

DETERMINACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES DE INUNDACIÓN. APLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN.

¹S. Martínez Aragonés; ²V. Moreno Burgos.

*Dpto. de Teledetección. INDRA ESPACIO. C/Mar Egeo, 4. Pol. Ind. n.º 1. San Fernando de Henares. 28850
Madrid. España.*

*¹Tf: +34 1 3963934. Fax: 3963912. e-mail: smar@mdr.indra-espacio.es
²Tf: +34 1 3963955. Fax: 3963912. e-mail: vmor@mdr.indra-espacio.es*

Introducción.

En el territorio español, como consecuencia de la irregularidad hidrológica, las inundaciones constituyen una de las mayores catástrofes naturales.

Son un fenómeno natural que depende de diversos factores; el principal es el climatológico, aunque también son de destacar las características físicas de las cuencas y el uso y estado de los terrenos susceptibles de inundación.

Debido a la frecuencia con que se producen estos episodios y la gravedad de los mismos, en 1982 la Dirección General de Obras Hidráulicas realizó diversos estudios al respecto y creó el "Informe General sobre Inundaciones en España". En él se incluye un análisis de todas las cuencas hidrográficas basándose en el inventario de lugares en los cauces por los que, como resultado de circunstancias climatológicas adversas, pueden discurrir caudales desproporcionados con su capacidad de evacuación, implicando un riesgo para la población y los bienes materiales. Tras este informe se creó el "Inventario de Puntos Negros de los Cauces". Del que ha sido extraída la información para situar nuestra área de estudio.

Se producen inundaciones o avenidas cuando el curso fluvial recibe una cantidad de aportes tal que se supera su capacidad de almacenamiento, desagüe o infiltración.

Las avenidas típicas de nuestra geografía son las denominadas

transitorias, momentáneas o discontinuas. Son controladas principalmente por factores climáticos, fuertes precipitaciones concentradas en cortos intervalos de tiempo.

Descripción del Área de Estudio.

La zona elegida se halla ubicada en la Comunidad Autónoma de Madrid y era una de las que mayor riesgo ofrecía dentro de la misma. El cauce es el Arroyo del Monte en el término municipal de Daganzo de Arriba.

El curso fluvial es de caudal intermitente. Debido a esta característica, cuando las condiciones climatológicas son adversas se pueden llegar a producir avenidas de carácter transitorio.

El Arroyo del Monte nace en el término municipal de Daganzo de Arriba, que atraviesa hasta llegar al de Torrejón de Ardoz donde desemboca en el Río Henares. Actualmente a su llegada a este último municipio está encauzado y derivado hacia el Río Torote.

Estudio de Avenidas.

Para la determinación de la zona a inundar, el primer paso es el cálculo del caudal de avenida (máximo) para el o los periodos de retorno deseados.

En la determinación de este caudal se ha usado un método hidrometeorológico que simula el proceso de precipitación-escorrentía.

Han sido necesarios datos como el área de la cuenca, longitud y pendiente del cauce.

Los modelos de simulación del suceso en los que solamente se considera la parte que provoca escorrentía superficial, están basados habitualmente en el método racional o en el hidrograma unitario. Normalmente estos modelos son determinísticos de mayor o menor complejidad y se alimentan con datos pluviométricos y foronómicos. En este caso particular no se ha podido disponer de estos últimos que hubiesen resultado de máximo interés para contrastar resultados finales.

La disponibilidad de los datos condiciona el método a desarrollar. Se ha aplicado el método racional ya que lo que se necesitó eran los caudales máximos con lo cual la estimación del hidrograma completo era innecesario. Uno de los parámetros fundamentales en la estimación de este método es el umbral de escorrentía.

$$Q_{\text{máx}} = C \cdot I \cdot A \cdot K / 0.36$$

Q: Caudal punta.

I: Máxima intensidad media en el intervalo T_c .

A: Área de la cuenca.

C: Coeficiente de escorrentía.

$K = K(T_c)$: Coeficiente de uniformidad.

Donde T_c es el tiempo de concentración, que es el que transcurre desde el inicio del aguacero hasta que comienza a dar inicio la escorrentía.

