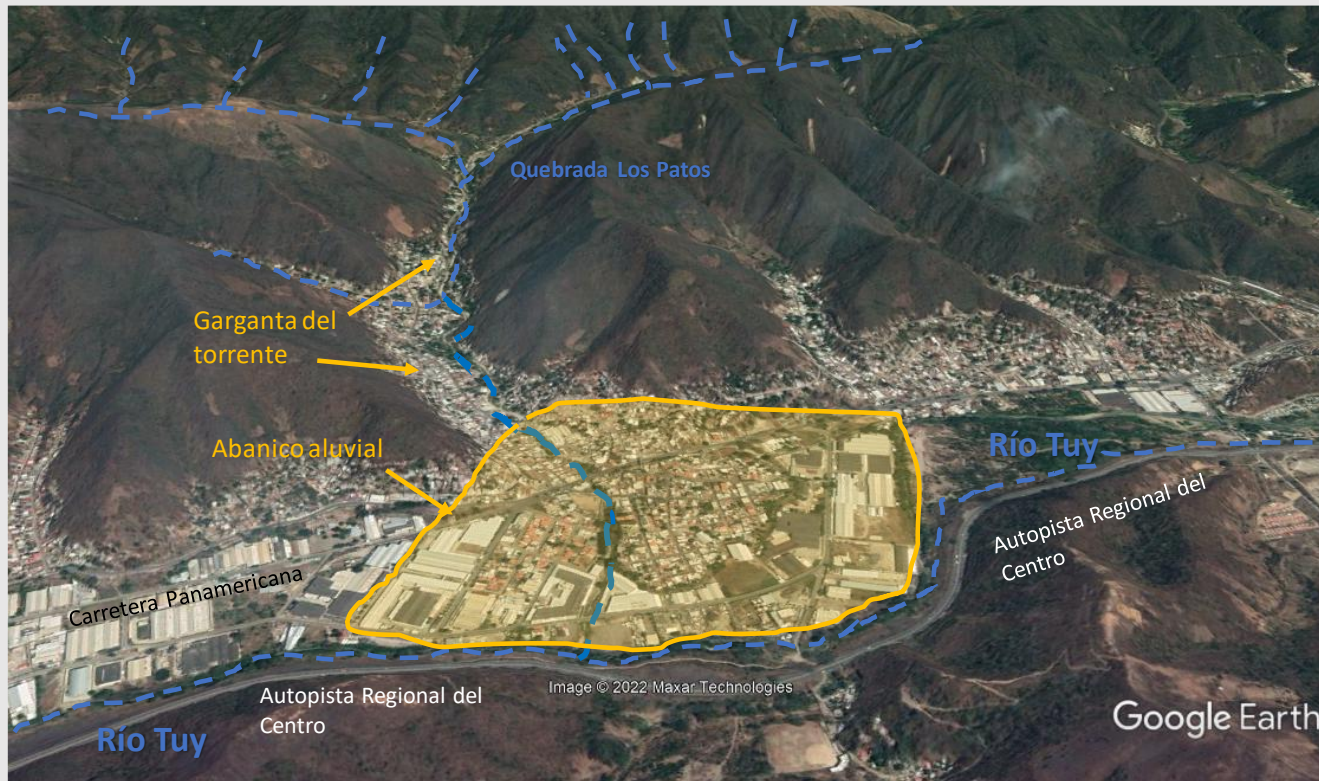


# EL DESASTRE DE LAS TEJERÍAS

¿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 Choroní (Choroní, 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



Río Uria en Vargas

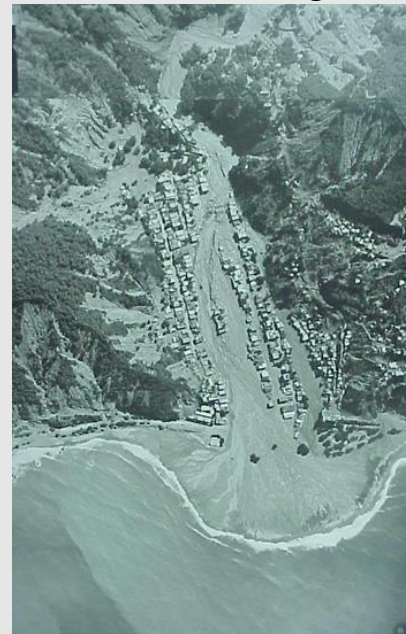
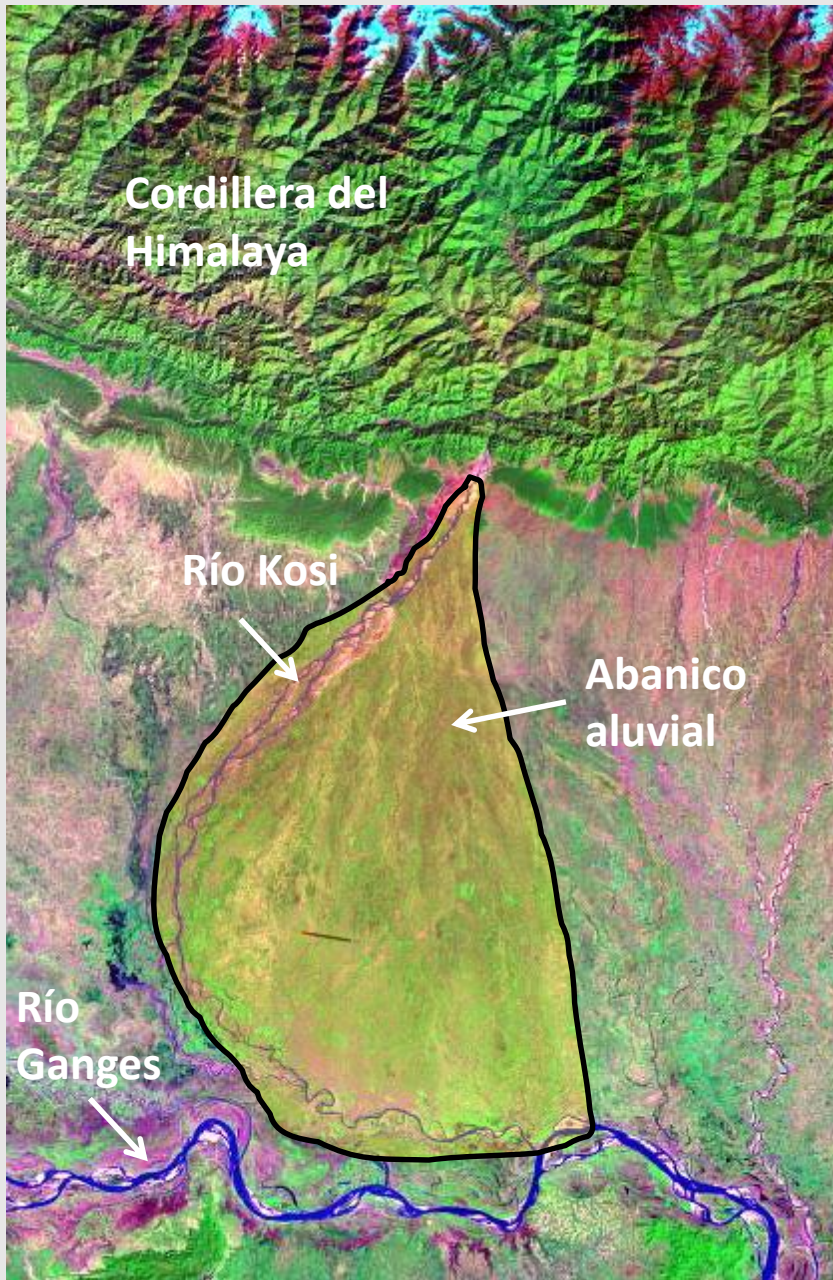


