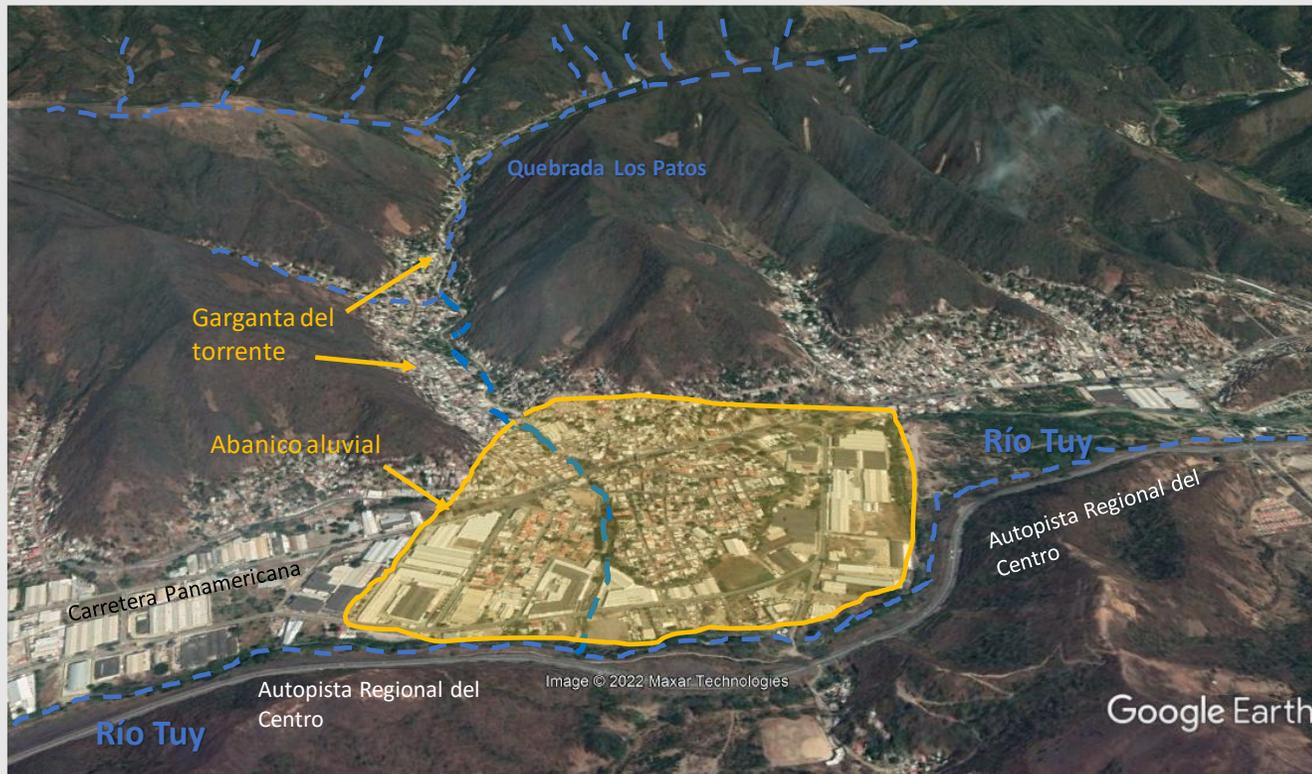


EL DESASTRE DE LAS TEJERÍAS

¿Que ocurrió? ¿Por qué ocurrió? ¿Qué debemos hacer para proteger a la población?



Prof. José Luis López
Instituto de Mecánica de Fluidos,
Facultad de Ingeniería, UCV.
Academia Nacional de la
Ingeniería y el Hábitat, ANIH.

Presentación al Grupo Orinoco
03/11/22

Flanco Sur de la Cordillera de la Costa

El Limón

El
Castaño

Río Tuy

Las
Tejerías

Image © 2022 Maxar Technologies
Image © 2022 CNES / Airbus

Google Earth



ANTECEDENTES

Evidencias de Paleo-eventos y manifestaciones históricas de aludes torrenciales en el Estado Aragua (Singer, 2010):

- Río El Castaño (Pleistoceno superior y Holoceno)
- Río Limón (Rancho Grande) (Holoceno superior-4000 AC y mas reciente (650 AC)
- Río Limón (Fila Guamita y Qda. Corral de Piedras, El Limón) (Holoceno)
- Chuao (Enero y Junio, 1742, y Diciembre 1796)
- Río Choróní (Choróní, Puerto Colombia, 19-08-79)
- Cuenca del río El Limón, Maracay, El Limón (06-09-87)

Fecha	Sector	Tipo
Agosto 1928	Las Tejerías	Inundación
Mayo 1942	Las Tejerías	Inundación
Agosto 1993	Las Tejerías	Inundación
Junio 2010	La Arenera, Simón Bolívar, El Beisbol	Anegación/ Inundación
Agosto 2010	Antonio José de Sucre	Inundación
Julio 2016	Las Tejerías	Inundación
Noviembre 2016	Las Tejerías	Inundación
Agosto 2017	Las Tejerías	Inundación

Fecha	Sector	Tipo
12/10/1999	El Beisbol	Inundación
12/2/2005	El Beisbol	Inundación
9/10/2008	Matadero	Inundación
11/10/2008	Libertador	Deslizamiento
11/10/2008	Qda/El Beisbol	Anegación
12/6/2010	La Arenera	Anegación
22/6/2010	El Beisbol	Inundación
22/6/2010	El Beisbol	Inundación
4/8/2010	Antonio José de Sucre	Inundación

Fuente: INAMEH, MINAMB, MINEC



Quebrada
Los Patos

Abanico
aluvial

Las
Tejerías

Río Tuy

Río Uria en Vargas

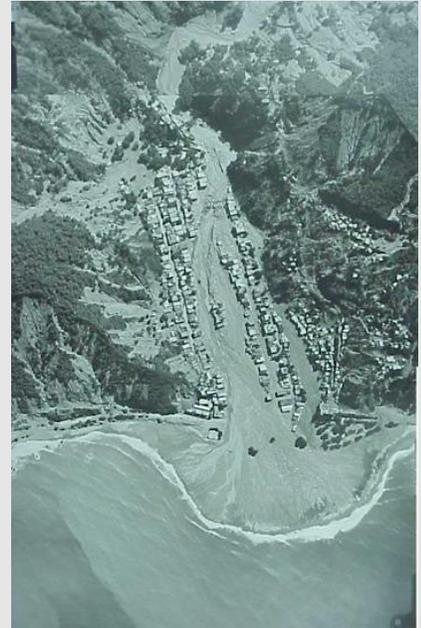
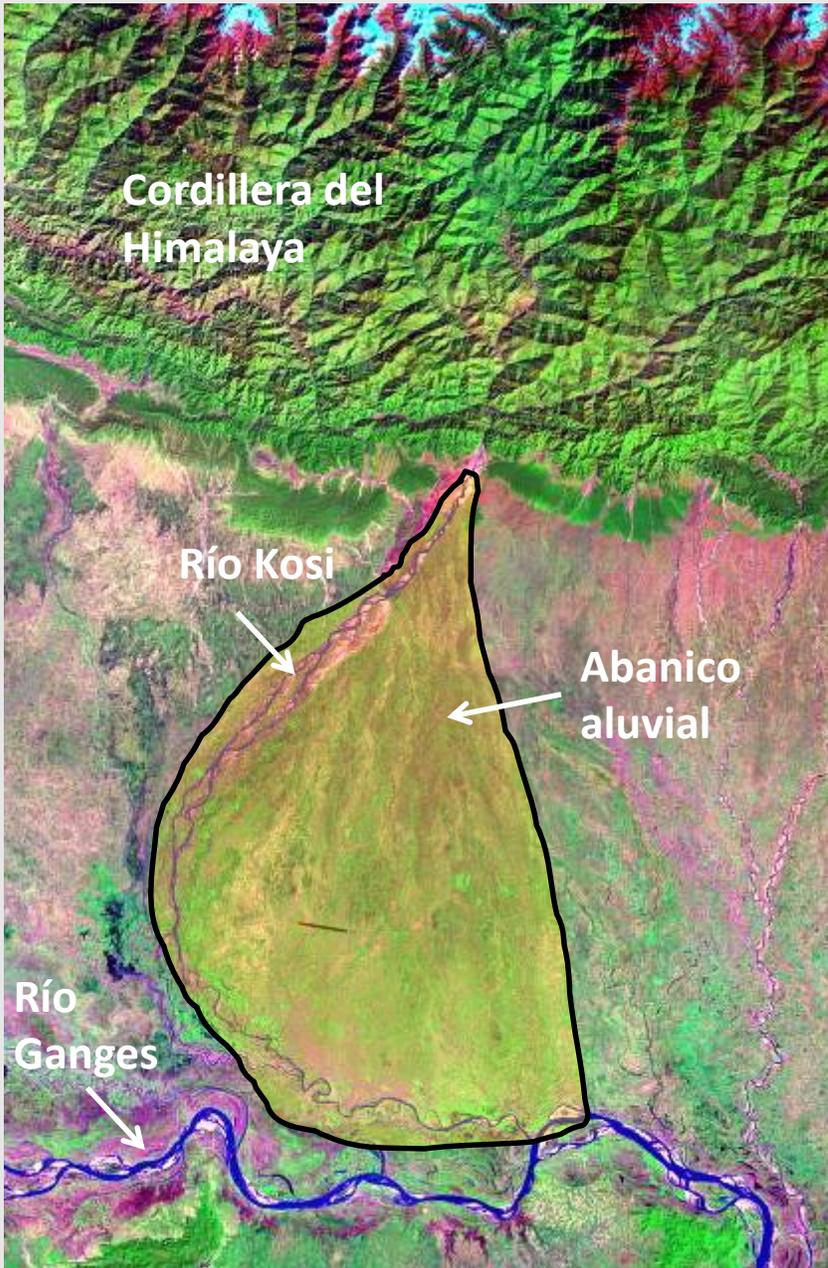


