
GEOMORFOLOGÍA E HIDROLOGÍA, COMBINACIÓN ESTRATÉGICA PARA EL ESTUDIO DE LAS INUNDACIONES EN FLORENCIA (CAQUETÁ)

NADEZHDY GINOVA HORTUA CORTES

Geógrafa Universidad Nacional de Colombia
nghortuac@unal.edu.co.

RESUMEN

En Colombia muchas poblaciones están asentadas en zonas de piedemonte en inmediaciones de ríos torrenciales y expuestas constantemente a inundaciones súbitas. Florencia, ciudad capital del departamento del Caquetá, es una de ellas.

Por tanto se vio la necesidad de estudiar esta ciudad que recurrentemente es escenario de inundaciones cobrando casi siempre vidas humanas. Florencia se ubica en el piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera Oriental, caracterizada por alta precipitación, producto de procesos convectivos y orográficos.

Para el estudio de la amenaza por inundación en la ciudad, se integró la información histórica, hidrometeorológica y geomorfológica, mediante el uso de series hidrológicas e interpretación de geofomas fluviales con imágenes de satélite, fotografías aéreas y validación en campo. Adicionalmente se realizó un estudio regional de la cuenca hidrográfica para determinar la torrencialidad del río Hacha, que bordea la ciudad, y al cual desembocan varias quebradas que también han generado inundaciones súbitas.

Esta información es procesada y analizada para realizar cartografía urbana en donde se zonifican áreas de susceptibilidad y amenaza.

Palabras claves: inundación súbita, torrencialidad, caudal máximo, geofoma, susceptibilidad, amenaza.

ABSTRACT

In Colombia a lot of populations are located at piedemontes by environs of torrential rivers and constantly exposed to flash floods. Florencia, the capital city of department Caquetá, is one of them.

Therefore the necessity to study this city that often has been scene of floods getting human deaths. Florencia is located at piedemonte of the Eastern slope on the Eastern mountain, characterized by high precipitation, made of convective and orographic processes.

In order to study hazard flood in the city, historical, hydrometeorological and geomorphological information had to be integrated, using of hidrological series and fluvial interpretation of geophorms by satellite images, aerial photographies and field verification. A regional study of the watersheed was made to determine the torrencialiness of the Hacha river, that borders the city, where several drainages fill it and also have generated flash floods.

This information is processed and analyzed to make urban cartography where susceptibility and hazard areas are classificated.

Key words: flash flood, torrentiality, peak discharge, geophorm, susceptibility, hazard.

INUNDACIONES SÚBITAS EN LA CIUDAD DE FLORENCIA

Este artículo es una síntesis del informe final de la investigación en la modalidad de pasantía titulado “Evaluación de la amenaza por inundación en la ciudad de Florencia (Caquetá)”, la cual se realizó dentro del convenio Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y la Universidad Nacional de Colombia para optar el título de Geógrafa en la Universidad Nacional de Colombia.

La pasantía mencionada se realizó con el propósito de buscar una metodología para analizar el fenómeno de inundación súbita que se presenta en numerosas poblaciones colombianas, ubicadas en piedemonte y próximas a ríos torrenciales.

Por lo tanto, se acordó con la Subdirección de Hidrología del IDEAM y la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional de Colombia, *evaluar la amenaza por inundación en la ciudad de Florencia*, ciudad capital del departamento del Caquetá ubicada en el piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera Oriental, caracterizada por alta precipitación (alcanzando los 5.000 mm anuales) e inundaciones súbitas recurrentes.

WMO-UNESCO (1974), citado por Hall (1981) define una inundación súbita como “una inundación de corta duración con un caudal pico relativamente alto” Se presenta generalmente en zonas de piedemonte, originada por lluvias intensas sobre cuencas hidrográficas relativamente pequeñas y con fuertes pendientes. El aumento del caudal se produce en un tiempo muy corto al igual que su duración, que es de algunas horas.

Las inundaciones súbitas que se han presentado en la ciudad de Florencia son las que causan los mayores estragos en la población por ser intempestivas, por los niveles y caudales máximos alcanzados y por la velocidad de la corriente que además de agua, lleva rocas, árboles, destruyendo a su paso construcciones y abriendo nuevos cauces.

Dentro de los registros históricos de eventos extremos causados por inundaciones en la ciudad de Florencia se pueden identificar dos que han generado pérdidas sustantivas:

- La inundación ocurrida el 17 de agosto de 1962, la cual dejó 122 muertos y 3000 damnificados (Artunduaga, 1987).

- La inundación ocurrida el 4 de octubre de 1999, que provocó 14 muertos y 14000 damnificados (Cruz Roja Colombiana, 1999)

La pertinencia de este estudio radica en la alta densidad poblacional de la ciudad y su importancia regional. Su rápido crecimiento ha sido el resultado de políticas de colonización, bonanzas y crisis económicas, así como de migraciones campo-ciudad debidas principalmente a la violencia.

Esto ha impulsado el surgimiento de barrios de invasión que fueron establecidos en zonas inundables y que han sido legalizados. Como por ejemplo: los barrios **San Luis** localizado sobre un meandro abandonado del Río Hacha, **Los Comuneros** aledaño a la confluencia de las quebradas la Perdiz y La Sardina; y el barrio **San Judas** en la margen izquierda de la quebrada La Perdiz.

Como se puede evidenciar en la figura 1, la ciudad tiene pocas posibilidades de expansión urbana principalmente por las condiciones físicas en las que está inmersa, pues es precisamente en la ciudad donde confluyen al río Hacha las quebradas: El Dedo, La Yuca, La Perdiz y a esta última, La Sardina.

Evaluar la amenaza por inundación en la ciudad de Florencia significa determinar la probabilidad de ocurrencia del fenómeno donde es potencialmente perjudicial a las personas y a su infraestructura y durante un período de tiempo calculado estadísticamente.

Esto significa un análisis cuantitativo de las series históricas hidrológicas obtenidas por estaciones. Sin embargo, para éste estudio se integró la información histórica de registros de eventos extremos con la información hidrometeorológica y geomorfológica: interpretación de geoformas fluviales con imágenes de satélite, fotografías aéreas y validación en campo. Adicionalmente se realizó un estudio regional de la cuenca hidrográfica para determinar la torrencialidad del río Hacha, el cual bordea la ciudad.

Esta información fue procesada y analizada para realizar cartografía urbana en donde se zonificó áreas de susceptibilidad y amenaza.

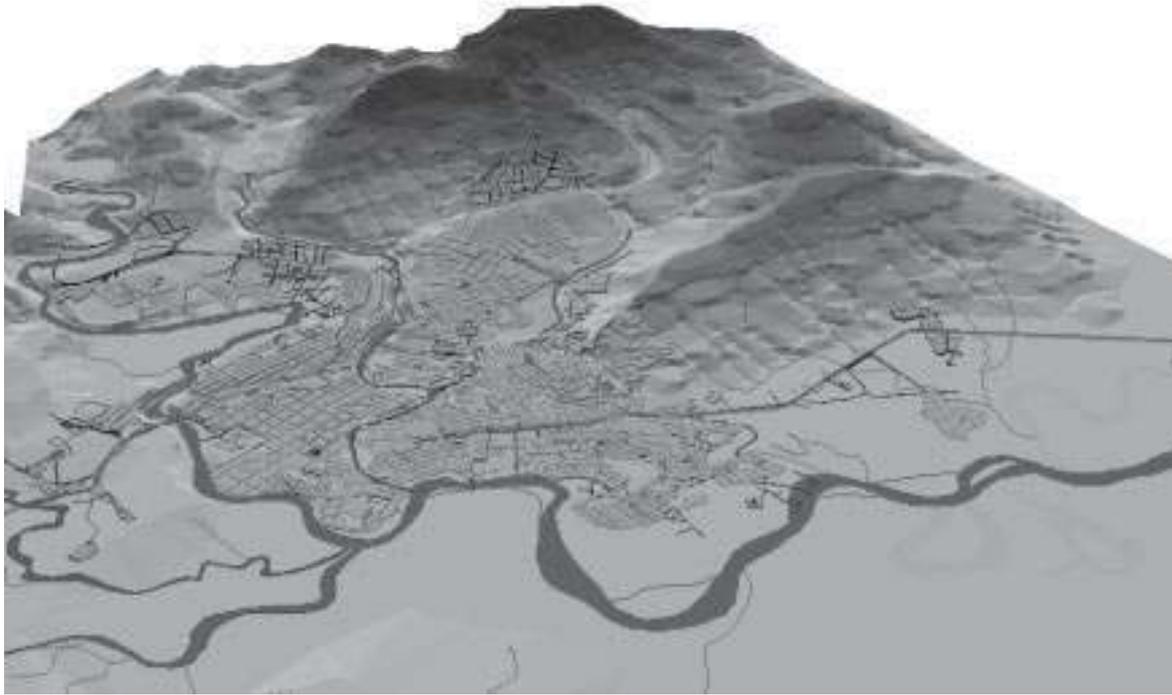


Figura 1. mapa de localización de la ciudad de Florencia

1. OBJETIVOS

Como objetivo general se propuso determinar zonas de susceptibilidad y amenaza por inundación en el casco urbano de Florencia a partir de un análisis hidrometeorológico y geomorfológico.