Image © 2022 Maxar Technologies  
Image © 2022 CNES / Airbus

Google Earth

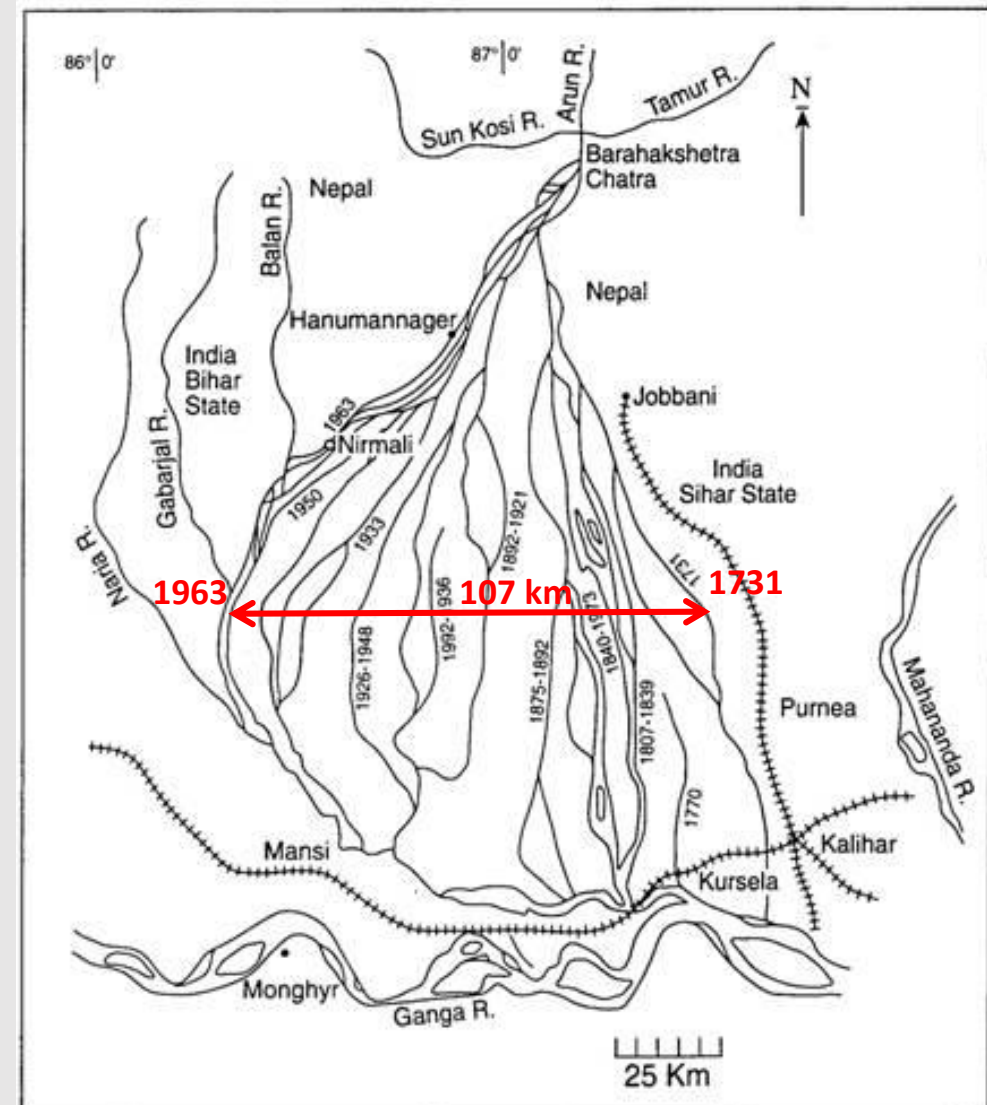




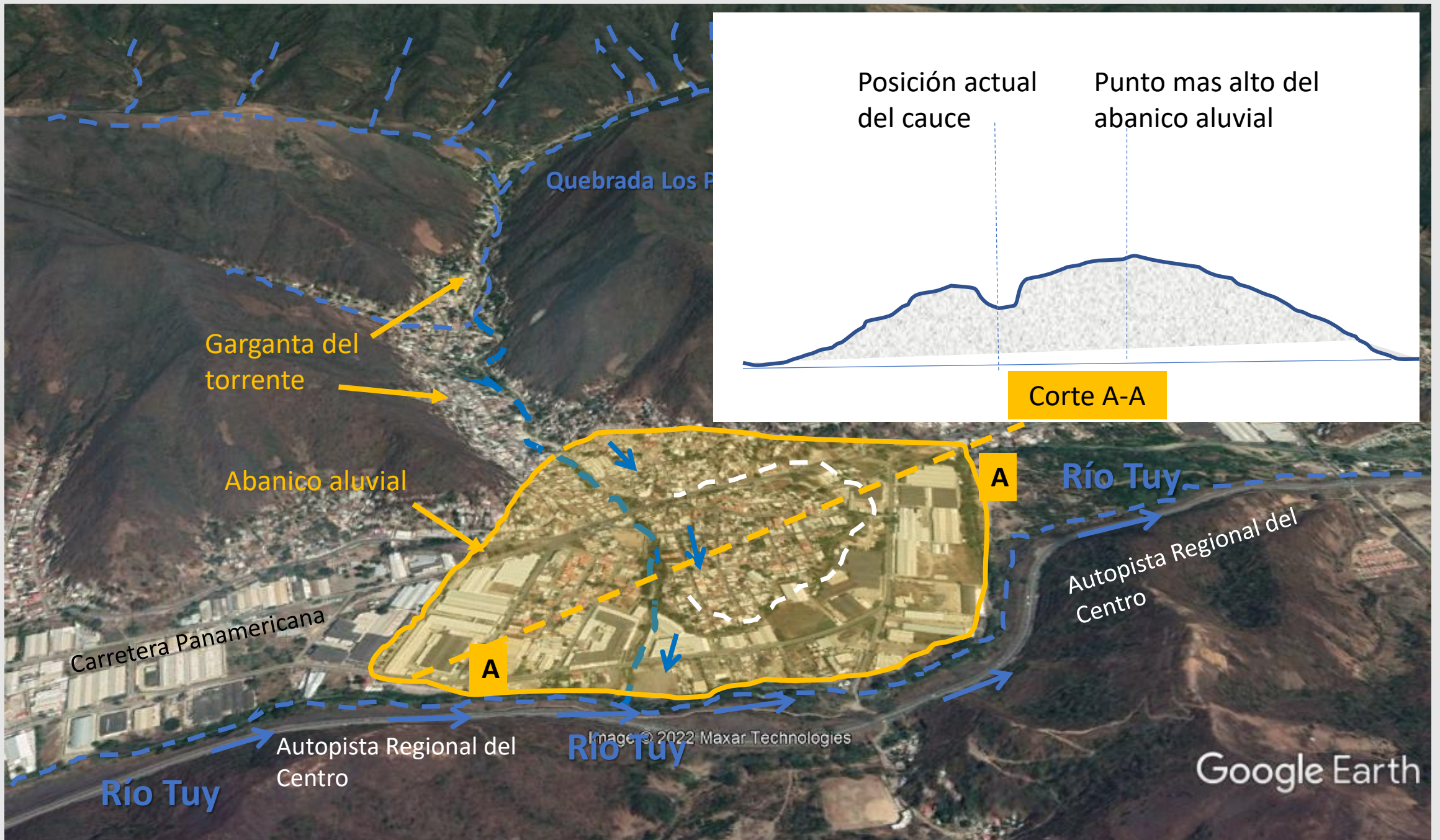
Fuente: Gary Parker (imagen de la NASA)  
<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>

## EL RIO KOSI Y SU GIGANTESCO ABANICO ALUVIAL

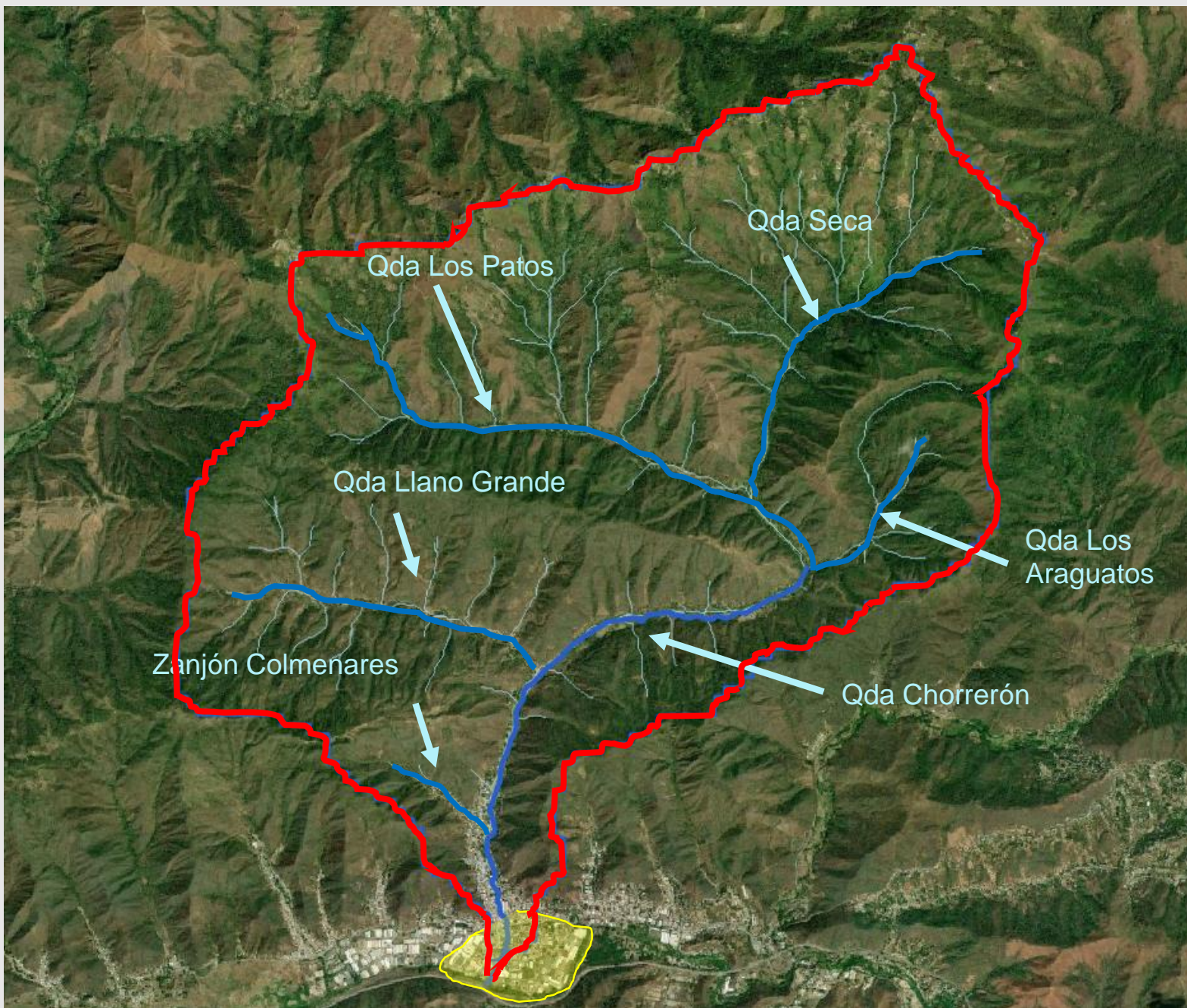
- La mayoría del sedimento transportado por el Río Kosi se deposita en el abanico aluvial y nunca alcanza a llegar al río Ganges.
- Migración lateral por el fenómeno de avulsión.











