

DESLIZAMIENTOS EN LA CUENCA DEL RIO BANANO, UNA CONSECUENCIA DEL TERREMOTO DE ABRIL DE 1991

Ligia Hernando¹
Ileana Arauz¹

RESUMEN

En la región Caribe algunas cuencas se vieron afectadas en su comportamiento hidrológico, como consecuencia del terremoto de abril de 1991.

Un ejemplo evidente de lo anterior es la cuenca del río Banano, que es la fuente principal de agua potable para la provincia de Limón, y que presenta un comportamiento de río aluvial acelerado como consecuencia de cerca de 40 millones de m³ de material deslizado. Los deslizamientos característicos en la cuenca son deslizamientos de roca (rockslide), aunque puede observarse uno de tipo rotacional (rotational slump); además existen flujos de detritos (debris flow). Este comportamiento acelerado origina inundaciones en poblados como Aguas Zarcas, Quitaría, Beverly, Polonia, Bomba y María Luisa. Con el fin de minimizar las consecuencias de estas inundaciones se

1. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Programa MADE, Apdo. Postal 86-3000 Heredia, Costa Rica, Fax: (506) 261-0028, E-Mail: lhernand@irazu.una.ac.cr.

establece una zonificación de áreas inundables para la parte baja de la cuenca en tres clases.

Además, en la cuenca se registra un aporte significativo de material en suspensión, lo cual podría alterar la potabilidad del agua.

ABSTRACT

The April 1991 earthquake in Costa Rica caused changes in the hydrological characteristics of several watersheds in the Caribbean region of the country.

Evidence of these changes was observed in the rio Banano, the principal source of potable water for the province of Limón. The behavior of the alluvial river accelerated as a consequence of nearly 40 million cubic meters of material that moved within the watershed as a result of the earthquake. The characteristic landslides were rockslides, although rotational slump and debris flow slides were also observed. The accelerated hydrological changes in the river have caused flooding in populated areas such as Aguas Zarcas, Quitarfa, Beverly, Polonia, Bomba and María Luisa. In order to minimize the consequences of the flooding, the lower part of the watershed was classified in three categories according to flooding susceptibility.

The river has also shown an increase in suspended material, which could affect the potability of the water.

I. INTRODUCCION

En Costa Rica la región Caribe, como consecuencia del terremoto del 22 de abril de 1991 se ha visto afectada en cuanto al comportamiento hidromórfico de sus cuencas. Es así como la ocurrencia de deslizamientos, inundaciones y avalanchas se ha acelerado. Como efecto directo de este comportamiento se presenta el aumento en la turbidez de las aguas, lo que lógicamente ocasiona problemas en lo que se refiere a las fuentes de agua potable para las poblaciones de la región.

Un ejemplo evidente de lo anterior es la cuenca del río Banano (principal fuente productora de agua potable para la provincia de Limón) que se extiende de este a oeste desde la Fila Matama hasta el Mar Caribe, la cual fue destruida sobre todo en su cobertura forestal. Debido a ello la sedimentación del cauce y el aumento de la escorrentía superficial en las laderas ha elevado la vulnerabilidad a inundaciones, avalanchas y nuevos deslizamientos de la cuenca media y baja.

En el presente artículo se realizó un análisis general de las características geomorfológicas, climáticas, de uso del suelo, entre otras, que conlleva a una explicación de las causas y efectos de los deslizamientos y de las inundaciones ocurridos después del evento sísmico.

II. GENERALIDADES

El área de la cuenca es de 201 Km². Limita al norte con la Fila Asunción, el río Peje y el río Limoncito; al este con el río Viscaya y los poblados de New Castle, Mountain Cow y Beverly, al sur con la Fila Matama, el río Gobán y el río Cariei, al oeste con la Fila Matama y el río Zent.

Su máxima altitud corresponde a un cerro al suroeste (2025 m.s.n.m.) en la Fila Matama. El perímetro es de 83.5 Km. Su eje axial es de 30.6 Km. Forma parte de la Región Huetar Atlántica, sus nacientes se ubican en la Fila Matama.

El área comprendida por la cuenca forma parte del cantón I del distrito I de la provincia de Limón.

La cuenca es drenada por el río Banano, como cauce principal, el cual posee una longitud de 40.5 Km. Algunos cauces secundarios son: Segundo, Tercero, Nuevo y Aguas Zarcas; los cuales fluyen en la parte alta, exceptuando el Aguas Zarcas que confluye con el Banano en la parte media. Lo anterior indica, entonces, que el material deslizado es transportado con relativa facilidad hasta el cauce principal, ya que en combinación con otros factores que se analizarán posteriormente, la capacidad de arrastre de materiales en suspensión, y en algunos casos de bloques de gran tamaño (troncos, rocas, etc.) es mucho mayor en los sectores altos.

La cuenca posee un tiempo de concentración de 1.5 horas (según fórmula citada por DUNNE, T. & LEOPOLD, L., 1978) hasta la desembocadura en el mar Caribe. Y el tiempo de retardo característico del área es de 1 hora.