Coefficiente de Escorrentía.

Define la proporción de la intensidad de lluvia I que genera escorrentía superficial. Es función del umbral de escorrentía P_o , valor por debajo del cual las precipitaciones no provocan escorrentía.

El parámetro P_o es función de cinco variables:

- Uso del suelo.

- Tipo de práctica con la que se cultiva.
- Pendiente del terreno.
- Tipo de suelo, categorizado según su facilidad de drenaje.
- Condiciones de humedad del suelo.

La relación que se establece no es matemática sino tabular. Su cálculo se realiza normalmente mediante la superposición de los diferentes mapas correspondientes a cada una de las variables anteriores.

Mapa de usos del suelo.

En la determinación de este mapa temático se ha usado como herramienta fundamental la Teledetección. Se ha partido de dos imágenes tomadas por el sensor TM en las fechas: 16-7-95 y 17-7-84. Ambas fueron corregidas geoméricamente usando los mapas topográficos del Servicio Geográfico del Ejército a escala 1:50.000 en proyección UTM. Posteriormente fueron remuestreadas por el método del vecino más próximo que era el que ofrecía menor variación de los niveles digitales originales, valores que más tarde serían utilizados en la clasificación digital.

El mapa de usos del suelo ha sido creado mediante las técnicas de la fotointerpretación y la clasificación digital supervisada.

Clasificación digital.

Para constituir el mapa de usos del suelo en primer lugar se hizo una clasificación digital supervisada. Se partía de un conocimiento previo del terreno adquirido mediante el trabajo de campo realizado para inspeccionar la zona. Se generó una nueva imagen donde a cada pixel se le asignó un valor temático en función de la categoría donde había sido incluido. Cada una de estas clases definen los distintos tipos de cubierta.

Mediante la información recogida de diferentes fuentes (mapa de cultivos y aprovechamientos, programa CORINE de la UE y el trabajo de campo) se estableció la siguiente leyenda:

Secano - Regadío - Pastizal - Frondosas - Coníferas - Matorral - Vegetación de Ribera - Suelo desnudo - Tejido urbano.

Fotointerpretación.

Posteriormente se hizo la misma labor mediante el método clásico, la fotointerpretación.

Inicialmente se probaron distintas combinaciones de bandas, R:G:B:4,5,1; 4,3,2; 4,5,3. Pero finalmente se usó la R:G:B:4,5,3 por ser la que más cubiertas vegetales discriminaba.

El trabajo de fotointerpretación se apoyó en la escala topográfica 1:100.000, ya que es la más idónea para este tipo de imágenes.

Para el establecimiento de la leyenda se recurrió a la información que se poseía del apartado anterior y al conocimiento que ese proceso aportó de la zona.

Se estableció la siguiente leyenda para determinar esas categorías en la fotointerpretación:

Zonas urbanas - Vegetación de Ribera - Regadío - Suelo desnudo - Pastizal - Matorral - Coníferas y frondosas - Matorral y frondosas - Coníferas - Secano - Barbecho.

Esta leyenda es más amplia que la anterior, visualmente se pueden discriminar más tipos de cubiertas de lo que se puede hacer automáticamente.

Cálculo del Umbral de Escorrentía.

Los mapas temáticos generados se superpusieron a los que ya se poseían de pendientes y tipos de suelo. El resultado final de esta intersección fue una nueva capa que recoge la información que aportan cada uno de ellos. Esta viene expresada en forma del umbral de escorrentía. Generándose un nuevo

mapa en el que se muestra la distribución de este parámetro en función de cada una de las variables.

Los resultados obtenidos aplicando cada uno de los métodos son:

	Fotointerp.	Clasific. digit.
1.984	31	32
1.995	29	30

Se observa que para los dos métodos empleados es distinto el resultado en cuanto a fechas y a método.

Para 1.995 es inferior, esto depende de la diferente ocupación del suelo en ambas fechas. En este último año se detecta un gran abandono de cultivos a la vez que aumentan los núcleos urbanos. Esto dificulta la infiltración del agua de lluvia en el terreno dando lugar a una mayor escorrentía que se traduce en un aumento de los caudales.