Image © 2022 Maxar Technologies
Image © 2022 CNES / Airbus

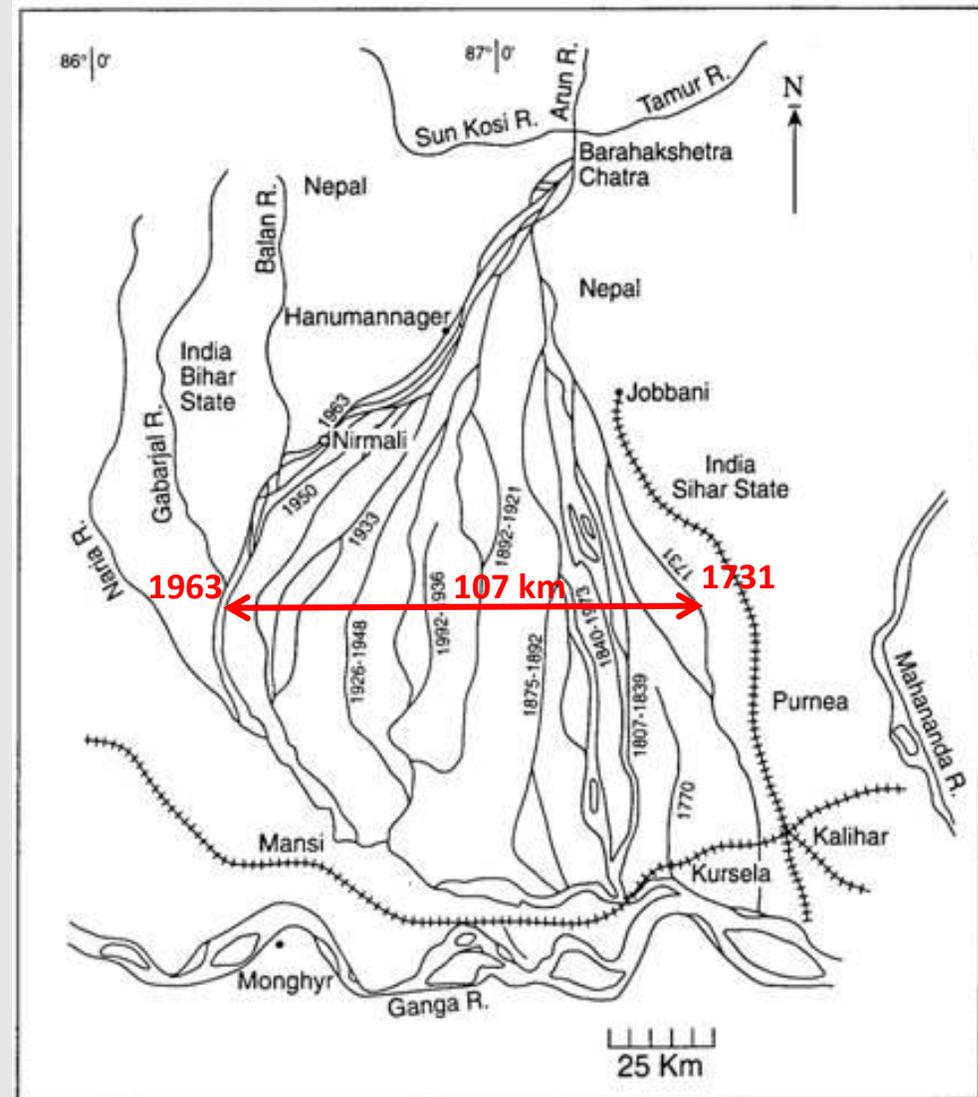
Google Earth

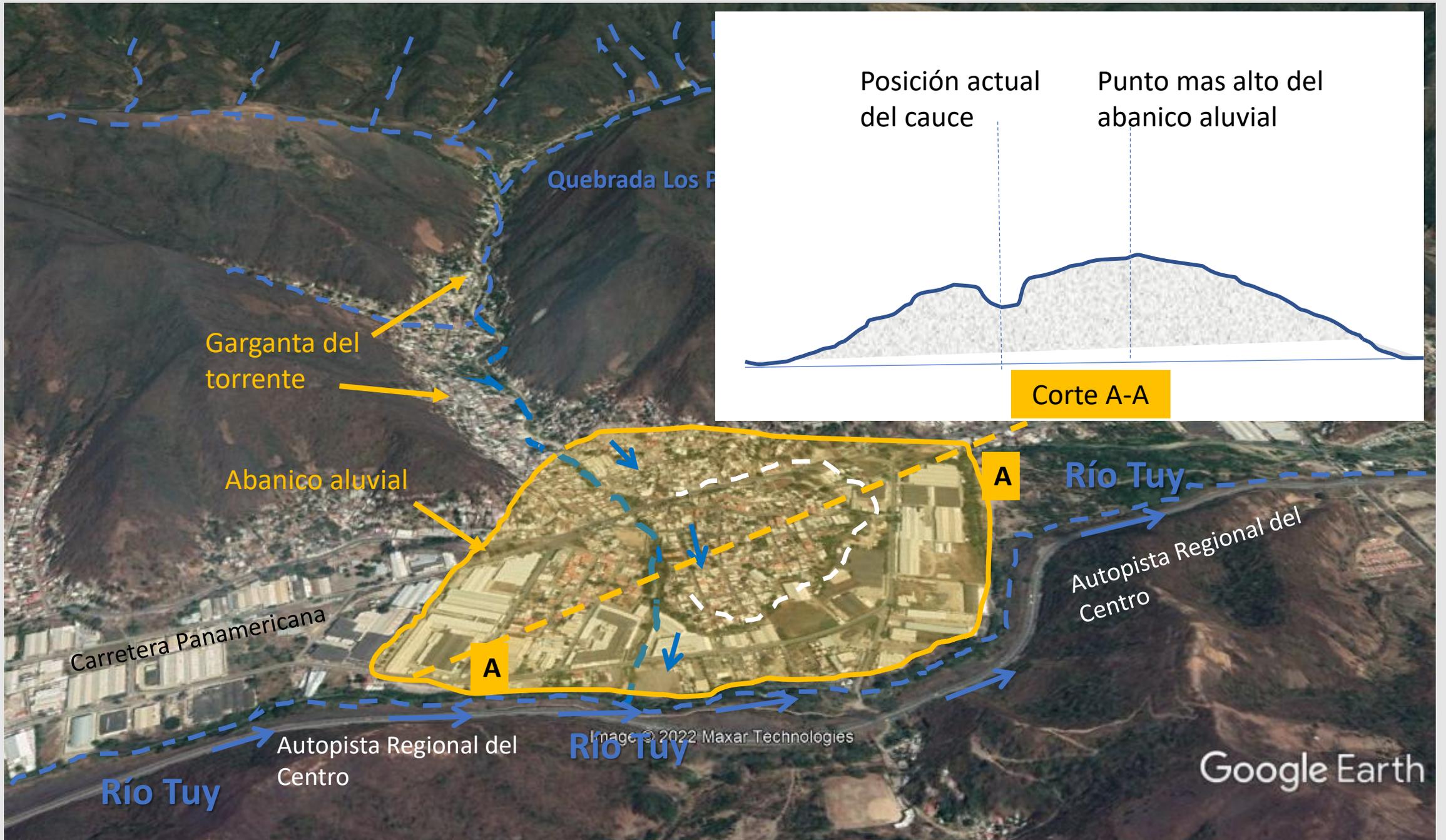


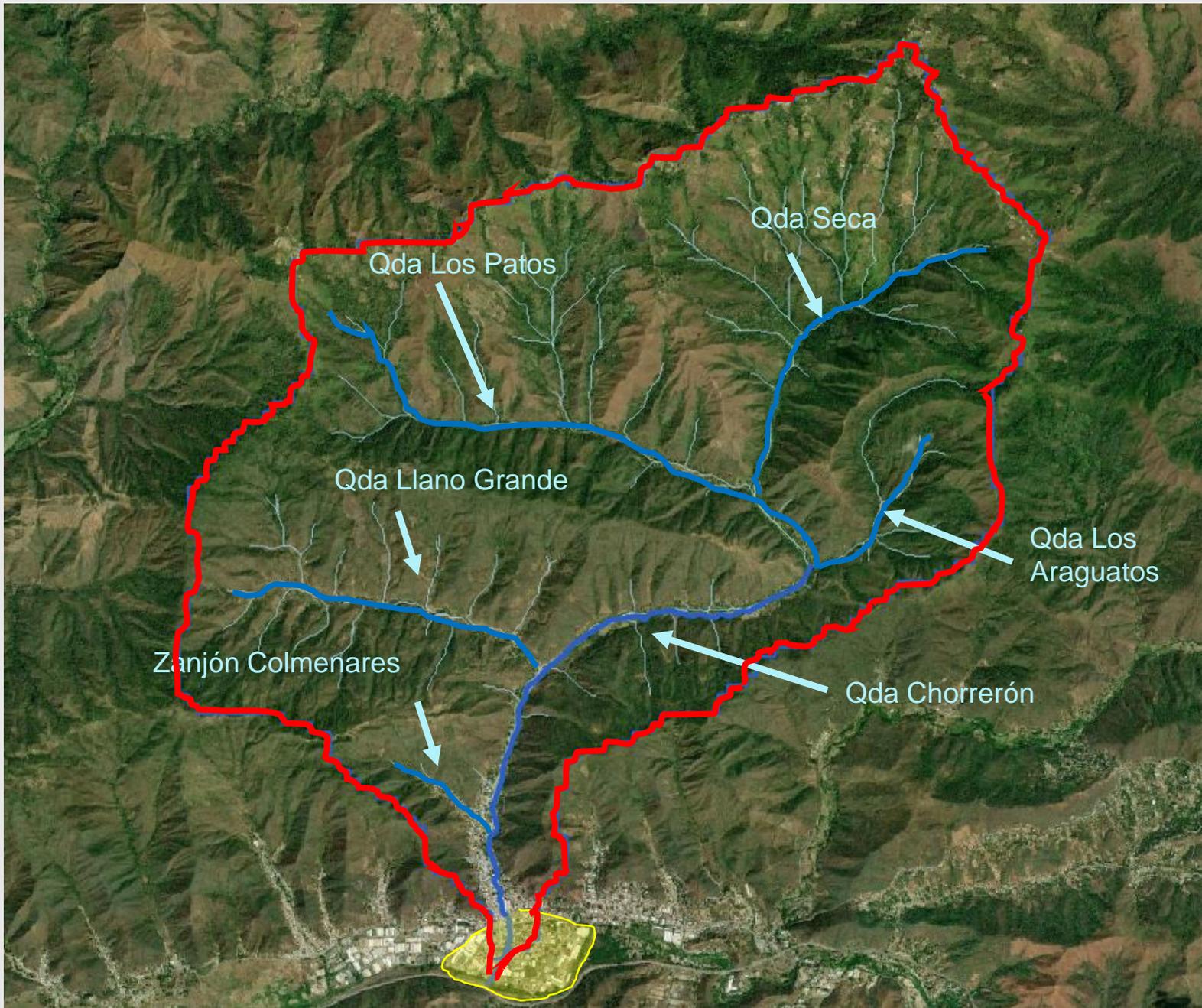
Fuente: Gary Parker (imagen de la NASA)
<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>