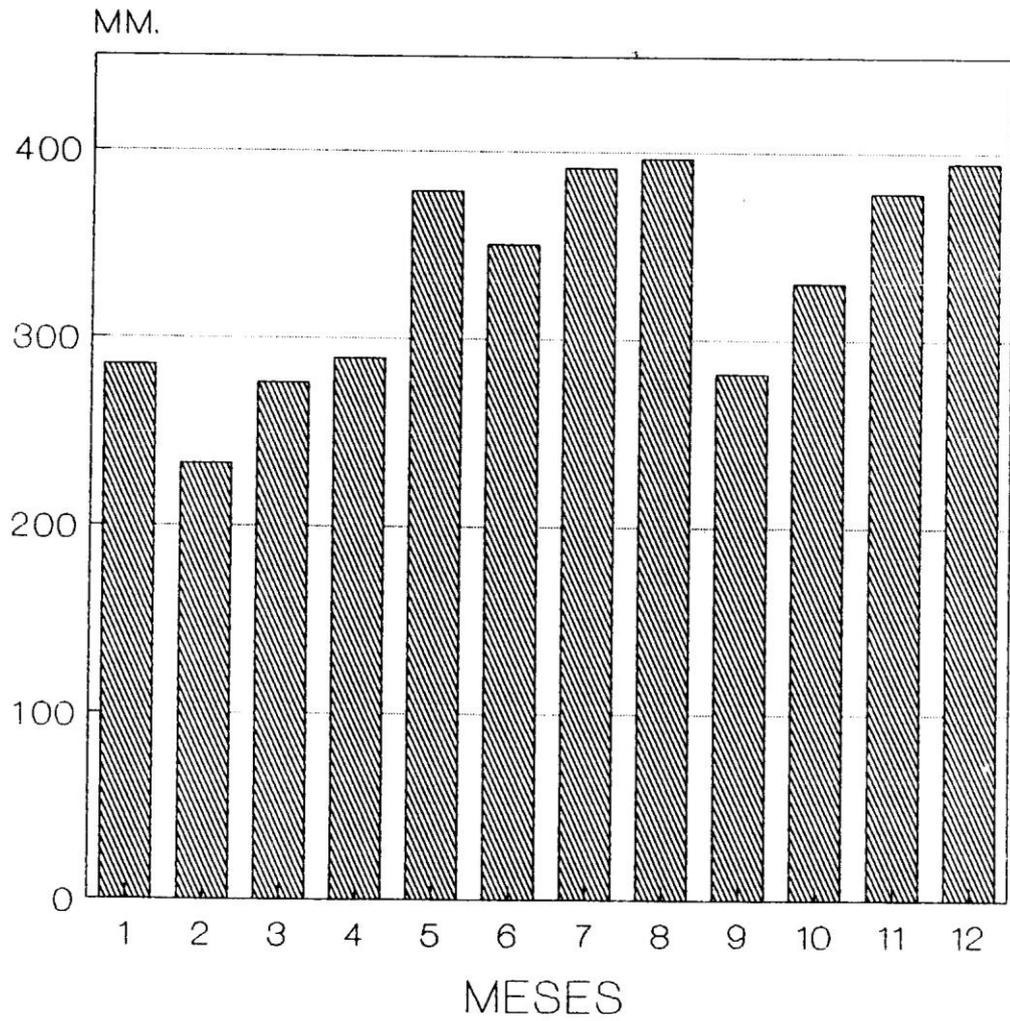
III. CARACTERISTICAS FISICAS

3.1. Clima

Esta cuenca por su posición geográfica al igual que las demás cuencas del Caribe se encuentra altamente influenciada por los vientos alisios provenientes del noreste, además por diferentes fenómenos meteorológicos tales como depresiones tropicales, frentes fríos, etc., los cuales son frecuentes en la región.

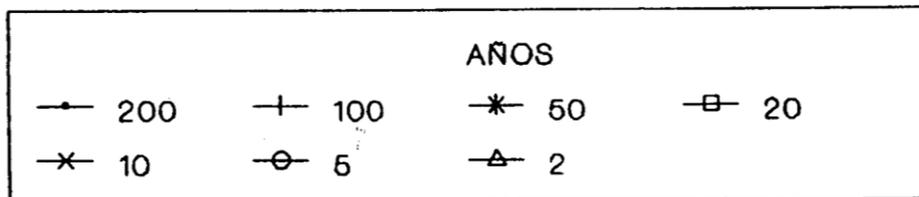
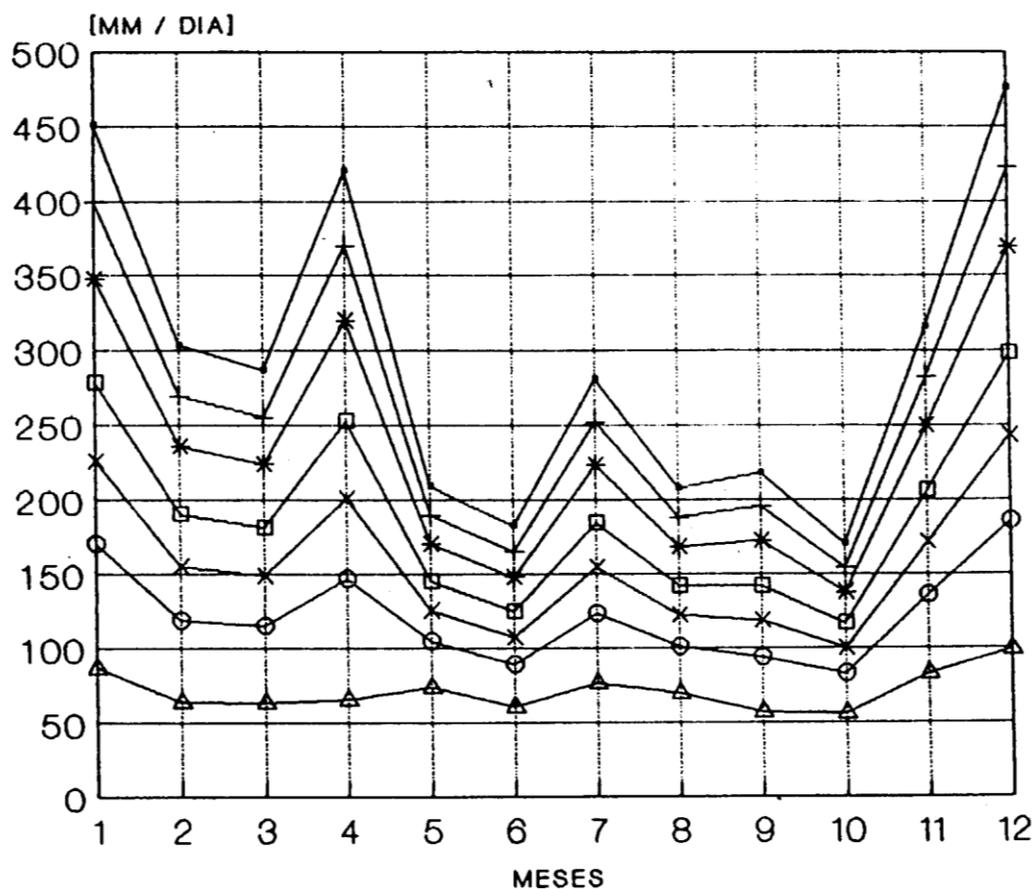
De acuerdo con la estación Asunción, la precipitación promedio mensual oscila entre los 230 mm. y los 375 mm., aproximadamente. Los meses en que se registran los mayores montos son agosto y diciembre con valores de 375 mm. mensuales (Figura 1).

