

**AVALANCHAS EN LA SIERRA
VOLCANICA CENTRAL.
EL CASO DEL RIO CIRUELAS**

Wilhelm-Günther Vahrson
Freddy Saborío Trejos*
Ligia Hernando Echeverría**

RESUMEN

El día 20 de julio de 1988, en la tarde, se produjo una avalancha considerable en el río Ciruelas, localizado en la ladera suroeste del volcán Barva, Heredia, Costa Rica, causando daños enormes en la población de San Bosco de Santa Bárbara.

El área afectada se dividió en tres sectores, descritos a continuación:

* Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional.

AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional de Emergencia por financiamiento parcial. Al dibujante señor G. Hernández. Al Máster Alvaro Brenes funcionario del Instituto Meteorológico Nacional por sus aportes al análisis climático.

I. SECTOR SUPERIOR (DESLIZAMIENTOS)

Comprendido entre las cotas de 2.600 m y 2.800 m, o sea cerca de la cima del Barva, caracterizado por desprendimientos de materiales poco consolidados (cenizas gruesas) con un ancho de aproximadamente 30 m - 40 m y una profundidad de aproximadamente 4 m - 5 m en casi todos los afluentes del río Ciruelas.

II. SECTOR INTERMEDIO (TRANSITO)

Comprendido entre las cotas de 2.600 m y 1.600 m, caracterizado por profundización erosiva del cauce en áreas de materiales poco resistentes y por la ocurrencia de pequeños deslizamientos secundarios causados por la profundización del cauce.

III. SECTOR BAJO (SEDIMENTACION)

De 1.600 m hasta 950 m, caracterizado por la sedimentación en los primeros kilómetros de material grueso (bloques mayores de 2 m). El pueblo de San Bosco está situado sobre un abanico aluvial de materiales de eventos similares. En los siguientes kilómetros se presenta la sedimentación de materiales más finos.

La causa de este desastre es únicamente la presencia de lluvias de alta intensidad provocadas por un frente de brisa, que en este día ocurrieron en el sector I, provocando los deslizamientos y por ende las avalanchas de rocas y lodo que llegaron a los lugares más bajos. Por estar el sector superior totalmente y el sector intermedio parcialmente en la selva virgen del Parque Nacional Braulio Carrillo se puede excluir definitivamente algún impacto humano que haya causado la desestabilización de las laderas.

Por los vestigios de eventos antiguos de este tipo (acumulaciones cerca de San Bosco) se puede derivar que estos fenómenos también ocurrieron en tiempos pasados, sin embargo, se estima la probabilidad de una repetición pronta como muy baja.

SUMMARY

A big avalanche that occurred the 20 th of July in the afternoon in the «Río Ciruelas» watershed situated on the southwestern slope of the Volcano Barva, Costa Rica, caused big losses in the village of San Bosco de Santa Bárbara.

Based on field observations we distinguished three sectors analysed below:

I. SUPERIOR SECTOR (LAND SLIDES)

Located in an altitud between 2.600 m and 2.800 m near the peak of the volcano, characterized by landslides of poorly consolidated ashes, with a width of between 30 m - 40 m and a depth of about 4 m to 5 m; found in nearly and all of the affluents of the «Río Ciruelas».

II. MEDIUM SECTOR (TRANSIT)

Between 2.600 m and 1.600 m, characterized by deep erosion in areas of materials of low resistivity and by secondary (small) landslides provoked by the destruction of the support.

III. LOWER SECTOR (SEDIMENTATION)

Between 1.600 m and 950 m, characterized by sedimentation, in the first kilometers of coarse material (sometimes > 2 m). The village of San Bosco was constructed exactly above the detritic cone of anterior events.

In the subsequent kilometers we found the sedimentation of fine materials.

As the cause of this desastre we analysed high intensity rainfalls provoked by a local front in the zone of the first sector, causing landslides and then avalanches in the lower parts of the watershed, excluding definitely human influence, because this sector forms part of the primary forest of the national park «Braulio Carrillo».

The sediments of older events (the San Bosco cone) prove that avalanches occur in this area with a certain frequency, but with relatively long recurrence intervals.