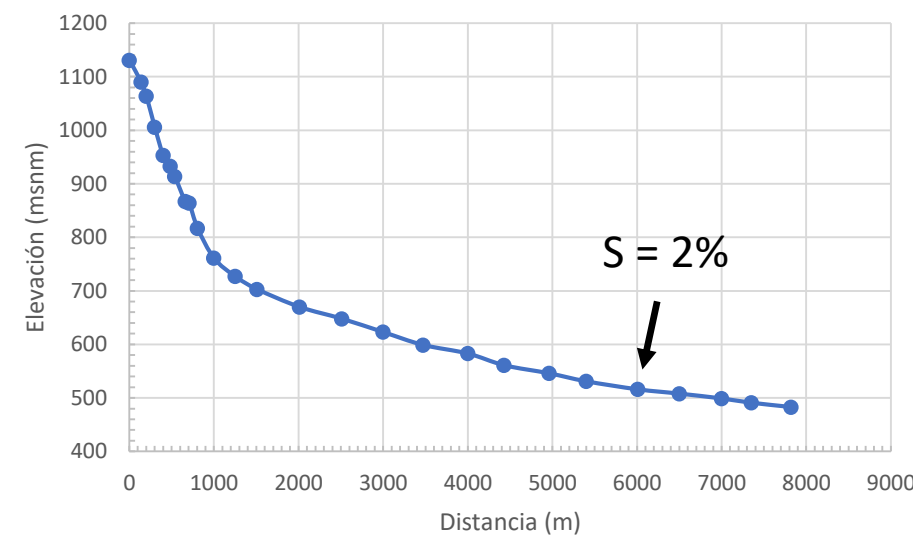
Área cuenca = 39 km<sup>2</sup>

Longitud del cauce principal = 7,9 km

Elevación máxima = 1131 msnm

Elevación mínima = 483 msnm

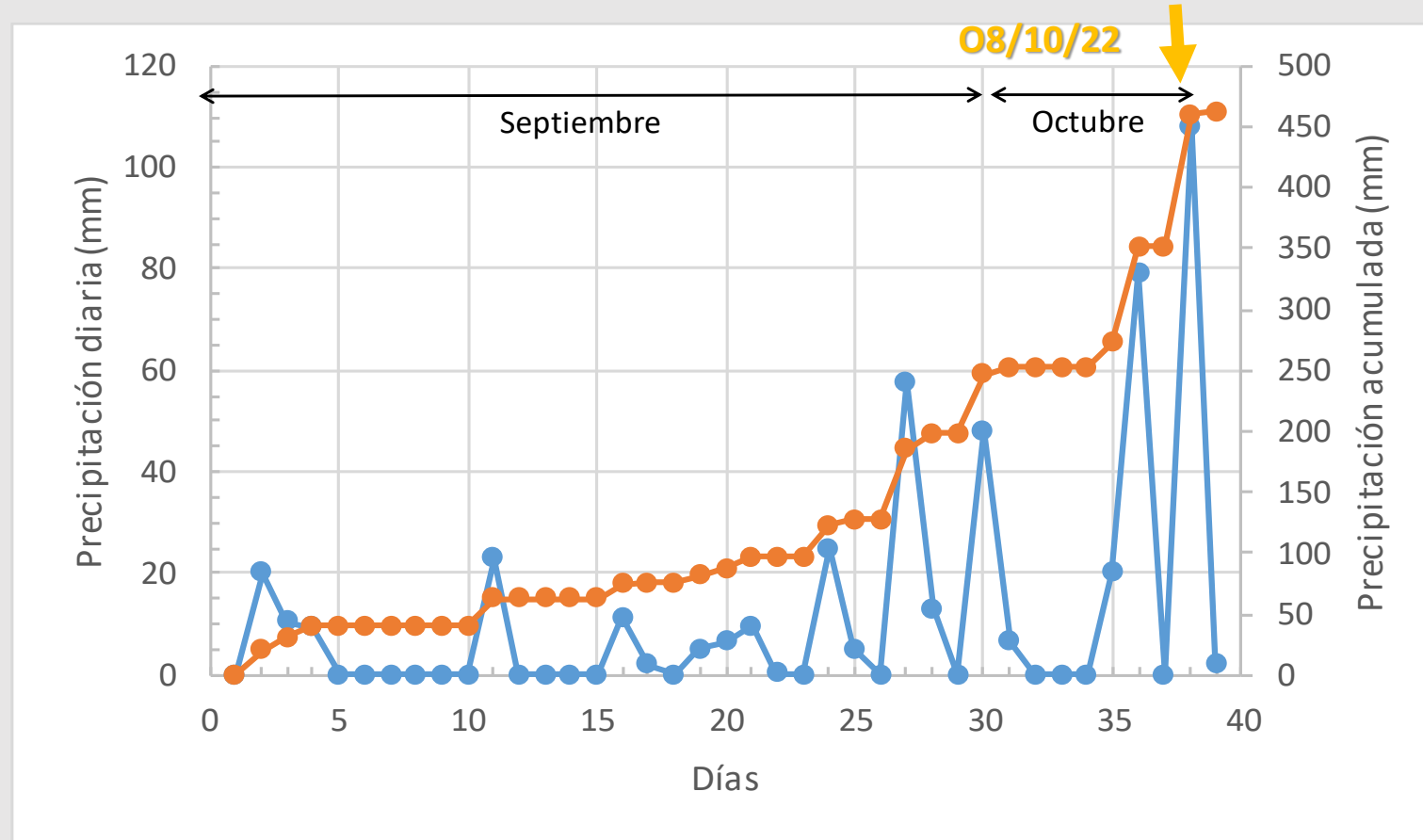
Pendiente promedio = 5,7%



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.



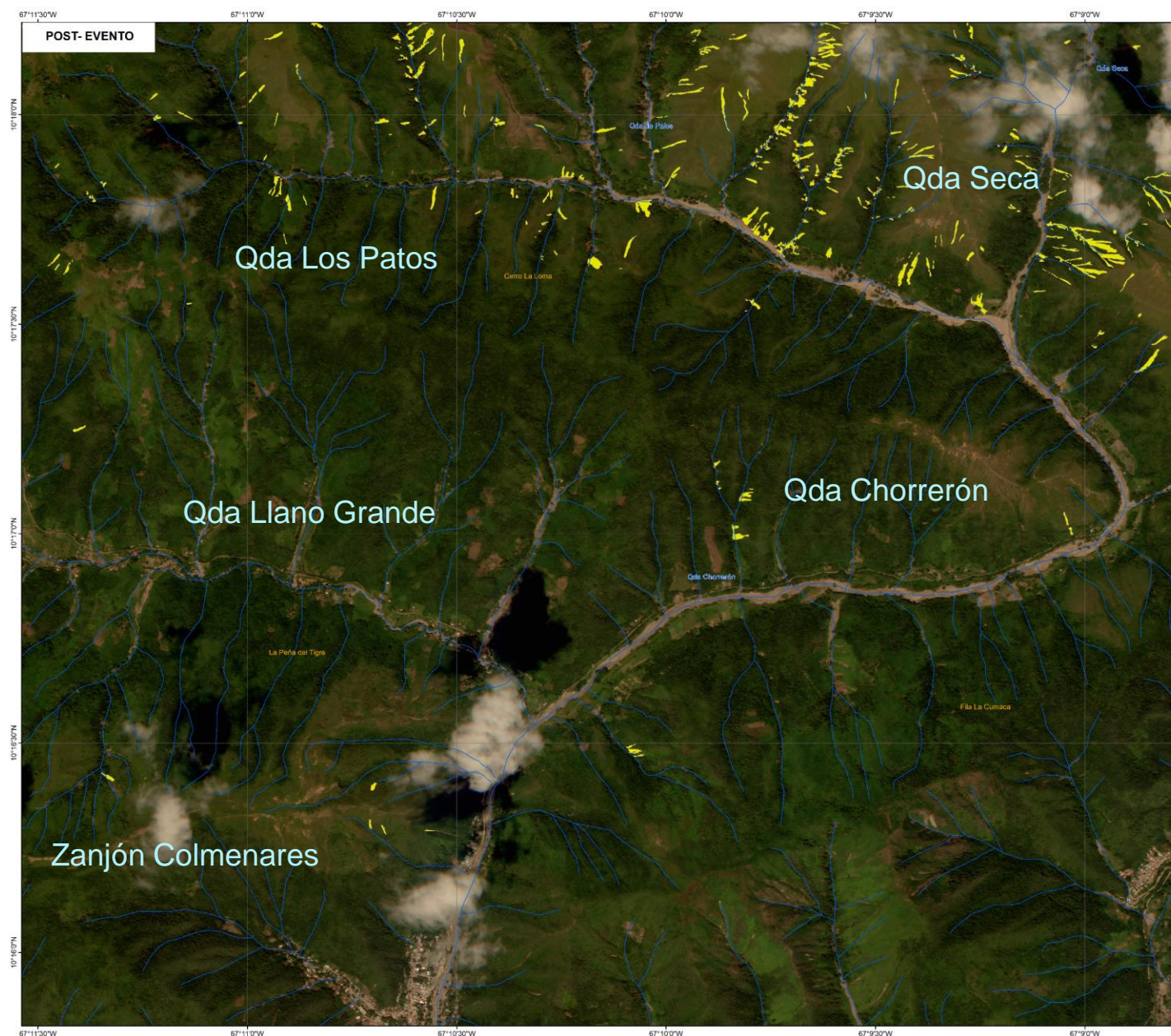
Imagen satelital  
de la ABAE (parte  
alta de la cuenca)



## LAS TEJERÍAS

### ESTADO ARAGUA - REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

## INUNDACIONES



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



180 90 0 180 360 540 720  
Metros

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.