EL RIO KOSI Y SU GIGANTESCO ABANICO ALUVIAL

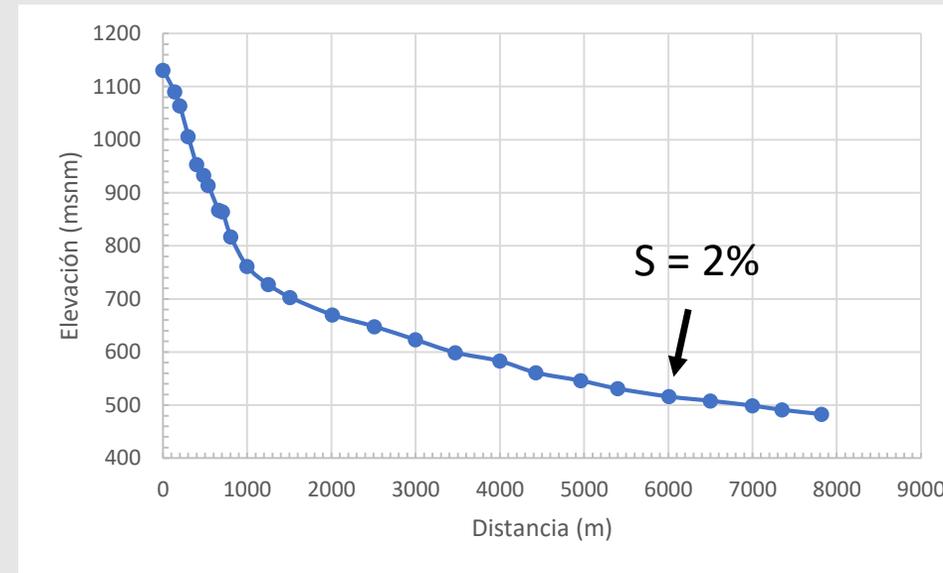
- La mayoría del sedimento transportado por el Río Kosi se deposita en el abanico aluvial y nunca alcanza a llegar al río Ganges.
- Migración lateral por el fenómeno de avulsión.







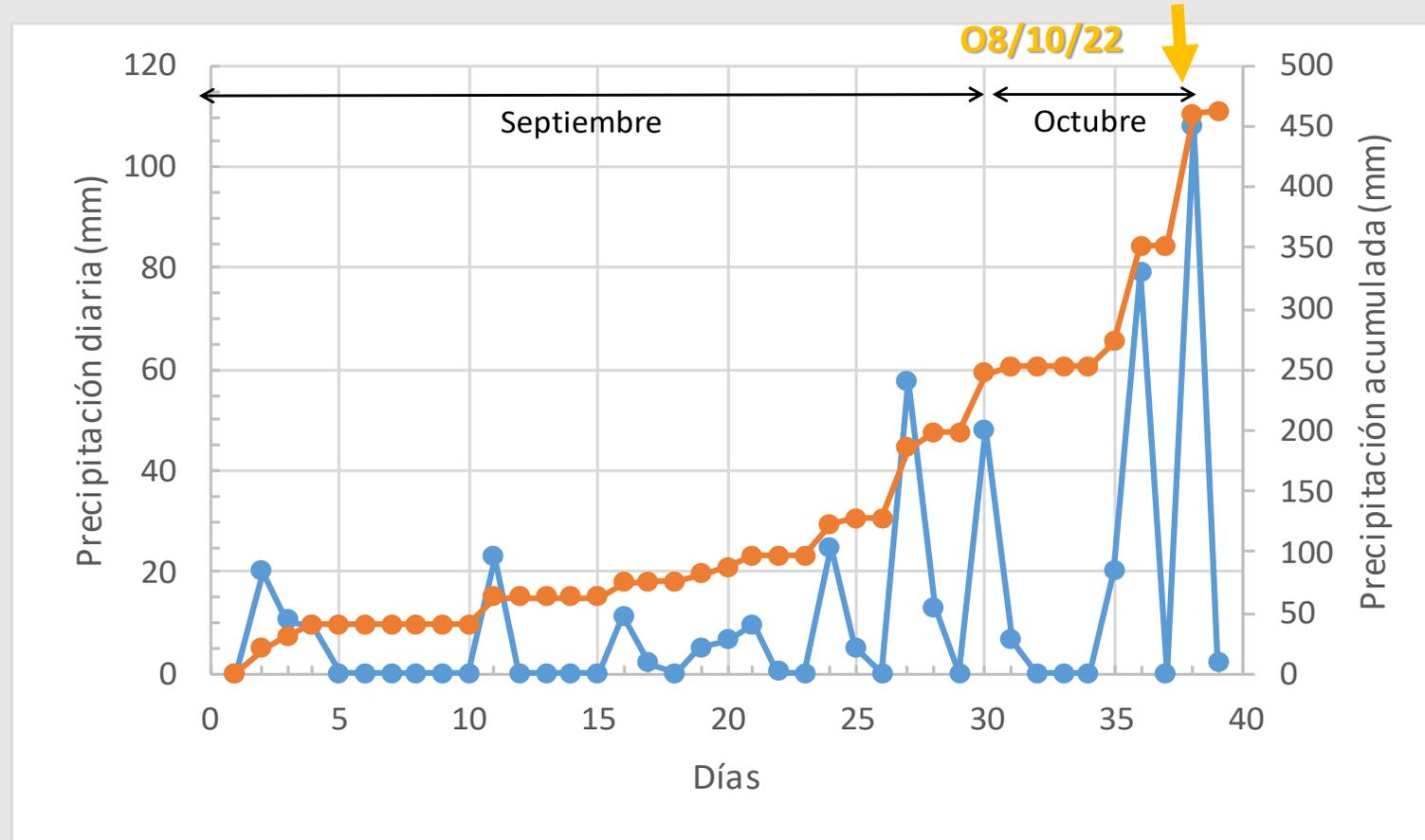
Área cuenca = 39 km²
 Longitud del cauce principal = 7,9 km
 Elevación máxima = 1131 msnm
 Elevación mínima = 483 msnm
 Pendiente promedio = 5,7%



Perfl longitudinal de la quebrada Los Patos

INCERTIDUMBRE EN RELACIÓN A LA LLUVIA PRECIPITADA

Datos de la Estación
Las Tejerías



Observaciones:

- 1) El Presidente del INAMEH en entrevista de Unión Radio el 10/10/22 reporta que la precipitación fue 180 mm con una duración de 6 horas (Lluvia similar a la tormenta ocurrida en El Limón el 06/09/87: 174 mm en 4,5 horas en estación Rancho Grande).
- 2) Estación Las Tejerías: 108 mm en 24 horas (estación convencional en el casco central de Las Tejerías).
- 3) Los habitantes de Las Tejerías en el sector de El Béisbol (Barrio Libertador), ubicado en la garganta de la quebrada, hablan de una lluvia mas corta que se inició a las 5:30 o 5:45 pm seguida de una creciente repentina unos pocos minutos después, a las 6 pm o 6:15 pm. Varias personas mencionan que el flujo llegó como una ola.



Mapa de seguimiento de la inundación del centro poblado de Las Tejerías, estado Aragua, producto de las fuertes lluvias ocurridas en Venezuela durante el mes de Octubre de 2022.

Este producto de valor agregado se ha elaborado como apoyo a las actividades realizadas por Protección Civil de Venezuela

DATOS UTILIZADOS

Post-Evento
Satélite: SATELLOGIC- NEWSAT SN29
Sensor: MSS
Imagen: 20221011_175022
SN29_L1_SR
Nivel de procesamiento: L1
Resolución espacial: 1 metro
Fecha: 11/10/2022



Copyright: Satellogic © 2022 - All Rights Reserved | Privacy Policy

SITUACIÓN RELATIVA



Escala 1: 7.500

Proyección Universal Transversal Mercator
Huso N°19, Hemisferio Norte
Datum geodésico WGS 1984

Los datos satelitales utilizados para generar este mapa fueron provistos por la "Carta Internacional Espacio y Grandes Desastres" (CHARTER)

Este producto representa un análisis preliminar y no ha sido verificado en campo.

