

Simulación hidrológica del huracán Georges en la cuenca del río Yaque del Sur, República Dominicana

Esneira Quiñónez, Hervé Jégat

Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. Teléfono: 058-274-2449511 / 2442224 FAX:2441461

gesneira@cidiat.ing.ula.ve, hjegat@cidiat.ing.ula.ve

RESUMEN

Utilizando el programa *Hydrological Simulation Program in Fortran versión 9.0 (HSPF9)* se realiza la simulación de caudales máximos considerando los datos del Huracán Georges ocurrido en Septiembre 1998 sobre la cuenca del río Yaque del Sur, República Dominicana.

La conceptualización del sistema hidrológico de la cuenca del río Yaque del Sur se basa en cuatro subsistemas hidrológicos o subcuencas: Sabaneta, Sabana Yegua, Villarpando y Neiba. La información climatológica se analiza y procesa a través de un análisis geoestadístico de los datos, generando información horaria para los 4 días de duración del evento. Este procesamiento hace énfasis en la representatividad de las estaciones de precipitación en cada subsistema, buscando siempre usar las que mejor reproduzcan los caudales observados o estimados durante el huracán Georges.

Los resultados indican que la variación entre los caudales pico simulados y las estimaciones presentadas por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) se encuentran dentro de los valores esperados. En el caso del caudal de entrada al Embalse Sabaneta la variación estimada es de 11%, valor bastante aceptable ya que existe poca disponibilidad de información básica. En el caso del Embalse Sabana Yegua esta variación aumenta a 30%. Mención especial merece el segmento Mijo del subsistema Villarpando, el cual presenta la mayor variación, cercana al 50%.

INTRODUCCION

La temporada de huracanes en el Mar Caribe (Septiembre y Octubre) suele causar anualmente grandes daños en las islas. Daños, que se traducen en inmensas pérdidas económicas y sociales para el territorio afectado por el paso del huracán. Las pérdidas económicas suelen estar relacionadas con inundaciones que afectan considerablemente la agricultura, la vialidad entre centros de consumo y de producción agrícola o industrial, la navegación, los servicios, entre otros. Pero la parte que se ve más afectada es la población, la cual queda diezmada, despojada de sus viviendas, bienes materiales y servicios públicos.

Ante la grave situación que se genera surge la necesidad de realizar estudios del fenómeno meteorológico tendientes a conocer su comportamiento, distribución en el espacio y frecuencia en el tiempo para dar respuestas satisfactorias con criterio científico

y proponer alternativas y soluciones que se adapten a la realidad económica y social del territorio inmerso en el problema.

En el año 1998 se sucedieron una serie de acontecimientos meteorológicos globales que acentuaron la ocurrencia de los diferentes eventos del ciclo meteorológico. En la cuenca del Río Yaque del Sur, República Dominicana, están ubicados los embalses: Sabaneta sobre el río San Juan y Sabana Yegua sobre el río Yaque del Sur. Las estructuras de descarga de agua de ambas presas han presentado problemas a nivel estructural, los cuales han sido resueltos recientemente para la presa de Sabaneta pero siguen condicionando la operación del Embalse de Sabana Yegua en la época de lluvias. Particularmente, durante la época de huracanes los riesgos de desborde aumentan considerablemente y es de carácter prioritario conocer las crecidas máximas que puede generar el paso de huracanes cerca de la isla y especialmente, dentro de la cuenca hidrográfica del Río Yaque del Sur. Este conocimiento permitiría, básicamente, prever la reducción de los niveles de los embalses para controlar o contrarrestar el enorme caudal generado por las precipitaciones excepcionales producidas por estos fenómenos meteorológicos de gran magnitud.

La información acerca del caudal generado sobre la superficie terrestre por un evento extremo, como en el caso de tormentas o huracanes, puede obtenerse a través de modelos hidrológicos que permiten su estimación indirecta.