En cuanto a la precipitación máxima diaria, puede observarse que se presentan en diciembre, enero y abril. Para períodos de retorno de 2, 5 y 10 años, la precipitación máxima diaria es de 99.2 mm., 185.8 mm. y 243.1 mm., respectivamente. Cabe resaltar que la precipitación máxima no sobrepasa los 500 mm. diarios ya que para un período de retorno de 200 años se tiene un valor de 475.6 mm.-diarios (Figura 2).



1977 - 1992
 ELAB. ARAUZ & CHACON

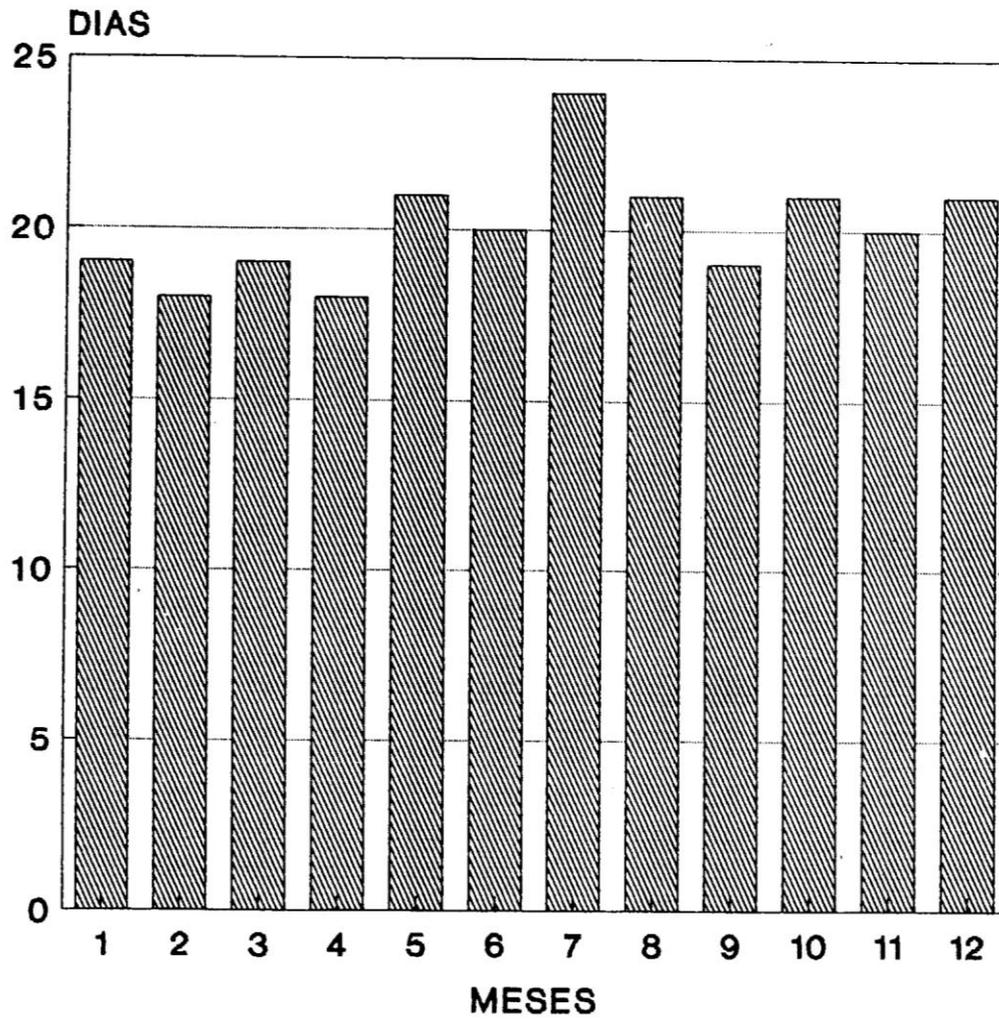
Figura 1. Precipitación promedio mensual. Estación Asunción.



AÑOS EVALUADOS: 1962-1990
 ELAB. POR: WAHRSON, ARAUZ & CHACON

Figura 2. Precipitación máxima diaria según períodos de retorno y meses. Estación Asunción.

Los días con lluvia oscilan entre los 18 y 24 días. Los meses que sobresalen son julio, con 24 días seguido por los meses de mayo, agosto, octubre y diciembre con 21 días (Figura 3).



PERIODO: 1979 - 1988

ELABORADO POR: ARAUZ & HERNANDO

Figura 3. Promedio mensual de días de lluvia. Estación Asunción.

