

En varias publicaciones recientes se ha hecho énfasis de la importancia que tienen las medidas no estructurales y de los aspectos de planificación, organización y funcionamiento inherente a su desarrollo y ejecución. Dos de esas publicaciones son el Informe del Seminario Interregional de las Naciones Unidas, sobre Medidas de Prevención de los Daños de Inundaciones, celebrada en Tbilissi, U.R.S.S., en 1969, y las Directrices sobre Pérdidas Debidas a Inundaciones en los Países en Desarrollo, preparadas por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, Nueva York, en 1974.

En consonancia con esto, el empleo de controles no estructurales para la prevención de desastres por inundaciones en el río Tempisque abarca los aspectos hidrológicos que incluyen: monitoreo y análisis de los datos, además de aspectos geológicos, geomorfológicos, uso del suelo; entre otros, que influyen en las causas de las inundaciones.

Según la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas en Caso de Desastres (UNDRO), en su volumen No. 2, sobre Prevención y Mitigación de Desastres, publicado por ésta en 1977, para abordar en forma adecuada un problema que se produce de manera reiterada, es importante identificar, en primer lugar, la causa del problema. Esto ayuda a comprender y evaluar la gravedad potencial de las crecidas fluviales, especialmente en lo que se refiere a la ocupación de las áreas de inundación. Una vez evaluado el peligro de inundación en el supuesto de que esto sea posible, resultará factible efectuar análisis y adoptar decisiones racionales sobre la mejor manera de paliar los efectos potenciales desastrosos, por medio de controles o restricciones permanentes sobre el aprovechamiento de tierras y propiedades.

### 3.3 OTROS FACTORES A CONSIDERAR

Los peligros de las aguas de crecidas se relacionan con varios criterios, no necesariamente dependientes entre sí, pero que crean diferentes tipos de riesgos claramente identificables.

A continuación se presenta un resumen de los criterios y de los riesgos conexos:

- A) **Altura de las aguas:** La estabilidad de las edificaciones frente a los efectos de la flotación y el fallo de las cimentaciones, muestran diferentes grados de tolerancia ante la inundación. Habitualmente pueden identificarse esos grados en cada caso y cabe establecer el factor aleatorio de altura de las aguas.
- B) **Duración:** El tiempo de inundación es de máxima importancia, puesto que suele estar relacionado con los daños o el grado de los mismos. Esto se aplica tanto a la seguridad de las estructuras, como a' efecto de la interrupción de las comunicaciones, la actividad industrial y los servicios públicos, y a la vida de la vegetación.
- C) **Velocidad:** Las altas velocidades de la crecida crean elevadas fuerzas de presión y erosión. Esto provoca, con frecuencia, un derrumbe completo o parcial de las estructuras al ocasionar su inestabilidad o destruir el soporte de cimentación. Se pueden registrar velocidades peligrosamente altas tanto en la llanura de inundación, como en el cauce principal del río.
- D) **Coefficiente de Elevación del Nivel:** La importancia del coeficiente de elevación del nivel y el caudal del río se deriva de su relación con el tiempo disponible para dar la alarma de inundación o adoptar disposiciones para evacuar y combatir la inundación. Por consiguiente, el coeficiente de elevación del nivel, es otro elemento que va a influir en la planificación de autorizaciones para ocupar la llanura de inundación y su zonificación.
- E) **Frecuencia de Incidencia:** Los daños potenciales totales en una área de inundación están relacionados con el efecto acumulativo de los factores aleatorios de altura de las aguas, duración y velocidad medidas durante un prolongado período de tiempo. Con gran frecuencia, aunque no de forma exclusiva, esto influirá en las decisiones sobre la planificación de autorizaciones para ocupar un área potencialmente peligrosa, especialmente si el riesgo puede medirse en términos cuantitativos. La frecuencia acumulativa de incidencia de los diversos riesgos es, por consiguiente, un factor de importancia en el desarrollo del aprovechamiento de las tierras.

Este es un factor que las comunidades agrícolas en todo el mundo han tenido en cuenta, de ordinario, sobre la base de la experiencia y del razonamiento intuitivo, para decidir el tipo y la intensidad de la explotación agrícola o pecuaria aplicables en las regiones expuestas a inundaciones.

F) Estacionalidad: La inundación de la tierra durante la estación en que crecen los cultivos, puede tener un efecto totalmente destructor en la producción agrícola, tan grave de hecho, como una sequía prolongada.