En los modelos hidrológicos, el ciclo hidrológico no puede ser representado en toda su complejidad y se asume como un sistema más sencillo cuyos componentes principales son la precipitación, la evaporación y la escorrentía. Debido a esto, los resultados obtenidos por esta modalidad son aproximaciones de lo que ha ocurrido realmente y la calidad de esta aproximación depende de la conceptualización del sistema, de la calidad de los datos de entrada y del tipo de método empleado.

El uso de modelos para analizar el comportamiento de eventos extremos o fenómenos naturales excepcionales resulta ser de gran utilidad en la toma de decisiones para disminuir o controlar sus efectos sobre un territorio, particularmente, en la planificación y en actividades de ordenamiento del territorio.

El análisis de crecientes y específicamente la obtención de los caudales generados en un evento extremo, constituyen aspectos fundamentales para las personas y organismos involucrados en estudios hidrológicos. Estos análisis representan, en parte, la base en la toma de decisiones para las medidas de control y reducción de las posibles consecuencias en la ocurrencia de un evento extremo. Igualmente, contribuyen para adoptar criterios de diseño basados en fundamentos racionales y científicos que facilitan la consideración de diferentes aspectos o acciones relacionadas con lo económico, lo político y lo social o lo directamente asociado con los planes de desarrollo de un país.

Uno de los métodos utilizados para determinar los caudales generados dentro de un sistema hidrológico es la simulación paramétrica mediante modelos continuos, tal es el caso del HSPF9 (***Hydrological Simulation Program in Fortran Version 9***) el cual fue

diseñado en el laboratorio de Athens del Departamento de Estudios Ambientales de Georgia, Estados Unidos, por la EPA (*Environmental Protection Agency*).

OBJETIVO

Generar hidrogramas de crecida en cuatro subsistemas hidrológicos de la cuenca del Río Yaque del Sur, usando los registros pluviométricos de Septiembre de 1998 correspondientes al huracán Georges.

MATERIALES Y METODOS

Area de estudio

La cuenca hidrográfica del Río Yaque del Sur está ubicada en la vertiente Sur de la Cordillera Central de República Dominicana (Figura 1); ocupa una superficie de 5096.24 Km² aproximadamente. La altitud varía entre los 0 m.s.n.m. en su desembocadura hacia el Mar Caribe en la Bahía de Neiba y los 3087 m.s.n.m. del Pico Duarte, máxima altitud de la cuenca. El Río Yaque del Sur es uno de los más importantes de la República Dominicana, nace a una altitud de 2707 m.s.n.m. próximo a la cabecera del Río Yaque del Norte en la vertiente Sur de la Cordillera Central y desemboca en la Bahía de Neiba; tiene una longitud de 183 Km y un caudal promedio estimado, a la altura de Villarpando, de 40m³/seg. La Figura 1 muestra la ubicación del área de estudio.



Los principales afluentes que alimentan a la cuenca del Río Yaque del Sur son los ríos San Juan, Mijo, Grande del Medio y las Cuevas que nacen todos en la Cordillera Central y, el río Los Baos que nace en la Sierra de Neiba.

Figura 1. Ubicación relativa nacional del área de estudio.

El sistema hidrológico de la Cuenca del Río Yaque de Sur está regulado por dos embalses, el Embalse Sabana Yegua y el Embalse Sabaneta.

La presa de Sabana Yegua está localizada en los tramos medios del Río Yaque del Sur, en un punto a unos 3 Km arriba de la confluencia de éste con el río San Juan, en el punto donde se juntan los tres ríos: Yaque del Sur, Río Grande y Las Cuevas.

El área de drenaje es de 1676 Km², lo cual representa el 30% de la cuenca entera del Río Yaque del Sur. La capacidad real de almacenaje se estima en 386 Mm³. (Rassam, 1990).