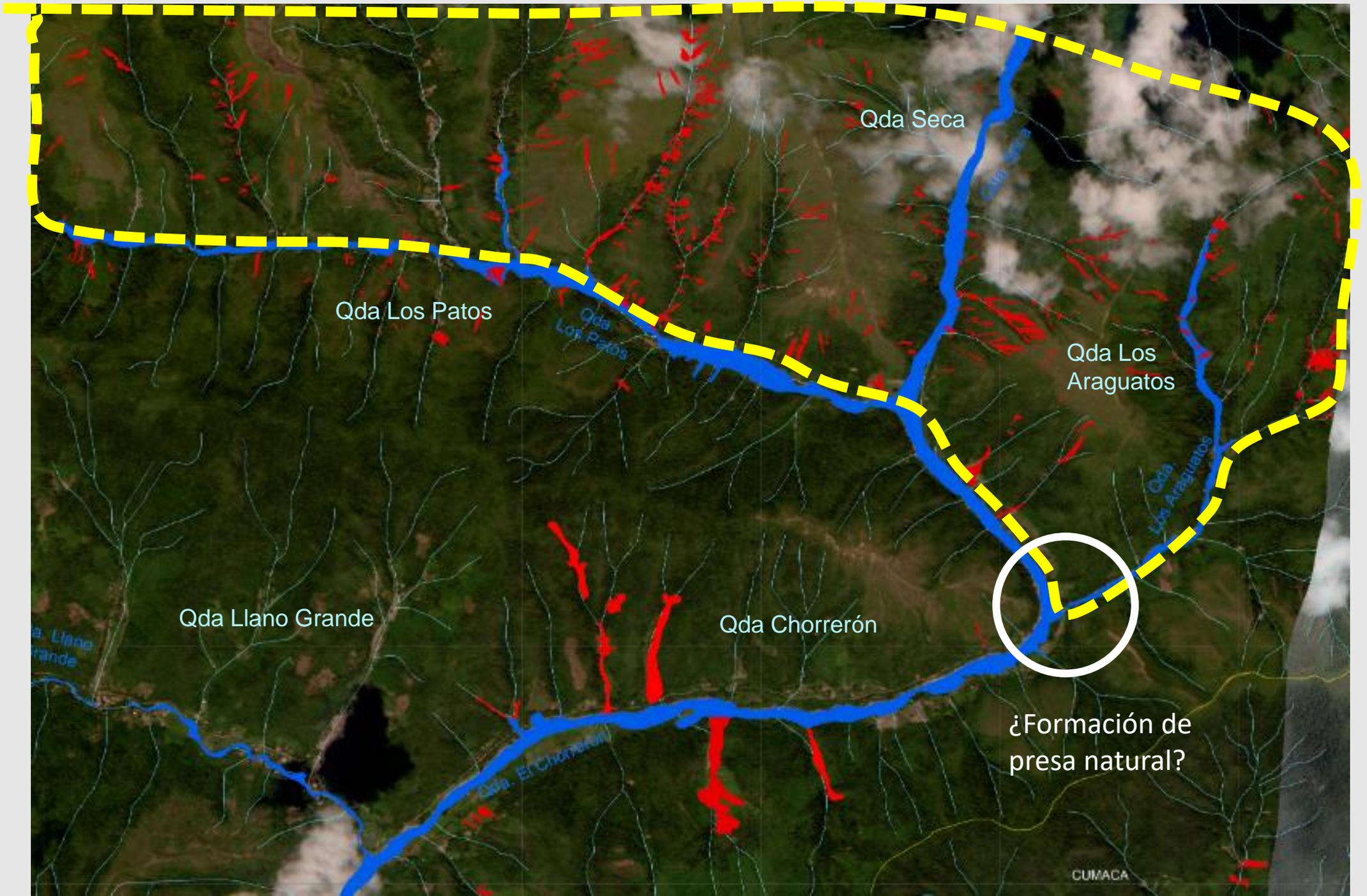
Imagen satelital de la ABAE (parte alta de la cuenca)



Fotos y montaje de Daniel Salcedo



Dique natural formado por árboles y restos vegetales en un tramo de la cuenca media de la quebrada Los Patos (Foto de internet).



Qda Seca

Qda Los Patos

Qda Los Araguatos

Qda Llano Grande

Qda Chorrerón

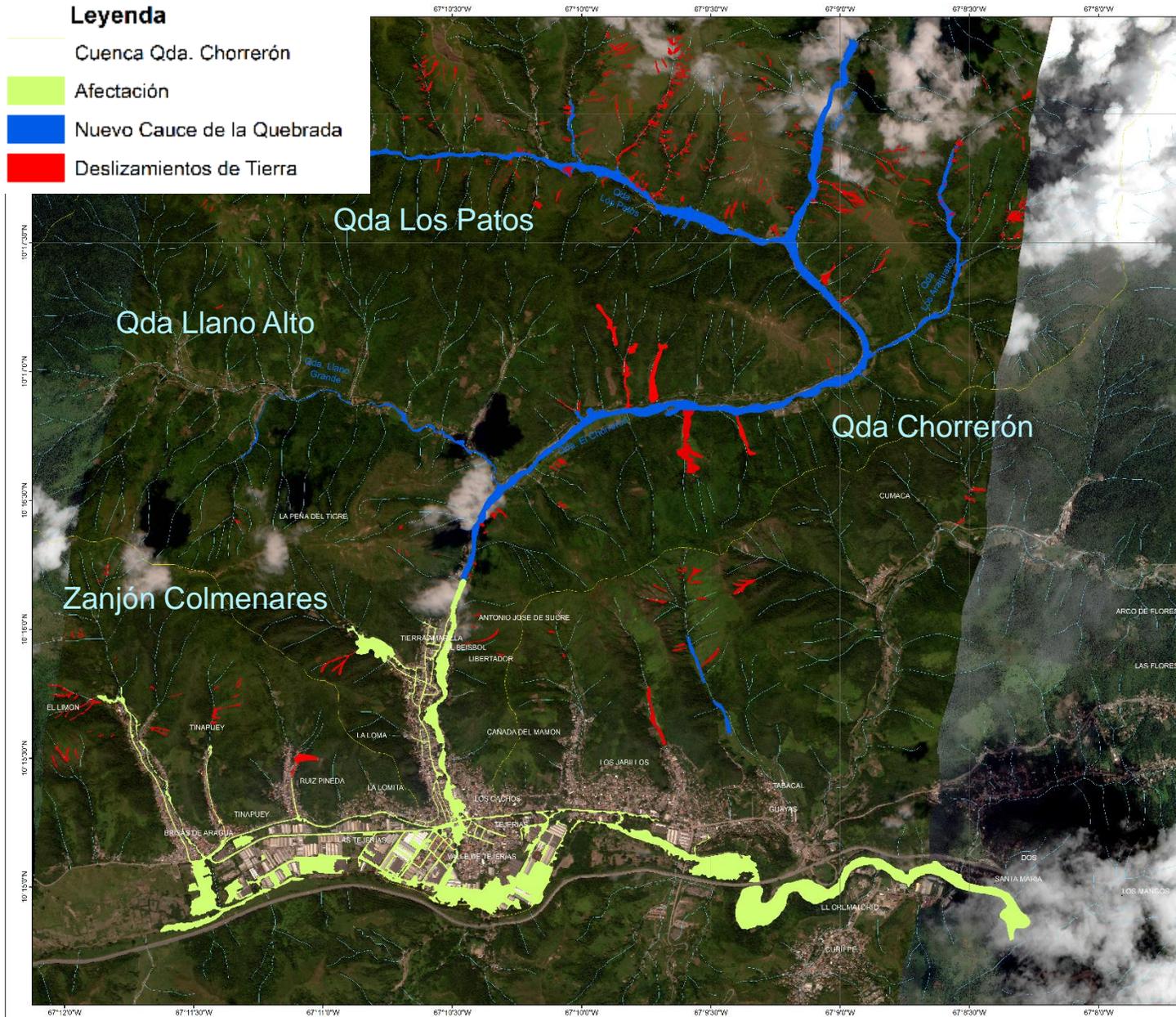


¿Formación de presa natural?

CUMACA

Leyenda

-  Cuenca Qda. Chorrerón
-  Afectación
-  Nuevo Cauce de la Quebrada
-  Deslizamientos de Tierra



Mapa de seguimiento de la inundación del centro poblado de Las Tejerías, estado Aragua, producto de las fuertes lluvias ocurridas en Venezuela durante el mes de Octubre de 2022.

Este producto de valor agregado se ha elaborado como apoyo a las actividades realizadas por Protección Civil de Venezuela

DATOS UTILIZADOS

Post-Evento
 Satellite: SATELLOGIC - NEWSAT SN29
 Sensor: MSS
 Imagen: 20221011_175022_SN29_L3_SR_MS_0
 Nivel de procesamiento: L1
 Resolución espacial: 1 metros
 Fecha: 11/10/2022

Satellite: PLEIADES-1
 Sensor: PHR1A
 Imagen: IMG_PHR1A_PMS_202210161509519_ORIG_6531538101_R1C1
 Nivel de procesamiento: Ortho
 Resolución espacial: 0.5 metros
 Fecha: 16/10/2022



Copyright: SateLogic©(2022). All rights Reserved, Privacy Policy



Copyright: Incluye Pleiades material © CNES (2022), Distribution Airbus DS.

DATOS VECTORIALES

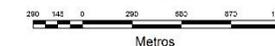
Proyecto CARTOCENTRO- IGVS, Ministerio del Poder Popular para la Atención de las Aguas

SITUACIÓN RELATIVA



Leyenda

-  Cuenca Qda. Chorrerón
-  Afectación
-  Nuevo Cauce de la Quebrada
-  Deslizamientos de Tierra