Objetivos Específicos

- Establecer la torrencialidad del río Hacha a partir del análisis de precipitación, litología, uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca.
- Identificar geoformas en la ciudad de Florencia y áreas circundantes con el fin de determinar la susceptibilidad a las inundaciones.
- Pronosticar los caudales máximos para diferentes períodos de retorno a partir de los datos históricos de caudales máximos registrados en la estación hidrológica

ubicada en el río Hacha, determinando la probabilidad de ocurrencia del fenómeno de inundación en la ciudad de Florencia.

2. METODOLOGÍA

Como se ha mencionado para la comprensión del fenómeno de inundación, la metodología del estudio comprende un análisis regional de la cuenca del río Hacha y uno local de la ciudad, Figura 2. Ambos apoyados con la validación de la información en campo.

Análisis regional: Cuenca del Río Hacha

El análisis regional de la cuenca se realizó con el fin de establecer la torrencialidad del río Hacha y evidenciar procesos geodinámicos que puedan desencadenar las crecientes en los cauces y consecuentemente inundaciones súbitas en la ciudad de Florencia.

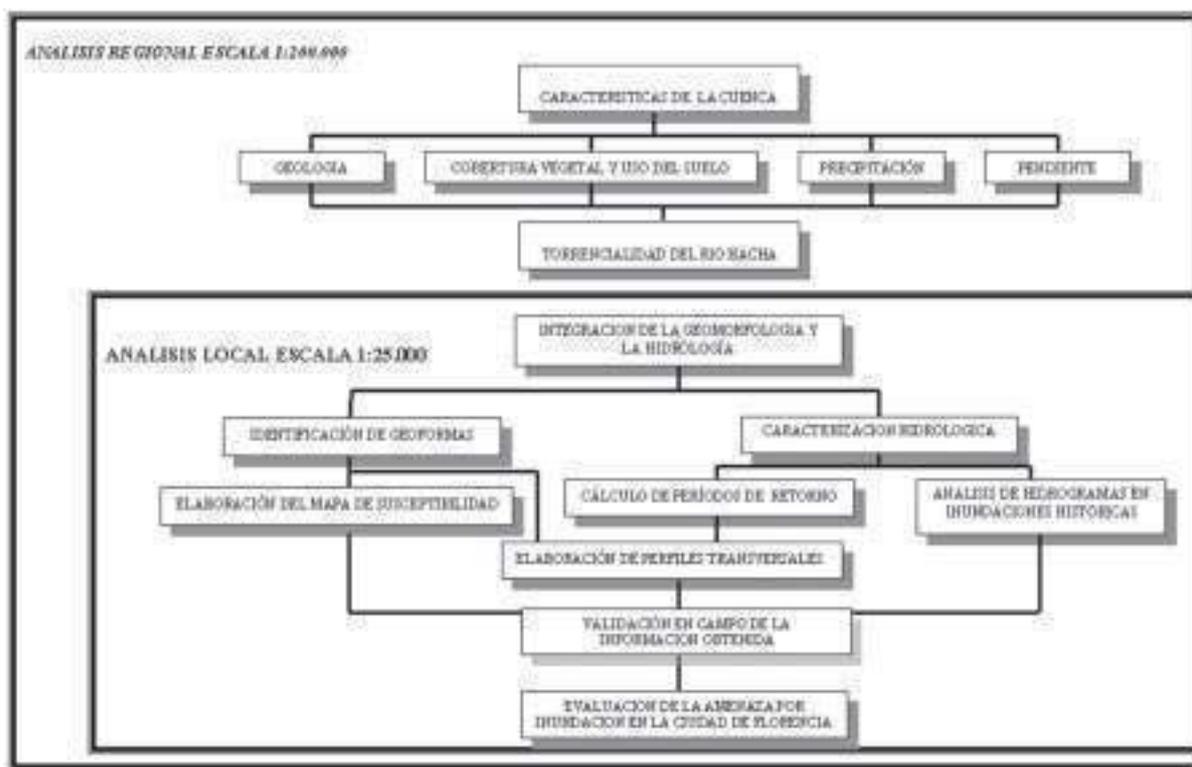


Figura 2. Metodología utilizada para la evaluación de la amenaza

En el análisis regional se utilizaron las variables de geología, cobertura vegetal y uso del suelo, precipitación y pendiente.

Análisis local: Ciudad de Florencia

El análisis local, que es el objetivo principal de estudio, se realizó a escala 1:25.000 integrando la geomorfología y la hidrología, así:

- **Identificación de geoformas**

Consistió en la elaboración del mapa geomorfológico de la ciudad de Florencia y áreas circundantes, mediante la identificación de geoformas de origen estructural, denudativo y fluvial.

La identificación de geoformas a escala local se realizó mediante la fotointerpretación y la validación en campo en donde se hizo un muestreo de sedimentos, formaciones superficiales y mediciones de desnivel local.

- **Caracterización hidrológica**

Consistió en la caracterización de las inundaciones súbitas que se han presentado en la ciudad de Florencia y en el cálculo de los períodos de retorno para conocer la recurrencia del fenómeno.

A partir de los datos horarios registrados en la estación limnográfica se graficaron hidrogramas de inundaciones históricas con el fin de establecer la duración de los caudales pico.

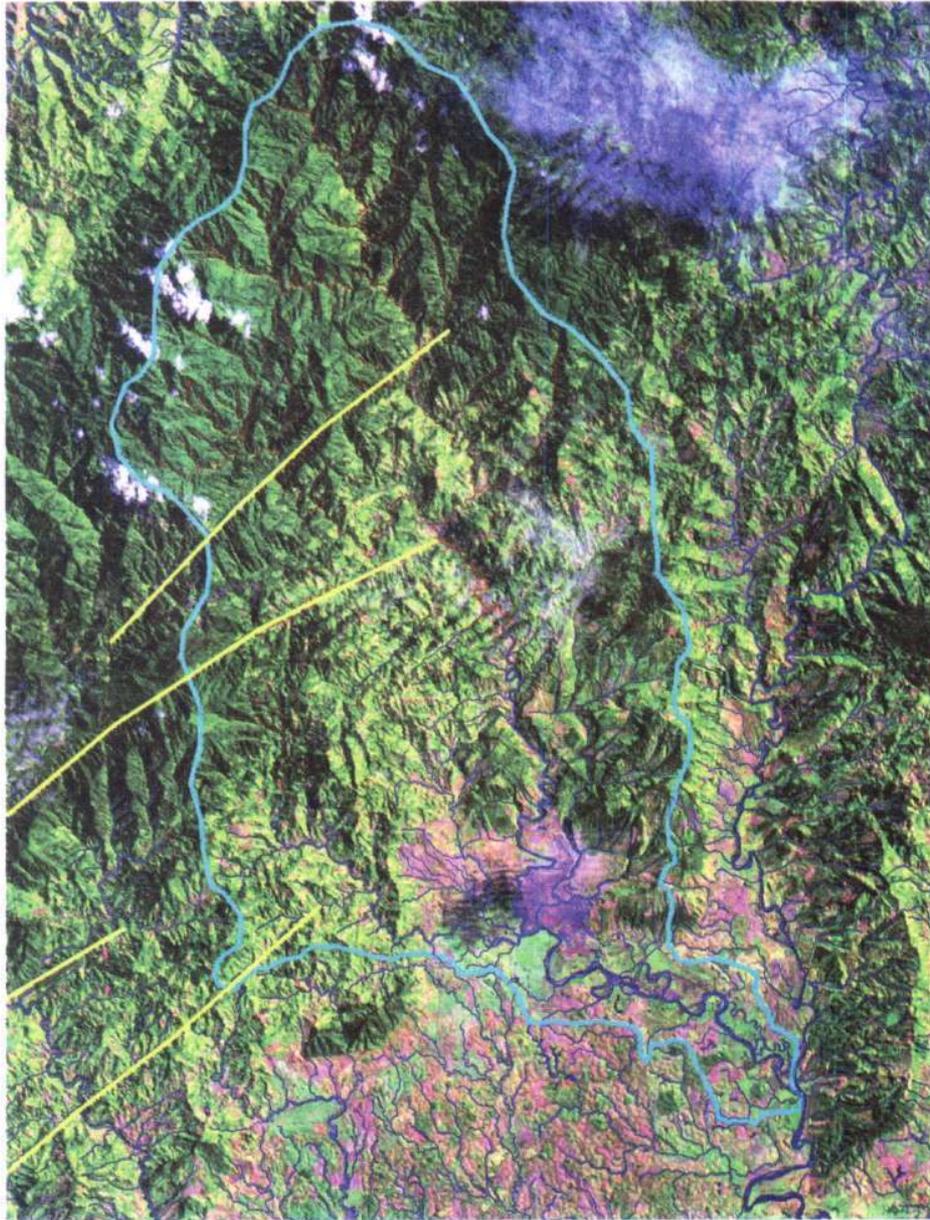


Figura 3. Delimitación de la cuenca hidrográfica con sus afluentes en una imagen de satélite landsat, 1996

También se calcularon los períodos de retorno para 5, 25 y 50 años, por medio de un análisis estadístico de caudales máximos anuales.