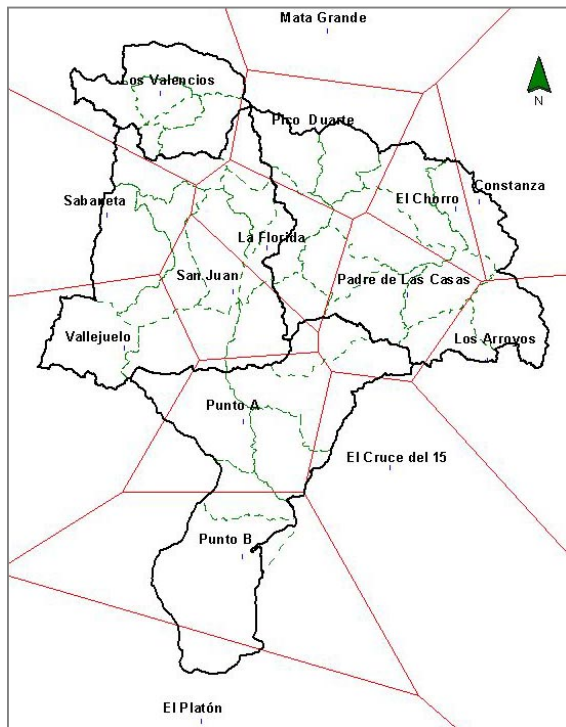
La Presa de Sabaneta está localizada en la cuenca aguas arriba del Río San Juan, alrededor de 16 Km al norte de la ciudad de San Juan. Recientemente, el vertedor aguas arriba de la presa, fue reforzado con piedras y en el estribo izquierdo, se construyó un vertedero de emergencia.

Métodos

Información climatológica

Se realizó un análisis de más de 100 estaciones con información climatológica de la Oficina de Meteorología y a la Oficina de Hidrología para la selección de las estaciones a incorporar en el modelo. En este análisis se consideraron criterios de precisión de la información, proximidad al área de estudio, distribución de los datos en el tiempo y total de precipitación registrada durante el evento. En este proceso se seleccionaron un total de 14 estaciones climatológicas.

El análisis geoestadístico de la información horaria se realizó con el programa SURFER



7.0 esto permitió determinar la estructura espacial de la precipitación sobre la cuenca, se realizó el semivariograma experimental obtenido con el total de precipitación registrado en las 14 estaciones consideradas, y se ajustó un semivariograma teórico sobre los puntos experimentales.

La interpolación se realizó por krigeado ordinario de los valores observados usando el variograma teórico ajustado en el paso anterior, sobre una malla de 250 * 250 m.

A partir del análisis anterior y utilizando el mismo variograma ajustado, se realizaron interpolaciones a nivel horario. Así se obtienen datos horarios en las estaciones pertenecientes o cercanas a la cuenca del río Yaque del Sur. Este procedimiento permitió obtener valores de precipitación horaria en particular en las estaciones Los Valencios y

Pico Duarte que no registraron datos durante el Huracán Georges, y en otros dos puntos (A y B) creados para mejorar la cobertura espacial de la red pluviográfica en la parte baja de la cuenca. La generación de información climatológica permitió finalmente la creación de una base de datos con 14 estaciones climatológicas incluyendo las dos ficticias mencionadas anteriormente. La Figura 2 presenta la distribución de las estaciones y los polígonos de Thiessen correspondientes.

Figura 2. Estaciones seleccionadas y polígonos de Thiessen.

Simulación hidrológica

El HSPF9 consta de tres módulos de aplicación y cinco módulos utilitarios. Los tres módulos de aplicación simulan los componentes hidrológicos e hidráulicos y la calidad del agua de la cuenca. Los módulos utilitarios, se usan para manipular y analizar datos de series de tiempo. Los módulos de aplicación incluidos dentro del HSPF9 y sus funciones primarias son las siguientes:

PERLND. Simula el escurrimiento y los componentes de calidad de agua en unidades de terreno permeable.

IMPLND. Simula el escurrimiento y la calidad del agua en unidades de terreno impermeables.

RCHRES. Simula el movimiento de la escorrentía y la calidad del agua en cauces y embalses.

