

RIESGOS POR INUNDACIONES PLUVIALES EN CUBA.

Dr. José Luis Batista Silva¹
Lic. Miguel Sánchez Celada²

Las inundaciones que se producen generalmente por lluvias torrenciales que acompañan a los ciclones y fenómenos meteorológicos extremos constituyen la causa principal de catástrofes en algunas zonas. En el ámbito global cada año las inundaciones representan alrededor del 40% de los cataclismos y afectan a grandes territorios ocasionando algunas decenas de muertes. (Roche, 1989). Las inundaciones son provocadas, entre otros factores, por lluvias intensas, asociadas a otros problemas, tales como: modificaciones del terreno producidas por prácticas agrícolas inadecuadas, tala de árboles, incendios, urbanización y otras intervenciones impropias en el medio ambiente o las combinaciones de ellas. En lo que se refiere a las zonas costeras el nivel del mar podría elevarse y agravar las inundaciones en los territorios litorales. Para las condiciones específicas de Cuba es conocido que en algunas áreas existen penetraciones del mar debido a la conjunción de la dirección y velocidad del viento -con relación a la línea de la costa- y la situación de las mareas o por la influencia de ciclones o fenómenos meteorológicos extremos. El régimen de precipitaciones del país posibilita la formación de inundaciones, sobre todo durante el período lluvioso (mayo a octubre), aunque se han producido inundaciones importantes en la época menos lluviosa (noviembre a abril) debido a la influencia de frentes fríos. Ocasionalmente tienen lugar lluvias súbitas con una alta intensidad que producen la abrupta crecida de pequeños arroyos y ríos con la consecuente inundación y destrucción de todo lo que 1,2: Instituto de Geografía, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba encuentran a su paso en la llanura o plano de inundación y primeras terrazas de las corrientes fluviales.

Independientemente de la vulnerabilidad del territorio intensas lluvias ocasionan daños cuantiosos e inclusive cientos de muertes, como ocurrió al paso del ciclón "Flora" en el año 1963 en las provincias orientales. No obstante, existe una tendencia de aumento de la intensidad y cantidad de lluvias máximas en el presente siglo.

En la tabla 1, observamos que desde el año 1926 hasta 1994 la cantidad de precipitaciones máximas registradas por los pluviógrafos ha aumentado hasta valores de 740 mm (Ciclón Alberto, 1982), 867 mm (Cienfuegos, 1988), todos ellos superiores a lo registrado durante el ciclón "Flora" (684 mm), valor que se consideraba difícil de superar para lluvias máximas diarias en 24 horas. En el pasado año 1994 se registraron lluvias máximas extremas en la provincia de Guantánamo, superando los valores extremos históricos para ese territorio, lo cual ocasionó daños considerables en la citada provincia.

INTENSIDADES MÁXIMAS DE LLUVIAS REGISTRADAS EN CUBA

Intervalo de tiempo en minutos

Tabla 1

Nombre y fecha del ciclón	Características	5	10	20	40	60	90	150	300	720	1440	2800	4320
Habana 20/X/1926	mm	28	47	72	96	115	130	162	216	280	-	-	-
	mm/min	5.70	4.70	3.60	2.40	1.92	1.45	1.08	0.72	0.39	-	-	-
"Flora" 4-7/X/1963	mm	11	19	32	56	72	99	138	240	446	691	1176	1555
	mm/min	2.20	1.90	1.60	1.40	1.20	1.10	0.92	0.80	0.62	0.48	0.42	0.36
"Laura" 14-18/XI/1971	mm	22	36	65	110	150	200	240	321	396	-	644	-
	mm/min	4.40	3.60	3.25	2.75	2.50	2.22	1.60	1.07	0.55	-	0.23	-
"Frederick" 9-10/IX/1979	mm	8.00	14.4	24.8	46.0	64.2	90.0	132	222	418	490	532	-
	mm/min	1.67	1.44	1.24	1.15	1.07	1.00	0.88	0.74	0.58	0.34	0.19	-
"Alberto" 2-3/VI/1982	mm	14	25	49	90	127	172	255	400	620	740	-	-
	mm/min	2.80	2.50	2.45	2.25	2.12	1.91	1.70	1.33	0.86	0.52	-	-
"Onda del Este" 18-19/VI/192	mm	13	26	52	88	126	157	232	393	518	547	-	-
	mm/min	2.6	2.6	2.6	2.2	2.1	1.75	1.55	1.31	0.72	0.38	-	-
Cienfuegos 1-2/VI/1988	mm	-	-	64	125	180	235	3.40	515	717	867	-	-
	mm/min	-	-	3.21	3.12	3.00	2.61	2.27	1.72	1.00	0.60	-	-
Pinar del Río 24-25/VI/1992	mm	11.1	21.7	37.1	67.1	94.3	136	194	309	428	579	-	-
	mm/min	2.22	2.17	1.86	1.68	1.57	1.51	1.29	1.03	0.59	0.4	-	-