• **Evaluación de la amenaza por inundación**

Consistió en la espacialización de la amenaza y susceptibilidad por inundación en la ciudad de Florencia, integrando los resultados obtenidos con los análisis geomorfológico e hidrológico.

3. ANALISIS REGIONAL: LA CUENCA DEL RÍO HACHA

El análisis de la información secundaria y la interpretación de imágenes de satélite Landsat y Radar, apoyado con las observaciones en campo, permitió calcular los siguientes parámetros morfométricos (Figura 3):

Área de la cuenca:	510 Km ²
Perímetro:	115 Km.
Longitud del río:	55 Km.

Dentro de la cuenca del río Hacha afloran rocas de origen metamórfico (Macizo de Garzón), ígneo y sedimentario. Se observan además en la parte media y baja de la cuenca, depósitos cuaternarios de tipo aluvial en forma de terrazas (INVIAS, 2002). Estructuralmente, se identificaron dos fallas: Santa Helena y Jericó o Las Doradas, en ésta última se detectan frecuentes deslizamientos en el sector de El Caraño que pueden represar el río Hacha y en el caso que la presa natural colapse, el volumen de agua liberado producirá crecientes súbitas, causando grandes pérdidas materiales y de vidas humanas en la ciudad de Florencia.

En cuanto a la cobertura vegetal y uso del suelo, se pudo concluir que en la zona media y baja de la cuenca hay pérdida significativa de bosque nativo el cual, ha sido reemplazado por explotaciones agropecuarias incidiendo en la generación de escorrentía superficial que llega rápidamente a las corrientes de agua.

En la cuenca se presenta un régimen monomodal con un período de lluvias entre los meses de abril a agosto debido a la influencia del alisio del sureste que por los meses de Junio, Julio y Agosto trae abundante humedad al piedemonte amazónico (IGAC 1990).

El río Hacha desde su nacimiento, presenta condiciones de torrencialidad aunque su pendiente, si se compara con otros ríos de piedemonte, se puede considerar moderada. La corriente ha disectado un cañón en forma de “V” (Delta Ingenieros y Asociados Ltda. 1996) hasta la entrada a la ciudad de Florencia, en este trayecto el río acarrea sedimentos gruesos compuestos de gravas, bloques y arenas.

A partir de este estudio regional de la cuenca se pudo caracterizar el río Hacha como de “moderada torrencialidad”: pendiente longitudinal relativamente baja, cobertura vegetal poco intervenida en la cuenca alta, litología de rocas ígneas y metamórficas resistentes a la disección del río Hacha y sus afluentes. De aquí se explica que la carga de sedimentos no ha sido suficiente para la formación de un cono o abanico aluvial en el piedemonte donde se localiza la ciudad de Florencia. No obstante, se pueden identificar varios niveles de terraza asociados a la dinámica fluvial reciente de la llanura.

ANALISIS LOCAL: CIUDAD DE FLORENCIA

4. IDENTIFICACIÓN DE GEOMORFORMAS

El análisis geomorfológico, en esta investigación, permite evidenciar procesos morfodinámicos antiguos y recientes dando herramientas para entender la dinámica hídrica del río Hacha y su implicación en las inundaciones.

Para ello se elaboró el *mapa geomorfológico de la ciudad de Florencia y áreas circundantes* que consiste en la identificación de geoformas, a escala local, mediante la interpretación de fotografías aéreas y observaciones en campo en donde se hizo un muestreo de sedimentos, formaciones superficiales y mediciones de desnivel local (figura 4).

El piedemonte caqueteño donde se localiza la ciudad de Florencia se caracteriza por geoformas de origen estructural, denudativo y fluvial.

Específicamente el área urbana se asienta sobre laderas erosionales, estructurales, y varios niveles de terra-

Mapa Geomorfológico de Florencia

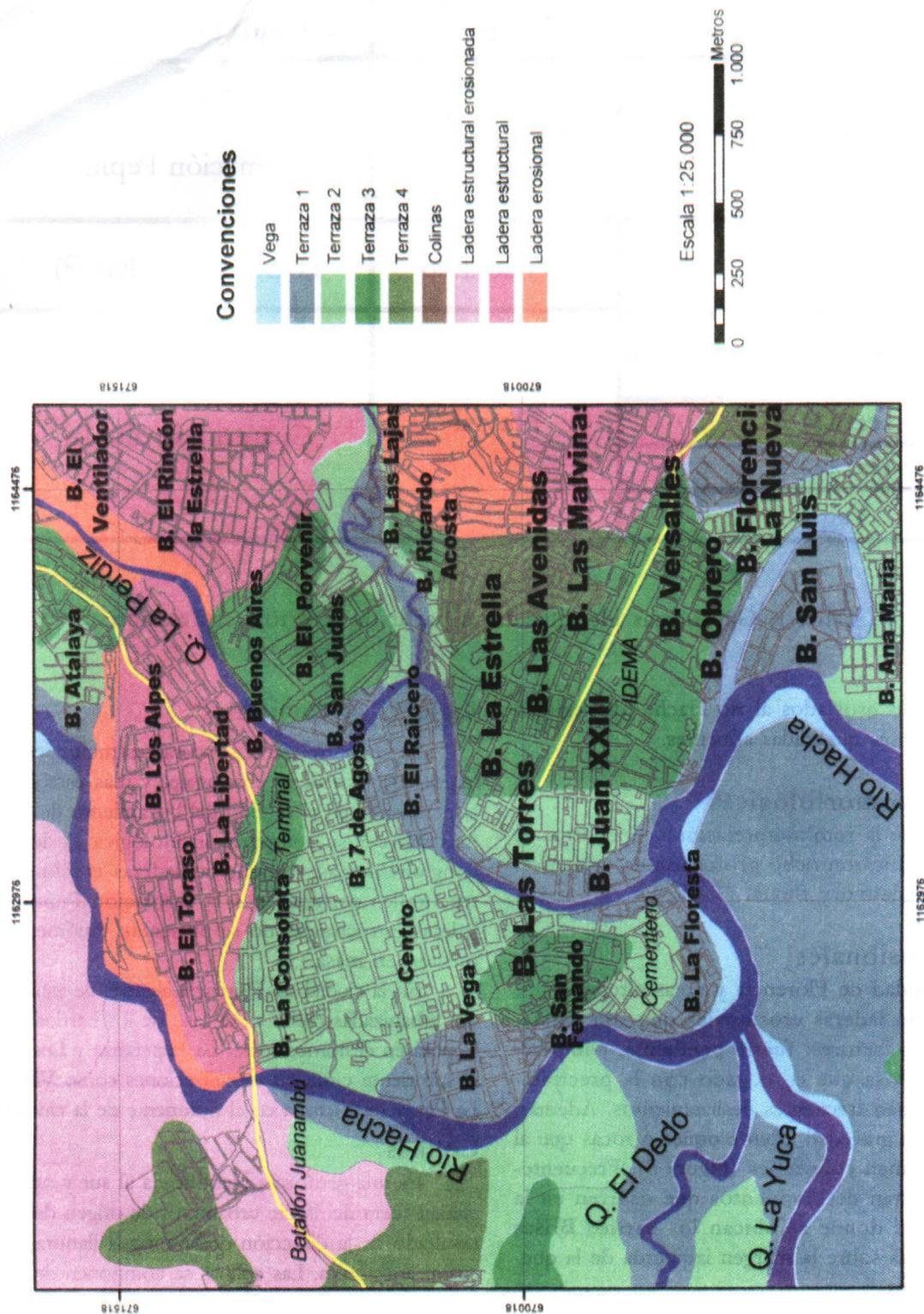


Figura 4. Mapa geomorfológico de Florencia

Geoforma	Origen	Unidad Geológica
Ladera erosional	Estructural	Formación Pepino
Ladera estructural		
Colina	Denudativo	Formación Pebas (?)
Terraza 4	Fluvial	Cuaternario aluvial
Terraza 3		
Terraza 2		
Terraza 1		
Vega		

Tabla 1. Geoformas identificadas a partir de la fotointerpretación

za, estos últimos asociados al río Hacha (de régimen meándrico) y a sus quebradas afluentes.

Unidades geomorfológicas

A partir de la fotointerpretación y el control de campo se identificaron ocho geoformas de origen estructural, denudativo y fluvial (Tabla 1):

Laderas erosionales

En la ciudad de Florencia y áreas circundantes, se identificaron laderas erosionales que son inestables por varios factores: fuerte pendiente, composición limo-arcillosa que conjugado con la precipitación desencadenan frecuentes deslizamientos. Además, por efecto de la gravedad, caen bloques o rocas que al acumularse forman coluviones (Figura 5). Frecuentemente se reportan deslizamientos que ocurren en la ladera erosional donde se ubican los barrios Brisas Altas y Las Lajas sobre la margen izquierda de la quebrada La Sardina.