3.2. Uso del suelo

3.2.1. Uso para 1976

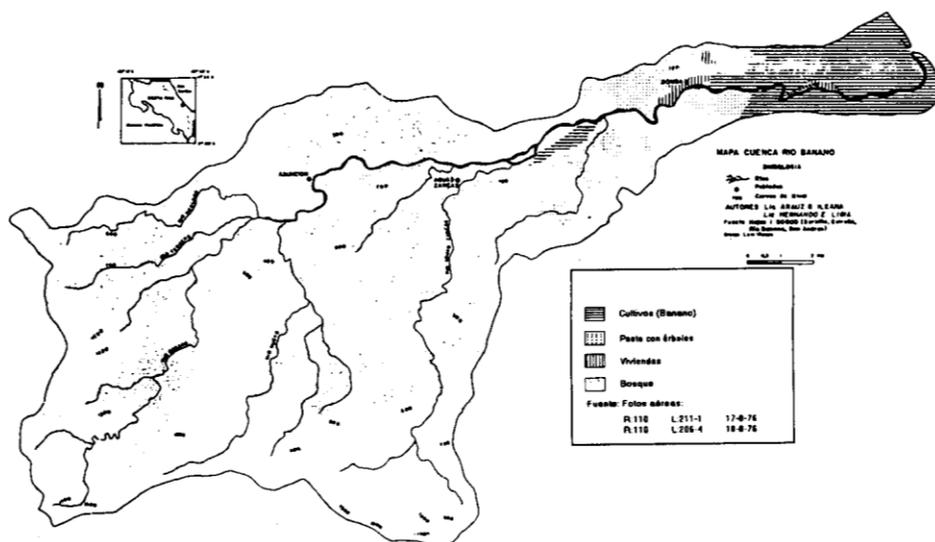
En la cuenca, para 1976 se observan, de acuerdo con las fotografías aéreas respectivas (Mapa 1) los siguientes tipos de uso:

- Cultivos (Banano)
- Pasto con árboles
- Viviendas
- Bosque

El uso definido como Cultivos es aquel en que se observan cultivos que no son de subsistencia, es aquí donde se incluyen las zonas cubiertas por banano. Se ubica en la cuenca baja y abarca 1.1 Km².

Los pastos con árboles se observan, principalmente, en la cuenca media y cubren 8.7 Km².

En lo que respecta al uso de viviendas y cultivos de subsistencia, debe decirse que se ubica, en su mayor parte, en la cuenca baja o en las llanuras de inundación. Cubren un área de 17.1 Km².



Mapa 1. Uso del suelo. 1976.

El bosque en este año cubría el 85.1% de la cuenca.

3.2.2. Uso para 1992

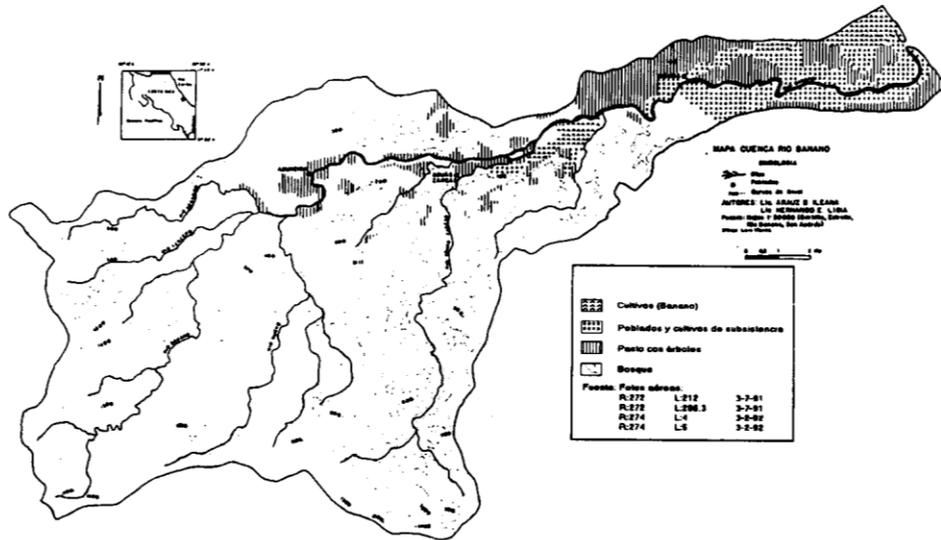
En la cuenca del río Banano se pueden identificar varios tipos de uso para 1992, según la fotointerpretación de febrero del mismo año (Mapa 2):

- Pasto con árboles
- Cultivos (Banano)
- Viviendas y cultivos de subsistencia
- Bosque

Debe mencionarse que existe un área que se denomina «sin clasificar», ya que no fue posible fotointerpretarla pues se encontraba cubierta de nubes. Estas abarcan 69.7 Km².

En lo que se refiere al pasto con árboles, éste se ubica, al igual que en 1976, principalmente en la cuenca media y se caracteriza, este uso, por ser áreas cubiertas de pasto que incluyen árboles dispersos. Cubre un total de 18.1 Km².

El uso de suelo denominado «cultivos» incluye las áreas cubiertas por cultivos estacionales, en mayor medida, banano. Se pueden observar, principalmente en la cuenca baja abarcando 4 Km².



Mapa 2. Uso del suelo. 1992.

Las viviendas y cultivos de subsistencia se ubican, en su mayoría en las llanuras de inundación del río Banano; es decir, en la cuenca media y baja. Incluye los poblados de Aguas Zarcas, María Luisa, La Bomba y Beverly entre otros. Este uso abarca un área de 10.5 Km². Como se aprecia, en este año abarca una área menor que en 1976 ya que en 1992 se observan áreas de cultivo de banano en sectores donde anteriormente habían sido de cultivos de subsistencia.

Con respecto al bosque se ubica, principalmente en la parte alta de la cuenca y cubre un 82% del área total lo cual indica que ha sido una cuenca con algún tipo de plan de conservación forestal. Esto último se confirma pues de acuerdo con VARGAS (1981), 27 Km² de la cuenca forman parte del área de protección del Parque Internacional de la Amistad. Por esta razón se asume que las áreas «no clasificadas» corresponden a uso forestal.

3.3. Geología

La cuenca se caracteriza por evidenciar una variada constitución geológica ya que existen, principalmente, rocas de origen sedimentario, pero se pueden observar también rocas ígneas.

Las rocas sedimentarias pertenecen, en su mayoría a las Formaciones Gatún (río Banano), Uscari y Senosri. Las ígneas son principalmente intrusivas miocénicas: cuarzo-diorita, granodioritas, granito y gabro (RAMIREZ, 1981).