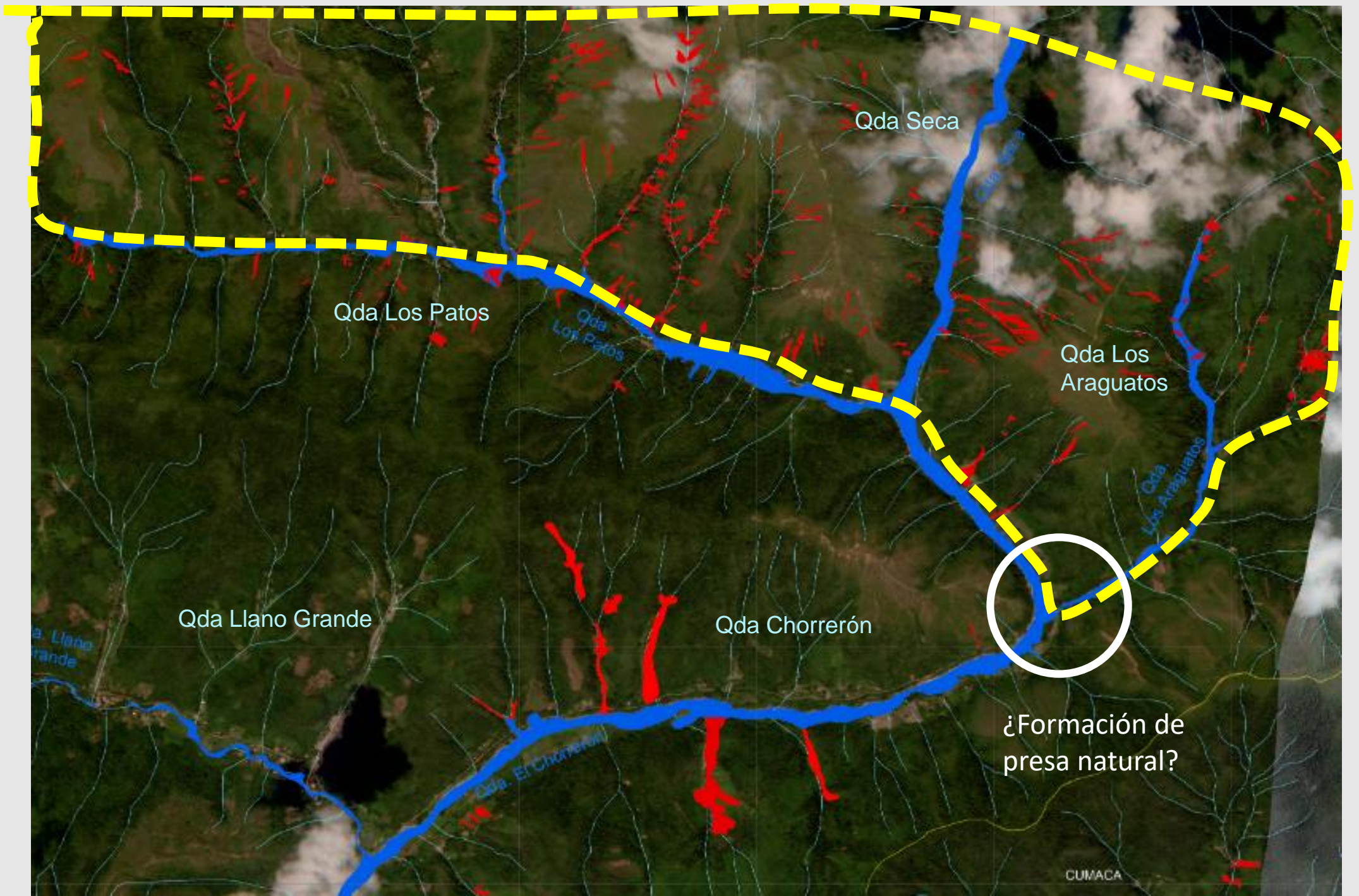
Fotos y montaje de Daniel Salcedo





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

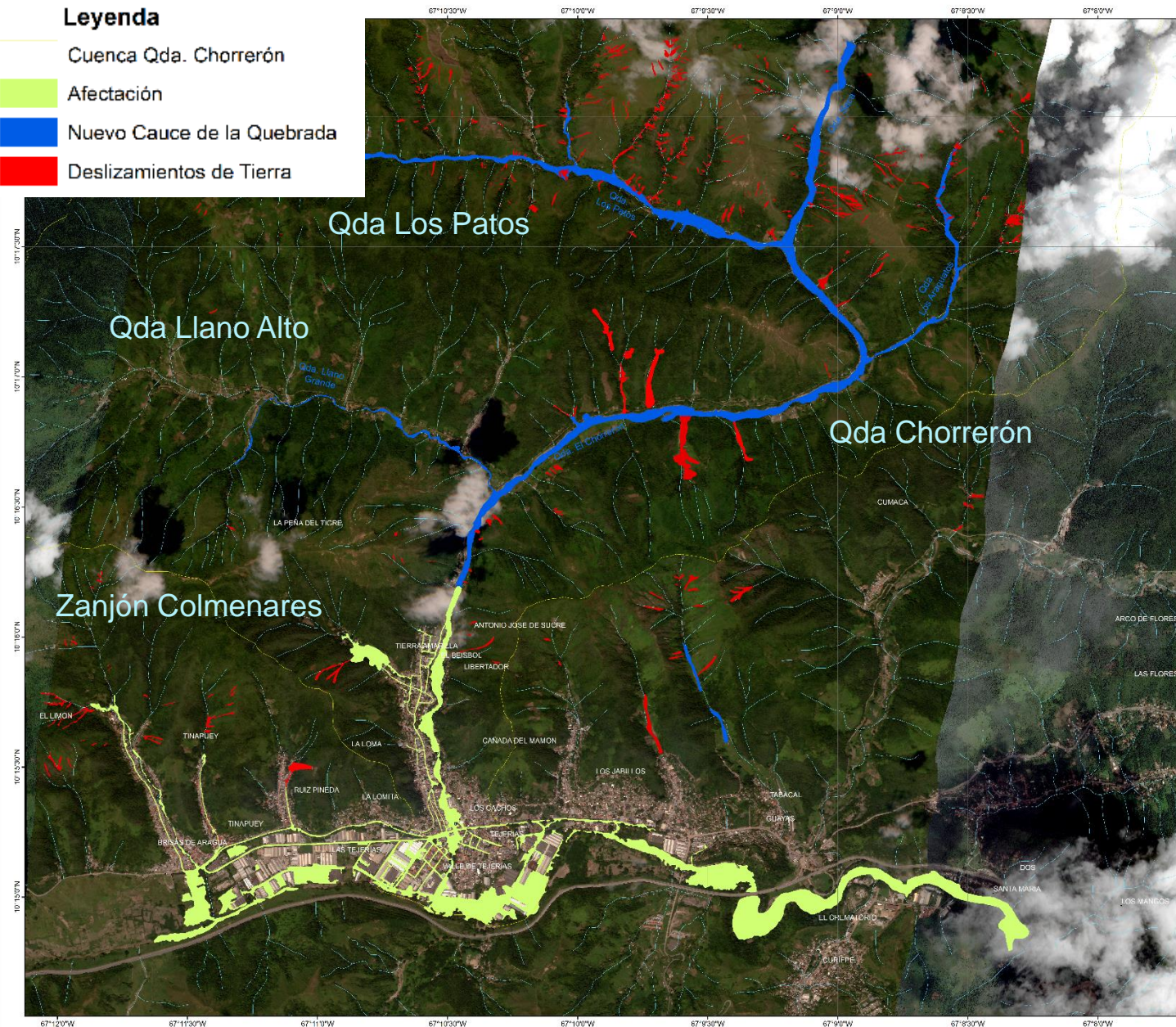
¿Formación de  
presa natural?