La clasificación digital sobreestima los resultados de Po con respecto a la fotointerpretación. Esto se debe a que con esta última el número de clases discriminadas es inferior, ignorando algunas que pueden ser determinantes. El mapa temático obtenido por este método es mucho más general.

Cálculo de caudales.

Como se indicó al inicio los caudales máximos se obtienen de la aplicación del método racional. Son función de las características físicas de la cuenca y de Po. Se usaron los valores de Po obtenidos de la fotointerpretación por considerarse más cercanos a la realidad y facilitar datos más del lado de la seguridad.

Como era de esperar, se obtuvieron valores distintos y superiores para la fecha de 1.995. El caudal máximo va íntimamente ligado al umbral de escorrentía. Éste es superior en 1.984 lo que dio lugar a un valor menor de caudal puesto que en el suelo se infiltraba más agua de la aportada por la lluvia dando

comienzo más tarde a la escorrentía y generando así un menor caudal que en 1.995.

A medida que se iba realizando el estudio se iba observando la importancia clave de la evaluación del umbral de escorrentía en el diseño de las planicies de inundación. De los parámetros manejados ofrecía mayor variación y por tanto más determinaba los resultados finales.

Delimitación de la llanura de inundación.

Se hizo aplicando el modelo hidráulico HEC-2, partiendo de las secciones transversales del río, caudales punta y el coeficiente de rugosidad de Manning en el cauce y las zonas colindantes.

Se calcularon los perfiles de la lámina de agua para periodos de retorno altos (100, 200 y 500 años), puesto que para los más bajos se necesitaba un mayor detalle en las secciones transversales del cauce.

La anchura de la lámina de agua obtenida era mayor para la fecha de 1.995. Los resultados para cada fecha en puntos diferentes del cauce aparecen en las tablas adjuntas, para periodos de retorno de 100 años, observándose el mismo fenómeno para superiores:

	Anchura lámina (m)	
Sec	1984-Q=21m ³ /s	1995-Q=24m ³ /s
1	141.82	149.04
2	62.40	66.17
3	64.71	68.80
4	76.92	81.37
5	40.80	44.37

Se observa que para cada fecha, a igual periodo de retorno, los resultados difieren, era de preveer puesto que se partía de diferente valor del umbral de escorrentía en ambas.

La llanura de inundación es más amplia para 1.995, esto llevaba a concluir el avance de esta con el abandono y desforestación de los suelos y aumento de zonas impermeables.

Conclusiones.

A lo largo del estudio realizado se partió de información de muy diversa índole. La herramienta que mayor actualización de la misma aportó fue la Teledetección. Además de facilitar la evolución en el tiempo de uno de los parámetros más determinantes, el umbral de escorrentía.

La teledetección, aporta, con respecto a las técnicas más clásicas una visión global y continua del área de estudio y una actualización casi inmediata de la información más variable. Esto origina una salida de resultados también en corto intervalo de tiempo, lo que ofrece una gran capacidad para hacer previsiones de futuro a la vez que puede ayudar en la confección y modificación de planes de emergencia.

A parte de las ventajas técnicas, la Teledetección ofrece una reducción notable de los costes, puesto que disminuye al mínimo el trabajo de campo.

En todo el estudio se vio que el sistema más idóneo para gestionar la información eran los Sistemas de Información Geográfica, ya que ofrecen la posibilidad de visualizar, explorar, consultar, analizar y manipular los datos directamente en la computadora.

Bibliografía.

- Bosque Sendra, J. 1.992. "Sistemas de Información Geográfica". Rialp.
- Chuvieco, E. 1.995. "Fundamentos de Teledetección". Rialp.
- Ferrer, M., Rodriguez, J., Estrela, T.. Revista de Ingeniería del Agua. Vol. 2, nº4. Diciembre 1.995. "Generación automática del Número de Curva con

Sistemas de Información Geográfica”.

- Martínez, J., Garzón G., Arche, A. 1.997. “Avenidas e inundaciones”. MOPU.
- MOPU. Monografías de la Secretaría General de Medio Ambiente. 1.990. “El programa CORINE de la CEE”.