De acuerdo con la localización y características hidrogeológicas del área de estudio y en función de los requerimientos del trabajo a realizar se seleccionaron los módulos PERLND y RCHRES para las aplicaciones.

Módulo PERLND

La unidad espacial en la que se basan los cálculos del programa es definida como la unidad de terreno permeable (PERLND). El manual *User's Manual for Hydrological Simulation Program in Fortran*, version 9 define la unidad de terreno permeable (PERLND) como una subdivisión de una cuenca simulada y representa la unidad mínima con la cual se puede trabajar.

Los límites son establecidos de acuerdo a la necesidad de los usuarios, pero generalmente, una unidad de terreno se define como un área con características hidrológicas similares, homogéneas y continuas.

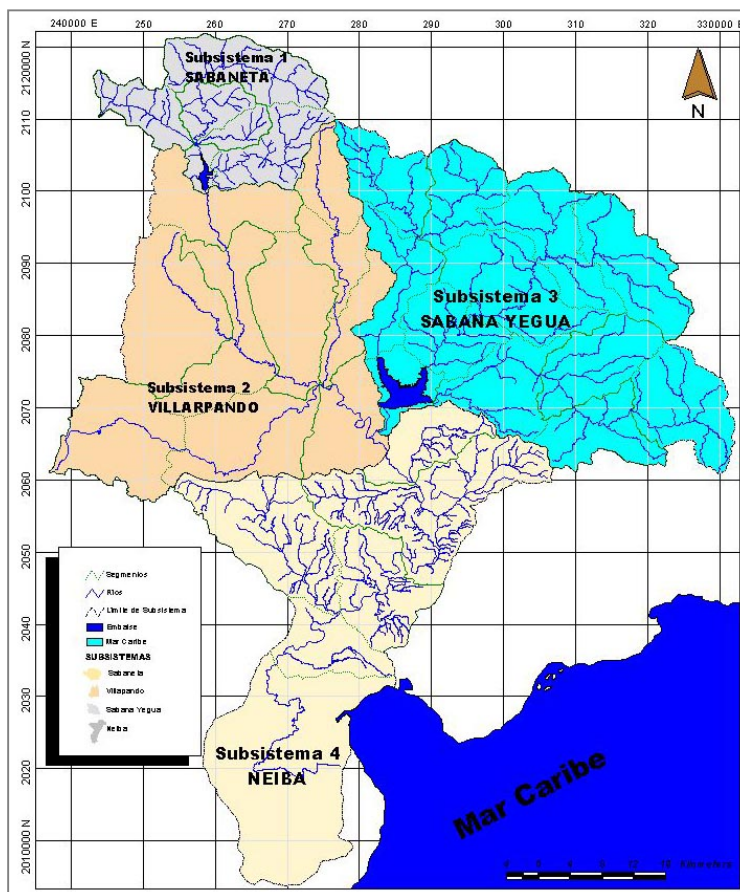
Para efectos de la simulación de agua, sedimentos y elementos constituyentes de la calidad del agua, el modelo asume que, el agua se mueve lateralmente por la pendiente a una unidad más baja (motivada por la gravedad lógicamente), llegando a un tramo del río o a un embalse.

Dentro del módulo PERLND la sección PWATER calcula la producción de agua como resultado de la precipitación en las unidades de terreno permeable, puede decirse que esta sección es el componente clave del módulo PERLND. Las bases de cálculo de la producción de agua contenidas en el HSPF9 provienen del Stanford Watershed Model (Crawford y Linsley, 1966 citado por Singh, 1995). PWATER también usa formulaciones físicas y empíricas para simular el movimiento del agua a través del ciclo hidrológico. Además considera procesos tales como: evapotranspiración, retención superficial, escurrimiento superficial, infiltración, flujo subsuperficial (interflujo), flujo base y percolación hacia el almacenamiento de aguas subterráneas. Igualmente puede simular el interflujo y los almacenamientos subsuperficiales laterales.