3.3.1. Formación Uscari

Está conformada por lutitas friables de color oscuro con poca resistencia a la denudación, debido a ello sus afloramientos forman amplios valles y cuencas interiores.

Esta formación sobreyace, en ciertas ocasiones, sobre capas conglomerádicas y calizas del Oligoceno, que corresponden a la Unidad Senosri. Es importante indicar que está sobreyacida, a su vez, de manera discordante por un conglomerado basal que forma parte de la Formación Gatún (SPRECHMANN, 1984).

3.3.2. Formación Senosri

Esta formación está constituida por calcarenitas de grano medio, de color verde claro grisáceo, y por calizas brechosas organógenas y lutitas.

Está suprayacida por la Formación Uscari (Oligoceno Superior-Mioceno Inferior). El límite inferior de esta Formación es identificada como el Mioceno Inferior.

3.3.3. Formación río Banano

Está constituida por una serie de fàcies de intercalaciones someras de clastos marinas y arrecifes de coral.

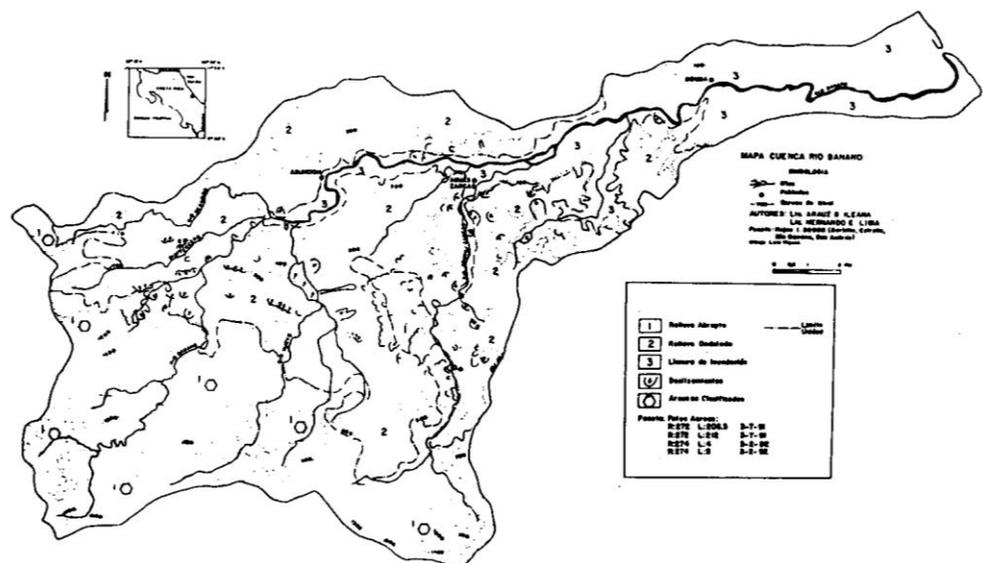
Como base de esta Formación existe un delgado estrato de conglomerado, conformado por cantos rodados gruesos de rocas ígneas, o de guijarros más finos, con alternancia de estratos de arenisca. Este conglomerado sobreyace generalmente en forma discordante sobre la Formación Uscari. En la parte superior esta Formación tiene contacto con la Formación Suretka.

3.4. Unidades geomorfológicas

Se definieron en la cuenca tres unidades geomorfológicas (Mapa 3):

- De relieve abrupto
- De relieve ondulado
- Llanura de inundación

La unidad de relieve abrupto abarca la parte más alta de la cuenca desde los 1000 m.s.n.m. y los 500 m.s.n.m. (cerca del cerro Asunción), incluyendo la Fila Matama al sur. Se caracteriza esta unidad por pendientes de 71% como promedio. Se ubica la



Mapa 3. Unidades geomorfológicas y deslizamientos.

mayor parte del uso de suelo bosque. Es aquí donde se localizan las nacientes tanto del río principal como de la mayoría de sus afluentes. El área que cubre es de 60 Km².

En lo que se refiere a la unidad de relieve ondulado debe indicarse que se localiza cerca de los 1000 m.s.n.m. hasta menos de 100 m.s.n.m. en las cercanías de los poblados de María Luisa y La Bomba. Cabe destacar que ésta es la unidad geomorfológica que cubre la mayor área de la cuenca (100 Km²). Las pendientes promedio son de 37%. El uso que predomina es de pasto con árboles seguido por bosque.

Con respecto a la unidad de llanura de inundación debe mencionarse que cubre áreas menores de 200 m.s.n.m. Es aquí donde se desarrollan la mayor cantidad de actividades que realiza el hombre es por ello que se ubican poblados, actividades agrícolas (cultivos de subsistencia y cultivos permanentes), infraestructura etc. Las pendientes promedio son de 11%. Esta es la unidad que cubre la menor área (20 Km²).

