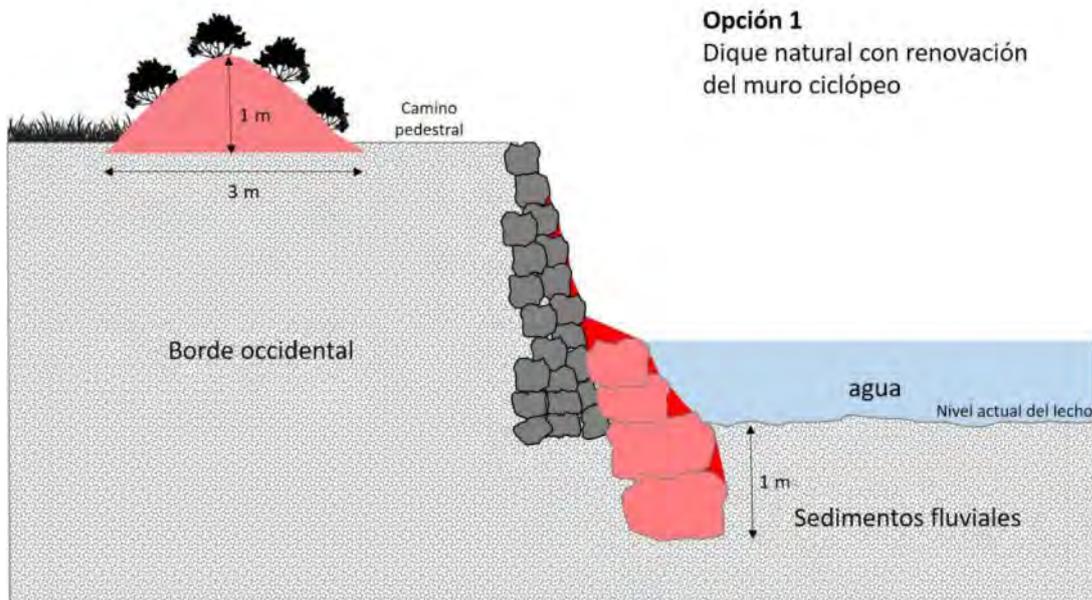


Ilustración 7: Corte transversal de la quebrada con las medidas propuestas (dique y cimentación del muro de protección, en rojo), aproximadamente a 40 m aguas arriba de la cajapunte. Vista en dirección de flujo.

Todavía está pendiente una estimación de los costos de las medidas, que se obtendrá en una fecha posterior. Suponiendo un costo de 180.000 Lps. la rentabilidad es de 5,1, lo que significa que el beneficio monetario de las medidas es 5,1 veces mayor que sus costos. Con costos superiores a 800.000 Lps. la costoeficiencia ya no se da.

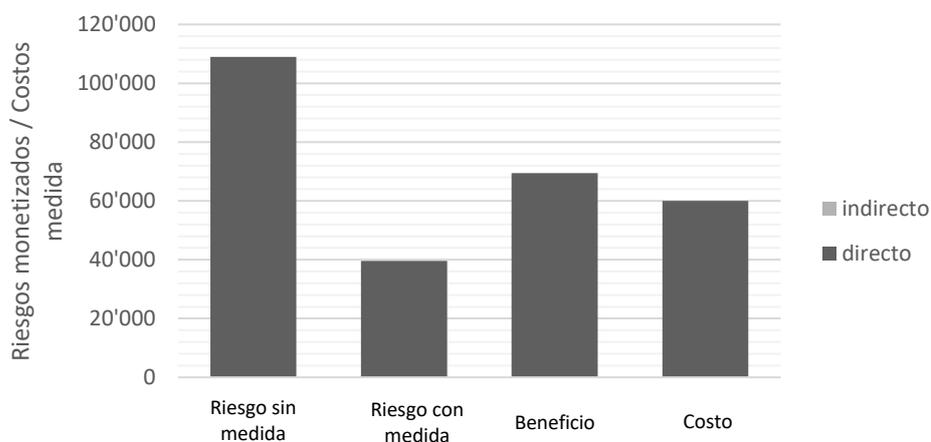


Ilustración 8. Comparación de los riesgos actuales, los riesgos con las medidas de protección previstas, la diferencia de riesgos (beneficio) y los costos de las medidas (Lps.). Sólo se tuvieron en cuenta los riesgos de pérdidas directas.