INTRODUCCION

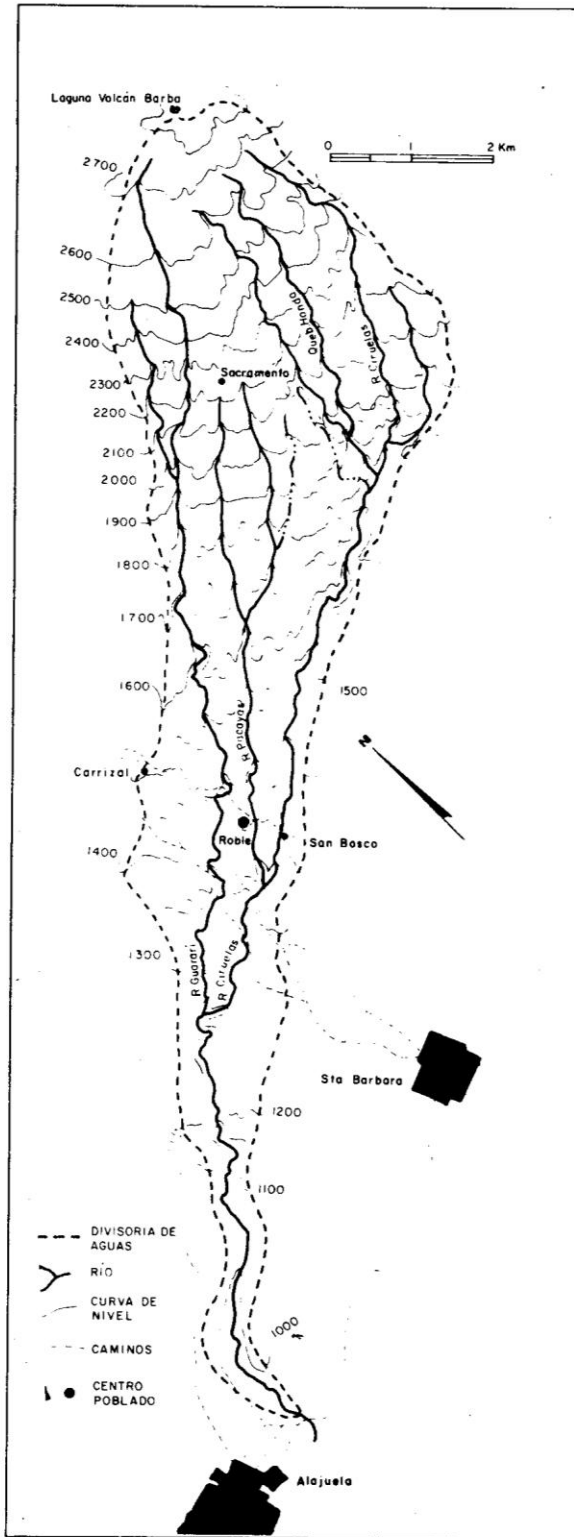
El día 20 de julio en horas de la tarde se produjo una avalancha considerable en el cauce del río Ciruelas, ocasionando destrozos en la población de San Bosco de Santa Bárbara. Originó daños a 12 viviendas, 3 de ellas con pérdidas totales y se reportaron 89 personas entre damnificados y evacuados. Este fenómeno, hasta donde se tiene conocimiento, no se repite con frecuencia, pero se pueden observar huellas de antiguos eventos.

La cuenca del río Ciruelas se localiza en la ladera sur oeste de la Sierra Volcánica Central desde la cima del volcán Barva, a una altitud de 2800 m hasta la confluencia con el río Cachazas a una altitud de 950 m. Posee una forma elongada. Abarca un área de 31.88 km² (mapa 1).

AREA DE ESTUDIO

Geología

La cuenca del río Ciruelas, según el mapa geológico de Costa Rica (1982), está ubicada en un sector clasificado como Qv2, es decir, se encuentra en un edificio volcánico reciente constituido por lavas, tobas y piroclastos.



Mapa 1.
Cuenca del río Ciruelas

De manera más detallada, en el área está presente el miembro Porrosatí que sobreyace al Bambinos (PROTTI, 1986) de la Formación Barva.