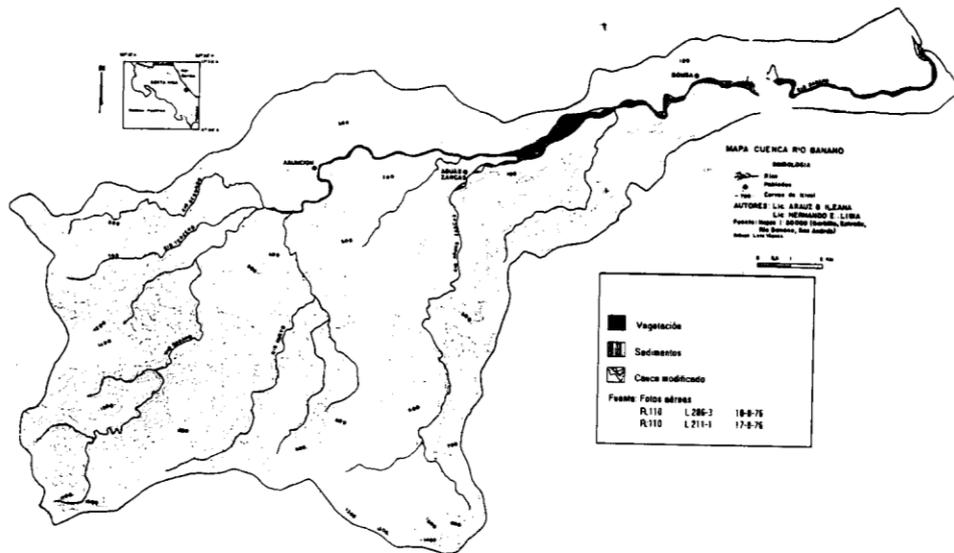
3.5. Morfología fluvial

El río Banano es de tipo **aluvial** y por lo tanto su comportamiento es característico: su cauce principal es divagatorio, lo que quiere decir que altera su trayectoria con cada evento extremo (inundación). Este comportamiento es producido por el efecto de la carga de sedimentos que lleva la corriente en combinación con la pendiente y la resistencia del material de los bancos del cauce. Es decir, la carga de sedimentos en el agua ocasiona que el caudal tenga mayor fuerza y reduzca la resistencia del material que forma parte de las riberas del cauce. Es preciso indicar que el poder de arrastre de material puede aumentar si las precipitaciones son suficientemente intensas.

Debido a lo anterior, se presentan modificaciones en el cauce principal, especialmente en la cuenca media y baja del río Banano, produciéndose divagaciones y en consecuencia, un patrón trezado y meandros abandonados. Es aquí donde la pendiente es menor, así como los materiales (al ser depósitos aluviales) se caracterizan por una menor resistencia. Además debe anotarse que en este sector el lecho del río alcanza un ancho de hasta cerca de 700 metros, lo cual es otro factor que contribuye al efecto de divagación. Es preciso anotar, de acuerdo con el análisis de precipitación, que uno de los causantes también de este comportamiento es la intensidad, ya que prevalecen las lluvias de corta duración.

Para el caso que nos ocupa, el terremoto del 22 de abril produjo el comportamiento acelerado y a mayor escala, de río aluvial. Es importante indicar que debido al aporte del material producto de los deslizamientos (42 millones de m³), es posible observar, además, comportamiento divagatorio de algunos afluentes (donde la pendiente y otros factores lo permiten), tal es el caso del río Aguas Zarcas, aunque no en la escala del cauce principal.

Para el año 1976 (ver mapa 4), el río presentaba un comportamiento de tipo aluvial, únicamente aguas abajo del poblado de Aguas Zarcas, con evidencia de



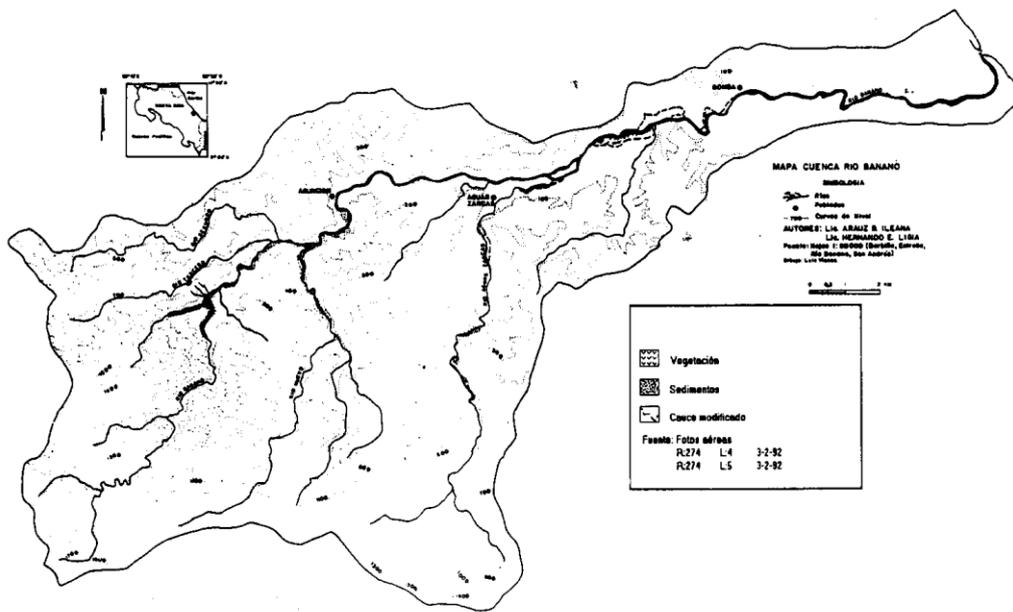
Mapa 4. Morfología fluvial. 1976.

acumulaciones de sedimentos. Para 1992 este comportamiento se registra en mayor grado (ver mapa 5), ya que se observan acumulaciones en el río Banano aproximadamente a 2.5 Km. aguas arriba de la confluencia con el río Tercero. Situación similar sucede en el río Aguas Zarcas donde la acumulación de sedimentos se inicia aproximadamente a 6.5 Km. aguas arriba del poblado. Por lo tanto después del evento debido a la gran cantidad de material removido y transportado el lecho ha acentuado su patrón (trenzado).

IV. ANALISIS DE MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa predominantes son los deslizamientos de rocas (rockslide) en el que la masa del sustrato rocoso se desplaza en un plano lineal. Además existen al menos un deslizamiento de tipo rotacional (rotational slump), en el que existe una rotación hacia atrás según un plano de deslizamiento cóncavo hacia arriba. Puede también detectarse un tipo de movimiento en masa de suelo denominado flujo de detritos (debris flow) en el que el suelo es arrastrado en forma de un líquido de alta viscosidad. Estos se ubican principalmente en la unidad geomorfológica de relieve ondulado (mapa 3) y de relieve abrupto.