8. Comentarios finales

Con las medidas de protección presentadas, los riesgos pueden reducirse a un nivel tolerable para 8 de 10 viviendas y sus áreas de cultivo. Una estimación detallada de los costos mostrará si las medidas pueden aplicarse de manera costoeficaz. Los residentes de Los Amates y las autoridades locales deben participar en el proceso de planificación para asegurar la aceptación de las medidas propuestas y la rendición de cuentas. La rendición de cuentas es importante para asegurar que las medidas sean mantenidas por la población local y cofinanciadas por las autoridades.

Anexos

Para celdas grises marcar una de las opciones siguientes

M = Conocimiento preciso
A = Estimación
C = no determinable

Tipo de Proceso

Deslizamiento Inundación/Flujo detrítico

Información Básica

Comuna: Lugar específico:

Cauce:

Fecha del evento: . . Hora: : .

Coordenadas: X Y

Fecha Levantamiento: . .

Levantado por (Nombre, Dirección, Correo electrónico)

Daños

		# Muertos	# Heridos	#Evacuados
Personas/ Animales	Personas	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Animales	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
		# destruido	# dañado	Daño [\$]
Bienes	Residencias	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Industria, Comercios, Hoteles	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Edificio con fines agrícolas	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Edificios públicos	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Obras de protección	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Otros (Descripción en Memo)	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
		derramado [m]	Interrupción [h]	Daño [\$]
Infraestructura	Autopista Nacional	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Carretera Principal	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Otras Calles	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Instalación transportadora, Torres eléctricas	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Otros (Descripción en Memo)	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
		Area afectada[a]	Madera dañada[m²]	Daño [\$]
Bosque / Agricultura	Bosque	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Superficie Agrícola	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	Otros (Descripción en Memo)	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>

Daños

Memo (Descripción del daño)

La quebrada San José en los Amates durante el huracán Mitch destruyó 4 viviendas, según relató la presidenta del CODEL, Silveria Díaz. Además recientemente el año pasado alrededor de 5 viviendas fueron afectadas por las lluvias. Durante la visita se logró constatar que aproximadamente 10 viviendas podrían ser afectadas por crecidas extremas de la quebrada. Para ello se tiene que contar con un plan de emergencias que pueda facilitar la evacuación de las personas en tiempos de eventos extremos. Más detalles se ilustración en el apartado de fotografías.

StorMe-Codigo: *Cuenca / año evento / número secuencial*

Tipo de Proceso



Inundación



Aluvión

Otros procesos (de importancia secundaria)



Inundación



Caída de Rocas



Erosión (Lecho, Talud)



Otros (Descripción en Memo)

 Flujo detrítico

Deslizamiento



Sedimentación

Causa Meteo

Tormenta



120

Duración [h]



830

Precipitación [mm]

Lluvia continua



Duración [h]



Precipitación [mm]

Causa desencadenante

Calificación causa desencadenante:

A



Obstrucción por madera flotante



Desborde por limitación hidráulica



Obstrucción por detritos



Rotura del dique



Obstrucción en puente/ tubería



Otros (Descripción en Memo)

Zona de inundación y de depósito

Volumen de depósitos de sedimentos:

[m³]Cudal máximo Q_{max}:[m³/s]

Memo (Descripción del evento junto):

El evento del huracán Mitch afectó al país entre el 26 octubre y 2 de noviembre del año 1998, dejando los acumulados de mayor valor en la historia del país. En la zona sur se alcanzaron precipitación de 830 mm en 120 horas.