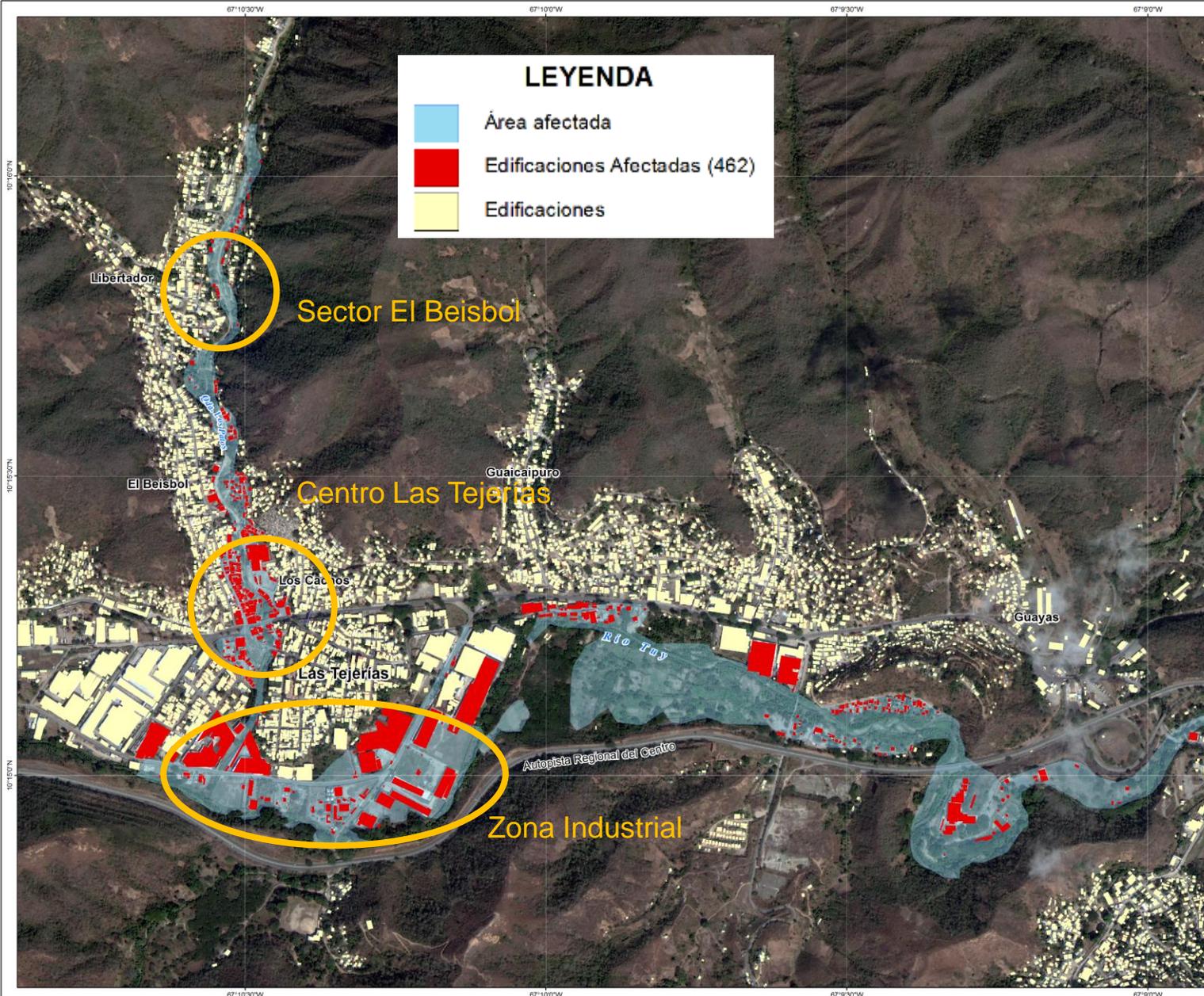


Escala 1: 12.000

Proyección Universal Transversal Mercator
 Huso N°19, Hemisferio Norte
 Datum geodésico WGS 1984

Los datos satelitales utilizados para generar este mapa fueron provistos por la "Carta Internacional Espacio y Grandes Desastres" (CHARTER)

Este producto representa un análisis preliminar y no ha sido verificado en campo.



La población de Las Tejerías, estado Aragua, se ha visto afectada debido a las fuertes precipitaciones ocurridas en la zona. Este producto de valor agregado presenta las áreas afectadas por aludes torrenciales en Las Tejerías, extraídas a partir del análisis visual de una imagen del satélite Pleiades de fecha 12/10/2022. Del mismo modo se presentan en color rojo, las edificaciones afectadas (462) por estos aludes torrenciales.

LEYENDA

- Área afectada
- Edificaciones Afectadas (462)
- Edificaciones

DATOS UTILIZADOS

Imagen Pre-Evento



Satélite: VRSS-2, "Sucre"
Sensor: HRC
Imagen: VRSS-2-MSS-0288-0328-20220101-I2b-1009182810761, Fusiónada
Resolución Espacial: 1m.
Fecha: 01/01/2022.

Imagen Post-Evento



Satélite: Pleiades
Sensor: PHR1B
Imagen: IMG-PHR1B-PMS-202210121450334-ORT-652857101-R1C1
Resolución Espacial: 0,7m.
Fecha: 12/10/2022.

Datos Vectoriales



Data in this repository has been licensed by Microsoft under the Open Data Commons Open Database License (ODbL).

SITUACIÓN RELATIVA



Escala: 1:5.000
Meters

Coordenadas Geográficas
Datum WGS 84

Los datos satelitales utilizados para generar este mapa, fueron provistos por la "Carta Internacional Espacio y Grandes Desastres" (CHARTER).

Este producto representa un análisis preliminar y no ha sido verificado en campo.



Puente del Ferrocarril
(después de la crecida del 08/10)



Estación Las Tejerías del Gran Ferrocarril Venezuela, fundado en 1908
(Fuente: Alfredo Cilento)

Obstrucción del puente y desvío del flujo hacia su margen derecha, creando un nuevo curso de agua que se une con el curso principal aguas abajo del segundo puente, en la zona del estacionamiento.





Puente N°1 (pila central)



Puente N°2 (muy angosto)