La unidad Bambinos se localiza en las partes altas de la cuenca, especialmente a altitudes superiores a los 2.100 m. Además se puede observar en el valle del río Ciruelas, tanto al NW como al SE del río (a ambos lados). De los 2.100 m hasta cerca de los 1.300 m se ubica la unidad Porrosatí, que incluye además un amplio sector de los ríos Porrosatí, Mancarrón y Segundo.

La unidad Bambinos está formada por varias coladas de lava andesítica, cuya textura es porfírica bien desarrollada con gran cantidad de fenocristales feldespáticos.

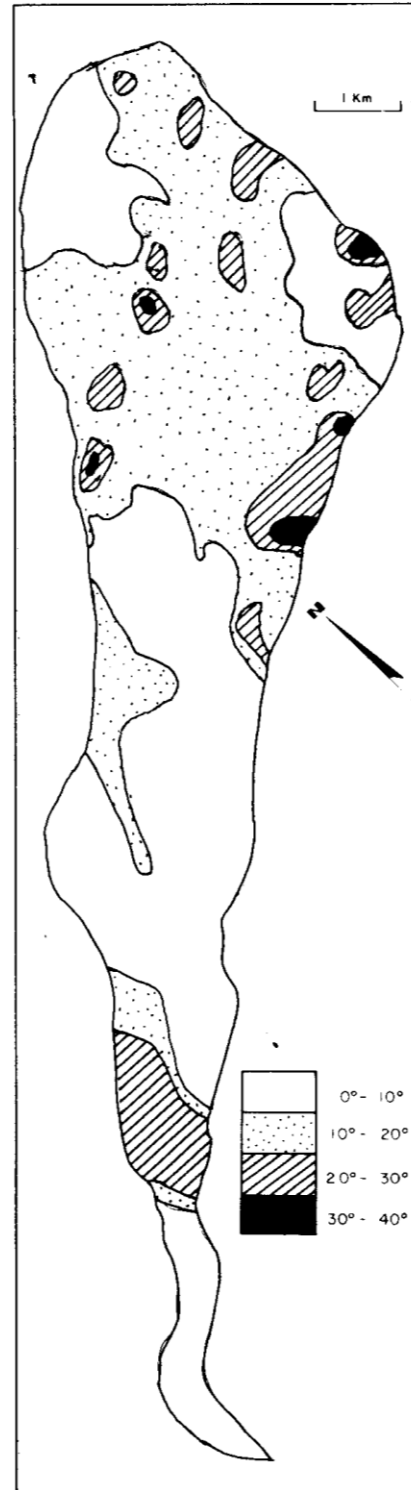
La unidad Porrosatí está conformada por un depósito de piroclastos gruesos no consolidados, ligeramente meteorizados interestratificados con delgadas capas de cenizas pumíticas, que se encuentran emplazados discordantemente sobre coladas de lava de los Bambinos (PROTTI, 1986).

De acuerdo con el mapa hidrogeológico (SENARA, 1985) en la margen izquierda del río Ciruelas se ubica, entre los 1.900 y 2.000 m, una zona de permeabilidad significativa en piroclastos.

En el cauce del río mencionado aflora la Formación Bermúdez desde los 1.340 m, aproximadamente.

El miembro Bermúdez es la base aflorante de la Formación Barva. Está constituido por coladas de lava de andesíticas a basaláticas, cuya textura es afanítica con pocos fenocristales, principalmente feldespáticos (PROTTI, 1986).

Se encuentra además una falla con dirección NW-SE (Falla de Alajuela) cerca de Guadalupe, que atraviesa el río Ciruelas a 1.100 m y origina el cambio de materiales del miembro Bermúdez en el cauce del río a materiales de aluvión que continúan en el río hasta la confluencia con el río Cachazas (SENARA, 1985).



Mapa 2
Pendientes en la cuenca del
río Ciruelas

2.2. Geomorfología

En la cuenca media del río Ciruelas predominan las pendientes comprendidas entre 0 y 10 (pendientes suaves) (mapa 2).

Las pendientes más fuertes en el río se observan entre los 2.100 y los 1.800 m.s.n.m. (figura 1).

