

CAPITULO III - ANALISIS DE LAS INUNDACIONES.

Este capítulo se concentra en el análisis de las características físicas inherentes al riesgo de inundación en la cuenca del río Tuis, así como de la intervención humana. Tiene como objetivo conocer las causas y aspectos de las mismas, así como de la recurrencia temporal y su manifestación espacial, para delimitar áreas con distinto riesgo.

Una cuenca y todos sus componentes constituyen un sistema cuyas fuentes de energía son de origen externo. Estas fuentes son caracterizadas, como condiciones del clima, es decir, el juego de los elementos y factores del mismo. El balance de la cuenca consiste en la capacidad de utilizar la energía necesaria y eliminar la innecesaria. El principal elemento es el drenaje, cuya función es la de evacuar el exceso de lluvia, manifiesto en escorrentía, aguas de arroyada y encausada. El relieve, los suelos y la vegetación, pueden o no soportar la energía, eliminándola adecuadamente o en forma violenta, como es el caso de las inundaciones.

De esta manera, el análisis físico en la cuenca del río Tuis será enfático en dos variables: la precipitación y el relieve. La primera variable es un elemento climatológico. Su análisis se referirá a sus características y funcionamiento como una variable dependiente de otros elementos y factores del clima. La segunda variable, el relieve, se estudiará dentro del marco geomorfológico, que consiste en el estudio de las formas de la Tierra, estrictamente, con su descripción (morfología), ordenamiento sistemático y en la investigación de su origen y desarrollo (morfogénesis). Es-

tas dos variables son indispensables para el conocimiento de las inundaciones en la cuenca en estudio.

Dentro de las causas de las inundaciones se estima la intervención del hombre. De esta manera, interesa la distribución de la población y de sus actividades principales (uso del suelo), que tienen implicaciones sobre el fenómeno que se estudia.

El análisis de las inundaciones y la evaluación del riesgo no puede ser completo, si no se consideran las manifestaciones espaciales y temporales del fenómeno, para comprobar su recurrencia en el pasado, así como prevenir su posibilidad en el futuro.

El análisis de las causas de las inundaciones y las consideraciones de sus manifestaciones permiten jerarquizar y delimitar el riesgo de inundación.

3.1. La precipitación.

El clima constituye uno de los elementos fundamentales en el análisis de las variables físicas del riesgo de inundación. Los elementos de más relevancia son: temperatura del aire, presión atmosférica, vientos, humedad relativa del aire y precipitación. En muchos sistemas climatológicos, la temperatura y el régimen de precipitación constituyen las bases más sólidas para definir los tipos de clima. Sin embargo, dependiendo del fenómeno y objeto de estudio, en ciertas investigaciones otros elementos y factores reciben mayor énfasis. Para los efectos de esta investigación, se

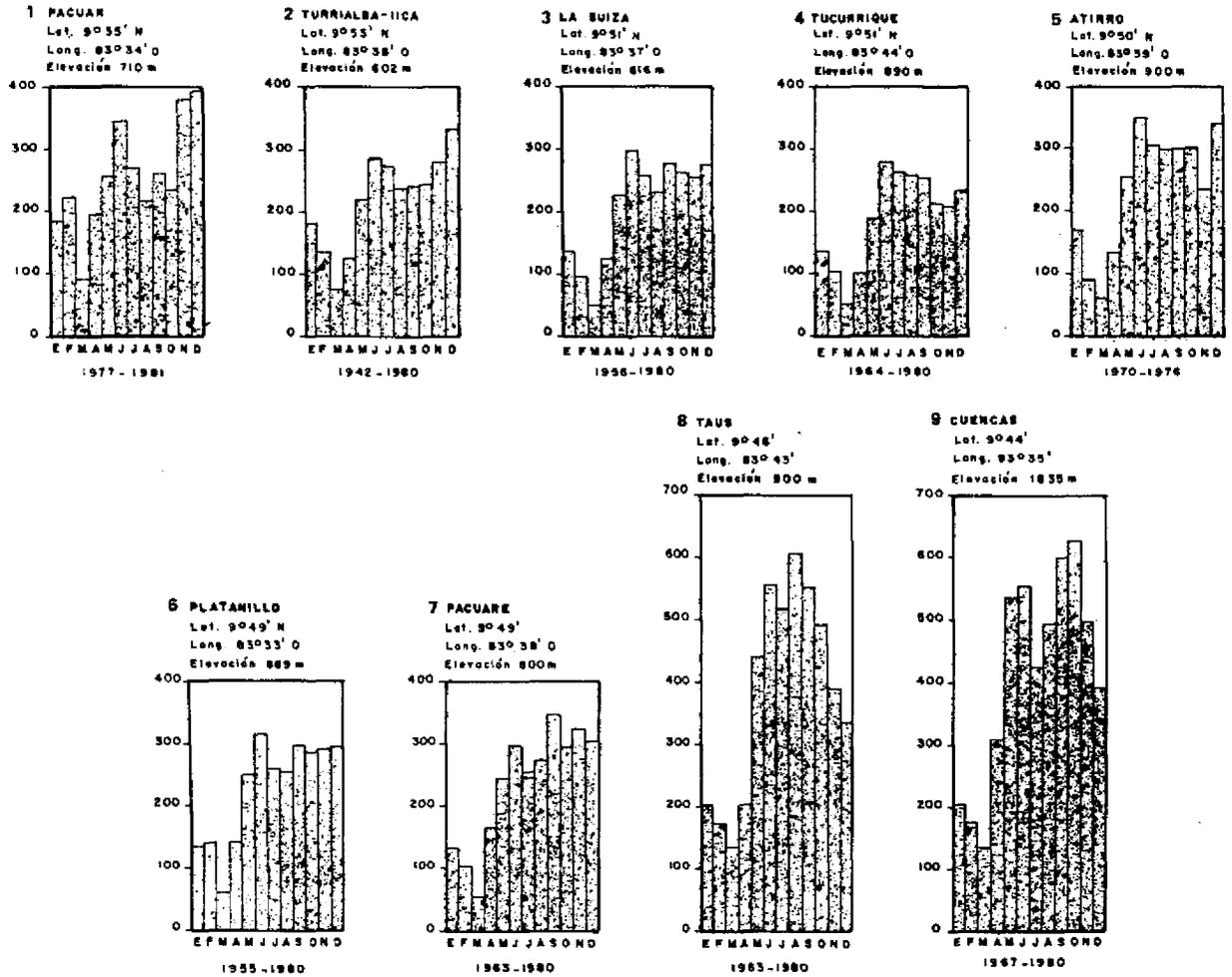
determinó que el elemento más importante de análisis es la precipitación, cuyo régimen se define por otros elementos y factores.