**Puente N°3
(muy bajo)**



Quebrada Los Patos

Zanjón Colmenares

Sector El Béisbol

Río Tuy

Autopista Caracas-Valencia

Carretera Panamericana

Autopista Caracas-Valencia

Río Tuy

Image © 2022 Maxar Technologies

Google Earth

Quebrada Los Patos

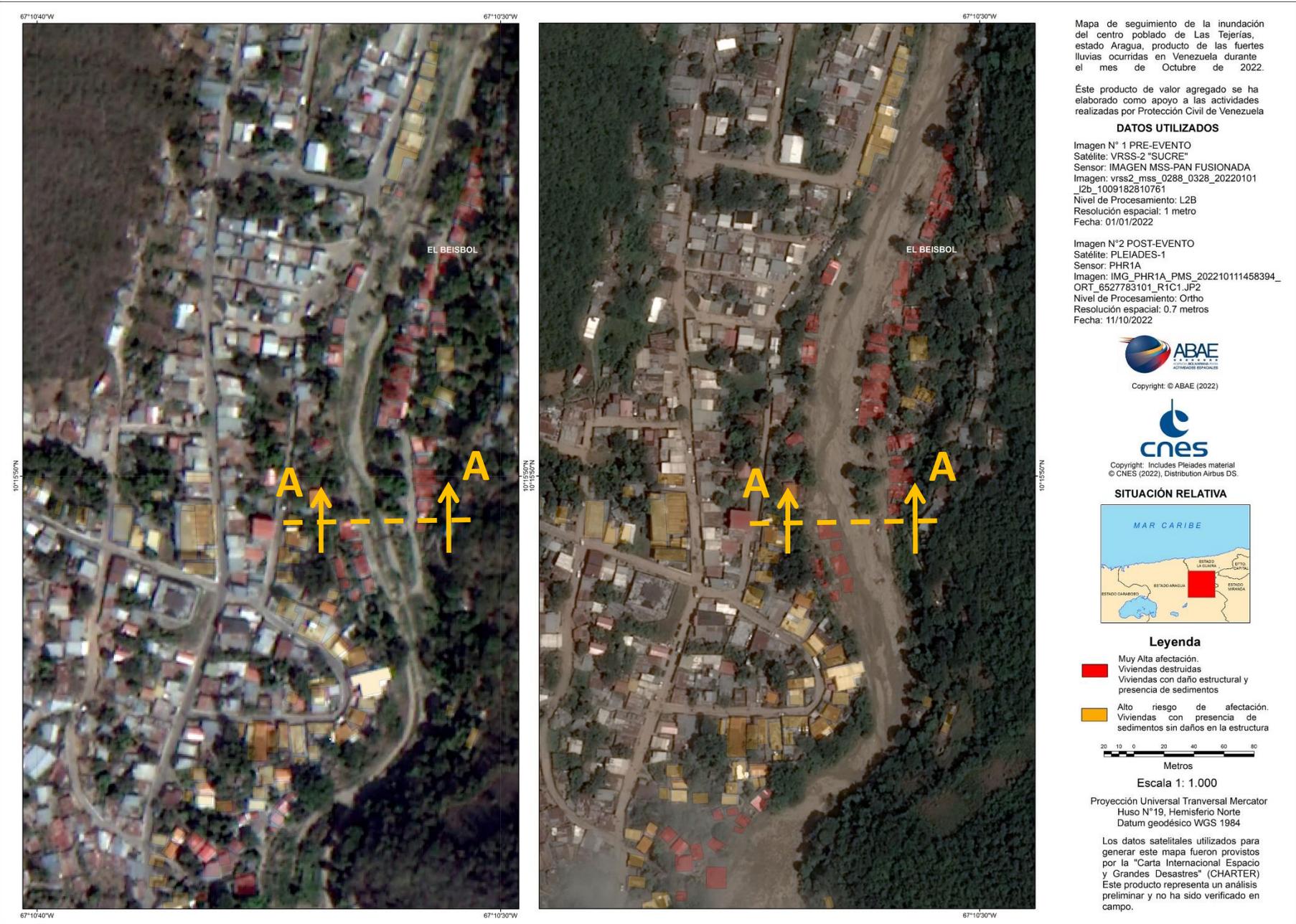
Zanjón Colmenares

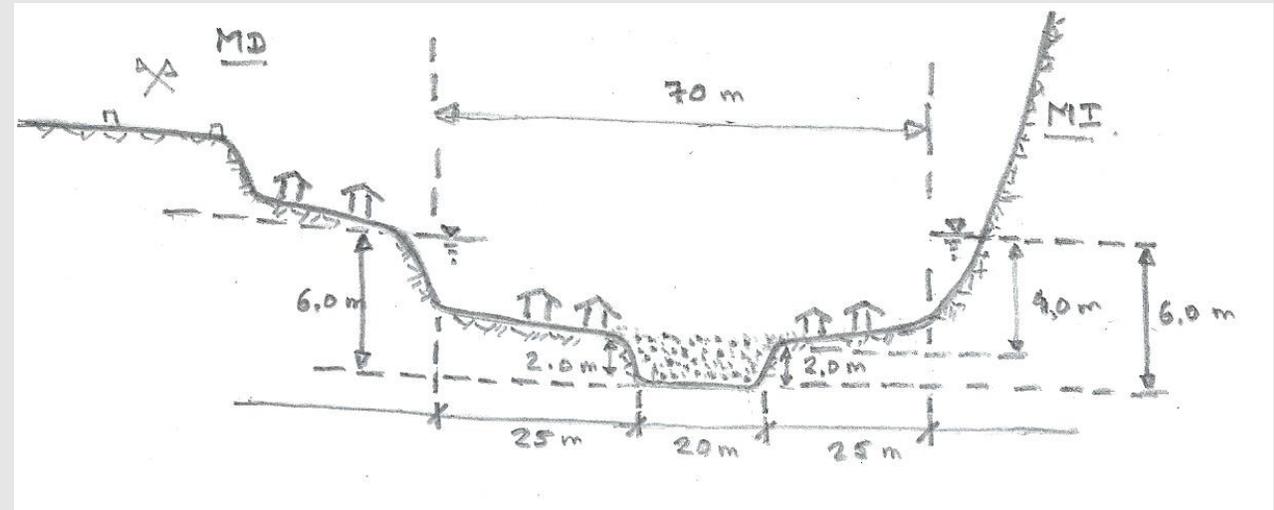
Sector El Béisbol

Barrio Libertador

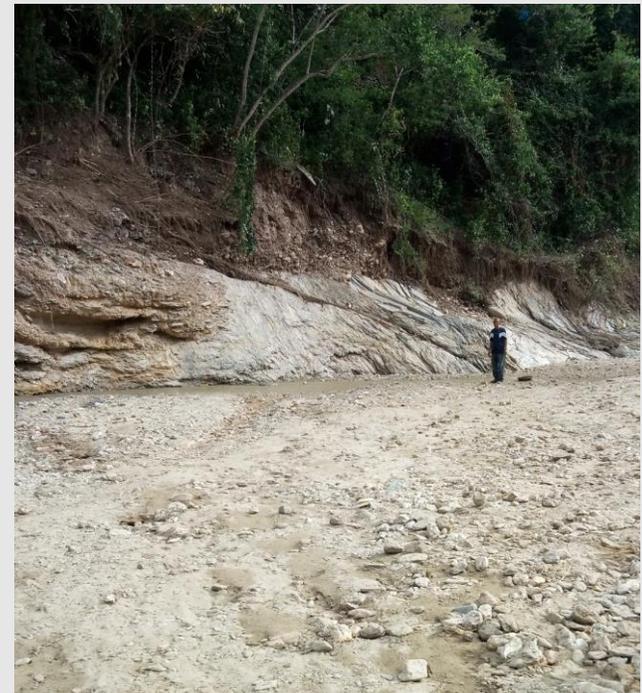
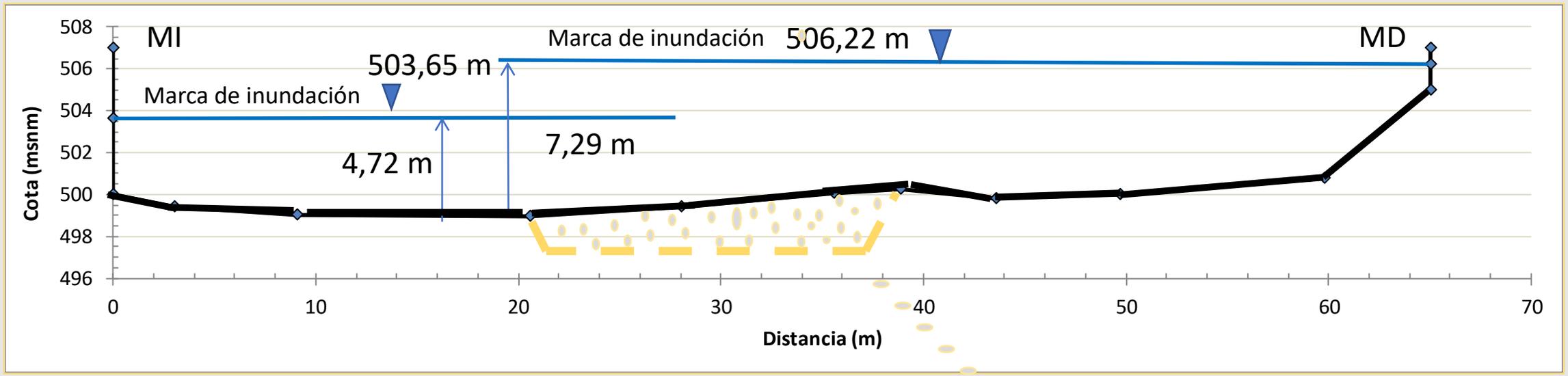


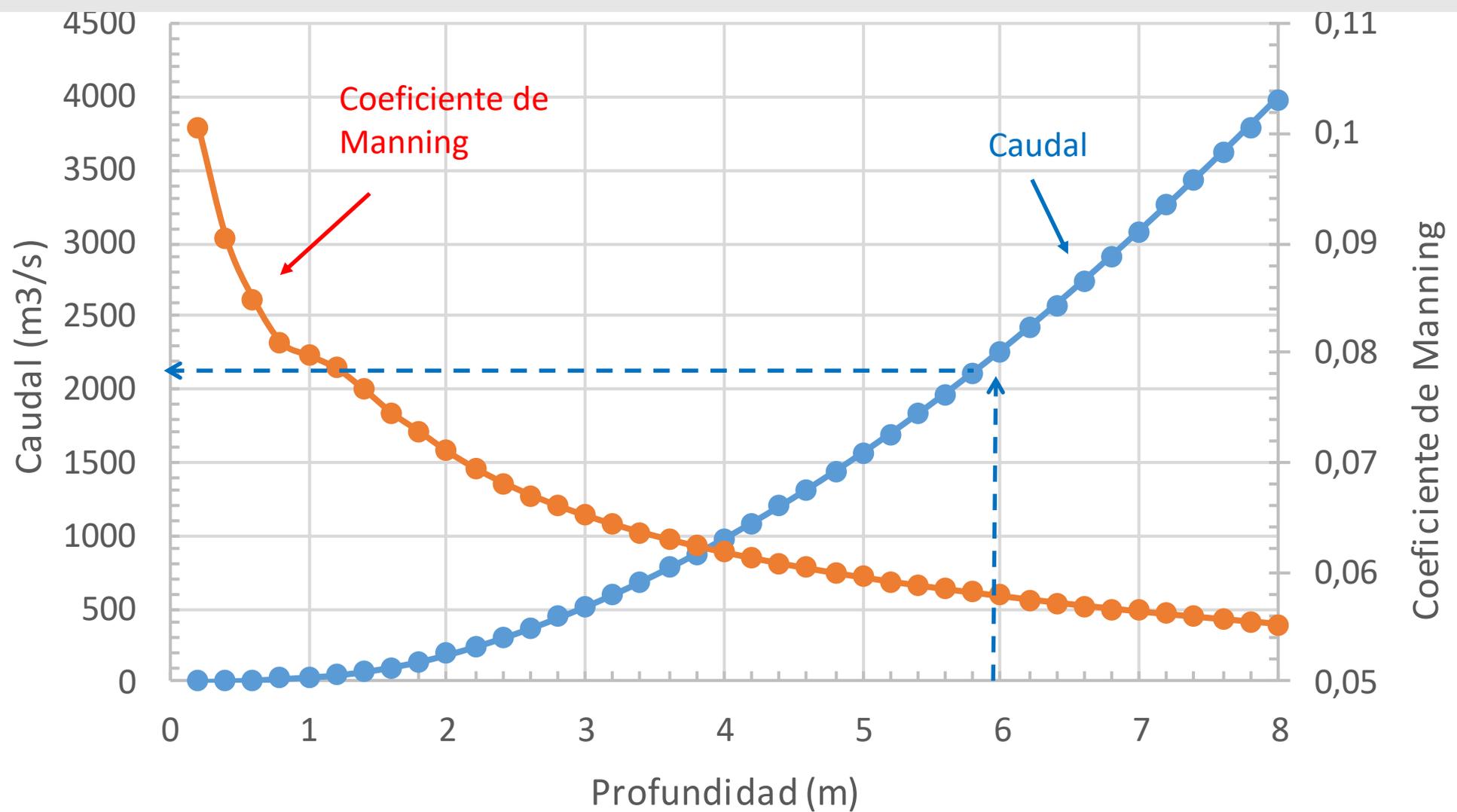
**Barrio
Libertador**





Sección A-A
Sección transversal aproximada
(mirando hacia aguas arriba)