Laderas estructurales

Se encontró que las laderas estructurales son más largas que las laderas erosionales y más estables porque la pendiente, en el sentido del buzamiento de la roca, es más suave y su composición litológica es de areniscas conglomeráticas. Aunque las laderas erosionales y estructurales pertenecen a la formación Pepino, en las laderas estructurales no se presentan fenómenos de remoción en masa.

En la ciudad de Florencia algunas de estas áreas están urbanizadas como es el caso de los barrios Torasso y Yapurá en el noroccidente; La Esperanza y Los Andes en el suroriente y nuevas urbanizaciones como Villa Natalia, La Paz y La Victoria en el nororiente de la ciudad.

Colinas

Es una geoforma identificada al sur y oriente de la ciudad fuera del límite urbano, es de origen denudacional resultado de la disección de la antigua llanura aluvial lacustre amazónica. Las colinas se componen de arcillolitas

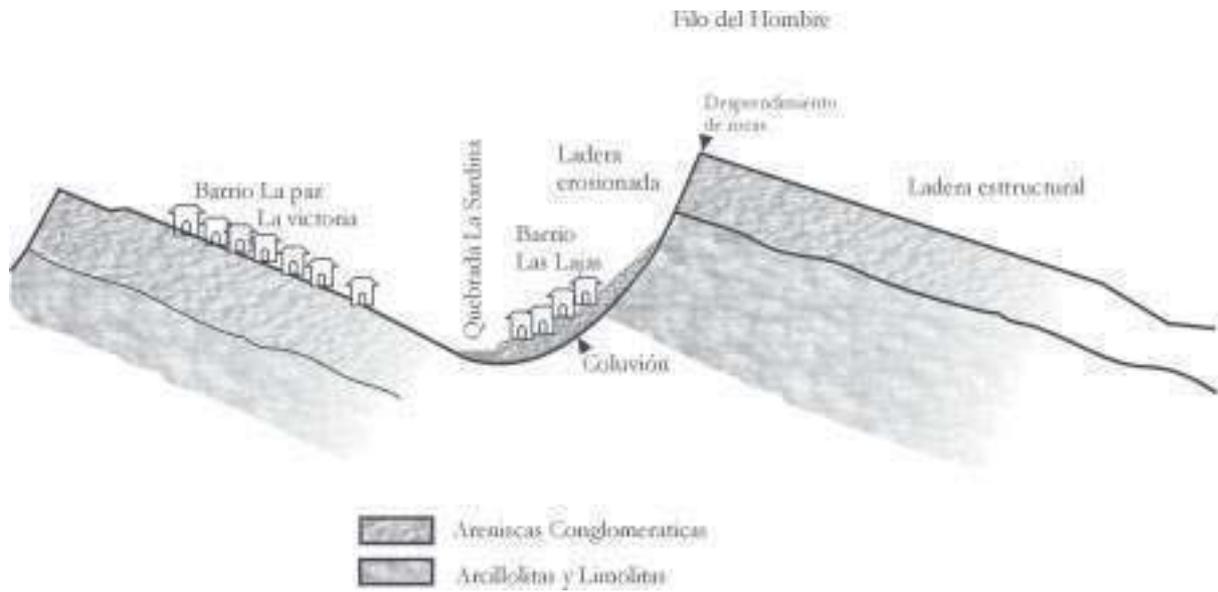


Figura 5. Geomorfología de las laderas estructurales y erosionales

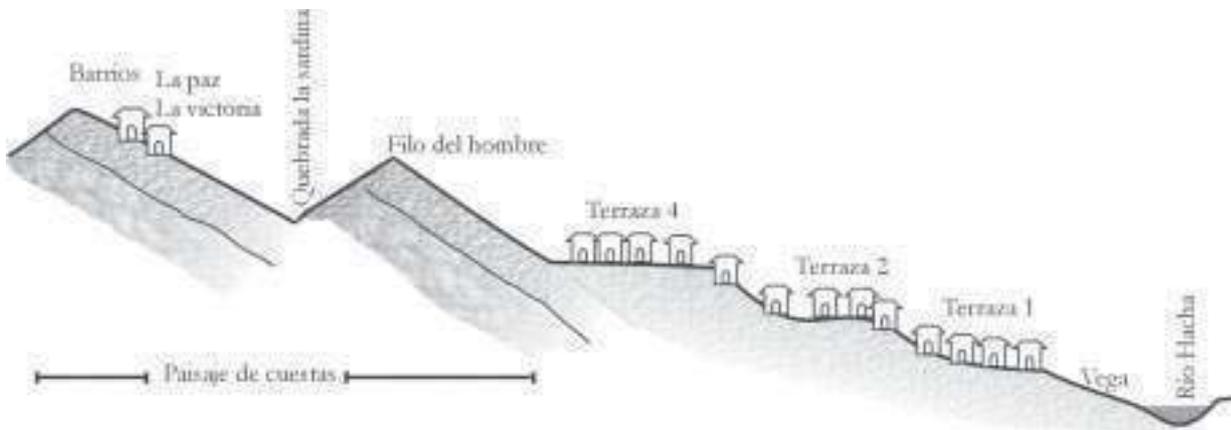


Figura 6. Terrazas

Más antigua ↓ Mas reciente	Geoforma	Altura aproximada sobre el cauce
	Terraza 4	20 mts
	Terraza 3	15 mts
	Terraza 2	10 mts
	Terraza 1	3 a 5 mts

Tabla 2. Niveles de terraza y altura respecto al cauce

y limolitas que se pueden relacionar con la Formación Pebas (IGAC, 1999).

Las geoformas de colinas presentan un relieve concavo-convexo con suelos poco plásticos alcanzando los 15° de pendiente. A pesar de su poca plasticidad, se presentan ocasionalmente movimientos en masa de reptación y terracetas de ganado.

Terrazas

Las terrazas que fueron identificadas en la ciudad de Florencia y áreas circundantes corresponden a geoformas compuestas por depósitos aluviales del río Hacha y las quebradas afluentes. En la inspección de campo se encontró que las terrazas 1 y 2 compuestas por sedimentos aluviales del cuaternario corresponden a gravillas y cantos redondeados a subredondeados (Figura 6).

Las terrazas 3 y 4 por ser las geoformas más antiguas tienen un grado de disección alto asociado a efectos erosivos.

Las terrazas han sido clasificadas por la altura respecto al cauce así:

El casco urbano de Florencia, en su mayoría, se localiza sobre estos niveles de terraza.

Vega

La vega del río Hacha y de las quebradas afluentes es una geoforma adyacente al cauce periódicamente inundable, constituida por gravillas, arenas y limos. Por ser la zona de divagación actual, la vegetación es escasa.

En la ciudad de Florencia algunos tramos de esta vega se encuentran urbanizados.

5. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

Para el análisis hidrológico se utilizó la estación limnigráfica “Florencia” que se encuentra ubicada sobre el puente vehicular que comunica a Florencia con Morelia y tiene un registro horario continuo desde el año 1971.

Diseño de hidrogramas

El diseño de los hidrogramas, en los eventos registrados de inundación, se realizó con el fin de caracterizar la duración del caudal pico, así:

· Al graficar los datos horarios del limnógrafo para la **inundación del 2 de septiembre de 1975**, se eviden-

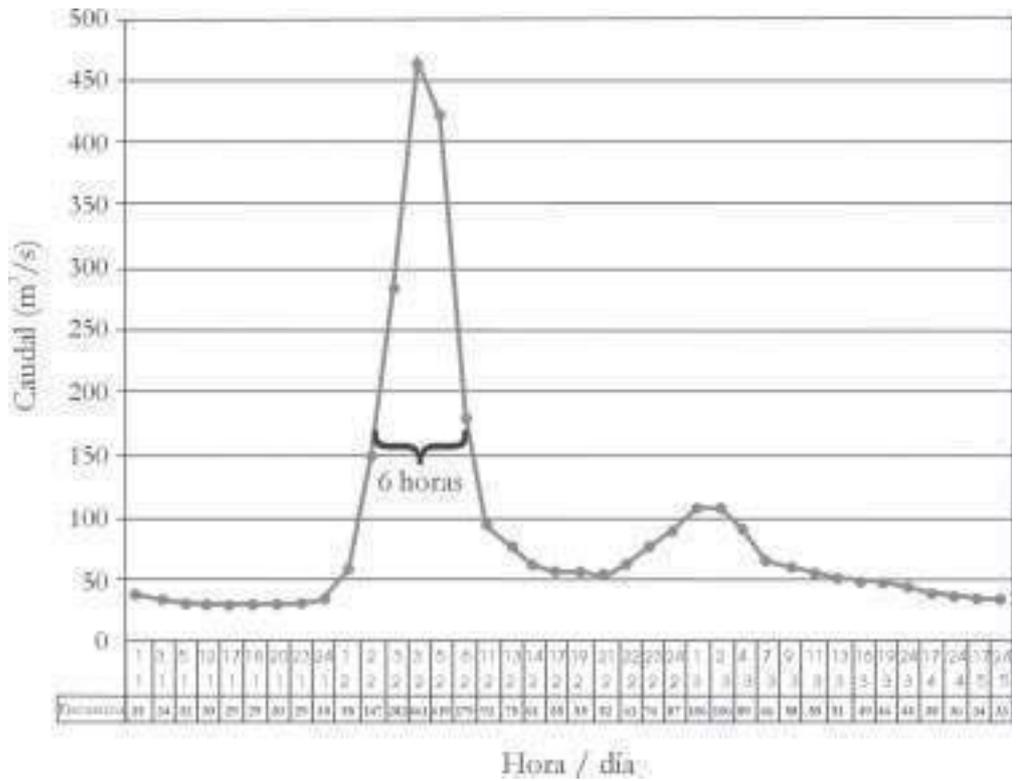


Figura 7: Limnigrama de los días 1 al 5 de septiembre de 1975 (Estación Florencia)

ció que la duración del caudal pico fue de aproximadamente 6 horas, registrando un caudal máximo de 461 m³/s (Figura 7). Téngase en cuenta que el caudal medio es alrededor de 80 m³/s.

- La duración del caudal pico para la **inundación del 19 de mayo de 1993**, fue de aproximadamente 21 horas registrando un caudal máximo de 218 m³/s.

- Finalmente la **inundación del 3 de junio de 1995** tuvo una duración del caudal pico de aproximadamente 9 horas registrando un caudal máximo de 168 m³/s.

Esto permite caracterizar las inundaciones, que se presentan en la ciudad de Florencia, como *súbitas*, es decir inundaciones de corta duración con un caudal pico relativamente alto.

Desafortunadamente no fue posible diseñar los hidrogramas para las inundaciones más desastrosas en la ciudad de Florencia (la ocurrida el 17 de agosto de 1962, y la inundación del 4 de octubre de 1999) pues la estación limnigráfica no tiene el registro horario para estas fechas.

Cálculo de períodos de retorno

Para el pronóstico de los caudales máximos en diferentes períodos de retorno, a partir de los datos históricos de caudales, también se utilizó la estación limnigráfica (LG) Florencia, porque además de encontrarse dentro del casco urbano tiene un registro continuo y disponible desde el año 1971 hasta 1999 (29 años).

El procedimiento consistió en seleccionar los caudales máximos para cada año de registro, ordenarlos de

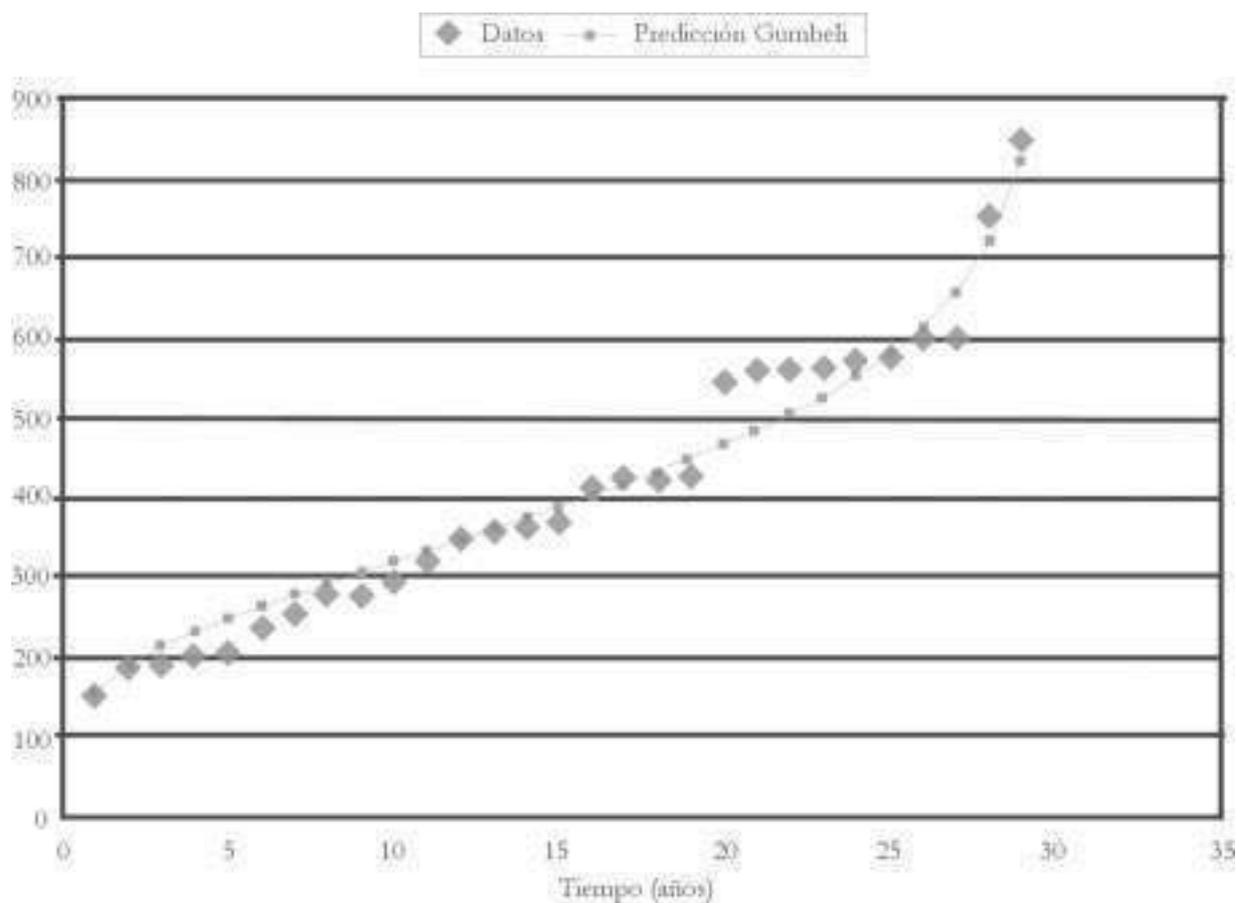


Figura 7. Curva de Gumbell

menor a mayor, graficarlos en un plano cartesiano para luego escoger la distribución de probabilidad que más se ajustaba a los registros. La curva escogida fue la de Gumbell (Figura 8).

El período de retorno o intervalo de recurrencia de un evento es una medida de probabilidad calculada estadísticamente que pronostica los caudales de una determinada magnitud que pueden presentarse en un determinado periodo de tiempo.

A pesar que la distribución Gumbell, con 29 datos, puede pronosticar los caudales para indeterminados periodos de retorno, en este estudio se creyó conveniente

tomar sólo los caudales calculados para 5, 25 y 50 años, por cuanto la serie hidrológica es demasiado corta para definir con exactitud una predicción para periodos de retorno mayores.

6. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN

La amenaza se determinó por la frecuencia en el período de retorno y no en el volumen de caudal. Así

Período de retorno (años)	Caudal (m ³ /s)
2	387
3	465
5	552
10	661
25	800
50	902
100	1004
200	1105

Tabla 3: Caudales calculados, mediante la distribución Gumbell, para diferentes periodos de retorno.

Período de Retorno	Grado de amenaza	Caudal (m ³ /s)
5 años	Alta	500 a 600
25 años	Alta a media	700 a 800
50 años	Media	800 a 1000

Tabla 4. determinación de la amenaza a partir de los períodos de retorno

el período de retorno correspondiente a los 5 años se constituye en una amenaza alta, para los 25 años en una amenaza alta a media y para los 50 años será una amenaza media (Tabla 4).

Se realizaron perfiles transversales para espacializar el nivel de inundación que alcanzarían los caudales para cada período de retorno (Figura 9).

Se calculó el coeficiente de rugosidad de Manning con el fin de encontrar la velocidad de la corriente. Sin embargo el cálculo del período de retorno efectuado solo pudo ser extrapolado (del perfil 1) a los perfiles 2 y 3 que quedan aguas abajo del sitio de aforo, considerando que el caudal que pasa en el sitio de aforo es el mismo que pasa en los demás perfiles. Por tanto, la amenaza es solamente aplicable para el tramo del río Hacha comprendi-

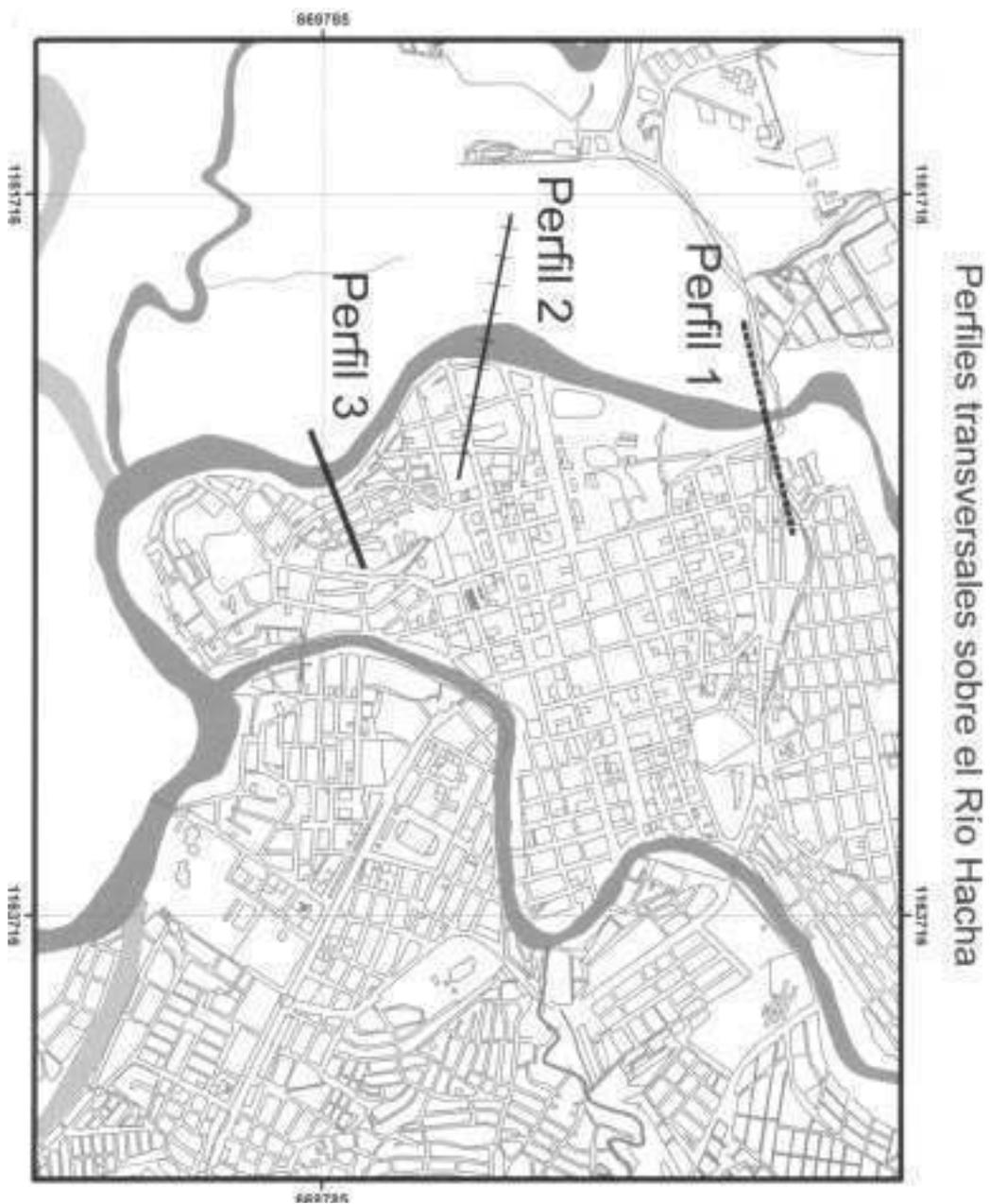


Figura 9. Perfiles transversales

do desde el primer perfil, en el puente El Encanto, hasta el tercero en el barrio San Fernando, porque de allí en adelante el caudal es mayor por la confluencia de las quebradas La Yuca, El Dedo y La Perdiz, afluentes que no cuentan con datos de caudal por carecer de estaciones hidrológicas.

Análisis de los perfiles

En el perfil 1 (Figura 10), el Río Hacha se encuentra en medio de unas laderas estructurales; situación que para el barrio La Consolata, localizado en la margen izquierda del río, las crecientes calculadas no representan amenaza.

En el perfil 2 (Figura 11), el Barrio La Vega ubicada en la terraza 1, margen izquierda del río Hacha; se

encuentra en el rango de amenaza alta a media para los tres periodos de retorno analizados (5, 25 y 50 años).

En el perfil 3 (Figura 12), igualmente que para el perfil 2, los barrios San Fernando y Las Torres, se encuentran en el rango de amenaza alta a media para los tres periodos de retorno, debido a la amplitud de la sección transversal.

Ante la dificultad de sólo lograr espacializar la amenaza para un tramo del río Hacha, se planteó que la geomorfología podría identificar zonas de susceptibilidad a la inundación, que aunque no permite presentar un resultado cuantitativo sino semicuantitativo (ya que permite dimensionar el alto y ancho de la geoforma), es una buena aproximación para llenar este tipo de vacíos hidrológicos.