#### 3.4 ESTRATEGIA METODOLOGICA PARA EL CASO DE LA CUENCA DEL TEMPISQUE

Los principales aspectos de la estrategia metodológica seguida para el conocimiento y análisis del riesgo de inundación en el Tempisque, se puede sintetizar en la forma siguiente:

3.4.1 Un resumen de los resultados de la investigación en materiales periodísticos, destinados a determinar los impactos espaciales, temporales y sociales. Este resumen se realizó luego de hacer un análisis de 35 años de información periodística existente en el país, en los distintos diarios; especialmente el periódico La Nación. Con esta actividad se logró ubicar las áreas de la cuenca que sufren problemas por inundaciones; entre los años de 1949 a 1987, así como los días en que aparece reportado el fenómeno de inundación en esos 35 años.

Según la información periodística, entre los años de 1962 a 1968 y entre 1971 a 1980, no aparecen reportes sobre inundaciones, para verificar la veracidad de este hecho se recurrió a varias estrategias:

- Análisis estadístico comparado para determinar si, de acuerdo con la relación montos de precipitación-caudal-inundación, en esos años debió producirse inundaciones, pero no constituyeron noticia por algún motivo.
- Entrevistas a personeros de instituciones oficiales directamente involucrados con los problemas derivados de situaciones de desastres, tales como: Guardia de Asistencia Rural; Cruz Roja Costarricense; Municipalidad de Carrillo; Oficina Regional Agrícola de

Liberia, además de varios encargados de las haciendas cultivadas de caña de azúcar que hay en el área, así como varios trabajadores residentes en este sector de inundación y dueños de negocios comerciales.

- Otras fuentes documentales, tales como el libro del Centenario del Cantón de Carrillo, información obtenida en Defensa Civil e información recopilada en archivos y actas, en las instituciones antes mencionadas.

3.4.2 Para cumplir con los requerimientos de la metodología hidrológica correspondiente, se recurrió a recopilar la información que sobre precipitaciones, temperatura y evaporación, tienen en el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), el Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (SENARA) además de los datos de caudales compilados en el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y el mismo SENARA.

Los datos relativos a la precipitación se seleccionaron luego de realizar un análisis de las distintas estaciones localizadas dentro de la cuenca, particularmente en cuanto a la longitud y coherencia de los registros, seleccionándose la estación Hacienda Tempisque, por tener un registro de datos de 35 años, desde 1953 a 1986, tanto de totales de precipitación mensual como diaria.

En el caso de la selección de datos de caudales, se procedió en la misma forma; seleccionando la estación con mayor cantidad de datos registrados. La estación seleccionada correspondió a Guardia, que cuenta con registros desde 1953 hasta 1970, y de 1981 a 1986, tanto de caudales diarios como promedios mensuales.

Para el caso de los años entre 1970 y 1980 en que no existe registro de datos sobre caudales en la estación Guardia, para obtenerlos se procedió de la siguiente manera:

3.4.2.1 Se observó el comportamiento del caudal según el monto de las precipitaciones registradas para los meses de cada año en que hubo registro de las dos variables.

- 3.4.2.2 Se obtuvo un dato aproximado del caudal en los meses en que no se cuenta con registro histórico del mismo, de acuerdo con la relación promedio establecida entre cada monto de precipitaciones y el caudal promedio de los que sí existe registro. En la misma forma se procedió para obtener la información diaria sobre los caudales, eso sí que con los correspondientes registros diarios de precipitación.
- 3.4.3 Por las directrices metodológicas indicadas, fue necesario analizar también acerca de otras condiciones que posibilitan las inundaciones en la cuenca del Tempisque:
- 3.4.3.1 Evolución geológica. Para esto se investigaron los diversos enfoques, haciendo luego un resumen de las distintas teorías que se han expuesto para explicar el comportamiento geológico de la provincia de Guanacaste, empezando con Gabriel Dengo en 1962, hasta la expuesta por Rolando Castillo recientemente, junto con un análisis de la parte baja de la cuenca del Tempisque, que corresponde al sector donde se producen las inundaciones.
- 3.4.3.2 Condiciones de permeabilidad. Se establecieron mediante investigación de campo sobre las condiciones de infiltración presentes en el sector donde se producen las inundaciones, para lo que se realizaron tres muestras en el campo, comparándolas con información obtenida en el Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (SENARA)
- 3.4.3.3 Condiciones morfológicas. Modelado superficial actual, las características del valle y del lecho de inundación, se establecieron basándose en los productos de otras investigaciones, expuesto por varios autores, entre ellos Bergoing, León y Gabriel Dengo; de este último se utilizó la clasificación que planteó. A esto se agrega un análisis personal de acuerdo con trabajo de campo realizado en lo que Dengo denominó Bajura del Tempisque, área donde se presentan las inundaciones.