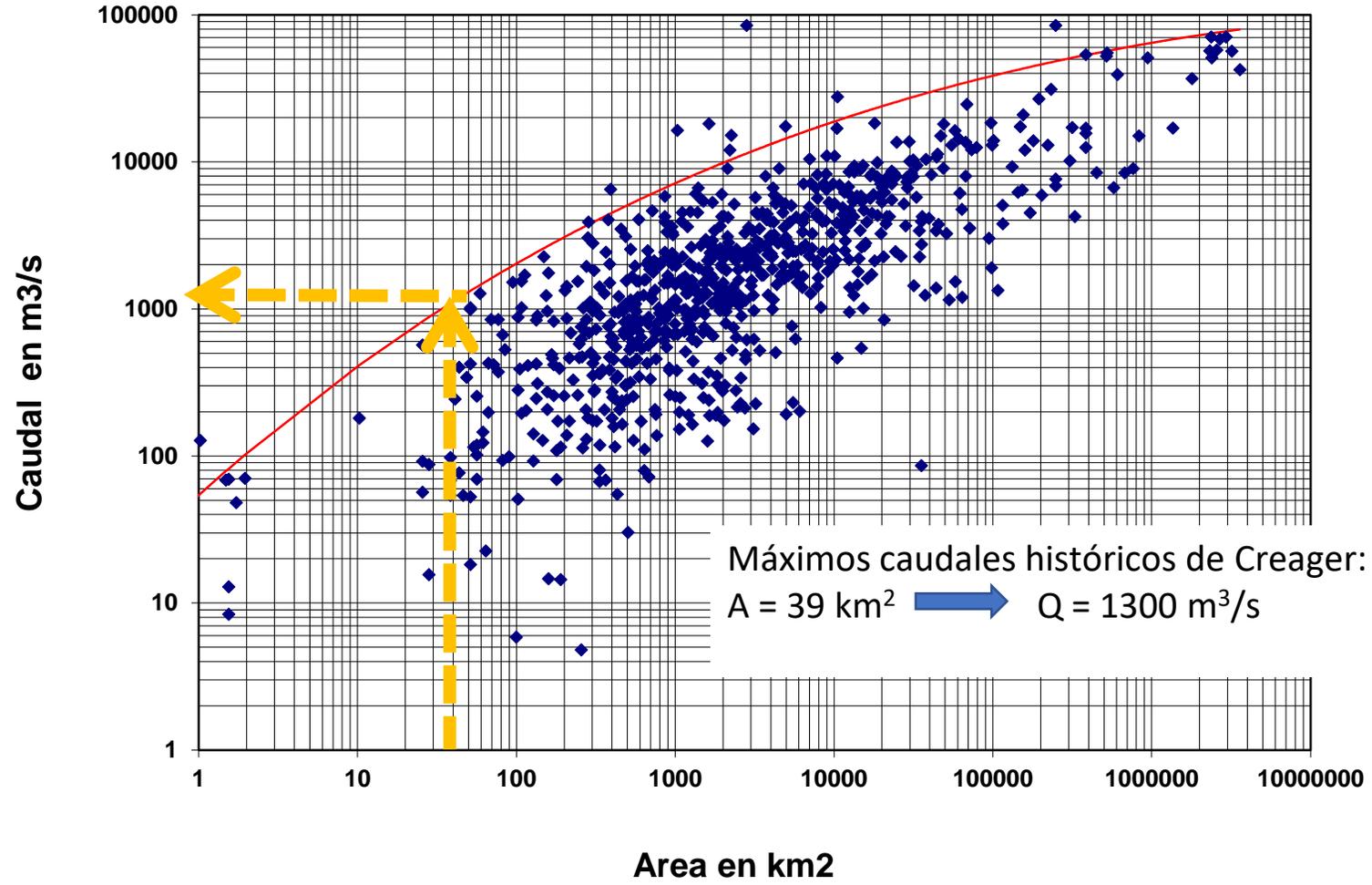




Curva de gastos (predictor de fricción de Jarret para ríos de montaña)
 Pendiente longitudinal en el tramo es 2,1%



La medición indirecta del caudal, basado en las marcas dejadas por la creciente, indican un valor del caudal cercano a 2000 m³/s



◆ Datos Históricos

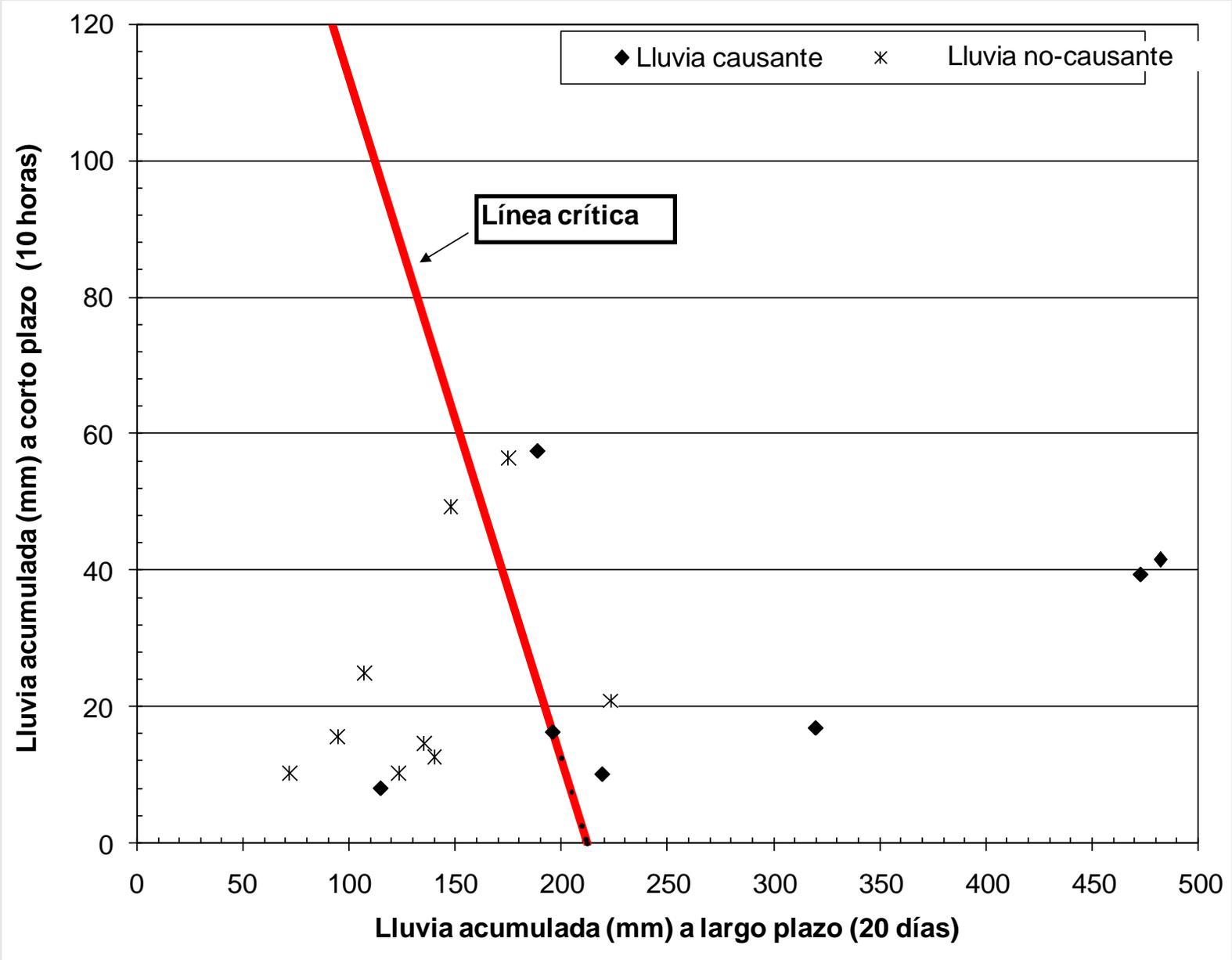
— Ajuste C=100

Estimación del caudal producido por el rompimiento brusco de una presa:

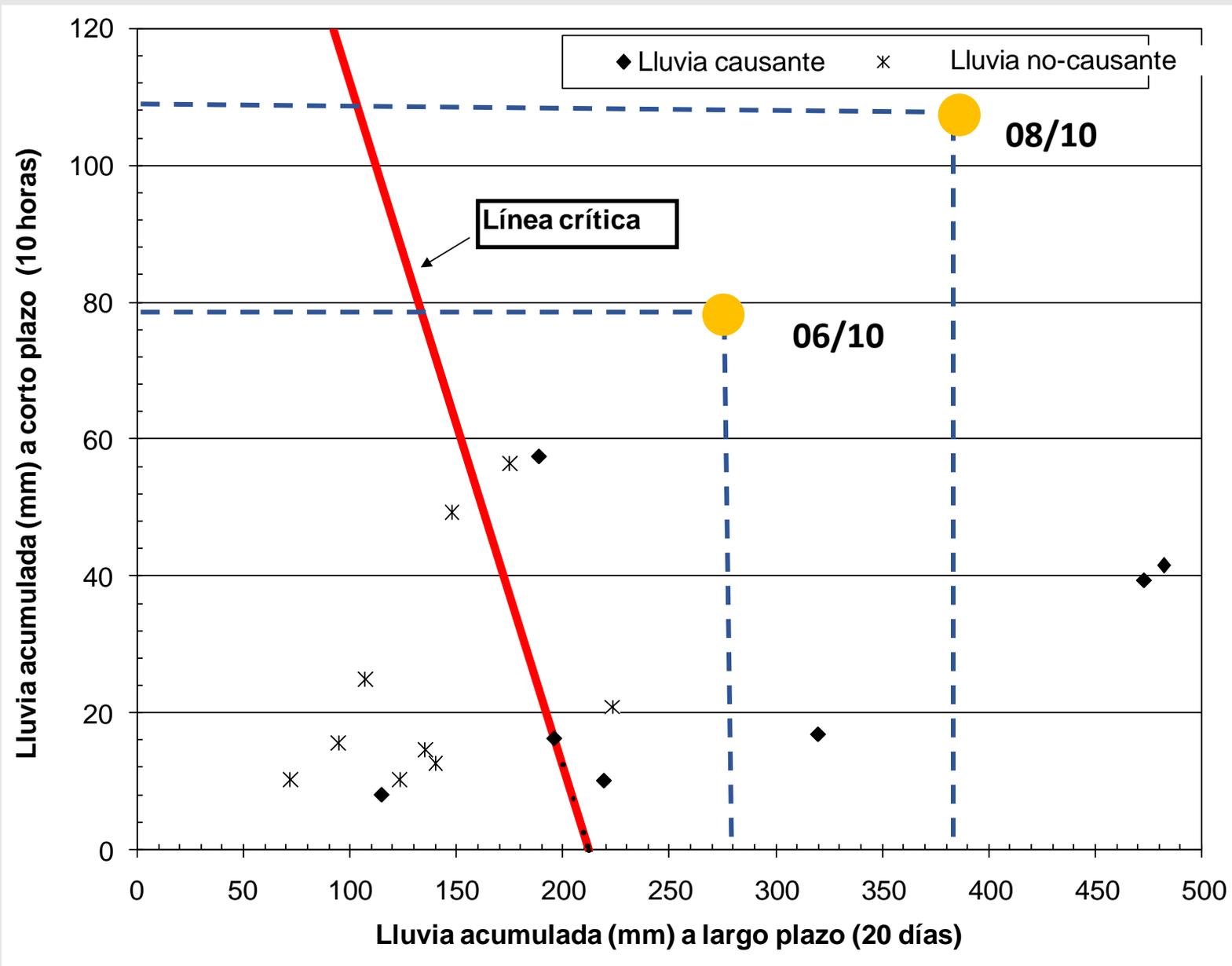
$$Q = \Phi * B * g^{0,5} * H^{1,5}$$

Sitio	Area cuenca	Caudal (m ³ /s)		
		Marca de creciente (modelo de Jarret)	Creager	Rompimiento de presa h = 15 m
Barrio Libertador	Km ²			
	39	2000	1300	1500