Las mayores pendientes en la cuenca se ubican en sectores aislados, principalmente en altitudes superiores a 1.900 y que forman parte de la cuenca alta (mapa 2).

Es importante indicar que en la cuenca baja se localiza un área de pendientes de 20 a 30, correspondiente a la Falla de Alajuéla (mapa 2).

2.3. Uso del suelo

La cuenca el bosque primario cubre la parte superior, hasta los 2.500 m.s.n.m. Además, existe bosque de galería, específicamente en el río Ciruelas, hasta una altitud de 1.600 m aproximadamente, en que el bosque es sustituido por el cultivo del café a ambos márgenes. Este uso es alternado con uso urbano hasta el final de la cuenca.

3. ANALISIS DEL EVENTO

3.1. Delimitación de zonas según procesos

Con base en las observaciones de campo durante siete días después de la ocurrencia de las avalanchas, se logró subdividir la cuenca según los diferentes procesos y fenómenos observados en tres sectores:

3.1.1. Sector superior, deslizamientos

El sector superior comprende la parte más cerca a la cima del volcán Barva y está delimitado por las isofleas de 2.800 m y 2.600 m.

En este sector se inició el evento a partir de varios deslizamientos, que afectaron casi todos los afluentes del río Ciruelas, como Quebrada Honda, y una parte de los afluentes del río Porrosatí.

Estos deslizamientos son de carácter superficial y ocurren en los mismos cauces de los ríos, llevándose una capa poco consolidada de un espesor de hasta 5 m y un ancho de entre 30 y 40 m. Estos deslizamientos tienen un largo de 200 m - 300 m, dejando toda la zona deslizada sin vegetación (foto 1).