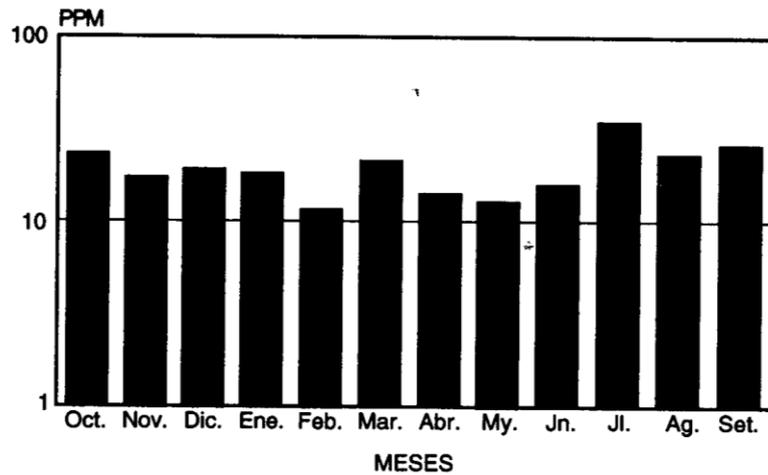
Debido a la gran cantidad de material removido y depositado en las laderas y al pie de las mismas se presentan sedimentos que varían en su constitución de grueso a fino los cuales han sido acarreados en los cauces desde las partes más altas hasta llegar



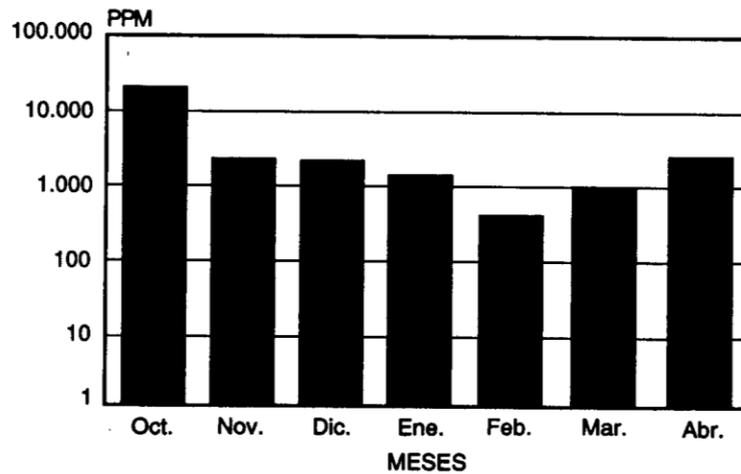
Mapa 5. Morfología fluvial. 1992.

a ser depositados a lo largo del mismo, ello se produce como resultado de fuertes precipitaciones o ruptura de represamientos originados en las partes más encañonadas los cuales arrastran grandes bloques rocosos, troncos, suelo, cobertura vegetal, etc. Estos depósitos inicialmente se observan en la parte media alta de la cuenca de manera desordenada, posteriormente y dependiendo de la capacidad de arrastre, se notan, en menor cantidad, bloques angulares de menor tamaño así como troncos. Al inicio de la llanura de inundación se nota una gran variación y cambio en la composición granulométrica de los materiales predominando material fino como arenas, limos y guijarros; interesante es hacer resaltar que al finalizar la llanura los materiales depositados son muy finos: limos y arcillas.

A partir del análisis de datos de sedimentación después del evento (estación la Nueva Bomba), se evidencia que el arrastre de sedimentos aumenta principalmente en los meses posteriores al evento. Para el mes de octubre del año 1991 se tiene un monto de 15028 ppm, mientras que ya para octubre de 1992 disminuye a 712 ppm. Además del mes de octubre sobresalen, pero en menor escala, los meses de abril, mayo y julio de 1992 con montos que oscilan entre las 2300 y 2400 ppm, coincidiendo también con los mayores montos de precipitación promedio mensual. Posteriormente a estos meses se muestra una tendencia muy homogénea cuyos valores no superan las 1000 ppm. El mes de febrero registra el dato menor (253 ppm), coincidiendo también con el monto de precipitación más bajo (Figs. 3 y 4).



Período analizado 1979-1988
Fuente: Dpto. Hidrología, ICE.



Período analizado 1991-1992
Fuente: Dpto. Hidrología, ICE.

Figura 4. Sedimentación en la cuenca del río Banano. Estación Asunción y Estación Nueva Bomba.

4.1. Características

4.1.2. Río Nuevo

De acuerdo con la observación de campo, las evidencias dejadas por los deslizamientos hacen concluir que aquí son de tipo **rockslide** ya que existen grandes bloques (de más de 5 m. de diámetro) que se disgregaron al caer esparciéndose tanto en el cauce como en las laderas. Es notoria la roca madre, es decir, el plano de

deslizamiento. Estas evidencias se pueden apreciar fácilmente en la parte media, por cerca de 50 m², en el margen izquierdo.

En este río no se presenta turbidez, lo cual evidencia también que los movimientos no arrastran cantidades importantes de suelo.

El cauce del río en parte de su trayecto es un cañón y las pendientes son superiores a 90% a ambos lados; lógicamente esto contribuye al desprendimiento de material al aumentar el peso de los materiales con el aporte del agua de las precipitaciones intensas características de la zona.

4.1.3. Otros ríos

Los afluentes Aguas Zarcas, Segundo y Tercero fueron fotointerpretados, observándose evidencias de que los materiales arrastrados son rocas de menor tamaño y mayor cantidad de suelo. Estas son evidencias de que existieron deslizamientos de tipo **flujo de detritos** (debris flow).

Es importante indicar que la subcuenca del Aguas Zarcas presenta mayor cantidad de deslizamientos (55), los cuales son de alrededor de 10 m² en su mayoría. Además, en el trabajo de campo se identificaron deslizamientos de menor tamaño (de aproximadamente 1 m² y menos). Ello redundaría en que éste sea el afluente que arrastra mayor cantidad de sedimentos.