La precipitación en la cuenca del río Tuía es un fenómeno que se observa a través de todos los meses del año. Según el análisis de los promedios, no existe un período seco. El período de menos lluvia se inicia en enero para manifestarse plenamente en marzo en toda el área, como lo registran las estaciones. La estación La Suiza en particular, presenta en este mes una precipitación promedio de 50.45 mm. Abril presenta poca lluvia también; luego se adquieren valores considerables desde mayo hasta diciembre. Existe un incremento muy notable en la época de mayor precipitación, por efectos orográficos y convectivos, en las zonas altas. Tal es el caso de la estación Taus (900 m) y la estación Cuencas (1835 m), en donde se alcanzan promedios mensuales en algunos casos superiores a los 6000 mm, que no se presentan en las estaciones restantes, las cuales tienen altitudes menores (Fig. 2).

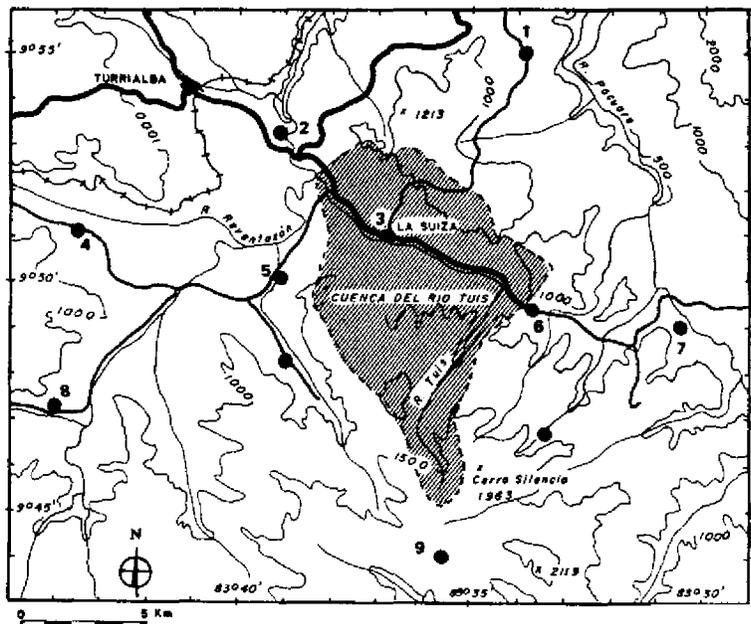
El período final del año es el que presenta mayor precipitación, principalmente diciembre, a causa de una o dos situaciones sinópticas anómalas, que se refieren a circunstancias regionales no usuales en la atmósfera; el caso de aumento del gradiente de presión implica el desplazamiento del anticiclón del Atlántico, como ejemplo. Dos casos concretos de estas circunstancias, de los muchos que han sucedido son: diciembre de 1933, en que en 24 horas llovió 198.1 mm (Pejibaye), con una intensidad de 8.25 mm por hora, y diciembre de 1949, en que registró una precipitación de 338.0 mm en 30 horas (Juan Viñas), para una intensidad de 27.93 mm por hora. Estas

CUENCA DEL RIO TUIS

**PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (mm) EN LA CUENCA DE ESTUDIO
Y ZONAS ALEDAÑAS**



UBICACION DE LAS ESTACIONES



FUENTE: INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD.
INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL.
1982

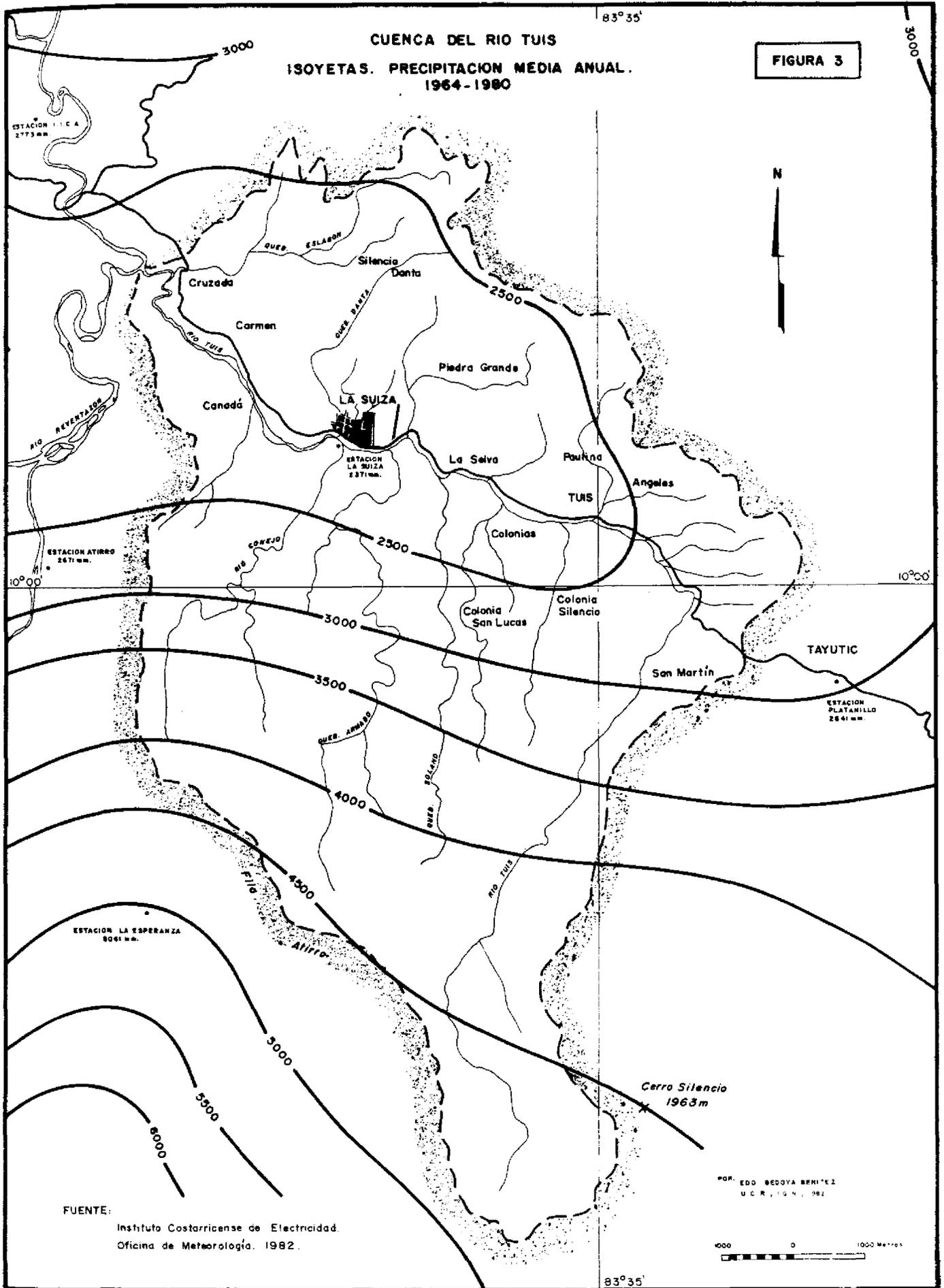
POR: EDUARDO BEDOYA BENITEZ
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA.

precipitaciones se califican de excepcionales tanto en intensidad como en duración, sobrepasando en la mayoría de los casos lo que pudo llover en todo el mes. Además, estas lluvias coincidieron con inundaciones no sólo en la cuenca del río Tuís, sino que en toda la vertiente del Caribe.

Según los promedios anuales, se manifiestan precipitaciones inferiores a los 2500 mm en las partes bajas de la cuenca, donde se ubican los pueblos de La Suiza, Tuís, y pequeños caseríos, es decir, allí donde se concentra la población de la cuenca. La precipitación se incrementa gradualmente con la altitud, hasta alcanzar promedios anuales entre los 4000 y 5000 mm. Ese fenómeno ocurre precisamente en la parte sur (Fila Atirro y Cerro Silencio), donde los ríos y quebradas se abastecen e incrementan sus caudales, que luego descargan en rápidos descensos en la parte baja de la cuenca, en donde se manifiesta, consiguientemente, el riesgo de inundación (Fig. 3).

Para una comprensión más general y explicar el por qué del régimen pluviométrico en la zona de estudio, es necesario ubicar a la cuenca en su contexto regional. Debido a que la cuenca del río Tuís es sumamente pequeña (76.65 Km²), la manifestación de la precipitación obviamente no sólo corresponde a elementos y factores locales, sino que se explica también por otros de carácter externo a ella.

Costa Rica se caracteriza por una condición istmica y un eje montañoso central que funciona como barrera para la libre circulación atmosférica, que proviene del este (vientos alisios) y del oeste (vientos cestas o ecuatoriales). Estas características crean una disimetría pluviométrica, según



FUENTE:
Instituto Costarricense de Electricidad.
Oficina de Meteorología. 1982.

se trata de la vertiente del Pacífico o de la vertiente del Caribe, separadas por la divisoria continental de aguas. En el presente análisis, el interés se concentrará en la vertiente del Caribe, en donde se encuentra la zona de estudio.

La vertiente del Caribe presenta dos subregiones: la costa junto con las llanuras y la que comprende el relieve montañoso, en donde se ubica la cuenca del río Tuís. En toda esta vertiente es difícil encontrar una estación seca, clara y definida, pues las lluvias se mantienen entre los 50 y 200 mm en los meses de menos precipitación. Sólo en la costa se pueden definir dos períodos relativamente secos, uno de febrero a abril, y el otro, de setiembre a octubre.

En la zona montañosa, sólo se produce un mínimo relativo de la precipitación, en el mes de marzo, presentándose las máximas en diciembre, mes en que llueve más, según los registros. El caso de la cuenca del río Tuís y áreas aledañas presenta esta particularidad.

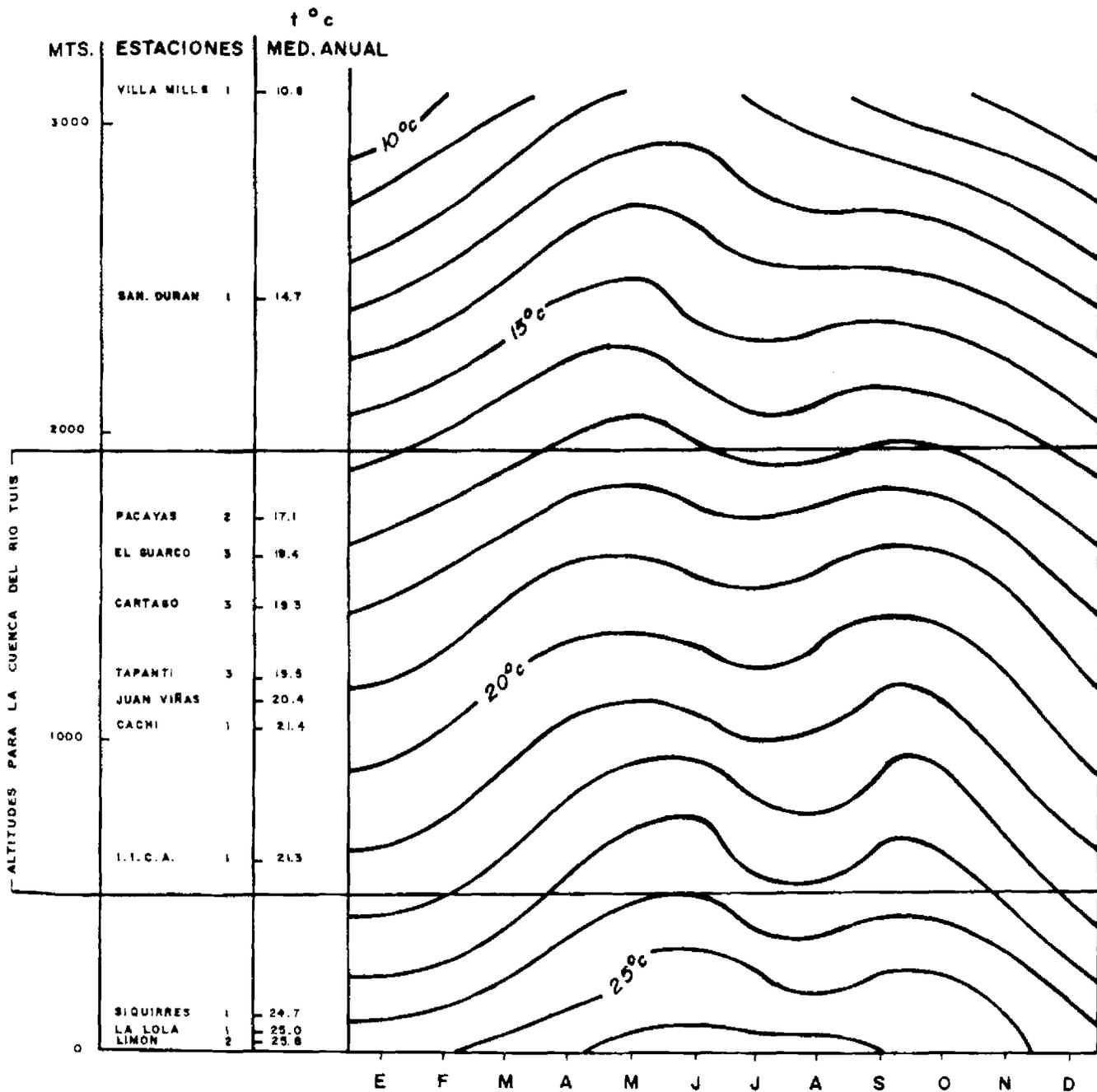
La diferencia en la distribución de la precipitación en los distintos meses del año y en el espacio; se deben a variaciones estacionales de la circulación atmosférica en la escala sinóptica y local; a la temperatura y a la orientación y configuración del terreno con respecto a esa circulación.

Dentro de un análisis sinóptico se estima que la vertiente del Caribe está dominada por los vientos alisios y también bajo la influencia de los

desplazamientos estacionales del anticiclón subtropical del Atlántico Norte. Este tipo de flujo está determinado por la Línea de Convergencia Intertropical (I.T.C.C.). Los vientos predominantes en la mitad inferior de la troposfera son del sector este durante todo el año (Laporte:1977:4. IICA:1970:17). Esta es la influencia que prevalece, repercutiendo en el aumento y distribución de las lluvias en toda la cuenca del río Reventazón, incluyendo su tributario, el río Tuís.

La temperatura presenta variaciones notables en la vertiente del Caribe. Lo más contrastante se nota al comparar la costa (Limón), que presenta promedios mensuales de temperatura de 26 grados centígrados, y Villa Milla (3000 m de altitud), Cordillera de Talamanca, con 10 grados centígrados promedio mensual (Fig. 4). Para la cuenca del río Tuís las variaciones de la temperatura mensual, según su altitud, van de los 17 a los 23 grados centígrados, presentando un gradiente térmico de 0.44 grados centígrados por cada 100 m de altitud. Estas características inciden en la estabilidad de la estructura térmica en la época relativamente seca, y en la estabilidad en la época lluviosa. La explicación de esto es que en la primera, los niveles bajos de la troposfera son más fríos que los altos, y en la segunda se invierte. Esto da lugar a fuertes movimientos ascendentes del aire que desarrollan potentes nubes cumuliformes, que convergen con masas de diferentes orígenes, los cuales se mezclan por los vórtices de los núcleos de baja presión, reforzando una predisposición a una inestabilidad regional en la estructura del aire, conduciendo a una elevada pluviosidad.