Dadas las características de país tropical, con el paso frecuente de tormentas o la generación de fuertes e intensos aguaceros durante el período lluvioso, es obvio que debemos preocuparnos por las inundaciones, por esta razón una de las primeras tareas a resolver es conocer y cuantificar todos los territorios inundables en Cuba. Para lograr el objetivo propuesto se ha tomado, además la característica físico-geográfica más importante que determina el estancamiento de las aguas durante cierto periodo de tiempo; el relieve. Por tanto, la topografía del terreno es un influyente elemento de formación de las inundaciones, por esta razón se ha considerado como primer indicador una cota por debajo de 100 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y una pendiente máxima de 3 grados (5.24%), elementos determinantes en la formación de territorios propensos a inundarse. Se consideran también como factores físico-geográficos los tipos de suelos y la litología.

Cuando tratamos el problema de la ocurrencia o riesgo por inundaciones es conveniente definir espacio, frecuencia, la magnitud del fenómeno y los sectores o esferas socio-económicas sujetas a afectaciones. Existen distintos procedimientos y metodologías para dar respuesta a estas interrogantes. Primeramente señalaremos que la distribución espacial de las inundaciones puede enfocarse indistintamente, de acuerdo a la presencia o no de información y, a los recursos humanos y materiales disponibles. La obtención de un mapa de riesgo por inundación es un proceso laborioso que incluye una recopilación o elaboración de una adecuada base cartográfica, la recopilación y/o generación de información hidrológica y un análisis exhaustivo que, generalmente consume mucho tiempo. Teniendo en cuenta que un mapa de riesgo por inundación puede tener varias facetas socio-económicas, es necesario disponer de una información razonablemente confiable, de manera que los resultados a obtener también

puedan ser considerados seguros. Las posibilidades actuales de levantamiento de información topográfica, geológica, uso del terreno, vegetación, etc., utilizando técnicas derivadas del extraordinario auge alcanzado por el hombre en las investigaciones espaciales (fundamentalmente imágenes cósmicas) ofrece resultados satisfactorios y rápidos. No obstante, las técnicas tradicionales y las fotos aéreas constituyen herramientas muy útiles y de fácil acceso, sobre todo para los países que no disponen de un alto desarrollo en las investigaciones espaciales. Dadas las condiciones particulares de Cuba, y más concretamente en nuestro Instituto de Geografía, del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, no existen posibilidades -por el momento- para realizar un levantamiento exhaustivo del terreno. No disponemos de los recursos humanos y materiales para esa costosa tarea. Por esas razones, hemos decidido utilizar la información recopilada en mapas temáticos, a escala 1:250 000 para todo el territorio nacional y apoyados en un Sistema de Información Geográfica tratar de forma automatizada la data existente. En esta etapa inicial del trabajo podremos ofrecer resultados que sirven de punto de partida para realizar investigaciones futuras utilizando otros medios técnicos más potentes y ampliar la escala de trabajo. El objetivo es la elaboración de un mapa de peligro por inundaciones, teniendo en cuenta criterios de influencia integrada y la correlación de los principales factores físico geográficos que provocan las inundaciones del terreno; esto se obtiene a partir de la superposición de mapas de lluvia máxima diaria, litología, tipos de suelos, pendiente y altura del terreno. La correlación y comparación de estos mapas con la vulnerabilidad definida en un territorio deviene en el mapa de riesgo por inundaciones.

El resultado, después de procesados los cinco mapas antes enumerados, es un mapa de peligro de inundaciones para el 1% de probabilidad. Con un sexto mapa - el uso de la tierra- se introduce el concepto de vulnerabilidad y finalmente al superponer éste con el de peligro resulta el mapa de riesgo por inundación de la misma probabilidad a escala 1:250 000 para toda Cuba. La tarea más laboriosa para lograr los objetivos propuestos es la introducción de la información en un soporte magnético para posteriormente utilizarla en el proceso de superposición automatizada de los mapas. Después de analizados y definidos todos los elementos físico geográficos que influyen en el peligro, y considerando además la vulnerabilidad de los cultivos agrícolas a las inundaciones, se han seleccionado los siguientes mapas:

1. Altura sobre el nivel del mar.
2. Tipos de suelos.
3. Litología.
4. Pendiente del terreno.
5. Precipitaciones máximas diarias del 1% de probabilidad.
6. Uso de la tierra.

Inicialmente es necesario proceder a la digitalización de todos los mapas básicos a una escala de 1:250 000, con una cuadrícula de 1 minuto (5 Km² aproximadamente); con esto se logra una representación aceptable en esta etapa de trabajo para los mapas resultantes. A continuación se presenta una breve descripción del tratamiento previo que se le dio a cada mapa para la posterior utilización del método de superposición y los correspondientes cruzamientos y

correlaciones. Como se ha expresado en el desarrollo del trabajo, diversos factores influyen en la formación de las inundaciones, sin embargo, la precipitación máxima y su intensidad es un factor clave. Precisamente en el mapa de riesgos (fig. 1 aparece el territorio de Guantánamo como intensamente inundable, lo cual comprueba la confiabilidad de la metodología aplicada. Los cultivos de baja vulnerabilidad agrícola pueden tener, de acuerdo a su distribución espacial, un riesgo bajo, medio o alto; lo mismo ocurre con los cultivos de mediana y alta vulnerabilidad que presentan iguales riesgos. Por tanto, se elaboraron 3 mapas de riesgos diferentes, es decir, uno para cada categoría de vulnerabilidad,(fig.1).

Vulnerab.de cultivos agrícolas.	Peligro de inundaciones para el 1% de probabilidad				
	<i>Muy Intenso</i>	<i>Intenso</i>	<i>Moderado</i>	<i>Poco Peligro</i>	<i>No Peligro</i>
<i>Baja</i>	Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Bajo Riesgo	Sin Riesgo
<i>Media</i>	Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Bajo Riesgo	Sin Riesgo
<i>Alta</i>	Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Bajo Riesgo	Sin Riesgo

Con este procedimiento se han logrado 3 mapas, uno para cada categoría de vulnerabilidad (Baja, Media y Alta). Ahora se agrupa cada mapa con las nuevas leyendas de riesgo -bajo, medio y alto- para cultivos de mediana y de alta vulnerabilidad quedando conformado el mapa final de riesgo por inundación pluvial para todo el territorio.

CONCLUSIONES

1. La obtención de mapas de riesgos por inundación en Cuba, tiene una aplicación práctica en los planes de prevención y mitigación de desastres que llevan a cabo los Estados Mayores Provinciales y Nacional de la Defensa Civil.
2. La aplicación de criterios de influencia integrada y de correlación de los principales factores físico geográficos que producen las inundaciones de origen pluvial es una metodología confiable para la elaboración de mapas de riesgos por inundación. Sólo se requiere una buena información de los mapas básicos iniciales y un Sistema de Información Geográfica (SIG) para obtener resultados satisfactorios.
3. El mapa de riesgo por inundación para una probabilidad de 1 vez en 100 años de ocurrencia, aplicado -en este caso- a los cultivos agrícolas y con categorías de bajo, medio y alto riesgo, constituye una valiosa información para determinar los territorios inundables.
4. La metodología aplicada y la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG) muestra las posibilidades de obtener innumerables variantes del

estado de territorios inundables, teniendo en cuenta varios indicadores e introduciendo conceptos probabilísticas y de vulnerabilidad.