4.1.4. Río Banano

De acuerdo con la fotointerpretación, presenta mayor cantidad de deslizamientos en sus nacientes, sin embargo, cabe indicar que gran parte de este sector no pudo ser fotointerpretado debido a problemas de nubosidad (Mapa 3). El sector presenta las pendientes más fuertes de la cuenca (71%).

Según el patrón de movimientos en masa de la cuenca se puede suponer que en la unidad geomorfológica de relieve abrupto, debido a sus pendientes fuertes y a su constitución geológica se genera mayor desprendimiento de material. Evidencia de esto es que en el río Banano se observan sedimentos en suspensión en las partes más altas analizadas.

V. AREAS INUNDABLES

De acuerdo con lo observado en el campo y con base en la fotointerpretación respectiva se lograron distinguir tres tipos de áreas inundables, las cuales pueden definirse de acuerdo con el estudio denominado «Análisis preliminar de zonas con potencial de inundación y sitios vulnerables» realizado en 1991 como informe a la Comisión Nacional de Emergencia (HERNÁNDEZ, G., HERNANDO, L., VAHRSON,

G., ARAUZ, I. & CHACON, R., 1991). Estas áreas pueden, entonces definirse de la siguiente manera, según su potencial a inundarse:

5.1. Zonas de mayor potencial

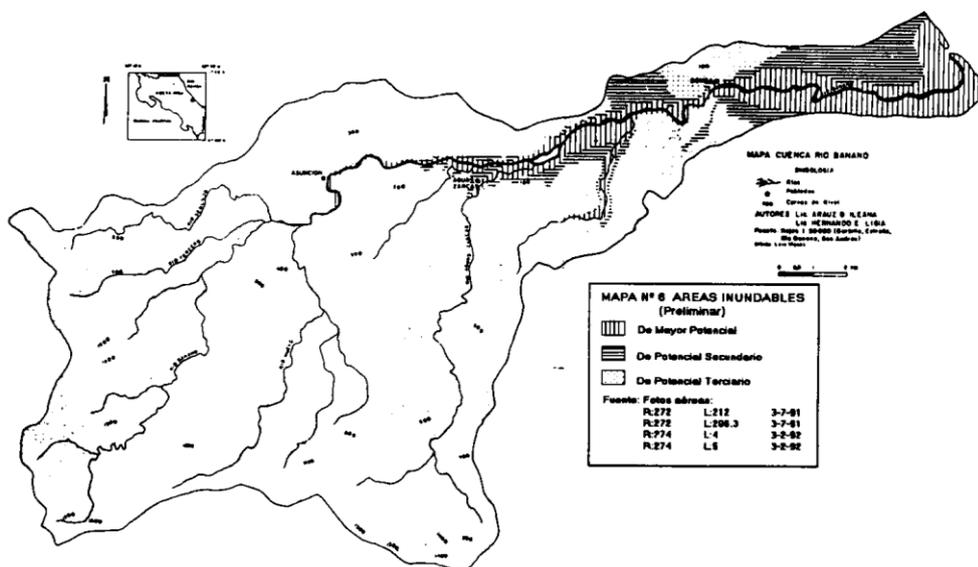
Corresponden principalmente con el thalweg y con límites que abarcan áreas un poco más «abiertas o extensas» que el lecho de inundación del río. Estas son las zonas que se inundan con mayor frecuencia así como con mayor facilidad. Por lo tanto, cualquier actividad antrópica que se desarrolla dentro de estos límites es altamente vulnerable (también se consideran aquí áreas afectadas por los efectos de mareas y oleaje).

5.2. Zonas de potencial secundario

Las inundaciones en estas zonas tienen una menor frecuencia que las anteriores, sin embargo no son menos desastrosas. Geomorfológicamente corresponden a áreas de llanura de inundación con límites más «abiertos o extensos» que las áreas de mayor potencial. Sus causas pueden ser producto combinado o individual de la saturación del suelo y de avenidas (también se consideran aquí los efectos de las mareas y oleaje).

5.3. Las zonas de potencial terciario

Son áreas que se inundan con una frecuencia relativamente alta, corresponden a terrenos de pendiente muy suave, espacialmente muy relacionadas con áreas



Mapa 6. Áreas inundables.

suamposas o de marisma. Por lo general la combinación de aguas de escorrentía superficial y la saturación del suelo causan el estancamiento y la consiguiente inundación, debido a ello este tipo generalmente no tiene un poder de arrastre destructivo como las inundaciones que se producen en las zonas mencionadas anteriormente, pero cuando la altura y duración de éstas es significativa sus efectos pueden ser desastrosos, sobre todo para actividades agrícolas o aspectos sanitarios, y no tanto como riesgo para vidas humanas.

Los poblados que están incluidos dentro de las zonas con potencial primario, y en los que por tal razón deben tomarse las medidas pertinentes con el fin de mitigar los daños, son: Quitaría, Beverly, Polonia, un sector de María Luisa y un sector de Bomba, además de una serie de caminos y carreteras. (Mapa 6).

Filadelfia Sur, Mountain Cow, María Luisa, Bomba, Aguas Zarcas y varias carreteras y caminos se incluyen en las zonas con potencial secundario.

En las zonas con potencial terciario se ubica el poblado de Asunción y New Castle, además de algunos caminos.

VI. BIBLIOGRAFIA

DUNNE, T & LEOPOLD, L. 1978: Water in environmental planning. W. H. Freeman and Company. New York, United States of America.

HERNANDEZ, G., HERNANDO, L., ARAUZ, I. & CHACON, R. 1991: Análisis de vulnerabilidad a inundaciones en la Zona Atlántica. Colaboración con la Comisión Nacional de Emergencia. Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Geográficas.

RAMIREZ, G. 1981: Estudios básicos de la cuenca del río Banano. Limón, Costa Rica. Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica.

SPRECHMANN, P. 1984: Manual de Geología de Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

VARGAS, C., RAMIREZ, G. & MIRANDA, E. 1988: Informe de la cuenca del río Banano. Versión preliminar con énfasis en la actividad forestal. Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica.