

# LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL VALLE DEL RÍO SIXAOLA

*Gustavo Barrantes Castillo\**  
*Jacqueline Vargas Bogantes\*\**

## RESUMEN

En el caso de Costa Rica, uno de los eventos naturales que reviste especial importancia por su frecuencia y daños acumulativos son las inundaciones; una herramienta para reducir los constantes desastres es la zonificación de amenazas por inundación. Mediante esta técnica es posible orientar el ordenamiento territorial y facilitar la gestión del riesgo. La cuenca del río Sixaola es una de las más afectadas por inundaciones en Costa Rica, en la parte baja se ubican asentamientos humanos habitados principalmente por núcleos de población altamente vulnerables. En este artículo se presenta la zonificación de amenaza por inundación, elaborada para el río Sixaola.

**Palabras claves:** Amenazas naturales, ordenamiento territorial, zonificación de inundaciones, río Sixaola.

## ABSTRACT

In the case of Costa Rica, one of the natural events of particular importance because of its frequency and cumulative damage is flooding. A tool to reduce this ongoing disaster is flood hazard zoning. Using this technique it is possible to guide land use planning and facilitate risk management. The Sixaola River Basin is one of the most affected by flooding in Costa Rica, and inhabitants of villages in the lower settlements are highly vulnerable. This article presents the flood hazard zoning plan developed for the Sixaola River.

---

\* Profesor, Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional. [gbarran@una.ac.cr](mailto:gbarran@una.ac.cr)  
\*\* Estudiante, Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional. [jaky.vb@gmail.com](mailto:jaky.vb@gmail.com)

Fecha de recepción: 20 de febrero del 2010.  
Fecha de aceptación: 4 de junio del 2010.

**Key words:** Natural hazards, land planning, flood zoning, Sixaola River.

## 1. Introducción

La magnitud del impacto provocado por los eventos naturales generadores de desastres está en función, por un lado, de la dimensión propia del evento natural y, por el otro, de las características socioculturales de las sociedades afectadas. Es por esto que, aunque los desastres naturales ocurren constantemente alrededor del mundo, los países subdesarrollados son en especial afectados, debido a que en su medio no sólo se presentan condiciones físicas inestables, sino que sus condiciones socioeconómicas (pobreza extrema, desorganización, exposición, etc.) facilitan que un evento natural produzca severas consecuencias (Lavell, 1987).

En el caso de Costa Rica, uno de estos eventos naturales se reviste de especial importancia por su frecuencia y daños acumulativos. Se trata de las inundaciones, eventos que en alguna medida benefician al hombre, al renovar y fertilizar los suelos (Trefethen, 1987), pero que a su vez introducen un riesgo constante para los habitantes de las llanuras de inundación. Por la aptitud agrícola de las tierras aluvionales no es conveniente abandonarlas, se debe procurar la búsqueda de mecanismos que le permitan al hombre su explotación, sin arriesgar la vida y el capital invertido, una de estas herramientas es la zonificación de inundaciones. Mediante esta técnica es posible reducir el riesgo por inundaciones, al orientar el ordenamiento territorial y facilitar la gestión del riesgo.

La cuenca del río Sixaola es una de las más afectadas en Costa Rica por constantes y severas inundaciones, que ocurren en su llanura de inundación, territorio ampliamente utilizado en actividades de subsistencia y agroexportación. En el río Sixaola se reportan inundaciones históricas en los años 1928, 1935, 1945, 1970 y 1975 (Barrantes, 1995), así como en 1988, 1991, 1993, 2002, 2005 y 2008. Los eventos que parecen ser los más extremos fueron los ocurridos en 1935, 1970, 2002, 2005 y 2008.

Según se menciona en un estudio diagnóstico realizado por la Estrategia Regional de Desarrollo Sostenible (ERDS) de la Cuenca del Río Sixaola, en conjunto con estudios organizados por EPYPSA-INCLAM (2006), en la parte baja de la cuenca del río Sixaola se ubican asentamientos humanos habitados principalmente por núcleos de población mestiza, indígena y afrocaribeña, con una fuerte inmigración de población panameña y

nicaragüense. Dicha población se caracteriza por contar con bajos niveles educativos e importantes movimientos migratorios, en especial de indígenas. Los bajos salarios como jornaleros bananeros y la precaria economía basada en cultivos de subsistencia, sumado a la dinámica migratoria, generan situaciones de precarismo manifestadas en el crecimiento espontáneo de los centros poblados, que resultan vulnerables a fenómenos naturales extremos como las inundaciones.

Uno de los insumos básicos para el ordenamiento territorial es el reconocimiento de los sitios con amenazas naturales. Este artículo se concentra en la amenaza por inundaciones en el valle de Sixaola, para lo cual se propuso una metodología, con el fin de zonificar la misma, en función de su nivel de amenaza.

## **2. La zonificación de amenazas por inundación**

Los procesos fluviales ocurren dentro del contexto de una cuenca hidrográfica y están relacionados con otros procesos geodinámicos como: la evolución de laderas, la erosión, el régimen de precipitaciones, entre otros. En condiciones normales, el caudal de los ríos fluctúa acorde con las entradas provenientes de estos procesos, en especial del monto de las precipitaciones, de este modo en la época de mayores precipitaciones éste se incrementa. El aumento del caudal requiere de cambios para acomodar un mayor volumen de agua y sedimentos transportados, por lo que el canal del río debe variar su anchura, profundidad y velocidad (Mas-Pla & Bach, 2008). Cuando la descarga o caudal del río no puede acomodarse dentro de los márgenes normales del cauce, se habla de la ocurrencia de inundaciones o crecidas.

Los ríos que poseen un buen desarrollo suelen formar un lecho o llanura de inundación. Se trata de áreas llanas a los márgenes del río que son inundadas frecuentemente, por su alta periodicidad estas inundaciones son esperadas y sus áreas de influencia conocidas, por lo que no representan mayor amenaza, excepto que se hagan usos intensivos de las mismas. No obstante, cuando las lluvias son excesivas o se producen grandes remociones de masas en las laderas, ocurren inundaciones extraordinarias. Dichas inundaciones pueden tener períodos de retorno de diez o más años, inundando terrenos que se hallan más allá de la llanura frecuentemente inundada, afectando sobre todo a extensas formaciones a modo de peldaños, denominadas terrazas (Strahler, 1984).

La geomorfología fluvial puede ser utilizada para la determinación del grado de amenaza por inundaciones, mediante la determinación de áreas inundables a partir de la geomorfología característica de la llanura de inundación y del factor de riesgo que ésta representa. Esta información puede ser complementada con mapas que muestren la distribución de eventos pasados. De esta manera se pueden hacer proyecciones sobre el potencial de los daños (Verstappen, 1988).

Entre las unidades geomorfológicas que pueden utilizarse para tal fin se encuentran: los muros naturales, pantanos, lagunas oxbow y barras de arena (Verstappen, 1982). Barrantes (1995) recomienda poner especial énfasis a las terrazas aluviales, debido a que entre éstas quedan desniveles del terreno de relativa importancia (por ejemplo, el desnivel entre la terraza sobre la que se encuentra el río Sixaola y la terraza sobre la que se asienta el poblado de bribri es de alrededor de 5 m). Estos desniveles pueden actuar como límite a la expansión de una crecida, al encontrarse varios niveles de terrazas, éstos pueden actuar dependiendo del caudal de la crecida (Barrantes, 1995).

Una vez reconocida el área inundable y su frecuencia relativa, es posible trasladar esta información hacia los procesos de ordenamiento del territorio. Durante la fase de diagnóstico territorial, se requiere reunir y sintetizar toda la información sobre potencialidades, limitaciones y problemas existentes. Específicamente, las limitaciones se refieren al conjunto de elementos o condiciones del territorio que representan una restricción u obstáculo para el uso, ocupación y desarrollo territorial futuro (Massiris, 2005). En este sentido, la amenaza por inundación se constituye como una limitante a considerar en el ordenamiento territorial.

La etapa de diagnóstico territorial parte del análisis de los subsistemas biofísico, social y económico. Dentro del subsistema biofísico, el análisis y el diagnóstico debe dar como uno de sus resultados, el conocimiento de las amenazas de origen natural y sus implicaciones (Massiris, 2005). De lo anterior puede deducirse que las zonificaciones de amenazas por inundación son un paso muy importante hacia el ordenamiento territorial.

### **3. Metodología**

La metodología para desarrollar la zonificación de áreas inundables en el valle del río Sixaola, la división del terreno se basa en zonas acorde con su nivel de amenaza, la cual se establece a partir de los niveles de peligrosidad que representan las distintas unidades geomorfológicas que conforman la llanura aluvial, tanto en función de la frecuencia relativa con que se inundan como con la velocidad del flujo de agua. La zonificación consta de cuatro categorías o niveles que se resumen en el cuadro 1.

Para delimitar las zonas se procede de la siguiente forma:

1. Levantamiento de las unidades geomorfológicas de la llanura mediante fotointerpretación y comprobación de campo. Las unidades geomorfológicas que se definieron son: A) Lecho mayor, B) Muros naturales, C) Terrazas, D) Meandros abandonados, E) Lagunas oxbow, F) Pantanos, G) Abanicos aluviales y H) Límite de la llanura aluvial.
2. Entrevistas practicadas a habitantes de cada centro poblado para establecer la frecuencia con que se inunda cada nivel de terraza.
3. Establecimiento de los períodos de retorno de las máximas inundaciones: esto se logra aplicando el método de Gumbel sobre el registro de caudales máximos instantáneos anuales, de las estaciones de aforo presentes en el área de estudio (Bratsi y Sixaola).
4. Determinación de los niveles máximos alcanzados por las mayores inundaciones mediante entrevistas en el campo realizadas a moradores antiguos de la región y a personas vinculadas con la atención de emergencias, así como por medio de señales dejadas por inundaciones anteriores en la infraestructura urbana.

**Cuadro 1**  
Zonificación de amenazas por inundaciones

ZONA	NIVEL DE AMENAZA	CARACTERÍSTICAS	RECOMENDACIÓN
A	Zona de muy alta amenaza	Comprende el lecho menor, el primer nivel de terraza, los canales abandonados, lagunas tipo oxbow y meandros abandonados. Período de retorno menor a 2.2 años.	Área en la cual no se recomienda la construcción de ningún tipo de infraestructura. Su uso óptimo es la conservación ambiental.
B	Zona de alta amenaza	Área comprendida entre el segundo y penúltimo nivel de terraza, incluyendo los abanicos aluviales. Su período de retorno se estima entre 2.2 y 20 años.	Área en la cual no se recomienda la instalación de infraestructura vial, habitacional o agroindustrial. Se puede utilizar para cultivo y pastos, siempre que se contemplen pérdidas frecuentes por inundaciones.
C	Zona de moderada amenaza	Área que se extiende desde el límite de la última terraza hasta el límite de la extensión cubierta por la mayor inundación registrada. Su período de retorno se estima entre 20 y 70 años.	Área en la cual se recomienda el uso agropecuario y el urbano siempre y cuando se mantenga la construcción sobre pilotes.
D	Zona de prevención	Área comprendida entre el límite alcanzado por la última inundación y el límite de la llanura aluvial. Su período de retorno se estima en más de 70 años.	Área en el cual se puede desarrollar cualquier actividad o infraestructura, pero sin olvidar que puede ser afectada por una inundación extrema.

Fuente: Barrantes, G., 1995.

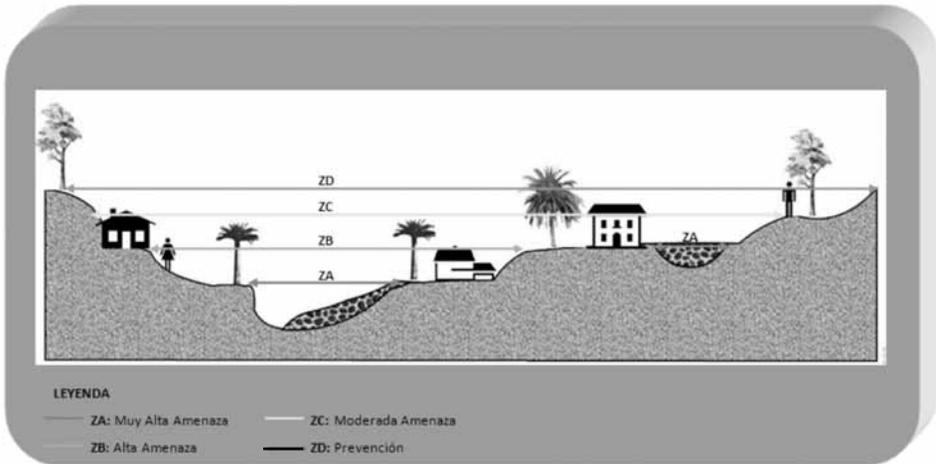
5. Obtención de las zonas de acuerdo con su respectivo nivel de amenaza. Con base en la información obtenida en los pasos anteriores, se realiza una agrupación acorde con los elementos que representan un determinado nivel de amenaza. Este trabajo se realiza con la ayuda

de un sistema de información geográfico (SIG). Los pasos a seguir son los siguientes:

- a) Digitalización de las unidades geomorfológicas de la llanura aluvial y de la extensión máxima de las mayores inundaciones.
  - b) Agrupar las unidades que corresponden a cada nivel de amenaza mediante una reclasificación.
  - c) Por último, se elabora un mapa digital con los resultados, donde se aprecien las áreas de amenaza y la distribución de los asentamientos.
6. Recomendación para el uso del suelo en función del nivel de amenaza: las cuatro zonas de amenaza ofrecen la posibilidad de hacer un uso de la tierra, no obstante, éste debe estar regulado por el nivel de peligro a que se exponen los bienes materiales, vidas humanas, infraestructuras y servicios públicos y privados. Se trata de una recomendación sobre el uso del suelo más apropiado en cada zona, con base en las limitaciones que impone el medio, al desarrollo y extensión de las actividades sociales, con el fin de servir de insumo para el ordenamiento territorial del cantón de Talamanca.
7. Evaluación de la vulnerabilidad física. A continuación se evalúa la vulnerabilidad a que están expuestas las poblaciones en el valle del río Sixaola. Esto se logra mediante la sobreposición de la trama de carreteras y poblados, a la zonificación establecida. El resultado será visualizar la localización de los poblados en las diferentes zonas y, por consiguiente, su nivel de amenaza implícito. El proceso de sobreposición se lleva a cabo en el SIG. Las fuentes de información en esta última fase son el mapa de zonificación elaborado con los criterios antes descritos y las hojas topográficas Amubri y Sixaola, a escala 1:50000, de las cuales se extraerán la ubicación de los poblados y la red vial.