VERTIENTE CARIBE DE COSTA RICA
DISTRIBUCION VERTICAL DE LA TEMPERATURA
MEDIA MENSUAL



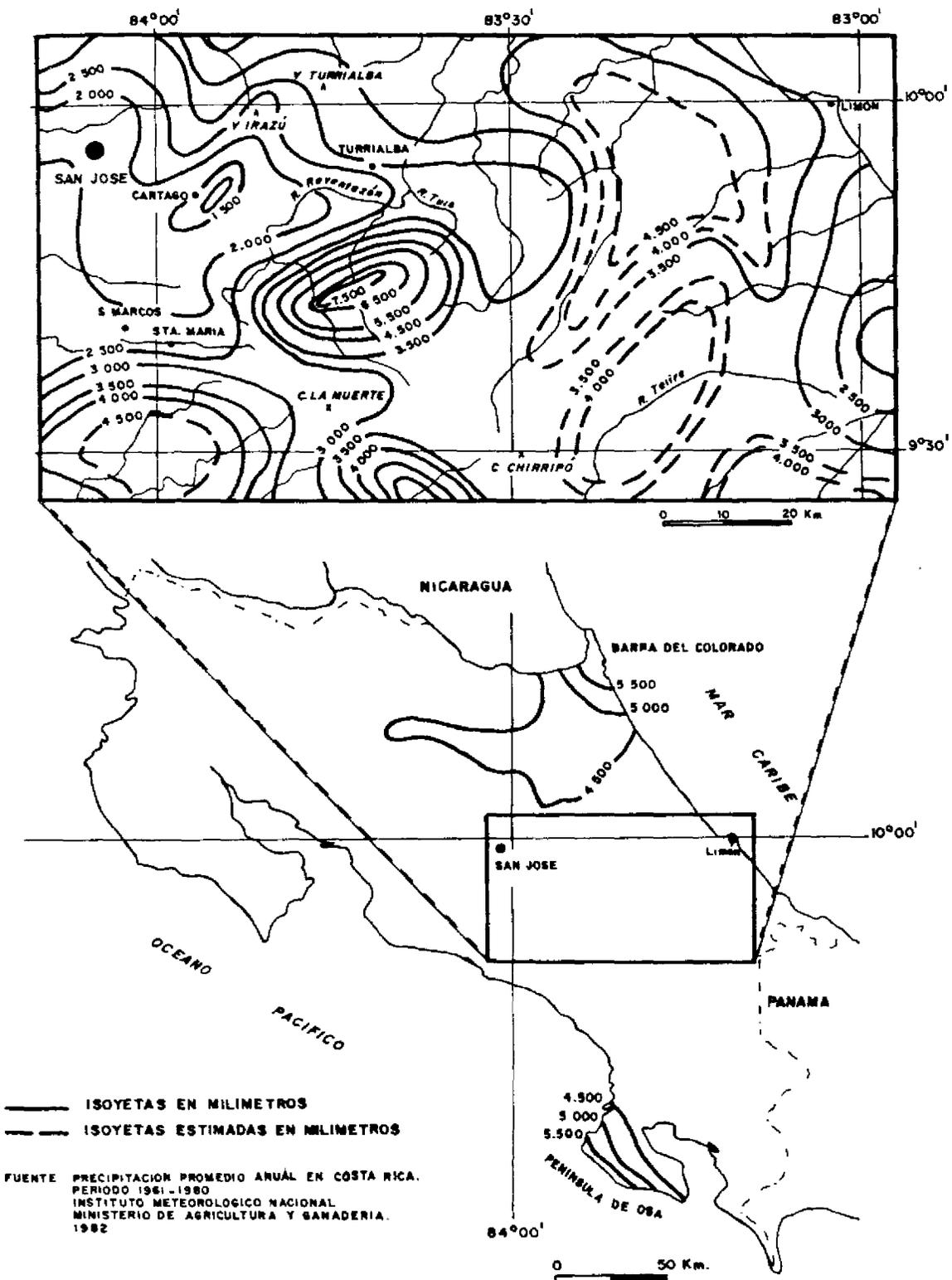
FUENTE: "INVENTARIO DE RECURSOS, CANTON DE TURRIALBA"
PUBLICACION MISCELANEA Nº 82. I.I. C. A., TURRIALBA,
C.R. 1970. pp. 19

Un detalle importante que se debe tomar en cuenta en el análisis de lluvias es el factor topográfico. Sobre todo en Costa Rica, país muy irregular desde el punto de vista del relieve. Este factor tiene que ver con la precipitación orográfica, producto del ascenso mecánico del aire húmedo sobre una cadena montañosa. Así, en las latitudes medias, en general, hay un aumento de la precipitación con respecto a la altitud y el máximo se encuentra generalmente en la cima de las montañas. Leporte (1977), apoyándose en investigaciones en este tema, manifiesta que en los trópicos el máximo de la precipitación se encuentra cerca de la mitad de la vertiente. Por tal razón, las masas de aire húmedo siempre depositan las mayores cantidades de lluvia en las faldas de barlovento de las cordilleras azotadas. De esta manera, la humedad que proviene del Caribe, penetra hasta la cuenca superior del Reventazón y precipita justo al Sureste de la cuenca del río Tuís. Por esta razón esta área presenta las máximas precipitaciones promedio en Costa Rica, superando las que tradicionalmente se conocían como las más lluviosas: Barra del Colorado y Península de Osa (Fig. 5).

Del análisis de las manifestaciones temporales y espaciales de la precipitación, se establece que ésta constituye una variable determinante en la causa de las inundaciones. Sin embargo, los desbordamientos de los ríos no dependen únicamente de esta variable, sino de la combinación de ésta con otras; por ejemplo, con el relieve o con la superficie en donde cae la lluvia.

FIGURA 5

**PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL EN LA ZONA CENTRAL-ORIENTA
DE COSTA RICA. PERIODO 1961-1980**



3.2 La geomorfología.

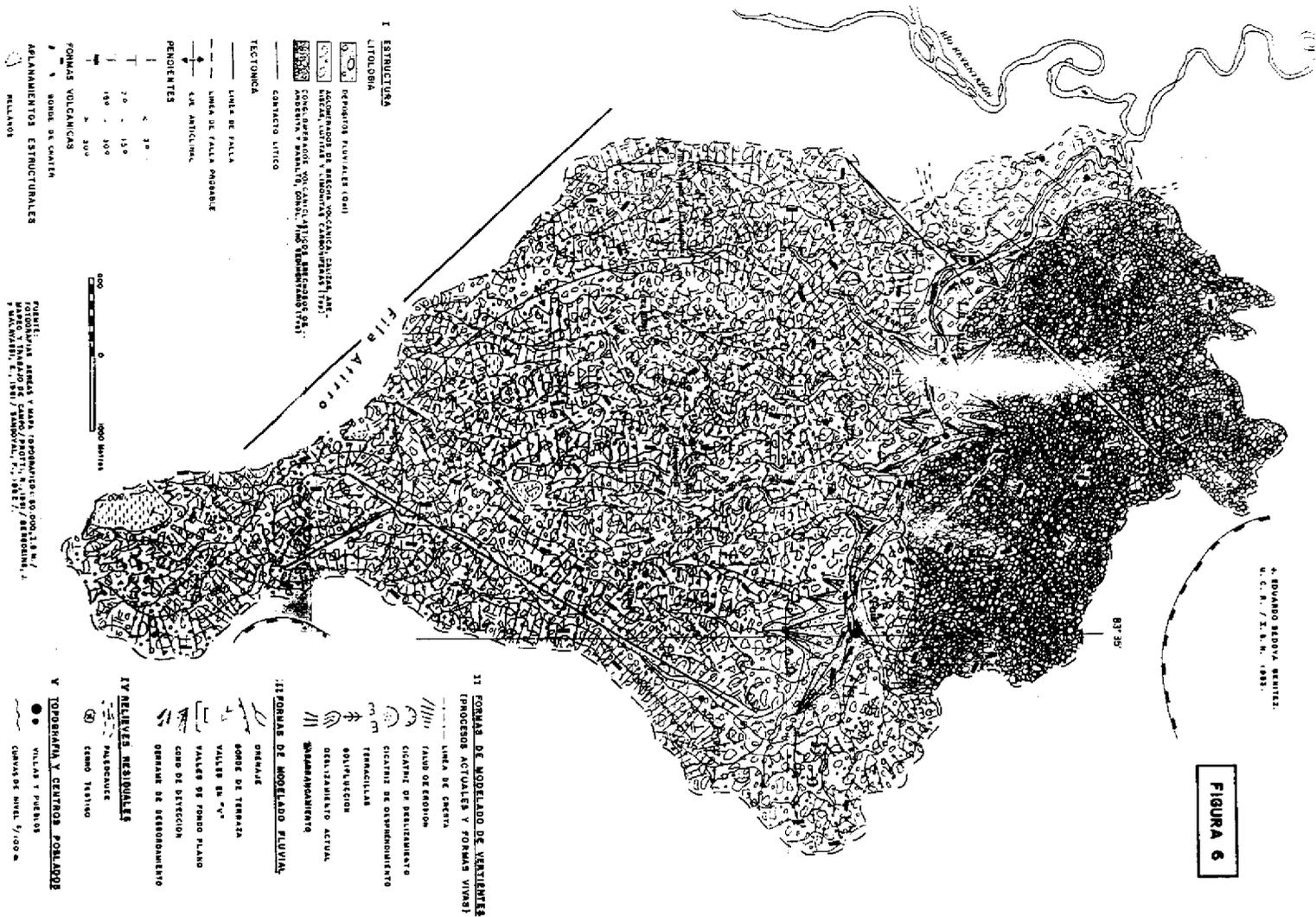
La precipitación es uno de los factores principales en las inundaciones, sobre todo si esta se manifiesta en suelos que no pueden asimilarla, o en relieves incapaces de evacuarla adecuadamente del sistema fluvial. Así, una variable paralela a la precipitación es la geomorfología.

Es importante, como punto de partida, mostrar con claridad una imagen completa de la localización y dimensiones, de las formas del relieve, esto con el propósito de conocer el origen y la evolución del terreno presente. El mapa de Morfodinámica (Fig. 6), elaborado en base a trabajo de campo, fotografías aéreas y fuentes bibliográficas, presenta los rasgos geomorfológicos más relevantes de la zona.

La litología y la tectónica son importantes en sus manifestaciones con respecto al modelado. El basamento de la cuenca del río Tuís se ha desarrollado en tres fases sucesivas, en una evolución continua, en relación con la orogénesis de Talamanca (1). Estas tres fases son: a) La formación de estructuras sedimentarias que corresponde a la formación Tuís (Terciario: Paleoceno-Eoceno, 50-60 millones de años), se ubican en el sector Sur y Este de la cuenca, presentando características litológicas de aglomerado

(1) Costa Rica se ubica en lo que se denomina el Orogénesis Meridional de América Central, cuya estructura se ha clasificado bajo los nombres de Arco Externo (Litoral Pacífico), Arco Interno (Cordilleras Volcánicas y Cordillera de Talamanca) y la Cuenca de Limón; cuya historia se enmarca dentro de tres fases: Prototectónica, Orogénica y Postorogénica. (Dengo, G., 1973; Lloyd, J., 1963; Brenes, G. et al., 1981).

CUENCA DEL RIO TUIS. MORFODINAMICA



de brecha volcánica, calizas, areniscas, lutitas y limonitas carboníferas. Además, presenta intercalaciones de andesita, basalto y capas tobáceas. b) Una actividad volcánica de conglomerados brechosos de andesita y basalto, lutitas, lodolitas, siltitas y conglomerados finos, cuyo origen se remonta al Terciario (Plioceno Y Mioceno, 13 millones de años). Pertenece a lo que se denomina como Grupo Aguacate y se localiza en el sector Norte de la cuenca. c) Acumulación de sedimentos recientes (Cuaternario), en los valles de fondo plano y pie de vertientes (Sandoval, L. et al ., 1982).

La litología descrita no presenta homogeneidad, siendo principalmente conglomerados y aglomerados, rocas no consistentes, las cuales fueron plegadas y afalladas. Se presenta un paisaje bastante irregular desde el punto de vista geomorfológico, producto de las fuerzas endogenéticas, que se manifestaron por medio de movimientos tectónicos en el transcurso de su evolución. Esto hace que la cuenca presente cuatro zonas geomórficas de modelado: a) Vertiente Sur, b) Vertiente Norte, c) Vertiente Este y d) Valle de fondo plano y pie de vertiente.

3.2.1. Vertiente Sur.

Al Suroeste de la cuenca en mención es notoria el afallamiento normal que aprovecha el río Atirro y ejerce influencia en el modelado de la cuenca. El bloque levantado por la actividad de dicho afallamiento es toda la parte sur del relieve de la misma. Su basculeamiento hace que el drenaje fluya al norte, luego al oeste, dirigiéndose al río Reventazón. Este control

estructural del drenaje hacia el norte se debe también a otras fallas y alineamientos, profundizándose, creando valle en V, con la particularidad de presentar laderas con fuertes pendientes y estrechas divisorias de agua.

Estas características geomorfológicas del sector sur influyen en las inundaciones, máxime si sumamos a éstas, fuertes pendientes de las valles en V, precipitaciones promedio anuales de 3000 a 4500 mm, produciendo una humedad constante. Necesariamente, en un medio natural o ya alterado, se tienen que producir descargas de agua por su exceso, dando como resultado las inundaciones.

3.2.2. Vertiente Norte.

Presenta alguna similitud con la Sur, en cuanto a valle en V y taludes de erosión, superiores a los 30 grados de gradiente en algunos casos. Pero se caracteriza por formas de modelado de vertientes cuyo accionar es rápido y notorio, como el caso de la soliflucción y deslizamientos.

Los fenómenos de soliflucción se presentan en gran cantidad en esta vertiente, como se observa en la Fig. 6. Estas formas consisten en un "flujo de la capa superficial del suelo reblandecido al aumentar su cantidad de agua líquida" (Strahler, A.:1977:490). Es decir, el material húmedo supera el límite de plasticidad, logrando un movimiento lento del suelo. La soliflucción, junto con los deslizamientos actuales conforman un marco de alto riesgo, por las características mismas de estos fenómenos, cuyos

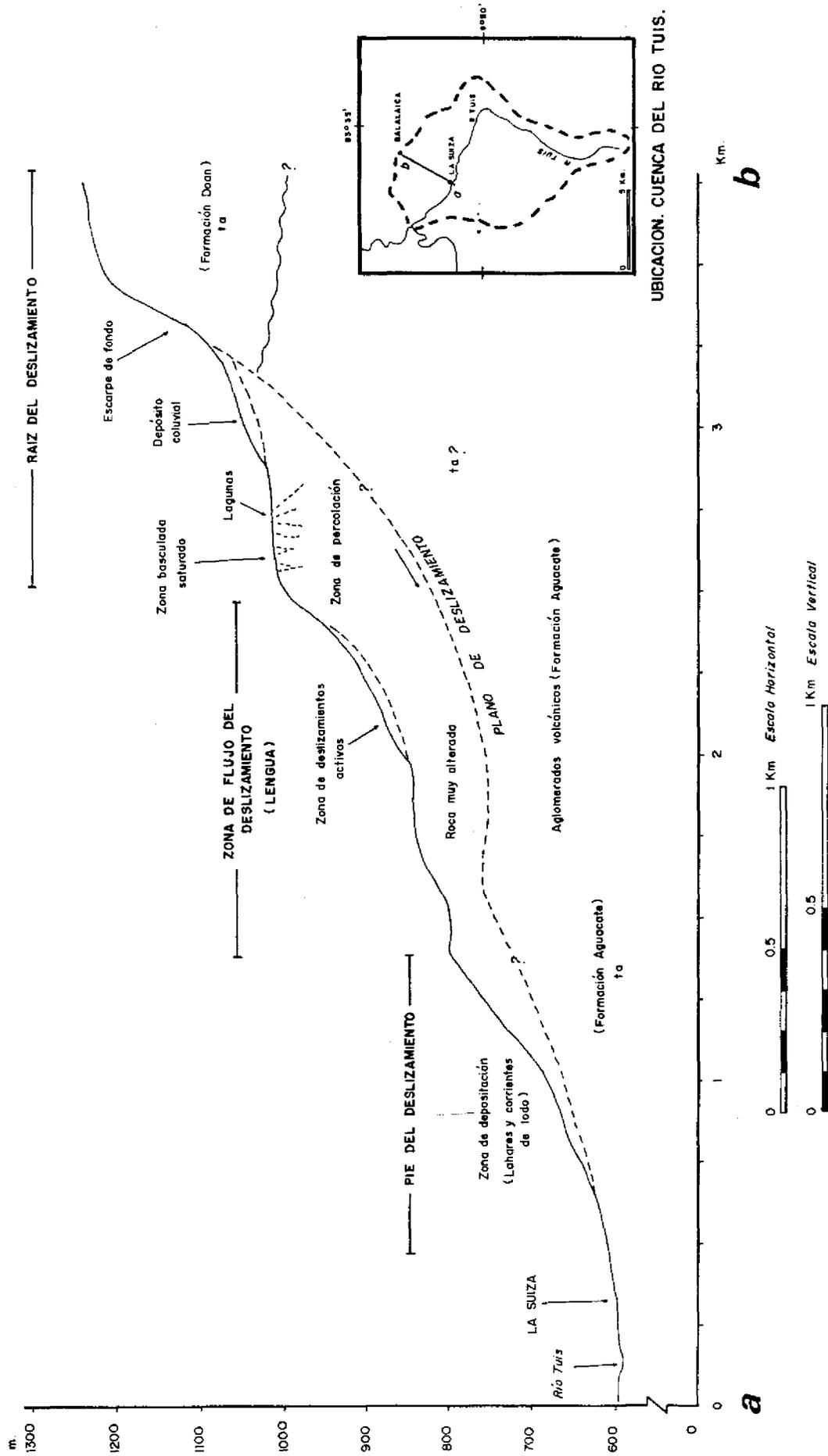
efectos son los de obstrucción de ríos y quebradas, como la Danta y la Leona, que confluyen en el río Tuís, una al este y la otra al oeste de La Suiza, manifestando un peligro potencial de inundación.

Un ejemplo de este tipo de modelado es el deslizamiento al norte del pueblo La Suiza. En la figura 7 se esquematizan sus componentes. Evidentemente, constituye un peligro para la comunidad citada, y constituye causa de inundación.

Los deslizamientos actuales (Fig. 6) se encuentran en rocas profundamente meteorizadas, en donde el principal elemento constituyente son las arcillas, las cuales son resistentes al flujo de agua, por su microporosidad. Sin embargo, la presencia de otras fracciones, limos y arenas, aumentan la capacidad de infiltración, y con ello, mayor presión hidrostática. Esta presión finalmente, convierte a la masa en un cuerpo plástico, que supera el límite de cizallamiento y, consecuentemente, se moviliza en forma rápida. Esto se acelera por causa de otro fenómeno, el resurgimiento de agua artesiana ("ojos de agua"), que en un inicio son de forma violenta, conocidos por los campesinos como "bombas de agua", que también influyen en el caudal de las quebradas y ríos, y como resultado se presentan problemas en la parte baja de la cuenca.

3.2.3. Vertiente Este.

El proceso más importante es el de abarrancamiento, cuyo resultado son grietas profundas que hacen en el terreno las corrientes de agua, a manera de surcos en pendientes fuertes.



FUENTE: PROTTI, R. 1981.

FIGURA 7 — PERFIL GEOLOGICO ESQUEMATICO. LA SUIZA - BALALAIKA

Estos barrancos en la cuenca del río Tule observados ya sea directamente, o utilizando fotografías aéreas, se muestran como paisajes de "badlands" (tierras malas), producto de la erosión del viento y de la lluvia. En este caso son producto de la intensa lluvia que presenta la zona, además por las características de uso del suelo. Este fenómeno es uno de los principales factores que inciden en las inundaciones en este sector, ya que los barrancos son aprovechados por el agua de lluvia para discurrir rápidamente hacia las partes bajas, logrando inundar habitaciones y áreas de cultivos, aguas que también se suman al río Tuis (Fot. 7 y 8).

3.2.4. Valle de fondo plano y pie de vertiente.

Esta área se ubica en el curso inferior y medio del río Tuis. Las formas y procesos de esta sección de la cuenca presenta los efectos de las vertientes. Lo más relevante son los derrames o desbordamientos y los conos de deyección o abanicos aluviales.

Estas formas son el resultado de crecidas que superan las riberas del lecho menor, a consecuencia de un aumento del caudal. Ese aumento del caudal incrementa la competencia del río, el cual transporta el material aluvial (arcillas, limos, arenas, cantos rodados y bloques), que posteriormente se depositan en el valle.

La ubicación de los conos aluviales sugiere el proceso por el cual se forman. El vértice, o punta central del cono, está situado en la boca de los valles en V que actúan como cañones. Aunque sus paredes no son verticales.