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  
Satélite: 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

Satélite: PLEIADES-1  
Sensor: PHR1A  
Imagen: IMG\_PHR1A\_PMS\_202210161509519  
\_ORT\_6531538101\_R1C1  
Nivel de procesamiento: Ortho  
Resolución espacial: 0.5 metros  
Fecha: 16/10/2022



Copyright: Satellogic(2022).  
All rights Reserved. Privacy Policy



Copyright: Includes 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
- Hidrografía



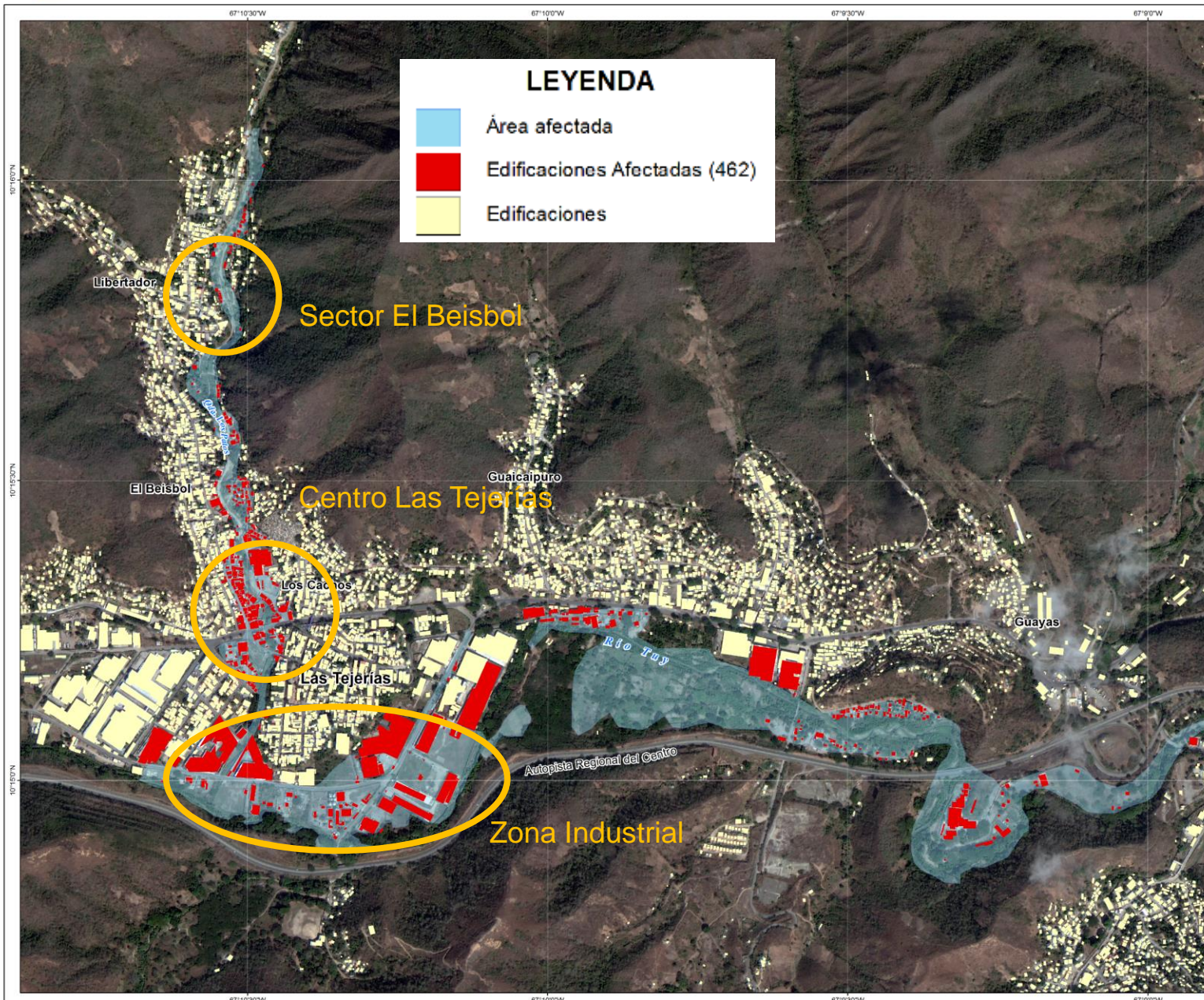
Escala 1: 12 000

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 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



© ABAE (2022)  
Satélite: VRSS-2, "Sucre"  
Sensor: HRC  
Imagen: VRSS-2-MSS-0288-0328-20220101-12b-1009182810761, Fusionada  
Resolución Espacial: 1m.  
Fecha: 01/01/2022.

#### Imagen Post-Evento



Pleiades © CNEC (2022), Distribution Airbus DS  
Satélite: Pleiades  
Sensor: PHR1B  
Imagen: IMG-PHR1B-PMS-202210121450334-ORT-6528857101-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  
100 0 100 200 300  
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).

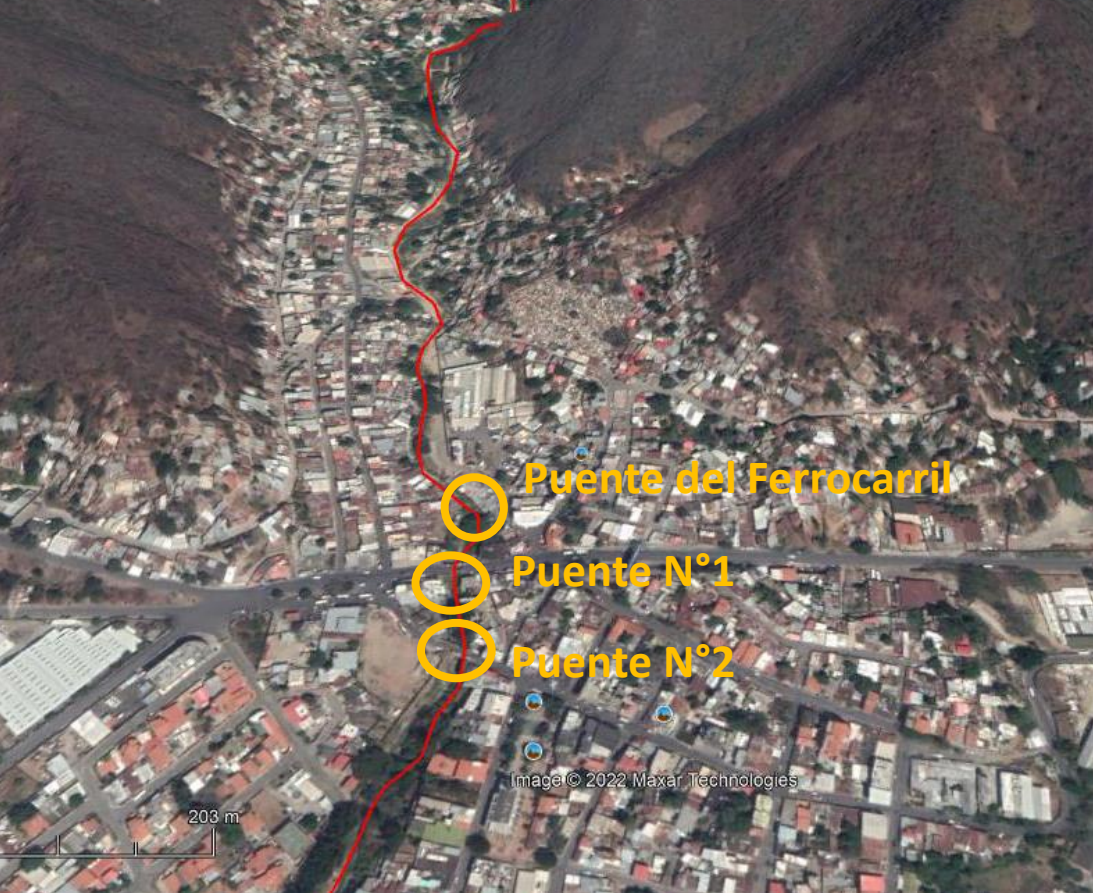
Este producto representa un análisis preliminar y no ha sido verificado en campo.







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

Carretera Panamericana

Autopista Caracas-Valencia

Río Tuy

Autopista Caracas-Valencia

Río Tuy

Image © 2022 Maxar Technologies

Google Earth



Quebrada Los Patos

Zanjón Colmenares

Sector El Béisbol

Barrio Libertador

Image © 2022 Maxar Technologies

Google Earth





# Barrio Libertador



**LAS TEJERÍAS**

**ESTADO ARAGUA - REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**

## MAPA DE AFECTACIONES POR ALUD TORRENCIAL



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

Imagen N° 1 PRE-EVENTO  
Satélite: VRSS-2 "SUCRE"  
Sensor: IMAGEN MSS-PAN FUSIONADA  
Imagen: vrss2\_mss\_0288\_0328\_20220101\_12b\_1009182810761  
Nivel de Procesamiento: L2B  
Resolución espacial: 1 metro  
Fecha: 01/01/2022

Imagen N°2 POST-EVENTO  
Satélite: PLEIADES-1  
Sensor: PHR1A  
Imagen: IMG\_PHR1A\_PMS\_202210111458394\_ORT\_6527783101\_R1C1.JP2  
Nivel de Procesamiento: Ortho  
Resolución espacial: 0.7 metros  
Fecha: 11/01/2022



Copyright: © ABAE (2022)



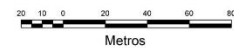
Copyright: Incluye Pleiades material  
© CNES (2022), Distribution Airbus DS.

### SITUACIÓN RELATIVA



### Leyenda

- Muy Alta afectación.  
Viviendas destruidas  
Viviendas con daño estructural y presencia de sedimentos
- Alto riesgo de afectación.  
Viviendas con presencia de sedimentos sin daños en la estructura

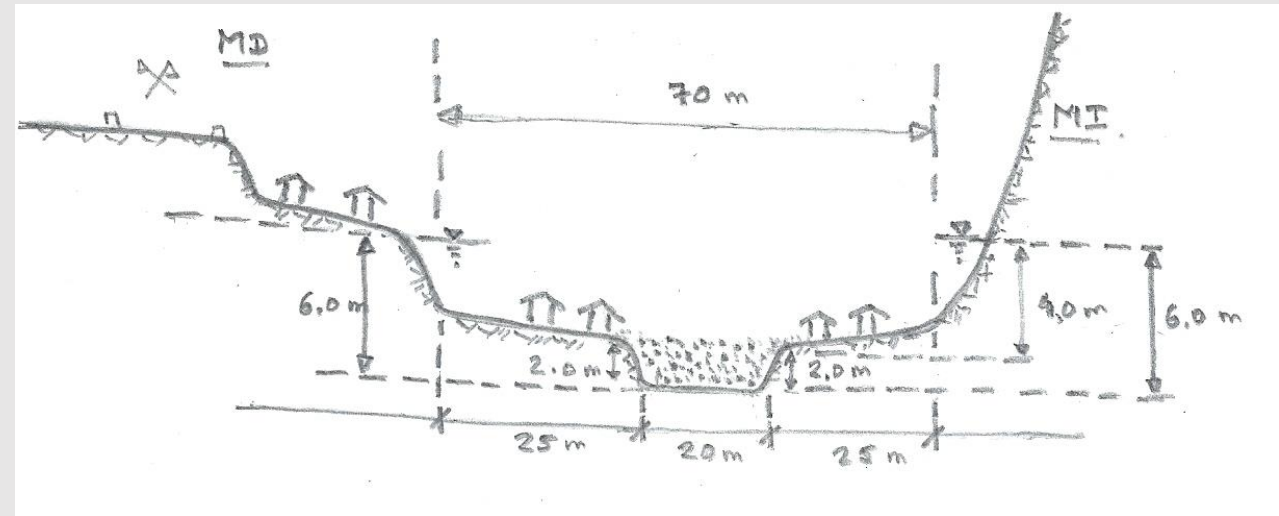


Escala 1: 1.000

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

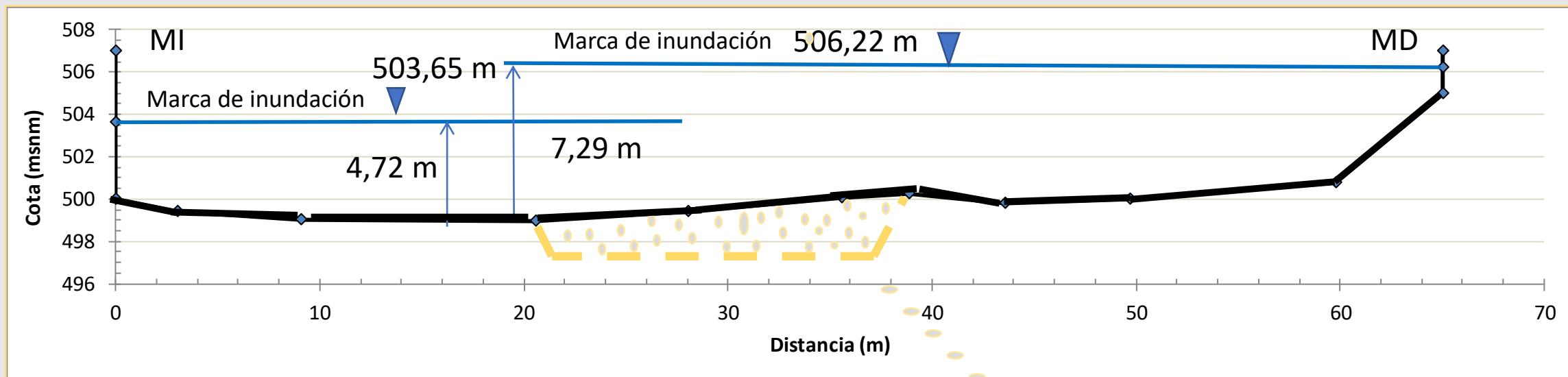
Los datos satelitales utilizados para generar este mapa fueron provistos por la "Carta Internacional Espacio y Grandes Desastres" (CHARTER). Este producto representa un análisis preliminar y no ha sido verificado en campo.



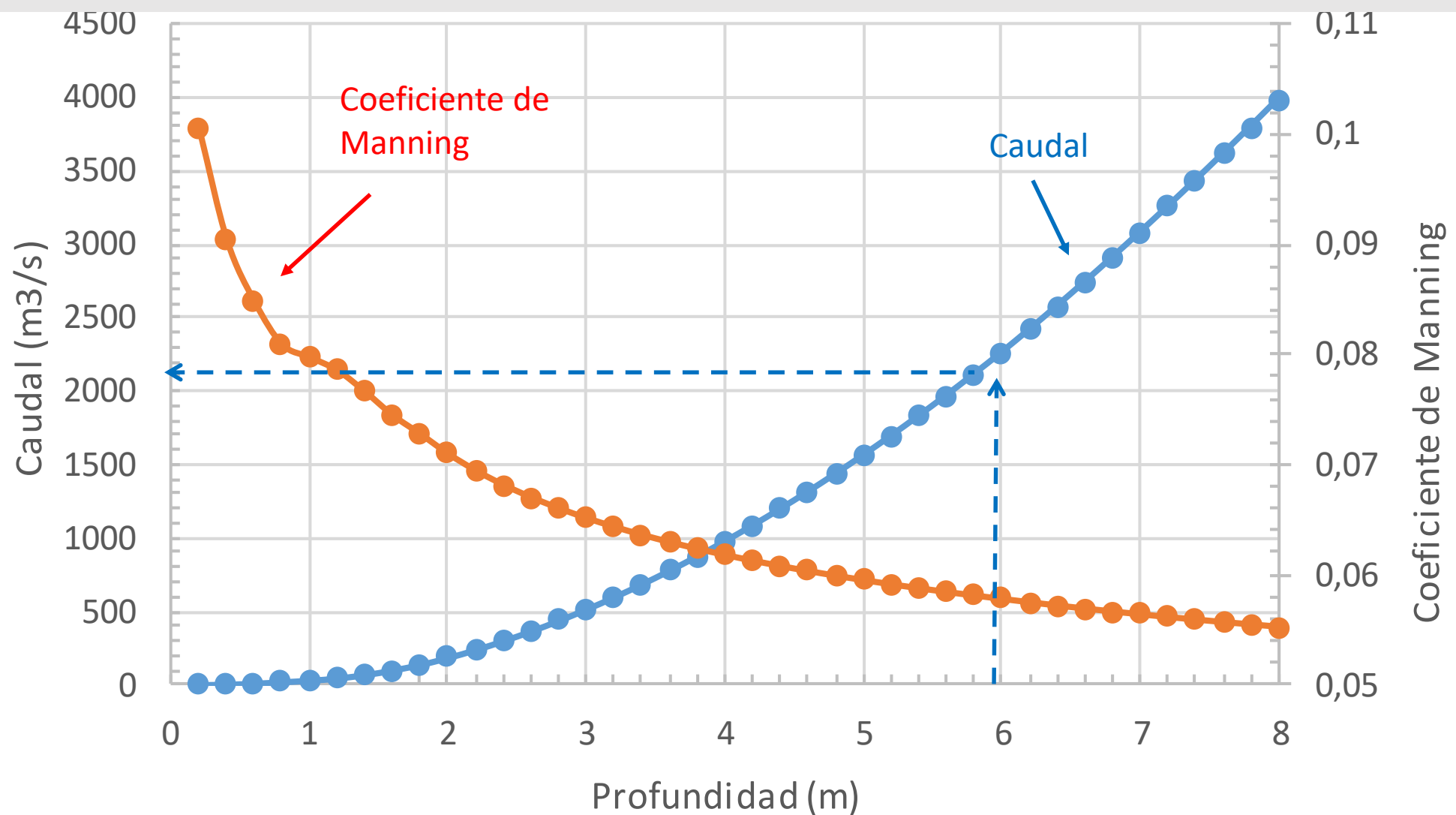


**Sección A-A**  
**Sección transversal aproximada**  
**(mirando hacia aguas arriba)**

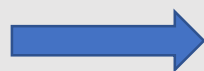






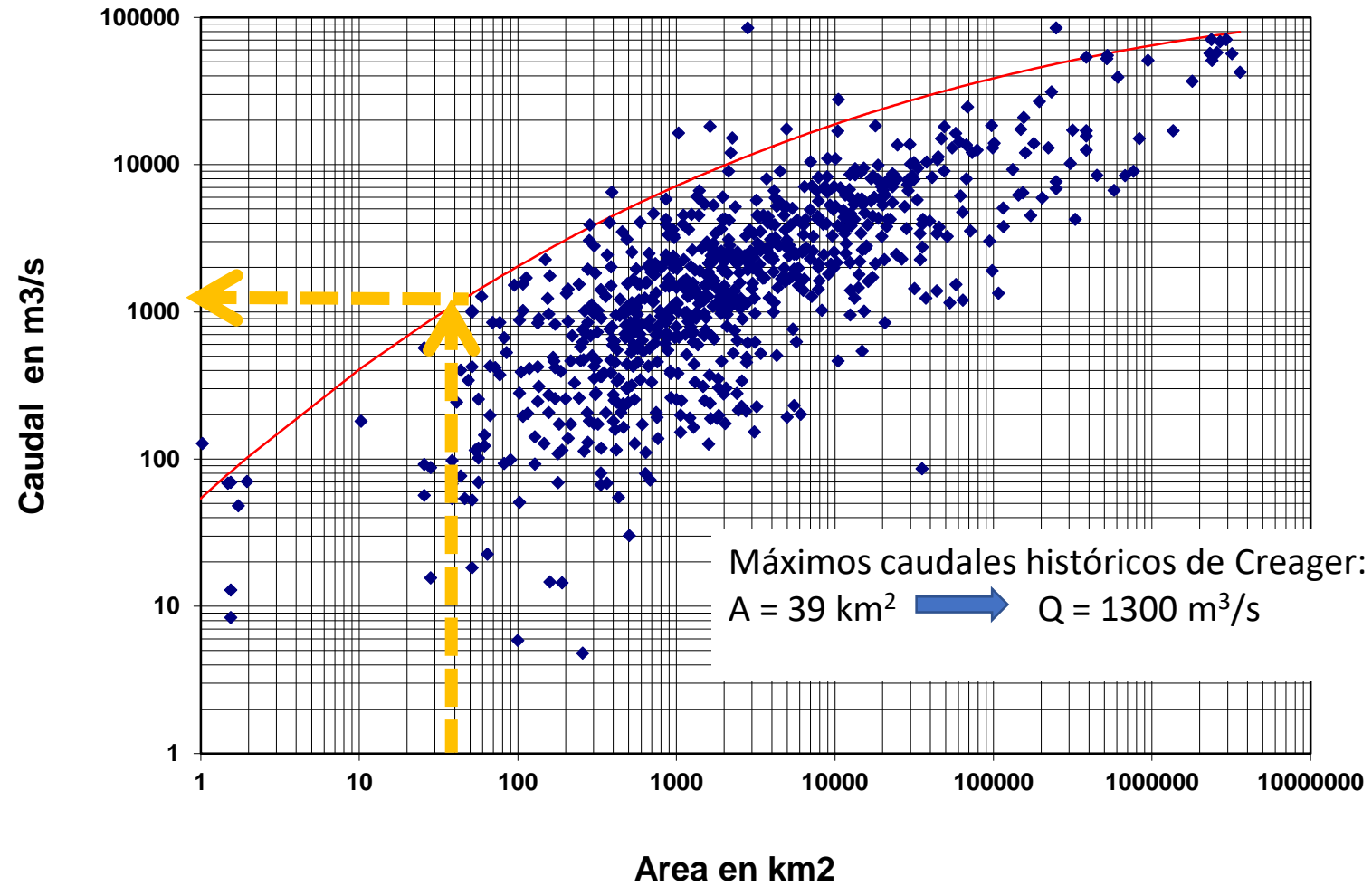


Curva de gastos (predictor de fricción de Jarret para ríos de montaña)  
Pendiente longitudinal en el tramo es 2,1%



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



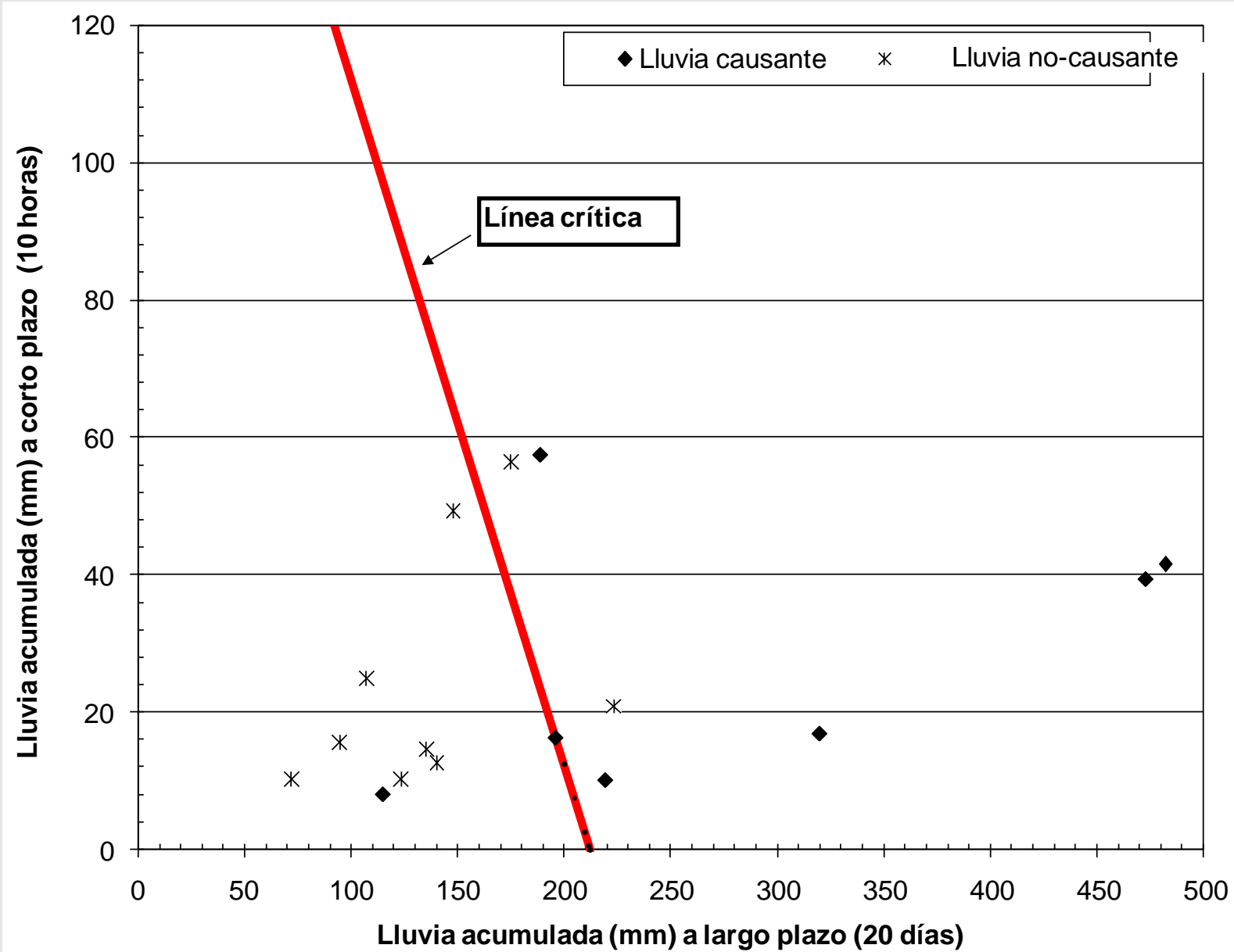
Estimación del caudal producido por el rompimiento brusco de una presa:

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

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

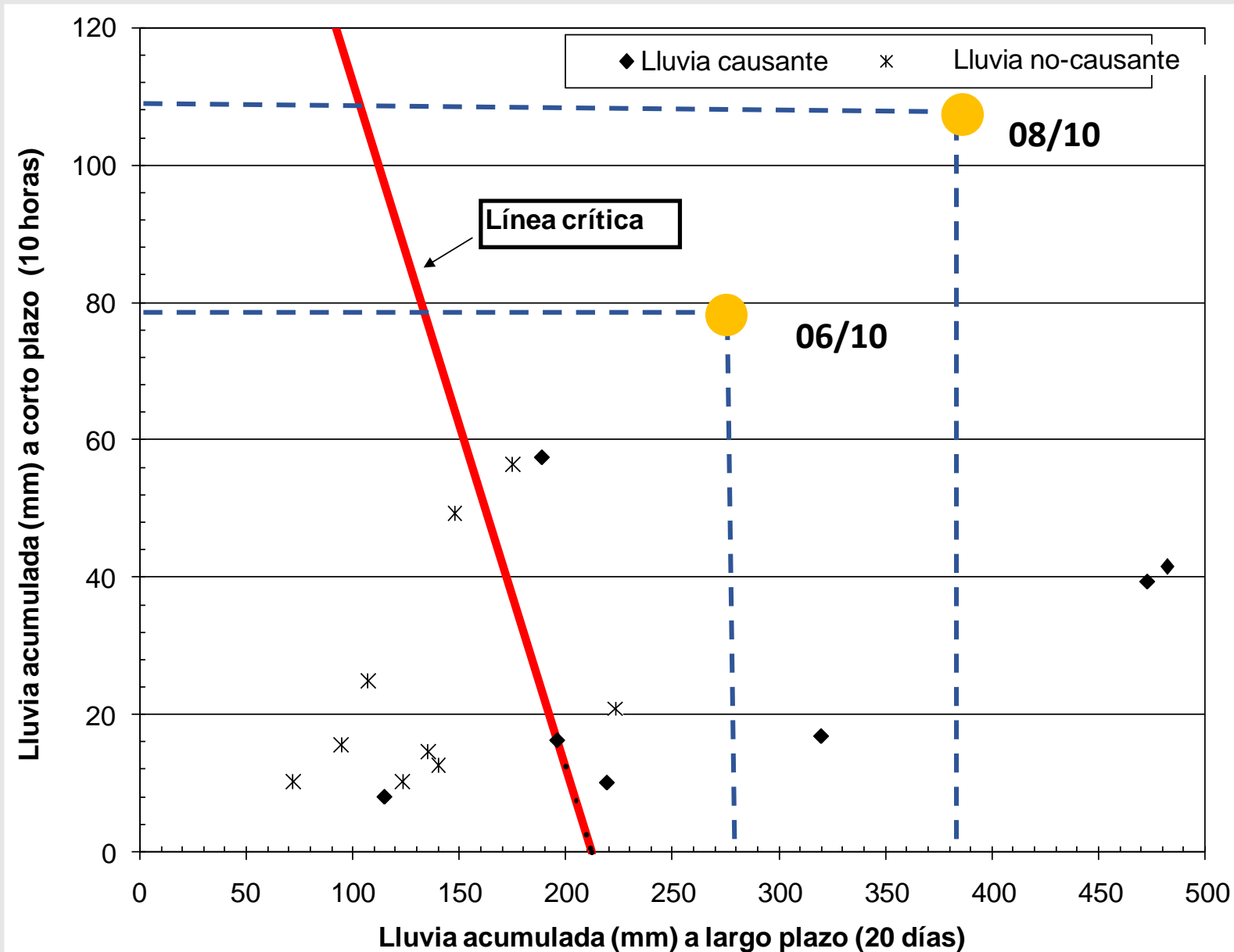


## LÍNEA CRÍTICA PARA INICIO DE ALUDES TORRENCIALES EN CATIA LA MAR





## 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
<b>Total</b>	<b>975</b>

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

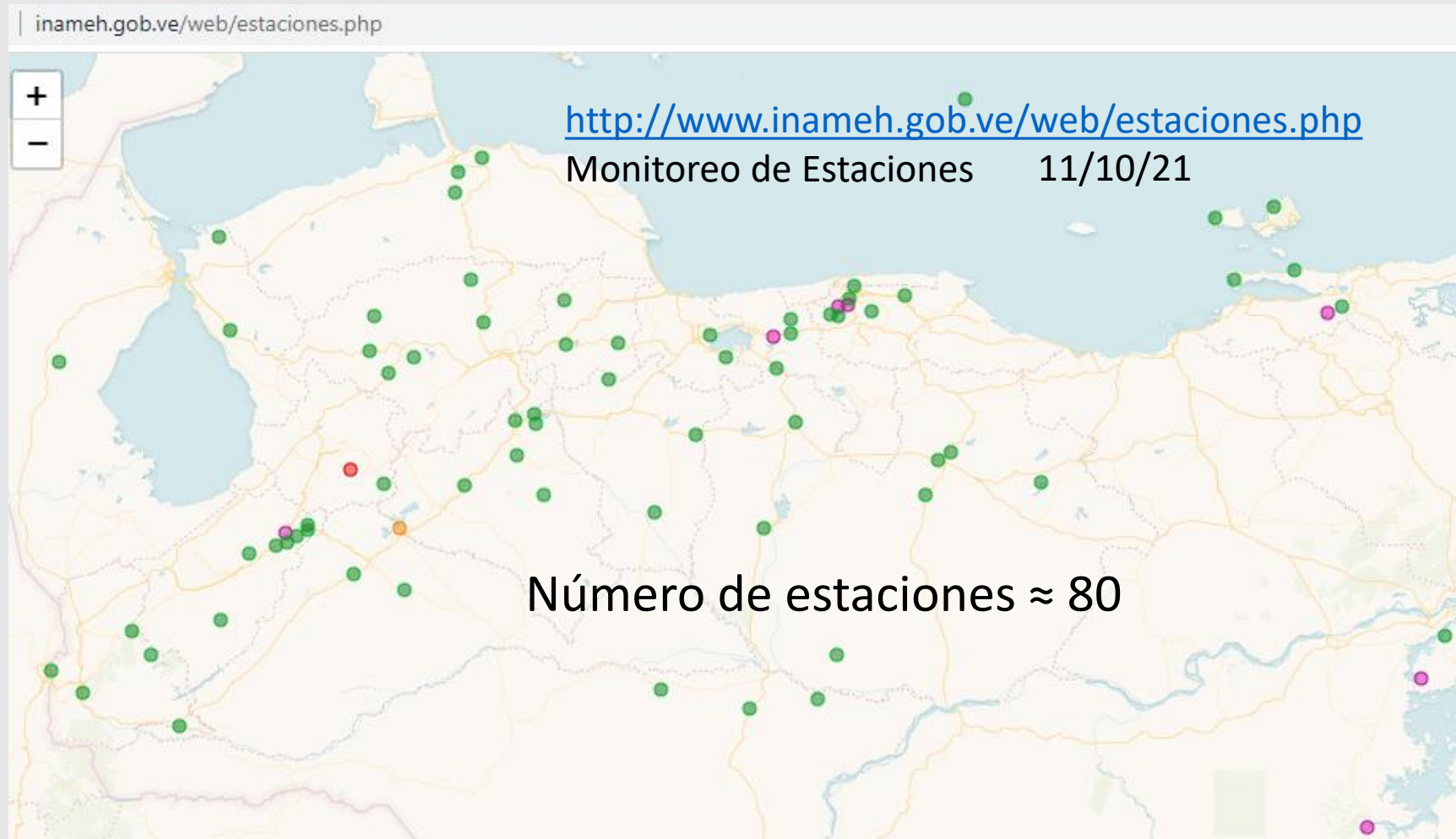
Organismo	Estaciones			
	Pluviométrica	Climatologica	Hidrométrica	Total
MINAMB	576	55	22	653
EDELCA	92	29	26	147
FAV		36		36
INIA		20		20
ARMADA		7		7
UCV	6	4		10
<b>Total</b>	<b>674</b>	<b>151</b>	<b>48</b>	<b>873</b>

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







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



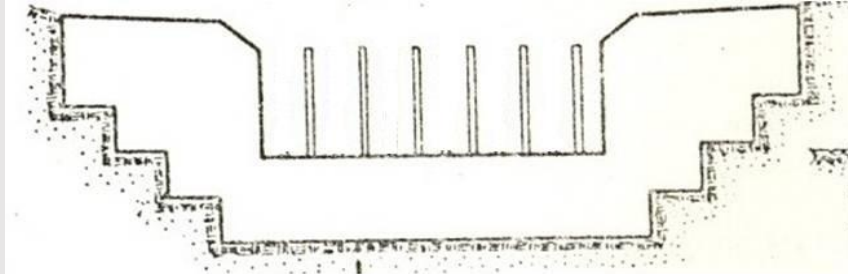
Vista de la canalización del Río Sakase y ocupación urbana de la planicie inundable en Kobe.



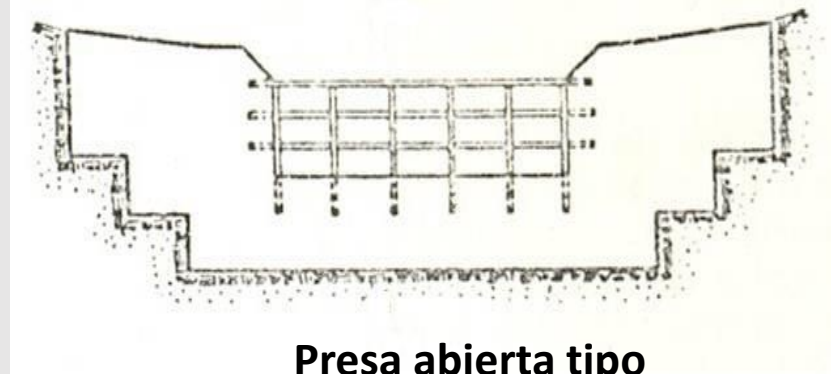




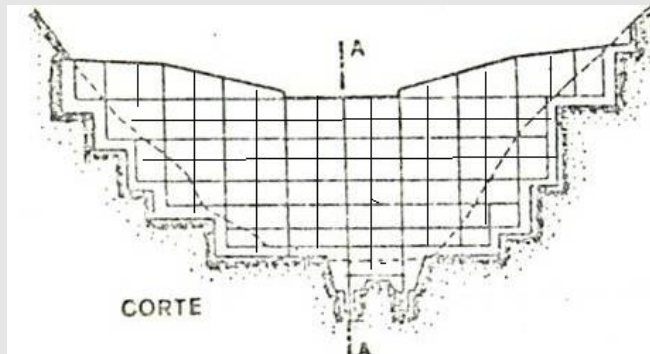
# TIPOS DE PRESAS DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS



**Presa abierta tipo rastrillo  
(extremo aguas arriba)**



**Presa abierta tipo  
enrejado simple**



**Presa abierta tipo  
enrejado reticular**



**Presa cerrada  
(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