En la figura 1 se puede apreciar el esquema idealizado de la zonificación propuesta.

Fig. 1. Esquema idealizado de la zonificación.



Rediseñado por Jacqueline Vargas.

Fuente: Barrantes, 1995.

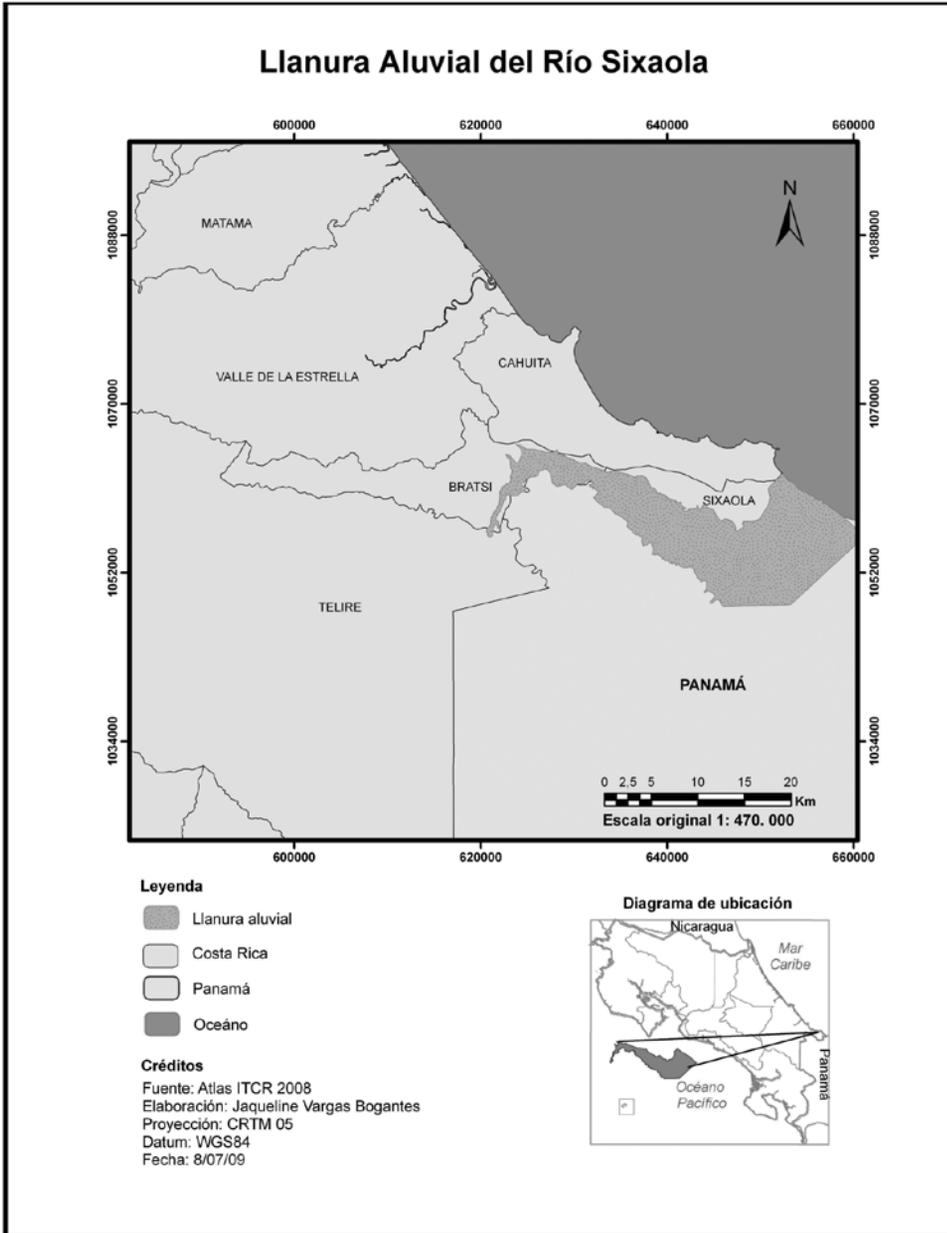
#### 4. La zonificación de amenazas por inundación del río Sixaola

##### 4.1. Área de estudio

Se localiza en el extremo sureste del territorio costarricense, en la zona fronteriza con Panamá. Administrativamente pertenece al cantón de Talamanca, provincia de Limón, se enmarca principalmente en el distrito de Sixaola, pero abarcando una pequeña sección al este del distrito de Bratsi. Comprende la llanura aluvial del río Sixaola, definida a partir de la confluencia del río Yorkín con el río Telire, hasta la desembocadura del río Sixaola en el Mar Caribe.

El área de estudio se enmarca entre las coordenadas geográficas 82° 30' 00" a 82° 54' 18" oeste y 09° 38' 07" a 09° 28' 54" norte y entre las coordenadas métricas 584814mE / 627382mE y 379745mN / 397575mN (Mapa 1).

Mapa 1.



## **4.2. Caracterización general del valle del río Sixaola**

### **4.2.1 Caracterización física**

La cuenca del río Sixaola se localiza en la Vertiente Caribe de la Cordillera de Talamanca. Cubre una superficie total de 2705.7 km<sup>2</sup>, la longitud total del curso fluvial es de 146 km y su pendiente promedio es de 1.9% (ICE, 1976).

En la sección baja (a la salida del valle de Talamanca), el patrón de drenaje va cambiando de una condición sinuosa, en los primeros kilómetros, a un patrón meándrico con un índice de sinuosidad de 1.7 (Barrantes, 1995). La llanura de inundación presenta un relieve plano o plano ondulado, y en sus alrededores se observa un relieve relativamente suave, compuesto por los relictos de las divisorias de agua.

El valle de Sixaola se origina a partir de un graben tectónico, el cual es diferente al valle de Talamanca por su origen y relleno, geológicamente la llanura está compuesta por materiales recientes depositados por el río Sixaola.

### **4.2.2 Situación socioeconómica**

La parte baja de la cuenca se encuentra fundamentalmente ocupada por bananales, en especial concentrados entre Paraíso y Buena Fe. Entre Fields y Margarita los bananales se complementan con platanales, charrales, cultivos de subsistencia y bananales pertenecientes a pequeños y medianos productores. Sobre las divisorias se pueden apreciar bosques relictos que retroceden ante el uso ganadero y la extracción de leña, especialmente del lado costarricense. En esta parte, el uso urbano se caracteriza por asentamientos lineales de tipo espontáneo a lo largo de la vía Bratsi-Sixaola y por asentamientos planificados, implantados por las fincas bananeras en el interior de estas. Junto a estos dos patrones se encuentra un reducido poblamiento disperso que se interna en las áreas de menor accesibilidad.

Asimismo, en este sector se marca una tendencia a la concentración de población en las áreas que brindan mayores servicios: Bribri y Sixaola. Estos centros están poblados principalmente por emigrantes de otras regiones de Costa Rica y Panamá (Azofeifa & Reifer, 1981), dedicados al cultivo de plátano, cultivos de subsistencia y comercio, quienes coexisten con las plantaciones transnacionales de banano que les ofrecen fuentes de trabajo.

En cuanto a las viviendas se refiere, existe un alto porcentaje que no cuenta con las condiciones básicas y adecuadas de habitabilidad, sumado a severos problemas de precarismo y hacinamiento. En el sector panameño, más del 60% estaba en condiciones regulares o malas. Del lado costarricense esta cifra corresponde al 65%. Estas edificaciones se ubican en zonas de alta vulnerabilidad a fenómenos naturales, entre los que se destacan las inundaciones y los deslizamientos de tierra (EPYPSA-INCLAM, 2006).

En relación con los centros de salud, en la cuenca alta y media, se ven afectados por el acceso a medicinas, equipo médico y principalmente por la escasa presencia de profesionales médicos o asistentes, lo que conlleva a la saturación de los servicios en los centros de salud de mayor capacidad (EPYPSA-INCLAM, 2006).

## **5. Resultados**

Mediante la identificación y clasificación de las unidades geomorfológicas, aunado a la sobrepuesta del área cubierta por la máxima inundación, según se planteó en la metodología, se elaboró el Mapa 2 denominado **Zonificación de Amenazas por Inundación en el Valle del Río Sixaola**.

De acuerdo con este mapa, el 20% del área de estudio se encuentra bajo la categoría de Muy Alta Amenaza. Esta zona en su generalidad no aparece como un área continua, sino más bien, se introduce en forma de bandas en las zonas B y C; este hecho se explica por la existencia de canales que atraviesan las diferentes terrazas. Estos canales, particularmente entre Chase y Paraíso, son antiguos lechos por donde pasó el río Sixaola y pueden, en caso de inundación, ser retomados por el flujo, arrasando lo que se encuentre a su paso.

La Zona B contempla un 31% del área y se caracteriza por ser una banda discontinua a lo largo de la Zona A, esto obedece a que esta zona responde al área ocupada por el segundo y tercer nivel de terraza.

La Zona C es la más extensa, abarcando el 45% del área, se dibuja como una delgada franja a partir de Bribri, no obstante, se va ensanchando conforme se acerca a la desembocadura.

La Zona D es la más segura, pero a la vez la más pequeña, cubre tan sólo una delgada y discontinua franja muy cerca del límite de la llanura de inundación, que corresponde únicamente al 4% del área total de la llanura.



## **5.1. Estimación de la vulnerabilidad física**

Este análisis de la vulnerabilidad se basa en el grado de exposición a las inundaciones de los centros poblados, de acuerdo con su ubicación en el Mapa 2, se hace la salvedad de que no se analizarán los poblados panameños.

En cuanto a la infraestructura vial, la principal ruta de acceso que comunica a Bratsi con Sixaola se dispone a lo largo de la llanura aluvial, lo que provoca el aislamiento de comunidades al presentarse inundaciones y la reconstrucción frecuente de tramos de carretera destruidos por las aguas.

### **5.1.1 Poblados con muy alta vulnerabilidad a las inundaciones**

No se presentan centros poblados dentro de la zona de muy alta amenaza. A pesar de lo anterior, hay familias inmigrantes que edificaron sus casas dentro de esta zona.

### **5.1.2 Poblados con alta vulnerabilidad a las inundaciones**

Las poblaciones de Bratsi, Chase, Catarina, Finca Costa Rica y Sixaola, se encuentran expuestas a una alta amenaza. Estas poblaciones se ubican en la Zona B, y de acuerdo con la información obtenida en el campo, se inundan frecuentemente. No obstante, el nivel del agua sólo se vuelve peligroso cuando se presentan severas inundaciones.

Las principales pérdidas experimentadas por los poblados de Bratsi y Chase son las derivadas de la destrucción frecuente de su producción agrícola, fundamentalmente compuesta por cultivos de subsistencia y plantaciones de plátano.

Por otro lado, el poblado de Catarina se ve protegido por las características particulares del microrrelieve. Sus pobladores aseguran que las inundaciones frecuentes no llegan hasta el cuadrante (centro del poblado), pero que los eventos extremos alcanzan alturas de hasta 2 m. Por esta razón, las casas están construidas sobre pilotes de 2 m de altura.

En el poblado Finca Costa Rica, las inundaciones son muy frecuentes, pero por lo general el agua transita lentamente a bajo nivel (menos de un metro se pudo registrar en el campo) y sin causar estragos, dejando tras

de sí una capa de lodo. Sin embargo, al presentarse un evento extremo, el agua sube rápidamente obligando a los pobladores a buscar refugio.

Sixaola es el poblado más cercano al cauce del río Sixaola y a la vez presenta el mayor desarrollo comercial, por lo que es particularmente vulnerable a las inundaciones, parece apropiado sugerir el traslado de este poblado a un área más segura. A pesar de esto, el hecho de tratarse de una población fronteriza complica la situación.

### **5.1.3 Poblados con moderado riesgo de inundación**

Los poblados ubicados sobre la zona con moderada amenaza de inundación son: Olivia, Margarita, Paraíso, Celia, Daytonia, Finca Sadan, Finca Bananera, Finca Virginia, Mata de Limón, Finca los Ángeles, Finca Sixaola y Gandoca.

Con excepción de un incipiente comercio, la actividad principal de los habitantes de los poblados mencionados es la agropecuaria, principalmente los cultivos de banano (como jornaleros), cacao, ganadería, plátano y cultivos de subsistencia. Al presentarse una inundación extrema, sus pérdidas no se resumen a las ocasionadas a sus viviendas, sino también a sus medios de subsistencia.

### **5.1.4 Poblados con baja vulnerabilidad a las inundaciones**

Se trata de áreas en las cuales raramente se presenta una inundación o no existe un registro histórico de las mismas. No obstante, cuando las condiciones hidrometeorológicas son apropiadas, puede ocurrir un evento con una frecuencia muy baja, pero devastador. El peligro principal a que se enfrentan estas poblaciones es la sensación de seguridad. Por lo demás, estas áreas son las más apropiadas para ubicar la infraestructura de salvamento y rescate, en caso de inundaciones.

Únicamente tres poblados se ubican en la zona de bajo riesgo, estos son: Bribri, Fields y San Miguel. Bribri (El Cruce) es un caso muy particular, sus pobladores no recuerdan que se haya inundado. La causa de esto se encuentra en la presencia de un desnivel de terraza de alrededor de 5.5 m de altura.

## 6. Discusión de resultados

Datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) revelan que entre 1970 y el 2002 se han registrado al menos 6 eventos extremos en la región Caribe, los cuales han provocado inundaciones en el valle del río Sixaola (cuadro 2). Este hecho confirma la importancia de utilizar la zonificación como herramienta para la gestión del riesgo por inundación y como base para el ordenamiento territorial (IMN, 2005).

### Cuadro 2

Precipitaciones diarias en la estación Limón versus caudales máximos instantáneos anuales en la estación de Bratsi

Año	Precipitación (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Inundación registrada en el río Sixaola
1970	298	Sd*	Sí
1975	113	1458	Sí
1988	101	2600	Sí
1996	106	2006	Sí
2000	103	Sd*	Sí
2002	119	2751	Sí
2005	345	2420	Sí

\*Caudal sin datos registrados. **Fuente:** Datos de IMN, 2005, ICE, 2007.

El nivel de lluvia reportado el 8 de enero del 2005 marcó un récord en la cantidad de lluvia (cuadro 2), establecido como el más alto desde que se llevan registros (IMN, 2005). El evento se suma a frecuentes inundaciones que han dejado destrucción, pérdidas y muerte a su paso (Fig. 2).



**Fig. 2.** Puente sobre el río Sixaola, enero, 2005.

**Fuente:** *Diario Extra*.

Con base en los registros de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, se elaboró un mapa de afectación para esta inundación, en el cual se aprecia la distribución espacial de los daños según la afectación en cada poblado. Cabe resaltar que el caudal instantáneo máximo anual del 2005 fue de 2420 m<sup>3</sup>/s, al cual le corresponde un periodo de retorno de 25 años, de acuerdo con la aplicación del método Gumbel que realizamos. Como se señala en el cuadro 1, a la zona de Alta Amenaza le corresponde un periodo de retorno de entre 2.2 y 20 años, de lo que puede deducirse que las áreas más seriamente afectadas serían las que se encuentran en esta zona y que las que se encuentran en la zona de Moderada Amenaza debieron verse moderadamente afectadas; lo anterior concuerda con lo que muestra el Mapa 3, elaborado a partir de los datos suministrados por la CNE, 2008.

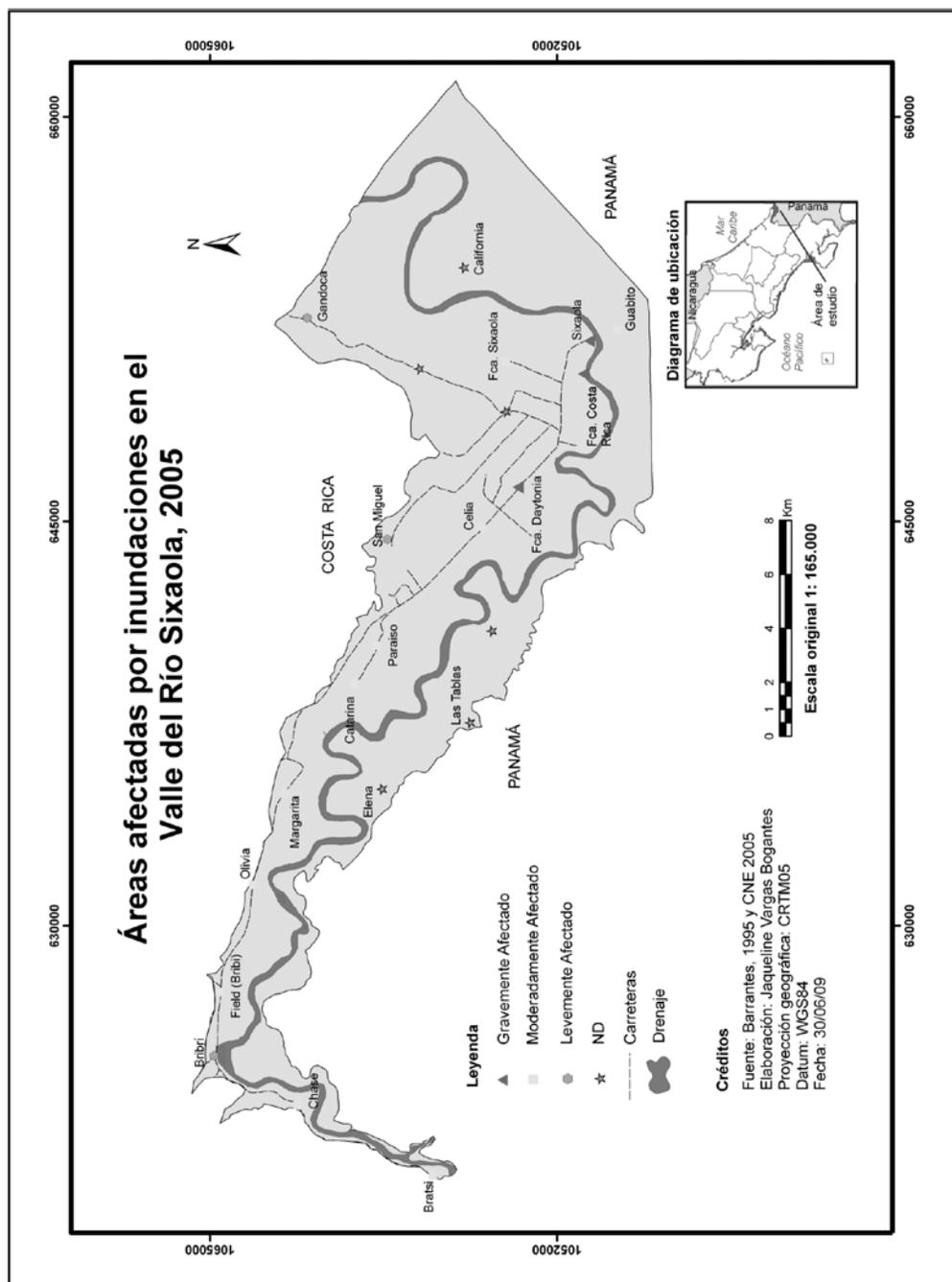
No obstante, algunas comunidades no están reportando el tipo de daño que cabría esperar en función de su ubicación con respecto a la zonificación, la explicación está en el hecho de que los reportes de afectación son parciales y sectorializados y además no contemplan el nivel alcanzado por las aguas, por lo que el mapa sólo brinda una idea aproximada de lo que realmente sucedió.

Asimismo, este caso concreto deja de manifiesto que si se planeara el uso del suelo en función del nivel esperado de daños se evitarían pérdidas frecuentes. Es así como podemos concluir que un ordenamiento territorial que contemple el riesgo por inundación puede servir de base para alcanzar un desarrollo sostenible en el valle del río Sixaola.

## **7. Conclusiones**

- La llanura aluvial del río Sixaola es un área de frecuentes inundaciones que provocan daños recurrentes sobre la infraestructura y actividades económicas, como las ocurridas en los años 2000, 2002, 2005 e incluso en el 2007.
- La zonificación de amenazas por inundación es una herramienta óptima para alcanzar un ordenamiento del territorio en el valle del río Sixaola, que permite la planificación estratégica de la cuenca bilateral Sixaola-Panamá, por medio de la identificación de las unidades o formas geomorfológicas propias de la llanura aluvial y su potencial inundable.

Mapa 3.



- La obtención de los períodos de retorno de las áreas inundables sirve como base para la planificación física del territorio. En función del nivel de amenaza es posible planificar la densidad del uso del suelo, un ejemplo claro es el caso del poblado Sixaola, el cual tiene una inapropiada ubicación debido al alto potencial de inundación que este presenta.
- La zonificación de amenaza por inundación en el valle del río Sixaola cuenta con cuatro zonas que van desde Muy Alta Amenaza hasta la Zona de Prevención. En cada zona es apreciable la vulnerabilidad física de las comunidades que habitan en el territorio, con base en esta información es posible hacer una gestión de riesgo en el nivel local.
- La inundación ocurrida en el 2005 reafirma la utilidad que tiene esta herramienta para evitar que se presente este tipo de desastre de manera recurrente.

## 8. Referencias

- Azofeifa, M., Reifer, E. (1981). *Plan de ordenamiento para el Valle de Sixaola*. Tesis Licenciatura en Arquitectura. Escuela de Arquitectura. Universidad de Costa Rica. 130 p.
- Barrantes, G. (1995). *Zonificación de amenazas por inundación en el Valle del Río Sixaola*. Tesis de Licenciatura en Geografía Física. Escuela de Geografía, Universidad Nacional. 125 p.
- Comisión Nacional de Emergencias (CNE) (2008). *Infraestructura afectada* CD-ROM. c 2008. Hoja Excel.
- Estrategia Regional de Desarrollo Sostenible de la Cuenca Binacional de la Cuenca del Río Sixaola, EPYPSA-INCLAM (2006). *Análisis de actores sociales e institucionales en la Cuenca del Río Sixaola*. Consultado: 22/10/09. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=756354>
- Instituto Costarricense de Electricidad (1976). *Boletín Hidrológico*. San José, C.R. No. 10. 348 p.
- Instituto Meteorológico Nacional (2005). *Boletín Meteorológico*. San José, C.R. Enero. 32 p.
- Lavell, A. (1987 ene.-abr.). Desastres naturales y zonas de riesgo en Centroamérica. *Estudios Sociales Centroamericanos* (C.R.), pp. 79-85.

- Mas-Pla, J., Bach, J. (2008). Los riesgos geológicos en el sistema de cuenca (eds. P. Andrés y R. Rodríguez), *Evaluación y prevención de riesgos ambientales en Centroamérica*. Documento Universitario. Girón, España. 376 p.
- Massiris, A. (2005). *Fundamentos conceptuales y metodológicos del ordenamiento territorial*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 124 p.
- Strahler, A. (1984). *Geografía física*. (Trad. por Ana Ma. Guillo y José Francisco Albert). (7 ed.). Barcelona, España: Editorial Omega, S.A.
- Trefethen, J. (1987). *Geología para ingenieros*. (Trad. por José Luis De La Loma). México: Editorial Continental, S.A.
- Verstappen, H. Th. (1982). *Applied geomorphology. Geomorphological survey for environmental development*. Amsterdam: ELSEVIER.
- Verstappen, H. Th. (1988). *Geomorphological surveys and natural hazard zoning, with special reference to volcanic hazards in central Java*. Alemania: Annals of Geomorphology, No. 68, pp. 81-101.