3.4.3.4 Condiciones climáticas. Basándose en la obra Climas de Costa Rica de Wilberth Herrera, se establecieron las diferentes características climáticas del área en que se encuentra la cuenca. Se trató, básicamente, de establecer los procesos que definen el régimen climático del área, en función de su impacto en las inundaciones del Tempisque.

Componentes del clima, como la evaporación y la precipitación, de acuerdo con las directrices metodológicas, fueron objeto de un análisis particular que se indica más adelante.

3.4.3.5 Comportamiento de la evaporación. Pese a la gran escasez de datos de este aspecto en el país y lo importante que resultan ser para estudios de esta naturaleza, se contó con un trabajo realizado por SENARA, de donde se analizó el comportamiento de la evaporación durante cada mes a lo largo de nueve años de registro para tratar de obtener uno de los factores de descarga del río.

3.4.3.6 Distribución e intensidad de las precipitaciones. Este es el aspecto más relevante en la mecánica de las inundaciones del Tempisque, por lo cual resultaba de mucha importancia poseer un largo registro histórico que permitiese, por una parte, analizar el comportamiento a lo largo del año, en un análisis comparativo mensual y, por la otra un análisis más detallado dentro de cada mes, particularmente en aquellos en que se presentaban inundaciones, para tratar de establecer los momentos a partir de los cuales se produce la inundación.

3.4.3.7 Tipos de suelo y forma de uso. En algunos casos se ha logrado establecer que el manejo que el hombre ha hecho de áreas de inundación, ha influido poderosamente en el incremento de la intensidad de las mismas, así como en el aumento de los daños por el tipo de ocupación del área.

Por esta razón, se procedió a realizar un análisis de los tipos de suelos, para tratar de establecer si juegan un papel significativo en la descarga del río durante la inundación, a la vez que puede condicionar el uso del suelo en los aspectos agropecuarios.

Además, se hizo una revisión documental de tipo histórico para establecer las condiciones existentes antes del presente siglo, lo que se complementó con el análisis de fotografías aéreas y trabajo de campo, para establecer el uso en épocas recientes y actuales.

3.4.4 Luego de realizado el resumen de las inundaciones por fecha, se procedió a elaborar un cuadro con la fecha, el área que se inundó, el río que ocasionó, el fenómeno que provocó la inundación y los días que ésta duró. Con esto se logró preparar otro cuadro, con los sectores de la cuenca que se inundan y el número de veces que cada sector se inundó. Con esta información se procedió a mapear cada sector de la cuenca que sufre problemas de inundaciones. Lo que permitiría, junto al análisis de los otros factores, realizar un mapa preliminar de zonificación de riesgos por inundaciones en la cuenca del Tempisque, para lo que se utilizó el achurado, que indica cuales sectores son de riesgo mayor, cuales de riesgo intermedio y los de casi ningún riesgo.

3.4.5 Con los datos meteorológicos de precipitación, caudales, temperaturas y evaporación, se procedió a realizar gráficos de promedios mensuales de cada año y de volúmenes diarios, en el caso de las precipitaciones y los caudales.

Para la construcción de los gráficos de datos diarios de precipitación y caudales, se ubicaron las fechas en que se registran inundaciones y se realizó el gráfico con información de 10 días antes de las inundación y 10 días después de ella.

Los gráficos se dibujaron en forma de barras de 2 mm, dibujando la temperatura en la misma gráfica de la precipitación por medio de puntos, unidos en una curva. En la misma representación se graficó la evaporación por medio de color.

- 3.4.6 Obtenidos todos los gráficos indicados se procedió al estudio e interpretación de los mismos, haciendo para ello un análisis del comportamiento de las precipitaciones y de los caudales en cada mes para cada año, junto con el análisis de la temperatura y el comportamiento de la evaporación en los años en que se dispuso de esta información.

De la misma manera se procedió al examen de los gráficos con información diaria, relacionando cómo se comportaban los caudales respecto de las precipitaciones, día a día, 10 días antes de la fecha de la inundación y 10 días después de ella.

- 3.4.7 Se relacionaron luego las principales variables de los demás aspectos considerados, que pudieran explicar las causas de las inundaciones en ese sector de la cuenca del Tempisque.
- 3.4.8 La culminación del trabajo se alcanza en las conclusiones que, de acuerdo con los objetivos, pretenden una aproximación a las causas que generan las inundaciones y un cartograma tendiente a zonificar las áreas de riesgo.
- 3.4.9 Finalmente, se llegó a una serie de recomendaciones que pretenden mejorar el uso del espacio y aminorar los efectos que han tenido las inundaciones hasta el momento.