La capa deslizada consiste, en primer lugar, de cenizas gruesas de las últimas

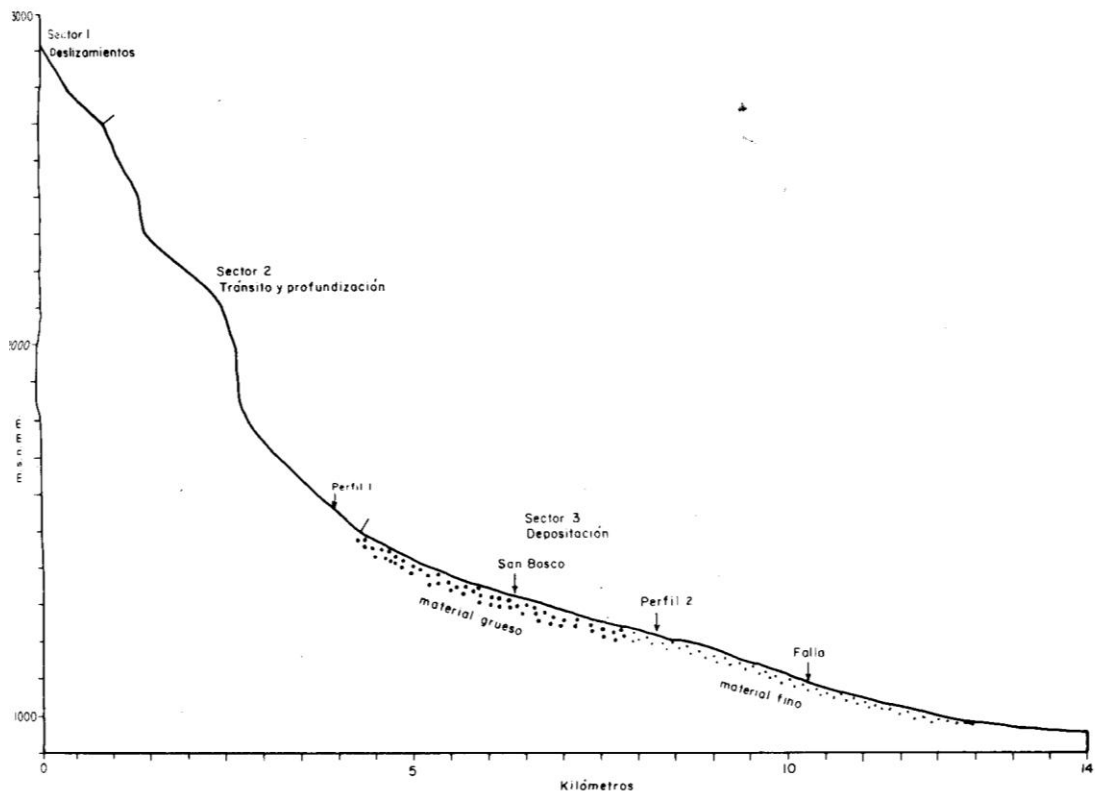


Figura 1
Perfil longitudinal del río Ciruelas



Foto 1
Deslizamientos
en el
Sector 1

erupciones del Barva a mediados del siglo pasado, acumulada sobre cenizas más compactadas. La pendiente en esta zona se determinó en aproximadamente 30.

Es importante agregar que todos estos deslizamientos ocurrieron en una zona no intervenida por el hombre, perteneciente a la selva del Parque Nacional Braulio Carrillo.

3.1.2. Sector medio, tránsito de la avenida

Este sector está caracterizado por el tránsito de las avalanchas, por una profundización erosiva del cauce del río Ciruelas y sus afluentes y por la recarga de las avalanchas con material grueso (bloques de lava).

Comprende el sector entre las isóneas de 2.600 y 1.600 m.

La profundización erosiva se efectuó, en primer lugar, donde afloran materiales menos resistentes como cenizas y cenizas compactadas. En las lavas el río no logró profundizarse mucho, lo anterior probado por la existencia de marmitas formadas anteriormente, además de evidencias de incisión.

En esta segunda zona las avalanchas arrastraron también grandes bloques de lava no existentes en el primer sector.

La consecuencia de esta profundización erosiva fueron varios deslizamientos secundarios laterales en la orilla del río, de menores dimensiones. Se puede descartar



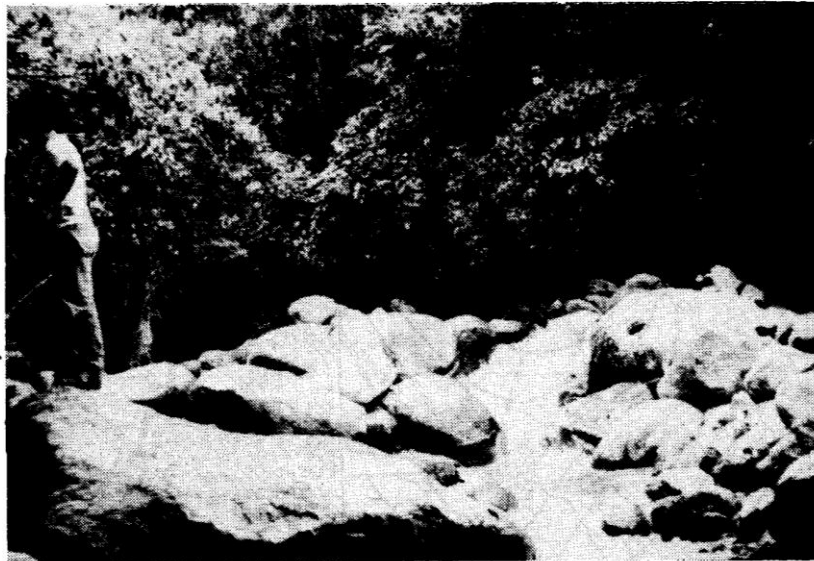
**Foto 2
Sector
de
tránsito**

la existencia de taponamientos importantes en el río, porque no se encontraron ni marcas de niveles muy altos del río ni restos de taponamientos.

Ahora, después del tránsito de las avalanchas, este sector está caracterizado por un cauce casi limpio, sin vegetación y sin mucho material depositado (foto 2).

El lecho del río es estrecho y profundo, a veces en forma de un cañón y pasa sobre varios saltos donde afloran materiales más resistentes (lavas).

Foto 3
Abanico
del río
Ciruelas.