Perfil 1

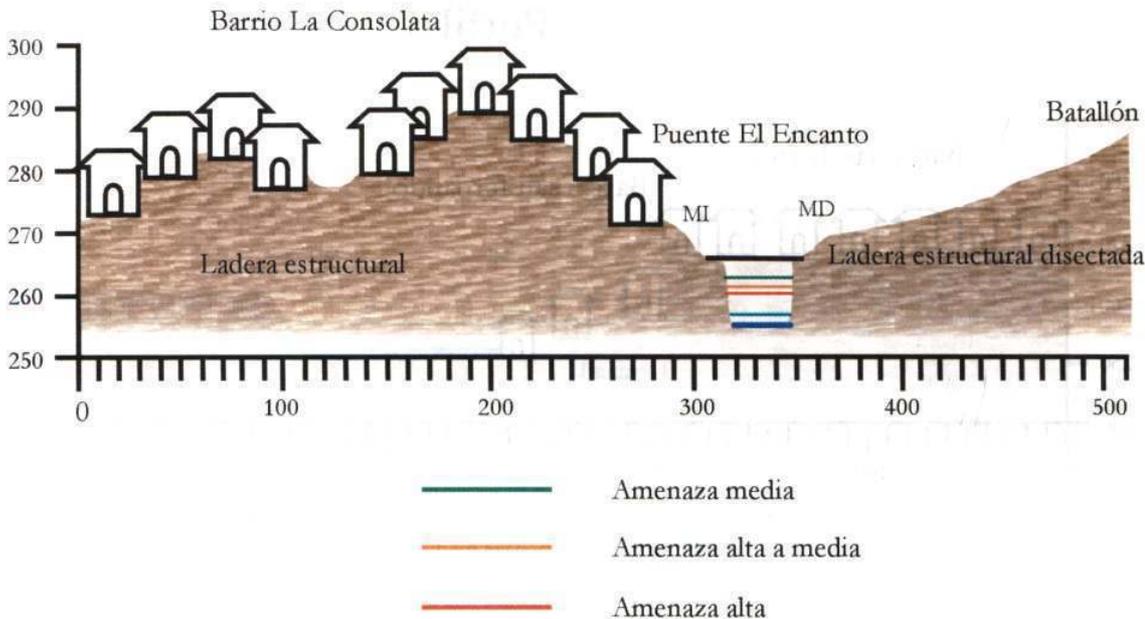


Figura 10. Perfil 1

Perfil 2

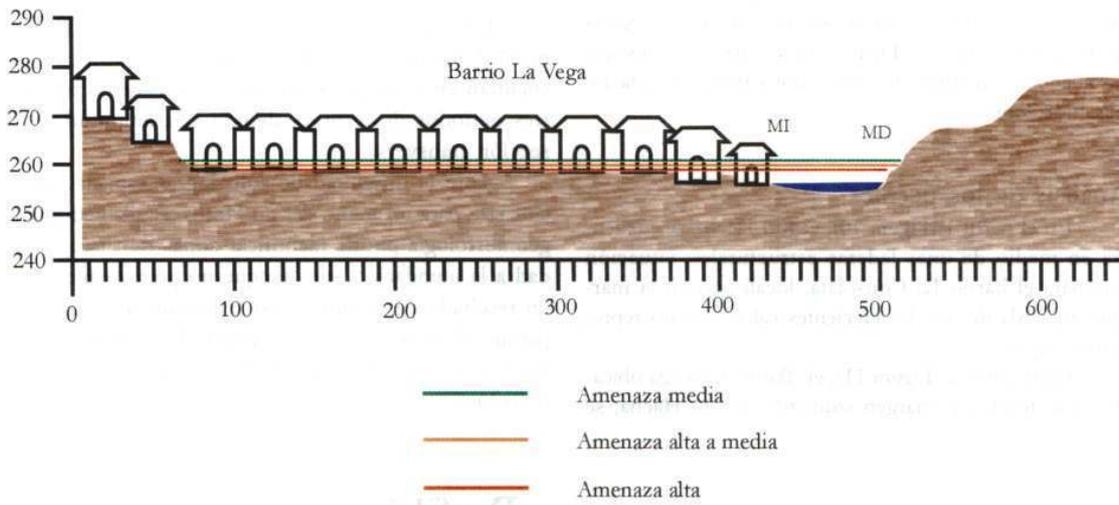


Figura 11. Perfil 2

Perfil 3

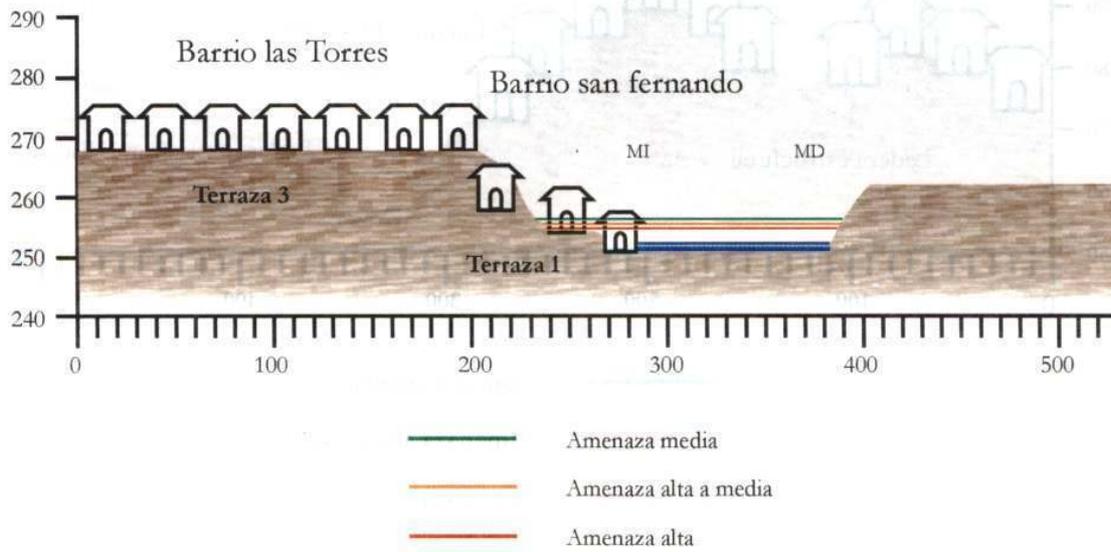


Figura 12. Perfil 3

Mapa grados de susceptibilidad a la inundación

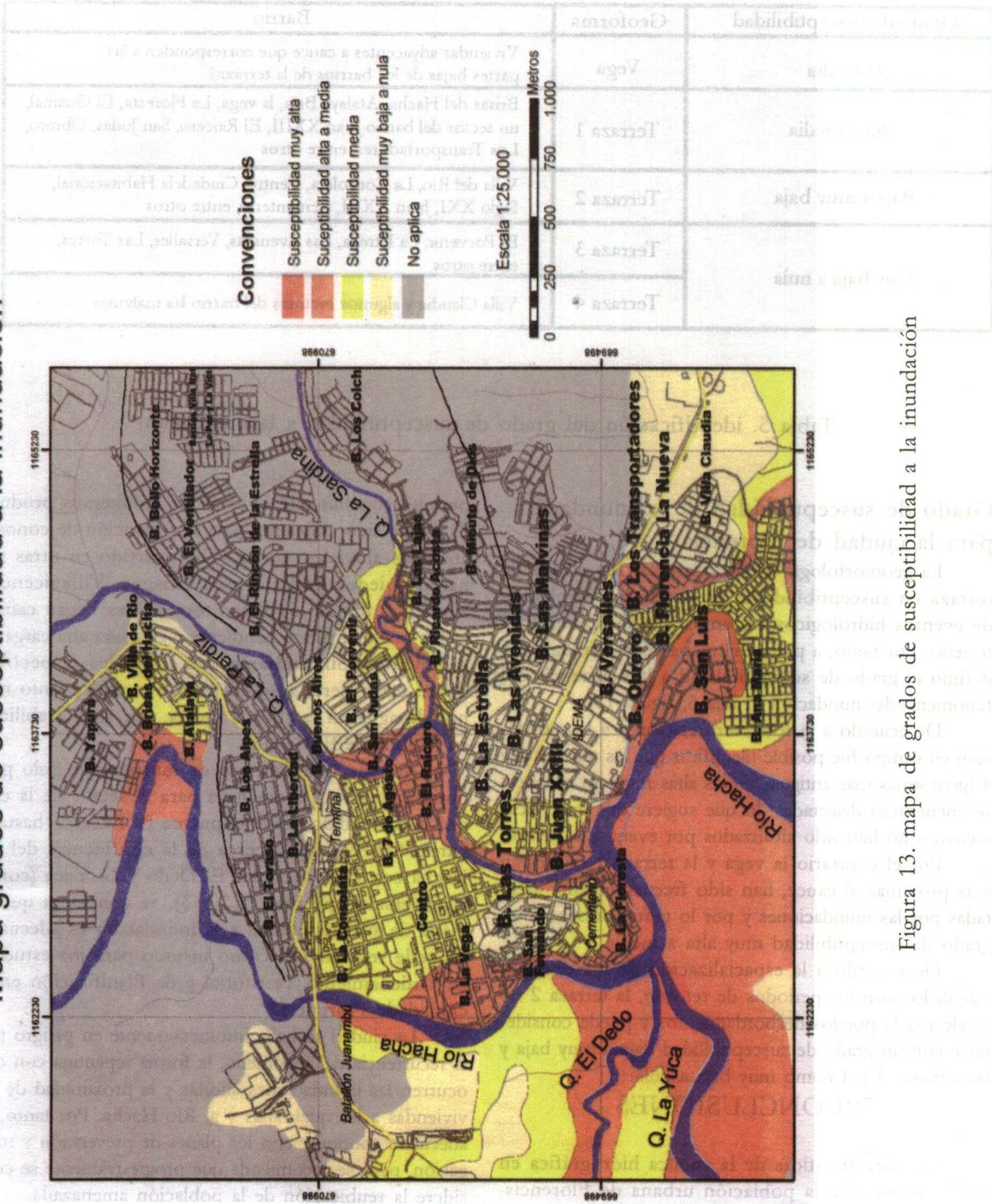


Figura 13. mapa de grados de susceptibilidad a la inundación

Grado de susceptibilidad	Geoforma	Barrio
Muy alta	Vega	Viviendas adyacentes a cauce que corresponden a las partes bajas de los barrios de la terraza 1
Alta a media	Terraza 1	Brisas del Hacha, Atalaya Baja, la vega, La Floresta, El Guaimal, un sector del barrio Juan XXIII, El Raicero, San Judas, Obrero, Los Transportadores, entre otros
Baja a muy baja	Terraza 2	Villa del Río, La Consolata, Centro, Ciudadela Habitacional, Siglo XXI, Juan XXIII, Cementerio, entre otros
Muy baja a nula	Terraza 3	El Porvenir, La Etrélla, Las Avenidas, Versalles, Las Torres, entre otros
	Terraza 4	Villa Claudia y algunos sectores del barrio las mabinas

Tabla 5. identificación del grado de susceptibilidad a la inundación

Grado de susceptibilidad de la inundación para la ciudad de Florencia

La geomorfología facilitó clasificar los niveles de terraza en susceptibilidades mediante la correlación de eventos hidrológicos extremos y la morfología del terreno. Por tanto, a partir del mapa geomorfológico se definió el grado de susceptibilidad a la ocurrencia del fenómeno de inundación (Tabla 5, figura 13).

De acuerdo a la fotointerpretación y a la verificación en campo fue posible identificar que las terrazas 3 y 4 (geoformas más antiguas y más altas respecto al cauce) se encuentran disectadas, lo que sugiere que en épocas recientes no han sido alcanzados por eventos extremos.

Por el contrario la vega y la terraza 1 que están más próximas al cauce, han sido frecuentemente afectadas por las inundaciones y por lo tanto, presentan un grado de susceptibilidad muy alta a media.

De acuerdo a la espacialización de los caudales calculados con los periodos de retorno, la terraza 2 no es alcanzada por los desbordamientos y puede considerarse con un grado de susceptibilidad baja a muy baja y las terrazas 3 y 4 como muy baja a nula.

7. CONCLUSIONES

Las características de la cuenca hidrográfica en donde se localiza la población urbana de Florencia,

permite concluir que la carga de sedimentos producida no ha sido suficiente para la formación de conos o abanicos aluviales, como sí ha ocurrido en otras zonas de piedemonte del país (Ibagué, Villavicencio, Yopal,...) donde los flujos torrenciales llegan canalizados por una fuerte pendiente y con una alta carga de sedimentos. Sin embargo, las entidades respectivas deben estar alerta ante un posible represamiento menor de agua en la cuenca media, por la inestabilidad en la zona de El Caraño.

Aunque la deficiencia de información solo permitió cuantificar la amenaza para el sector de la ciudad comprendido desde el puente El Encanto hasta el barrio San Fernando cerca de la confluencia del río Hacha con las Quebradas El Dedo y La Yuca (cortes transversales, perfiles 1, 2 y 3), se considera que el mapa de susceptibilidad a la inundación es adecuado y puede resultar útil como insumo para los estudios de Ordenamiento Territorial y de Planificación en la ciudad de Florencia.

La ciudad se halla inminentemente en peligro por la recurrencia del fenómeno, la forma repentina con que ocurren las inundaciones súbitas y la proximidad de las viviendas a las quebradas y al Río Hacha. Por tanto, es adecuado continuar con los planes de prevención y mitigación, pero se recomienda que progresivamente se considere la reubicación de la población amenazada.