LÍNEA CRÍTICA PARA INICIO DE ALUDES TORRENCIALES EN CATIA LA MAR



LÍNEA CRÍTICA PARA INICIO DE ALUDES TORRENCIALES EN CATIA LA MAR



Acumulado en 20 días al 08/10 = 384,3 mm
Acumulado en 10 horas al 08/10 = 108 mm

Acumulado en 20 días al 06/10 = 278,3 mm
Acumulado en 10 horas al 06/10 = 79,4mm

**Umbrales de lluvia:
Una herramienta
indispensable para un
sistema de alerta
temprana**

PROBLEMA CON LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLOGICA

RED HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL

Organismo	Total Estaciones
MARNR	811
EDELCA	50
CVG	40
FAV	41
FONAIAP	25
ARMADA	7
UCV	1
Total	975

Organismo	Estaciones			Total
	Pluviométrica	Climatologica	Hidrométrica	
MINAMB	576	55	22	653
EDELCA	92	29	26	147
FAV		36		36
INIA		20		20
ARMADA		7		7
UCV	6	4		10
Total	674	151	48	873

Fuente: Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología, CONICIT, 1991 (Silva, G. 2000)

Fuente: Recursos Hídricos de Venezuela, MINAMB, 2006

PROBLEMA DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLOGICA

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) creado el 2008



¿Podemos ocupar los abanicos aluviales?

El ejemplo de Kobe y las Montañas Roko





Presas cerrada, de concreto armado, rodeada de casas residenciales al comienzo de la zona urbana del Río Sumiyoshi, en Kobe.



Vista de la canalización del Río Sakase y ocupación urbana de la planicie inundable en Kobe.



Torretera en Zanjón
Colmenares

Quebrada Los Patos

Presas de
retención

Garganta del
torrente

Canalización

Confluencia

Río Tuy

Autopista Regional del
Centro

Carretera Panamericana

Autopista Regional del
Centro

Río Tuy

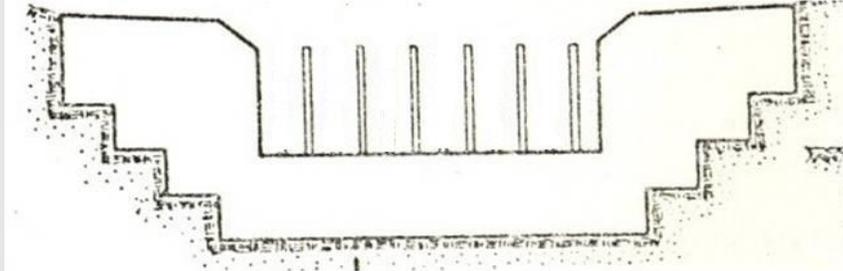
Laguna de alivio y
sedimentación

Río Tuy

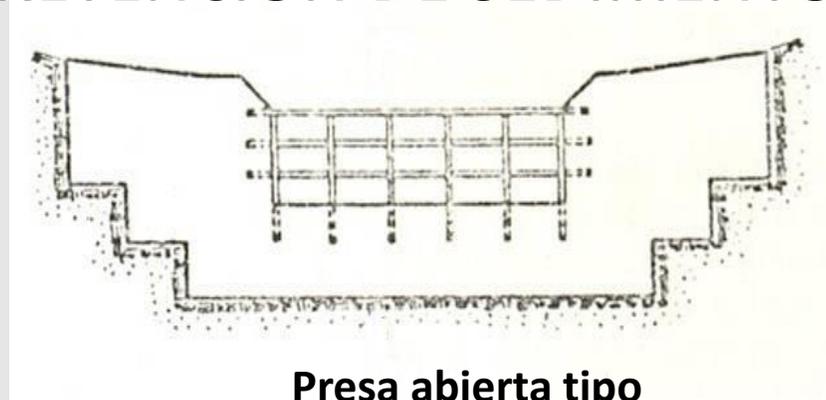
Image © 2022 Maxar Technologies

Google Earth

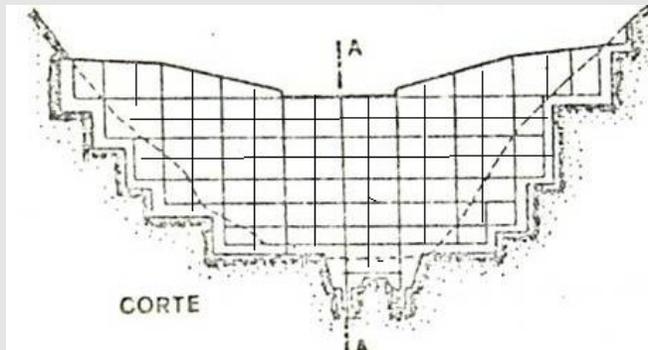
TIPOS DE PRESAS DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS



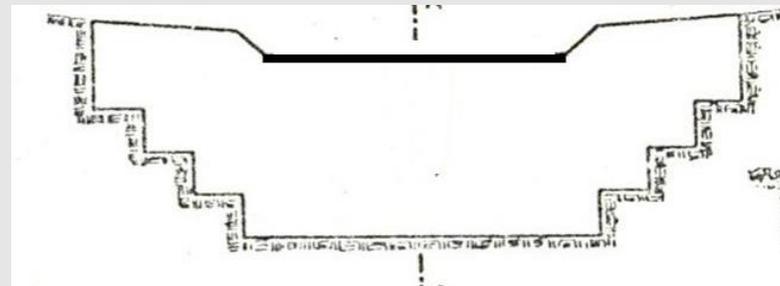
**Presas abiertas tipo rastrillo
(extremo aguas arriba)**



**Presas abiertas tipo
enrejado simple**



**Presas abiertas tipo
enrejado reticular**



**Presas cerradas
(extremo aguas abajo)**

COMENTARIOS FINALES

Comentarios finales sobre la inundación de Las Tejerías

- El problema principal lo constituye la ocupación que ha tenido lugar en la garganta y valles intramontanos del cauce torrencial, así como en su abanico aluvial.
- El flujo sedimentario del alud torrencial estuvo compuesto mayormente por gravas, arenas y material fino (limos y arcillas), con pocos peñones, pero con una gran componente de arrastres vegetales. Se hace necesario entonces implementar obras de retención de arrastres vegetales (presas abiertas) en la garganta de la quebrada.
- Los grandes aportes de sedimentos y restos vegetales contribuyeron a la obstrucción y sedimentación de los tres puentes, ayudados por la baja capacidad y presencia de pilas, desviando los flujos de la creciente hacia las zonas urbanas.
- Aguas abajo, la inundación en la zona industrial, fue ayudada por la crecida del río Tuy, cuyos altos niveles de agua contribuyeron a represar (remansar) los flujos de la quebrada Los Patos, desbordándolos lateralmente hacia dicha zona.

Comentarios finales

Las medidas de mitigación de tipo estructural para proteger a la población deben concentrarse en el diseño de las siguientes obras:

- a. Un conjunto de presas abiertas para retención de restos vegetales y sedimentos gruesos, en la garganta de la quebrada Los Patos, finalizando con una presa cerrada.
- b. Una canalización amplia del curso de la quebrada Los Patos, del tipo de fondo móvil, con revestimiento de márgenes y provista de traviesas en el lecho para controlar la erosión, que culmine en una transición en curva suave para descargar los flujos en el río Tuy.
- c. Reconstrucción de los dos puentes del casco central y evaluación del tercer puente (zona industrial), sin presencia de pilas, y con suficiente altura por encima del tope de la canalización, para evitar la obstrucción por arrastres de grandes restos vegetales.
- d. Una torrentera y obras de control de erosión en laderas en zanjón Colmenares, a fin de proteger a la población del sector El Béisbol, ubicado en una terraza en la garganta de la quebrada Los Patos.

Comentarios finales

Las medidas de mitigación de tipo no estructural deben concentrarse en :

- a) Desalojar y reubicar las personas que habitan las viviendas ubicadas en la garganta de la quebrada, y en la franja de protección definida en la normativa vigentes (ancho de 25 a 30 m en cada margen a lo largo de todo su cauce).
- b) Elaborar planes de contingencia, vías de escape, zonas de refugio, para los residentes en zonas de amenaza.
- c) Solicitar al INAMEH la instalación de estaciones pluviométricas telemétricas en la cuenca, es decir estaciones que transmitan en tiempo real, a los fines de desarrollar e instrumentar un sistema de alerta temprana con participación de las comunidades.
- d) Hacer un censo a nivel nacional de las estaciones hidrometeorológicas en funcionamiento y hacerlo del conocimiento público.
- e) Definir cuencas prioritarias y concentrar esfuerzos para recuperar en ellas la red de estaciones hidrometeorológicas. Ejemplo: Cuencas del río Guaire, Litoral Guaireño, Mocotíes, El Limón, Tejerías etc.
- f) Declarar la información hidrometeorológica como un bien público y colocar en Internet los datos que registren las estaciones, para uso de las comunidades, investigadores, organismos e instituciones interesadas en hacer uso de esa

Medidas de mitigación de tipo no estructural (Continuación):

- a. Elaborar mapas de amenaza y un plan de ordenamiento y reglamento de uso del área afectada por los aludes torrenciales del 08/10/22. Este plan debe basarse en la definición de la franja de protección lateral en las márgenes de la quebrada, estipulada en la normativa vigente.
- b. Construir un parque o museo didáctico, acompañado de monumento recordatorio de las víctimas de la tragedia, con el fin de educar a la población sobre los fenómenos torrenciales y sus medidas de mitigación. El parque didáctico debe disponer de fotos aéreas, imágenes satelitales, maquetas, pluviómetros caseros, modelos en pequeña escala de los cursos torrenciales y de las presas de control de sedimentos, etc.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