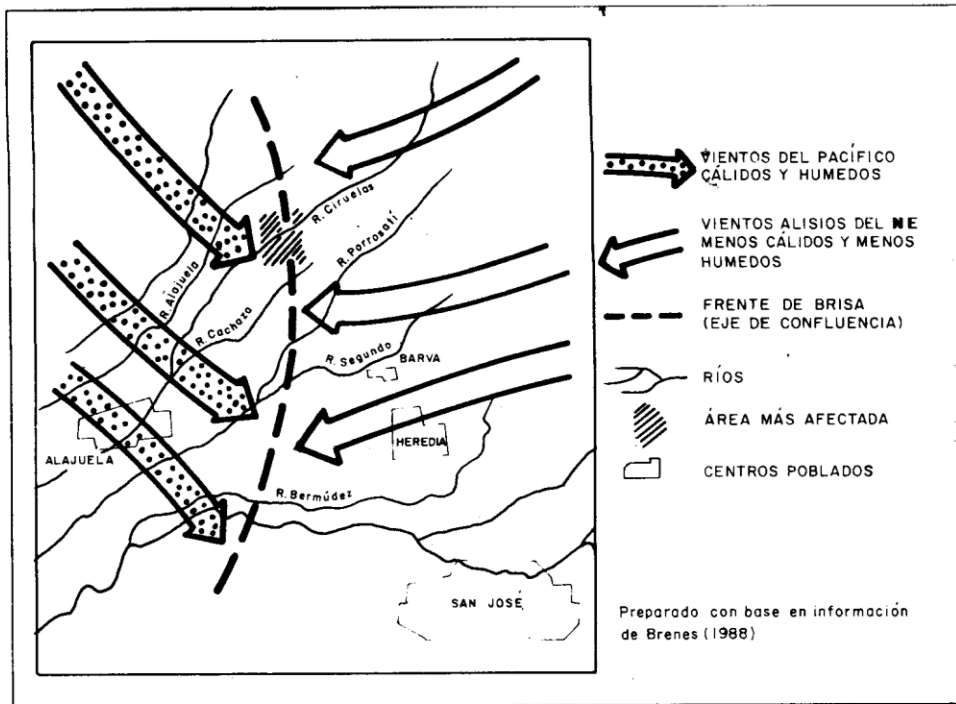


3.1.3. Sector inferior, sedimentación

El sector de sedimentación comienza aproximadamente a una altitud de 1.500 m, donde la pendiente del cauce se disminuye (de 20% a 9%). Al mismo tiempo el lecho del río está más ancho y no tan profundizado.

La sedimentación de material grueso (se observaron bloques con diámetros mayores a 2 m) (foto 3) y de troncos llegó hasta el lugar llamado San Bosco de Santa Bárbara, a una altitud de aproximadamente 1.300 m, originando los daños mencionados anteriormente. Las huellas de fluvirapción en estos bloques evidencian su reciente transporte rodando en el fondo.

La misma avalancha causó también erosión especialmente en las orillas cóncavas del río, despejando así acumulaciones gruesas de eventos pasados parecidos a éste, pero aparentemente menos violentos.



Mapa 4
Frente de brisa

3.2. Situación meteorológica

Se ha especulado, sobre cuáles podrían haber sido las causas de lo sucedido en el río Ciruelas el 20 de julio del año en curso. Sin embargo, con base principalmente en el trabajo de campo, se ha podido determinar que lo que originó este evento fue la presencia de lluvias muy intensas, concentradas en un área relativamente pequeña (mapa 3). Estas lluvias, en conjunto con otros factores, como son la pendiente, material poco consolidado, entre otros, pusieron en movimiento una cantidad considerable de material, superficial fundamentalmente, fino al inicio, que en conjunto con la cantidad de agua conformaron un flujo que conforme avanzó en el curso hasta poco antes de la población de San Bosco, desprendió gran cantidad de materiales de las laderas, lo que amplió el cauce y, a la vez, profundizó el mismo.

Eventos como este son frecuentes, sobre todo en la vertiente del Pacífico, donde las lluvias se concentran en un período del año (mayo-octubre) y la precipitación fundamentalmente es de tipo convectivo. Estas causan un mayor impacto en la superficie cuando se concentran en áreas pequeñas.