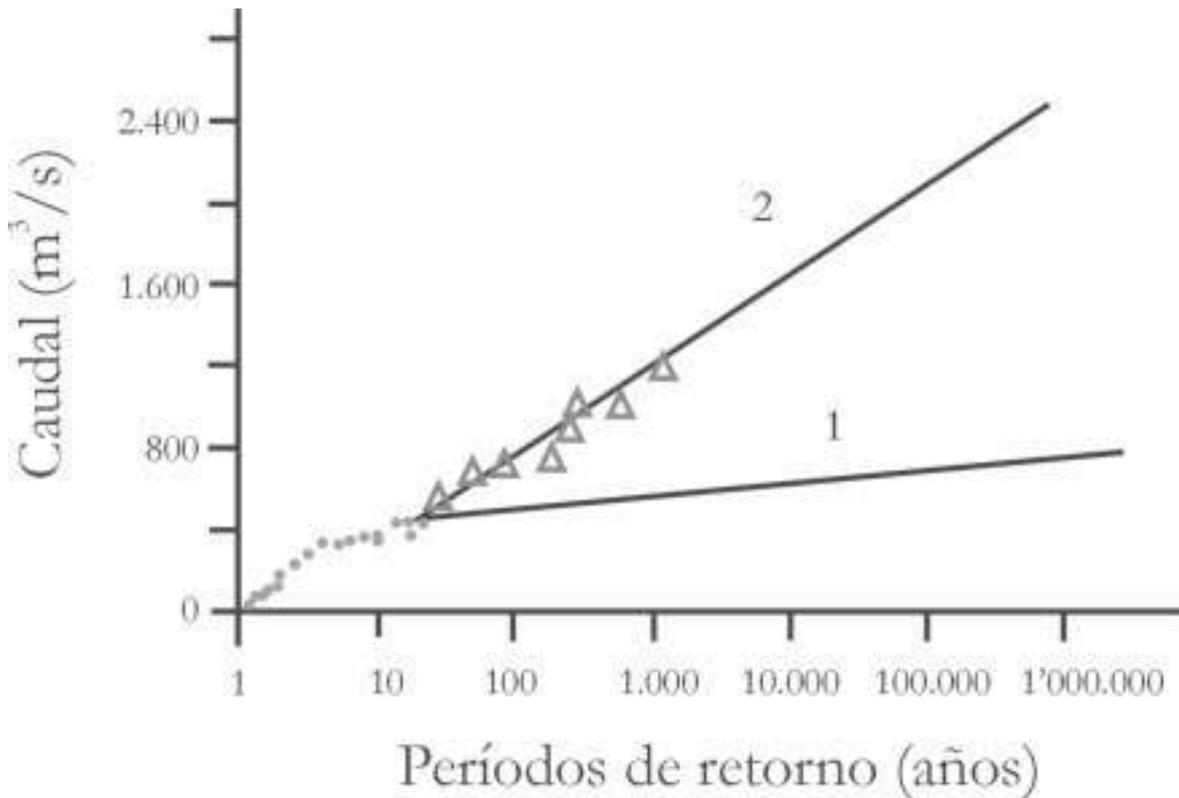


Figura 14: Curvas de distribución ajustadas con datos obtenidos por métodos paleohidrológicos
Fuente: Patton y Baker (1980) citado por Chorley et. al (1984)

Es conveniente continuar también con los estudios de inundaciones en la ciudad, pero a una escala más detallada, donde se involucre el análisis de las subcuencas La Yuca, El Dedo, La Perdiz y La Sardina, ya que en varios eventos de inundaciones estas quebradas han sido más desastrosas que el mismo Río Hacha.

8. RESULTADOS METODOLOGICOS

Así como se tituló este artículo, la *geomorfología* junto con la *hidrología*, se convierte en una combinación estratégica para el estudio de las inundaciones en la ciudad de Florencia (Caquetá).

Considero que los estudios de amenaza por inundación que generalmente se realizan con datos hidrológicos, deben ser complementados con la geomorfología ya que los registros de caudales provenientes de las estaciones son series muy cortas que no alcanzan a ser representativas de los procesos morfodinámicos fluviales.

Como solución se presenta la **paleohidrología** que es un método basado en la geomorfología, y funciona para reconstruir el volumen de caudal en inundaciones extremas que no han sido registradas por las estaciones hidrológicas. Además permite extender los registros de inundaciones de mayor magnitud hasta varios cientos e incluso miles de años.

La figura 14 muestra dos distribuciones, 1 y 2, para pronosticar los caudales para varios periodos de retorno: la distribución 1 es calculada solamente a partir de los registros de caudales obtenidos en las estaciones de aforo (puntos) como lo hace la hidrología convencional; la distribución 2 se apoya además en los datos obtenidos mediante la reconstrucción de caudales con los métodos alternativos (triángulos) anteriormente mencionados. Como se puede observar la distribución 2, por la adición de la serie de datos, proporciona una proyección más confiable.

Para la reconstrucción de datos sobre las inundaciones extremas, la paleohidrología utiliza varios indicadores que se podrían estudiar en el río Hacha y sus afluentes: los de **tipo de régimen** que tiene en cuenta las características del drenaje y el modelado de terrazas para reconstruir las condiciones hidrológicas que dieron lugar a los paleocanales existentes en la llanura de inundación; los basados en la **competencia del flujo** que consisten en relacionar las características de los sedimentos con los parámetros de flujo que permitan conocer la capacidad de transporte de los paleocaudales y; los **indicadores de paloestado** que es el estudio de los depósitos que reflejan la altura de las inundaciones pasadas, mediante líneas de restos vegetales, arcillas y limos, marcas de erosión, grietas de disección y paleosuelos, la obtención de datos cronológicos se obtiene por la posición estratigráfica de estos indicadores y por técnicas geoquímicas como la del Carbono 14 (Baker, 1986).

Adicionalmente considero que en las evaluaciones de amenaza por inundación en áreas urbanas, es conveniente realizar un estudio a nivel regional, esto permite conocer la dinámica espacio-temporal de la cuenca, su estructura y funcionamiento ante las crecientes y las inundaciones súbitas.

Igualmente es importante resaltar que en este tipo de estudios, son irremplazables los datos históricos que se reúnen por medio de periódicos, revistas y entrevistas a la comunidad que se encuentra en amenaza, para validar la calidad de los datos de las series hidrológicas. En campo, la población afectada por un desastre, puede brindar valiosa información al indicar en las paredes de sus casas, que nivel de agua alcanzó la inundación.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía De Florencia 2002. "Plan de Ordenamiento Territorial" Caquetá, Colombia.
- Artunduaga Félix, 1987 Historia General del Caquetá. 2ed. Florencia: Grupo de editores del Caquetá.
- Baker V. 1986. Regional landform analysis. En: Geomorphology from space, N Short & R. Blair (eds), Nasa, Washington.
- Chorley R, Shumm A., & Sugden, D, 1984. Geomorphology. Methuen Co, New York.
- Chow Ven Te, 1982 Hidráulica de los canales abiertos Editorial Diana México 1 edición.
- Cook, R. Y J. Doornkamp 1990 Geomorphology in environmental management. Clarendon Press, Oxford; 2 ed.
- Cruz Roja Colombiana, 1999 Inundaciones en el Sur de Colombia. Noticia del 5 de Octubre de 1999.
- Defensa Civil De Colombia Seccional Caquetá, 2000 "Plan de contingencia para la prevención y atención de emergencias ante la amenaza de inundación o avalanchas de los ríos y quebradas circundantes al municipio de Florencia" Caquetá, Colombia.
- Delta Ingenieros y Asociados Ltda. 1996. "Carretera Florencia-Neiva, estudio geotécnico deslizamiento El Caraño". Neiva, Colombia.
- Florez Antonio, 1995 Tecto-Orogénesis, Disección e Inestabilidad de vertientes "en los andes colombianos". En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales N°74, Abril 1995 Bogotá, Colombia.
- Hall A. J. 1981. Flash flood forecasting. World Meteorological Organization

Operational Hydrology Report #18 Secretariat of the World Meteorological Organization Geneva Switzerland.

Ideam 2001 Estudio Nacional del Clima. Bogotá, Colombia.

Ideam 2002 Datos hidrometeorológicos de las estaciones del municipio de Florencia.

Imagen de satélite 1996 e Imagen de Radar 1996.

Ideam-Irh (Ingeniería y Recursos Hídricos Ltda.) 1996. Estudio sobre hidrología de zonas inundables. Bogotá Colombia.

IGAC 1999. Análisis geográficos Nos 27 y 28. Paisajes fisiográficos de Orinoquía Amazonía (ORAM) Colombia.

NOTAS

1 Quien esté interesado en obtener más información sobre este trabajo puede consultar el documento en las bibliotecas de la Universidad Nacional de Colombia y del IDEAM o escribir al email: nghortuac@unal.edu.co.

2 Aprovecho este medio para agradecer, al profesor Kim Robertson de la Universidad Nacional de Colombia, por contagiarme de su espíritu investigativo e impulsarme a desarrollar esta pasantía a pesar de las deficiencias de información.