StorMe-Codigo: Cuenca / año evento / número secuencial

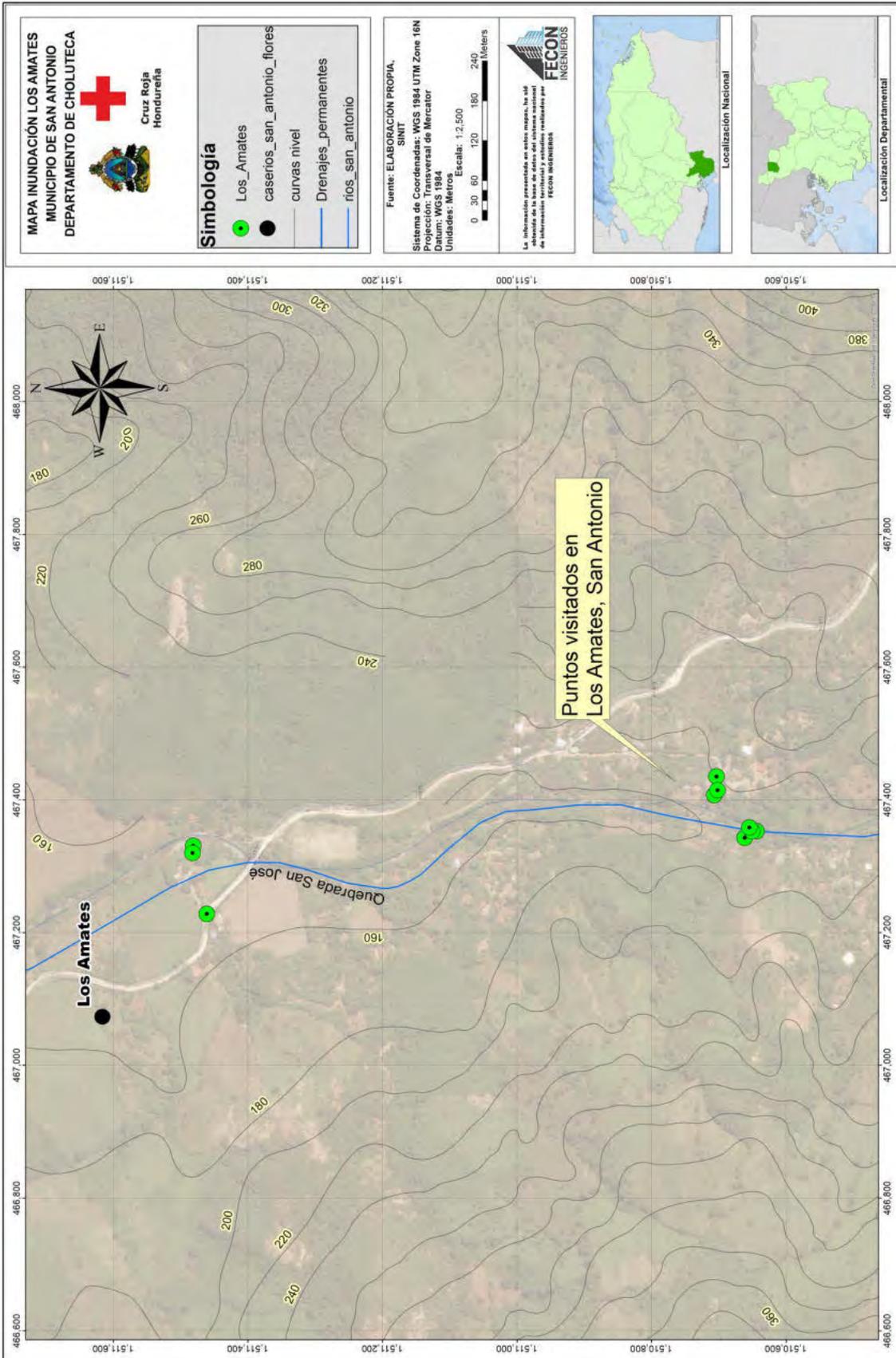
P03

Evento: Comuna: Los Amates, San Antonio Tipo de proceso: Inundación Digitalización SIG:

Huracán Mitch 1998

Fecha 31 . 10 . 1998

Nombre: Roberto Granados



Evento:

Comuna: Los Amates, San Antonio

Tipo de proceso: Inundación

Huracán Mitch

Fecha levantamiento fotográfico:

31

.

10

.

1998

Nombre: Roberto Granados



Fotografía 1. Se muestra el sector Los Amates, el compañero indica la cota de crecida Mitch 1998. Durante el huracán Mitch en 1998, la quebrada San José en Los Amates destruyó 4 viviendas, según los relatos de la señora Silveria Díaz.



Fotografía 2. Viviendas expuestas



Fotografía 3. Viviendas expuestas

En la fotografía 2 y 3 se muestran las viviendas expuestas tanto por la crecida de la quebrada San José, como por la escorrentía superficial en época de lluvia, por lo cual los pobladores han construido pequeños muros para contrarrestar el efecto de las lluvias sobre los cimientos de las viviendas.

Número de referencia del documento StorMe

1

Regla general: Para cada evento ocurrido se llena un formulario StorMe

Para celdas grises marcar una de las opciones siguientes

- M = Conocimiento preciso
- A = Estimación
- C = no determinable

Tipo de Proceso

Deslizamiento

Inundación/ Flujo detrítico

Información Básica

Comuna: Los Amates

Lugar específico: Amates

Nombre del Cauce: Quebrada San Isidro ^{según} mapa

La gente la nombra quebrada Los Amates

Fecha del evento: M 27 9 2014

Hora: A 3 PM

Coordenadas:

X Y

Fecha Levantamiento:

. .

Levantado por (Nombre, Dirección, Correo electrónico)

Keilyn Montalvañ

Daños

Cantidad de personas fallecidas
Cantidad de personas damnificadas

N 0
 A 32

Cantidad de edificios destruidos
Cantidad de edificios damnificados

N 3 Casas
 A 8 Casas

Santiago Sierra

Área de bosques damnificada [ha]
Área de cultivos damnificada [ha] Mz

Nangos A 1/2
Maíz A 2

Caminos vitales afectados [largo afectado en metros]
Tiempo de interrupción de caminos vitales [horas]

A 100 Mts
 C

Daños

Memo (Descripción del daño)

Pérdida de 1 vehículo pick up.
4 de las 8 casas damnificadas parcialmente dañadas (material de construcción adobe)

Número de referencia del documento StorMe

Tipo de Proceso

Inundación

Aluvión

Otros procesos (de importancia secundaria)

Inundación

Caída de Rocas

Erosión (Lecho, Talud)

Flujo detrítico

Deslizamiento

Sedimentación

Causa Meteo

Tormenta

Duración [h]

Precipitación [mm]

Lluvia continua

Duración [h] **Días 2**

Precipitación [mm]

Causa desencadenante

Calificación causa desencadenante:

Obstrucción por madera flotante

Obstrucción por detritos

Obstrucción en puente/ tubería

Desborde por limitación hidráulica

Rotura del dique

Otros (Descripción en Memo)

Zona de inundación y de depósito

Volumen de depósitos de sedimentos:

 [m³]

Cuadal máximo Q_{max}:

 [m³/s]

Memo (Descripción del evento junto):

Número de referencia del documento StorMe

2

Regla general: Para cada evento ocurrido se llena un formulario StorMe

Para celdas grises marcar una de las opciones siguientes

- M = Conocimiento preciso
- A = Estimación
- C = no determinable

Tipo de Proceso

Deslizamiento

Inundación / Flujo detrítico

Información Básica

Comuna: Los Amates

Lugar específico: _____

Nombre del Cauce: Quebrada San Isidro

Fecha del evento: A 3 . 10 . 2016

Hora: A 9:00 . AM

Coordenadas: X Y

Fecha Levantamiento: . .

Levantado por (Nombre, Dirección, Correo electrónico) Reilyn Montalván

Daños

Cantidad de personas fallecidas
Cantidad de personas damnificadas

M	0
A	32

Cantidad de edificios destruidos
Cantidad de edificios damnificados

M	0
A	8 casas

Área de bosques damnificada [ha]
Área de cultivos damnificada [ha] Mz = Manzanas

A	1/2 Mangos
A	2 Manzanas

Caminos vitales afectados [largo afectado en metros]
Tiempo de interrupción de caminos vitales [horas]

A	100
A	6 hrs

Daños

Memo (Descripción del daño)

Durante este escenario no existía construida la pulpería y el agua solo se metió a las viviendas sin producir daños a infraestructura pero sí materiales (enseres domésticos).

Número de referencia del documento StorMe

Tipo de Proceso

Inundación

Aluvión

Otros procesos (de importancia secundaria)

Inundación

Caída de Rocas

Erosión (Lecho, Talud)

Flujo detrítico

Deslizamiento

Sedimentación

Causa Meteo

Tormenta

Duración [h]

Precipitación [mm]

Lluvia continua

Duración [h]

Precipitación [mm]

Causa desencadenante

Calificación causa desencadenante:

Obstrucción por madera flotante

Obstrucción por detritos

Obstrucción en puente/ tubería

Desborde por limitación hidráulica

Rotura del dique

Otros (Descripción en Memo)

Zona de inundación y de depósito

Volumen de depósitos de sedimentos:

[m³]

Cudal máximo Q_{max}:

[m³/s]

Memo (Descripción del evento junto):

Número de referencia del documento StorMe

3

Regla general: Para cada evento ocurrido se llena un formulario StorMe

Para celdas grises marcar una de las opciones siguientes

- M = Conocimiento preciso
- A = Estimación
- C = no determinable

Tipo de Proceso

Deslizamiento

Inundación / Flujo detrítico

Información Básica

Comuna: Los Amates

Lugar específico: _____

Nombre del Cauce: Quebrada San Isidro

Fecha del evento: A . . 2018

Hora: A 7:00 . PM

Coordenadas:

X Y

Fecha Levantamiento: . .

Levantado por (Nombre, Dirección, Correo electrónico)

Keilyn Montalván

Daños

Cantidad de personas fallecidas

Cantidad de personas damnificadas

M	0
A	40

Cantidad de edificios destruidos

Cantidad de edificios damnificados

3 Casas dañadas

M	0
A	7 Afectadas

Área de bosques damnificada [ha]

Área de cultivos damnificada [ha]

A	1/2 Mangos
A	2 1/2 Maíz

Caminos vitales afectados [largo afectado en metros]

Tiempo de interrupción de caminos vitales [horas]

A	100
A	3 hrs

Daños

Memo (Descripción del daño)

3 Casas dañadas parcialmente (1 pulpería que perdió productos de venta)

Número de referencia del documento StorMe

Tipo de Proceso

Inundación

Aluvión

Otros procesos (de importancia secundaria)

Inundación

Caída de Rocas

Erosión (Lecho, Talud)

Flujo detrítico

Deslizamiento

Sedimentación

Causa Meteo

Tormenta

Duración [h]

Precipitación [mm]

Lluvia continua

A B Duración [h]

Precipitación [mm]

Depresión tropical

Causa desencadenante

Calificación causa desencadenante:

Obstrucción por madera flotante

Obstrucción por detritos

Obstrucción en puente/ tubería

Desborde por limitación hidráulica

Rotura del dique

Otros (Descripción en Memo)

Escala hidrométrica

Zona de inundación y de depósito

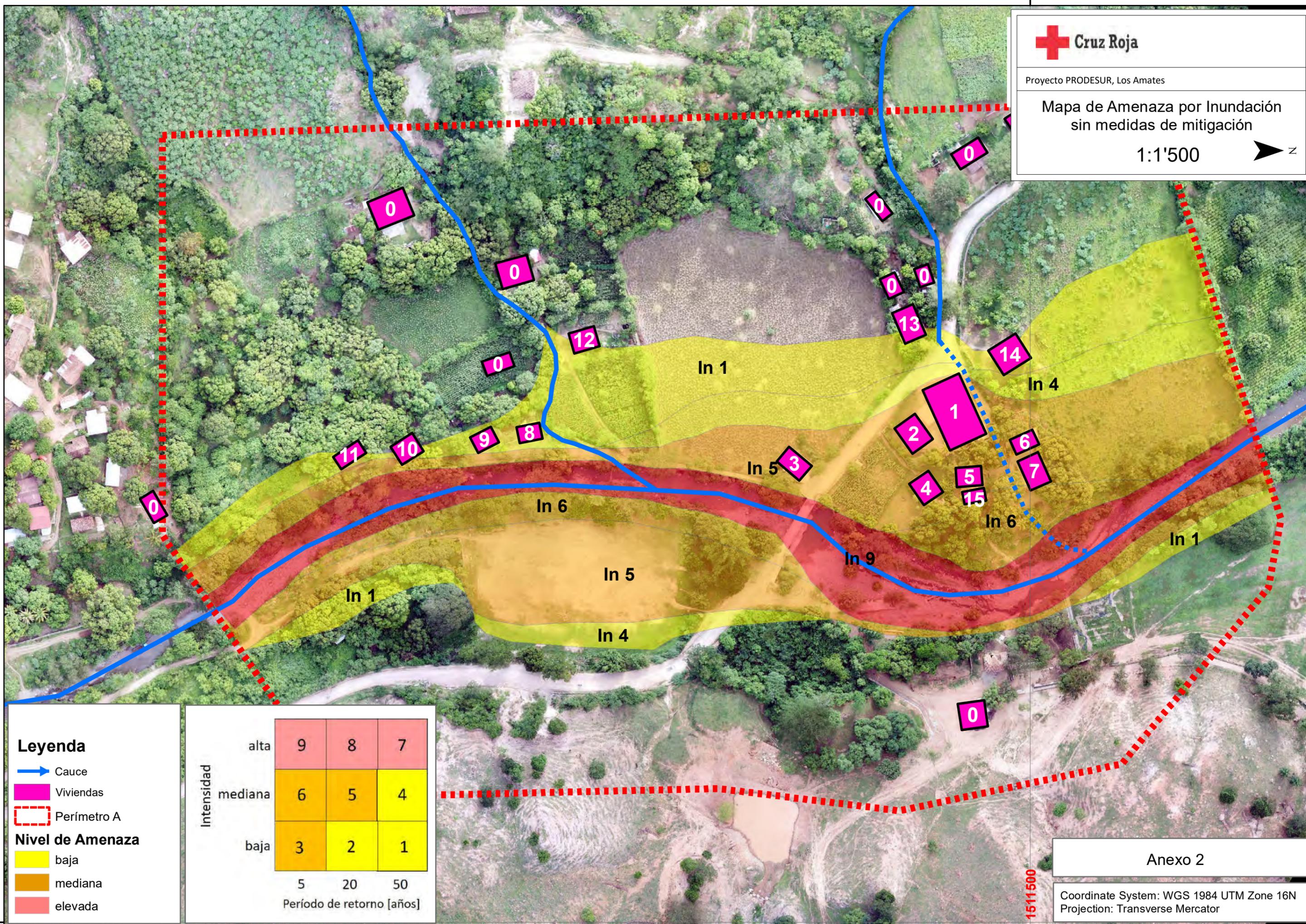
Volumen de depósitos de sedimentos:

 [m³]

Cudal máximo Q_{max}:

 [m³/s]

Memo (Descripción del evento junto):



Leyenda

-  Cauce
-  Viviendas
-  Perímetro A

Nivel de Amenaza

-  baja
-  mediana
-  elevada

Intensidad	alta	9	8	7
	mediana	6	5	4
	baja	3	2	1
		5	20	50
		Período de retorno [años]		



Anexo 3:

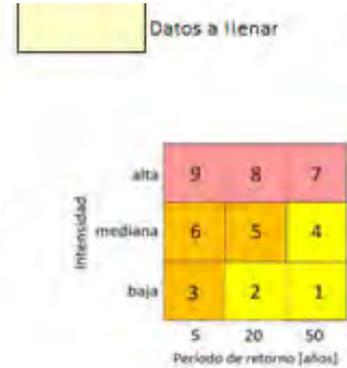
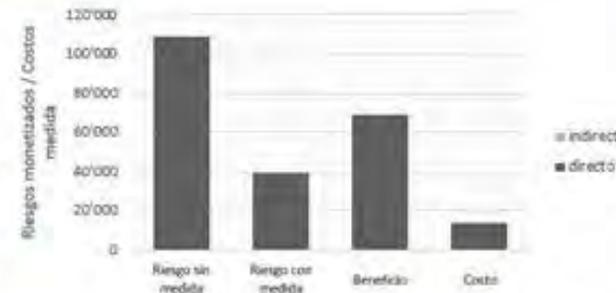
Análisis de riesgo y costo-eficiencia de medidas de mitigación

Análisis Costo-Beneficio de Medidas

Períodos de retorno	[años]	5
	[años]	20
	[años]	50
Voluntad de pago para evitar daño mortal	[\$]	310'000
Costo construcción de la obra	[\$]	180'000
Costo anual de mantención	[\$]	2'000
Vida útil de la obra	[años]	20

INUNDACIÓN DINÁMICA

Beneficio-Costo
5.1

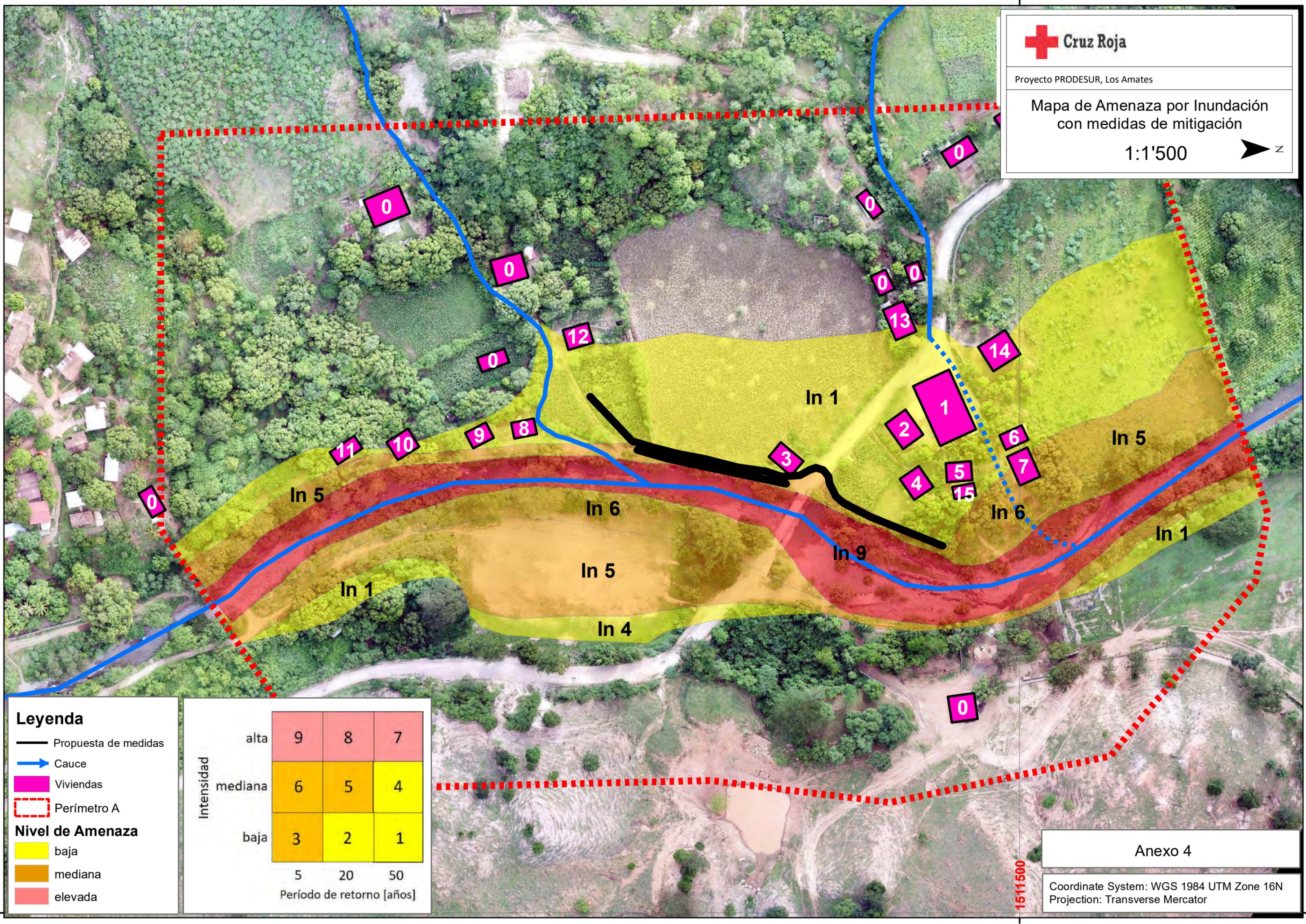


Situación inicial

No. Objeto	Tipo de objeto	Índice amenaza 1 - 9	# pisos # ha # 100m	Datos daños indirectos		Riesgo total [\$/a]
				Producción diaria [\$/]	Factor capacidad	
						108'941
1	iglesia	5	1	0	0	13'502
2	Casa ladrillo	5	1	0	0	10'131
3	Casa ladrillo	5	1	0	0	10'131
4	Casa ladrillo	5	1	0	0	10'131
5	Casa ladrillo	5	1	0	0	10'131
6	Casa ladrillo	5	1	0	0	10'131
7	Casa ladrillo	5	1	0	0	10'131
8	Casa ladrillo	1	1	0	0	750
9	Casa ladrillo	1	1	0	0	750
10	Casa ladrillo	5	1	0	0	10'131
11	Casa ladrillo	1	1	0	0	750
12	Casa ladrillo	1	1	0	0	750
13	iglesia	1	1	0	0	1'000
14	Casa ladrillo	1	1	0	0	750
15	Casa ladrillo	5	1	0	0	10'131
16	Camino comunitario (no pav)	9	0.45	0	0	9'000
17	Puente comunitario (para ve)	5	1.89	0	0	189
18	Huerto (ha)	5	0.5	0	0	275
19	Pastos, Pastizales (ha)	5	0.5	0	0	180

Situación prevista

Índice amenaza 1 - 9	Datos daños indirectos		Riesgo total [\$/a]
	Producción diaria [\$/]	Factor capacidad	
			39'544
1	0	0	1'000
1	0	0	750
1	0	0	750
1	0	0	750
1	0	0	750
1	0	0	750
5	0	0	10'131
1	0	0	750
1	0	0	750
5	0	0	10'131
1	0	0	750
1	0	0	750
1	0	0	750
1	0	0	750
1	0	0	750
9	0	0	9'000
1	0	0	0
1	0	0	20
1	0	0	12



Leyenda

-  Propuesta de medidas
-  Cauce
-  Viviendas
-  Perímetro A

Nivel de Amenaza

-  baja
-  mediana
-  elevada

Intensidad	alta	9	8	7
	mediana	6	5	4
	baja	3	2	1
		5	20	50
		Período de retorno [años]		

1511500