En la Depresión Tectónica Central la actividad convectiva se incrementa,

debido al enfrentamiento de las masas de aire, provenientes del océano Atlántico - mar Caribe y las del Pacífico. Este enfrentamiento genera lo que se conoce como el Frente de Brisa (mapa 4) o Eje de Confluencia, que varía en su ubicación y en su actividad, dependiendo de la velocidad de cada una de las masas de aire. Estas poseen características físicas distintas (mapa 4), comportándose los vientos del Pacífico como cálidos y húmedos y los de la vertiente del Caribe como menos cálidos y menos húmedos, generan inestabilidad atmosférica, produciendo una formación de nubes convectivas a lo largo de todo el eje de confluencia. La inestabilidad se transforma en lluvias de alta intensidad y tormenta eléctrica severa. Generalmente, la línea de máxima intensidad de precipitación concuerda en su posición con la línea de confluencia de vientos.

En este caso las lluvias están estimadas en 70 mm en la zona de máxima concentración (BRENES, 1988).

La distancia entre el máximo de las lluvias según BRENES (1988), calculado a partir de la información pluviométrica disponible, a la que se aplicó una interpolación lineal y el sector de los deslizamientos, es de aproximadamente 5 km, mostrando una alta coincidencia de las áreas con máxima intensidad.

El comportamiento sumamente local de estas lluvias puede observarse en la figura 2 (la curva de masa de la precipitación medida en Cinco Esquinas, a una distancia de 7 km del área de los mayores daños).

3.3. Caracterización del evento

A partir de la figura 2 y de los testimonios obtenidos de los pobladores en el campo, se pudo establecer un cronograma aproximado del evento:

1. 4 p.m. Las lluvias alcanzan su máxima intensidad, despegue del material en la zona I.
2. 4.30 p.m. Ruido indica el tránsito de la avalancha a 2.200-2.300 m de altitud.
3. 5.30 p.m. La avalancha llega a San Bosco de Santa Bárbara, causando las destrucciones mencionadas.

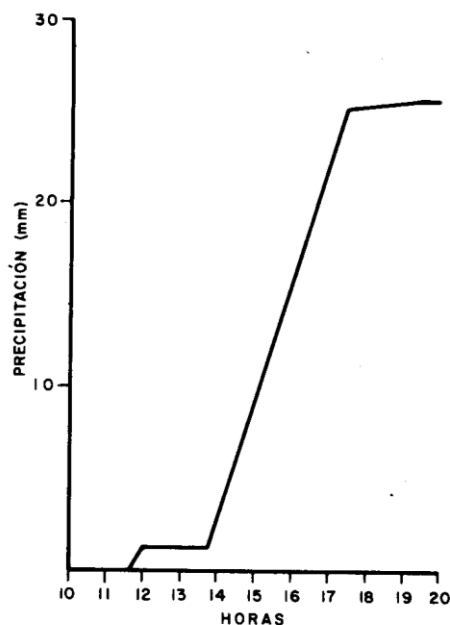


Figura 2
Curva de masa,
pluviógrafo Cinco Esquinas

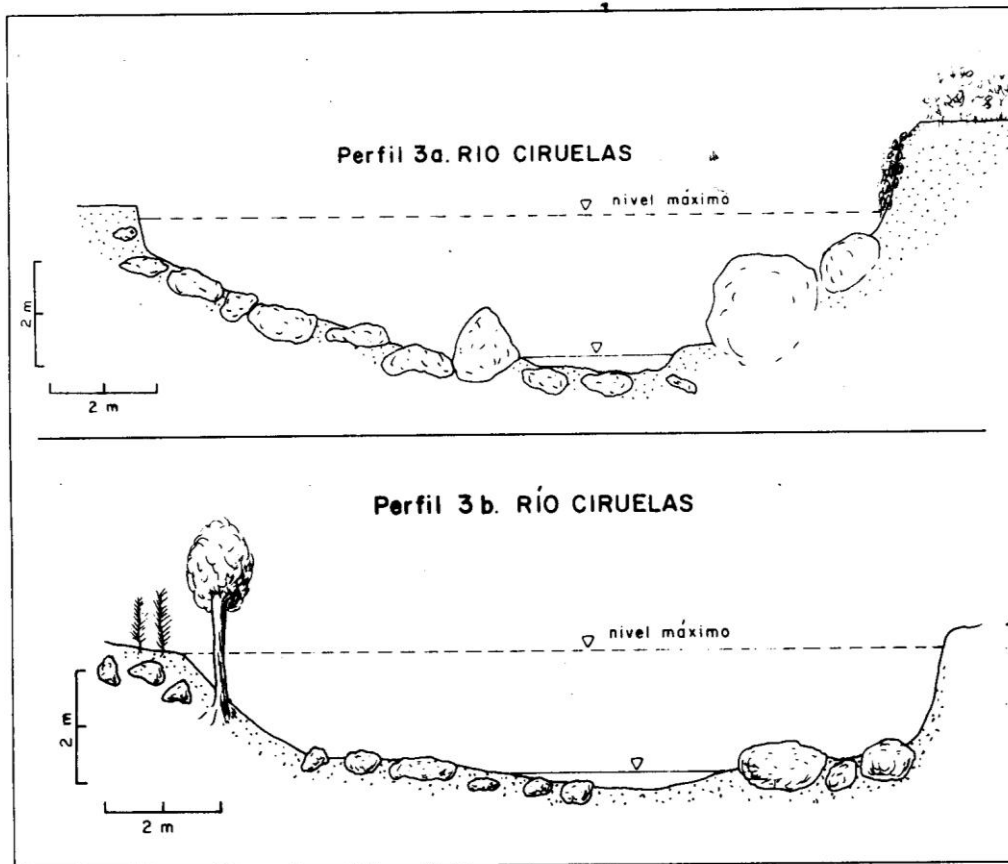


Figura 3. a, b
Perfiles transversales del cauce del río Ciruelas

Los perfiles transversales 1 y 2 (figura 3 a, b) muestran caudales de aproximadamente:

130 m³/s para el perfil 1, con una velocidad de 5.8 m/s

100 m³/s para el perfil 2, con una velocidad de 4.5 m/s

valores calculados mediante la fórmula de Manning (Linsley, Kohler y Paulos, 1984).

La contradicción aparente de que en el perfil 1 aguas arriba el caudal es mayor que en el otro perfil puede tener las explicaciones siguientes:

- i. El caudal en el perfil 1 consiste de materiales sólidos gruesos y agua, en el perfil 2 sólo de materiales finos y agua, reduciendo volumen y viscosidad.
- ii. Por erosión en el primer lugar se sobreestimó el caudal

iii. El caudal pico se redujo conforme aumentó la distancia.

4. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Una evaluación preliminar de los resultados permite llegar a las conclusiones siguientes:

1. Los deslizamientos ocurrieron todos en una zona cubierta con bosque primario (Sector I), por lo tanto la idea de que el bosque puede formar una protección contra deslizamientos, por lo menos en esta zona, es rechazada.

Se debe tomar en cuenta que la alta infiltrabilidad de los suelos cubiertos por bosque ocasiona una saturación más rápida que bajo otros usos, de las capas superiores; esto provoca la reducción rápida de la resistencia mecánica.

2. Lo que causó los daños en San Bosco fue, principalmente, el impacto del material sólido en la avalancha. Sin este material una crecida simplemente de aguas nunca hubiese llegado a tal nivel.

5. BIBLIOGRAFIA

Brenes, A. 1988: Resumen Meteorológico del mes de julio. En: **BOLETIN METEOROLOGICO MENSUAL**. Nº 6 y 7. Junio y julio de 1988. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica.

Linsley, R., Kohler, M., Paulhus, J. 1977: **HIDROLOGIA PARA INGENIEROS**. McGraw-Hill. México, México.

Ministerio de Industria, Energía y Minas. 1982: **MAPA GEOLOGICO DE COSTA RICA**. Edición preliminar. Escala 1:200 000. Hoja San José. CR2CM-5.

Protti, R. 1986: Geología del Flanco Sur del Volcán Barva. En: **BOLETIN DE VULCANOLOGIA**. Nº 17. Setiembre de 1986. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.