Módulo RCHRES

El módulo RCHRES simula el tránsito del escurrimiento y la calidad del agua simulados en el módulo PERLND por medio de redes de cauce y embalses. El flujo es simulado unidireccionalmente.

Dentro del módulo RCHRES la sección HYDR simula los procesos que ocurren en el tramo de un canal abierto o en un embalse. El comportamiento hidráulico es simulado utilizando el método cinemático de tránsito hidráulico. Todas las entradas de flujo en el canal se asumen como una sola en un punto aguas arriba del cauce. El flujo de salida puede ser distribuido en varios flujos, recreación y compuertas múltiples de un embalse.



Para efectos de la aplicación del modelo, la cuenca del río Yaque del Sur se conceptualiza como un sistema compuesto por 4 subsistemas hidrológicos. La Figura 3 muestra cada subsistema, estos subsistemas se subdividen en segmentos o subáreas hidrológicas para su representación en el modelo de simulación. El modelo contempla dos tipos de segmentos, el primero permeable en cuencas rurales y el otro impermeable en cuencas urbanas. En el presente caso se considera solo el primer tipo de segmento, el permeable, es decir las vertientes y los ríos y/o embalses. A cada uno de los segmentos, se atribuyen parámetros propios en función de sus características: área, pendiente, tipo de suelo,

Figura 3. Conceptualización hidrológica del área de estudio.

cobertura vegetal, capacidad de descarga, etc.

Subsistema Sabaneta: conformado por 6 segmentos de flujo ocupa una superficie aproximada de 419 Km² y comprende la parte alta de la subcuenca del río San Juan hasta la descarga del Embalse Sabaneta.

Subsistema Sabana Yegua: Conformado por 12 segmentos de flujo ocupa una superficie aproximada de 1630 Km² y comprende la parte alta de la cuenca del Río Yaque del Sur hasta la descarga del Embalse Sabana Yegua.

Subsistema Villarpando: Conformado por 10 segmentos de flujo ocupa una superficie aproximada de 1420 Km² y comprende la subcuenca del río San Juan desde la salida del Embalse Sabaneta hasta la confluencia con el río Sabana Yegua.

Subsistema Neiba: Conformado por 6 segmentos de flujo ocupa una superficie aproximada de 1443 Km² y comprende la subcuenca del Río Yaque del Sur desde la confluencia con el río San Juan hasta su desembocadura en la Bahía de Neiba.

Calibración del modelo de simulación hidrológica

Para la calibración del modelo, se usaron inicialmente los valores de los parámetros utilizados por CIDIAT (1992), este estudio utilizó la información climatológica del Huracán David. En el estudio actual, se insistió en la representatividad de las estaciones de precipitación en cada segmento, buscando siempre usar las que mejor reproduzcan los caudales observados o estimados durante el huracán Georges. Para la evaporación, se utilizó la estación de San Juan para toda la cuenca ya que no se consiguieron datos de otras estaciones. Sin embargo, ese hecho no reviste gran importancia ya que durante las lluvias intensas del huracán, la evaporación fue mínima y no influyó significativamente sobre la escorrentía producida.

RESULTADOS

Para la simulación del evento se usaron los datos de lluvia observada, desagregada y generada, según el caso, en las 16 estaciones seleccionadas durante los días 21 al 24 de Septiembre de 1998.

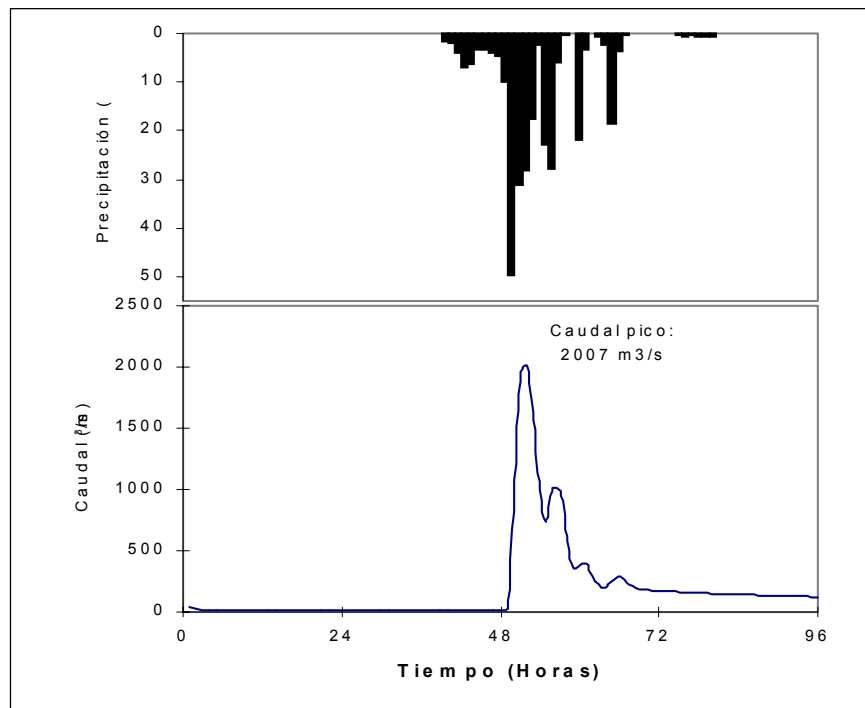
Los resultados indican que la variación porcentual entre los caudales pico simulados por el modelo y los presentados por el INDRHI oscilan entre aproximadamente entre un 10 y un 50%. En el caso del caudal de entrada al Embalse Sabaneta la variación estimada es de 11%, valor bastante aceptable dada la poca disponibilidad de información básica. En el caso del Embalse Sabana Yegua esta variación aumenta a 30%. Mención especial merece el segmento Mijo, el cual presenta la mayor variación porcentual, cercana al 50%. Aún cuando se hace imposible una mejor calibración del modelo pues no se dispone de registros sobre los caudales producidos por el huracán Georges, todos los resultados se encuentran dentro de las magnitudes esperadas.

Subsistema Sabaneta

En la Figura 4, se observa el hietograma de precipitación representativo para el subsistema Sabaneta con un total de precipitación de 285.5 mm durante los días 21, 22, 23, 24 y una máxima de 49.7 mm ocurrida a las 2:00 a.m. del día 23. De igual manera, la Figura 1 presenta el hidrograma de entrada al embalse. El caudal pico está en el orden de los 2000 m³/s y ocurrió según el modelo, a las 4:00 a.m. del día 23 de Septiembre de 1998. El reporte del INDRHI indica que éste máximo ocurrió a las 5:00 a.m. del mismo día. Existe por lo tanto, un desfase de una hora en la simulación del evento.

De acuerdo a estos resultados, el retardo de la cuenca fue sólo de dos horas entre la máxima de precipitación ocurrida y el máximo pico generado.

Hidrogramas de entrada al Embalse Sabaneta



El análisis de los distintos caudales que conformaron el hidrograma presentado en la Figura 4, indica que los aportes de caudal en orden de magnitud son los siguientes: Río San Juan 919 m³/s (46%), Arroyo Limón 523 m³/s (26%), Los Guajitos 376 m³/s (19%) y Arroyo San Pedro 189 m³/s (9%). La Figura 5 presenta los hidrogramas parciales de entrada al Embalse Sabaneta.

Figura 4. Hietograma vs. hidrograma de entrada al embalse Sabaneta

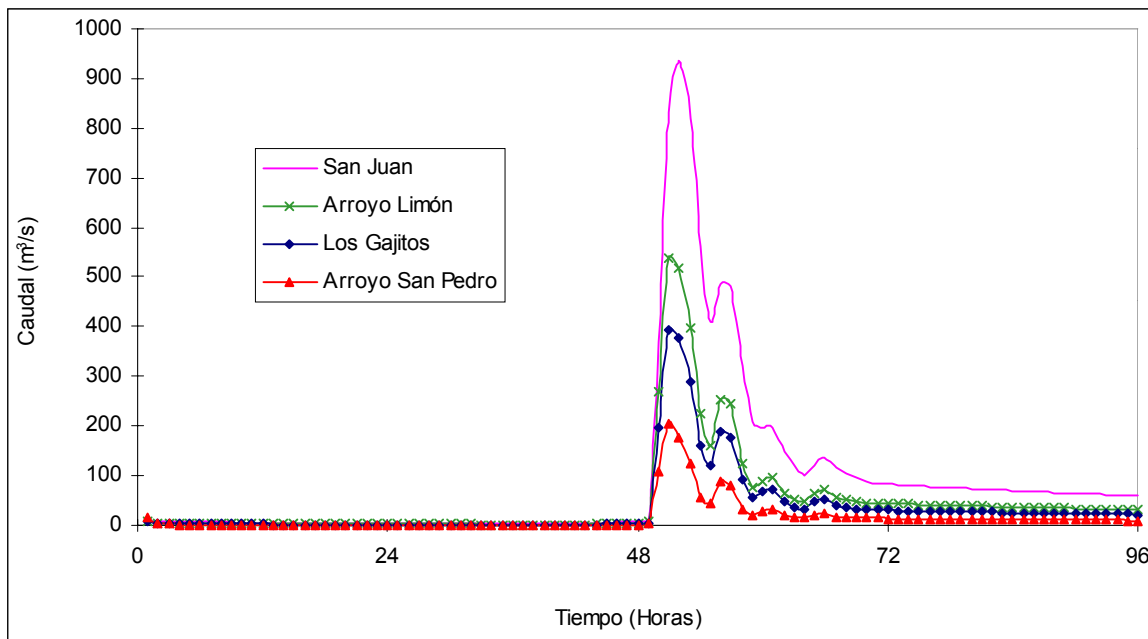


Figura 5. Caudales de entrada al embalse Sabaneta

Hidrogramas de salida del Embalse Sabaneta

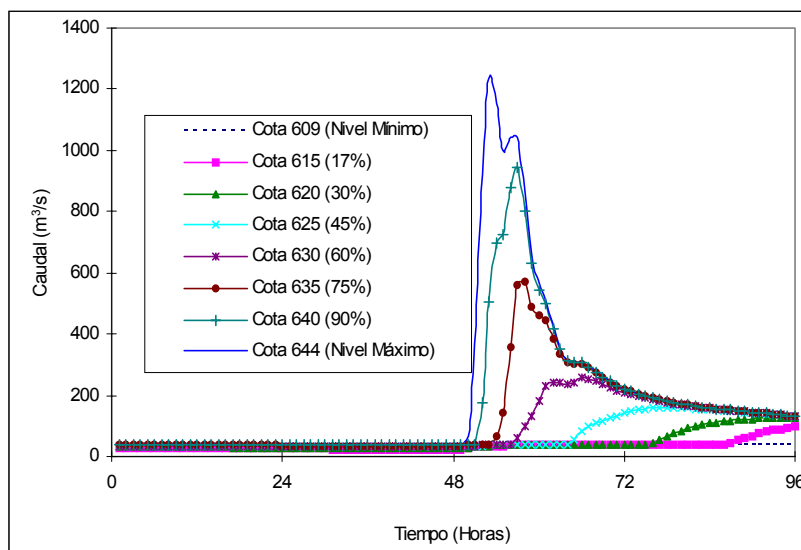


Figura 6. Caudales de salida del embalse de Sabaneta para diferentes niveles de operación.

En la Figura 6, se puede apreciar el comportamiento de los distintos hidrogramas de salida para diferentes niveles iniciales del embalse.

Subsistema Sabana Yegua

En la Figura 7 puede observarse el hietograma de precipitación representativo para el subsistema Sabana Yegua con un total de precipitación de 288.4 mm durante los días 21, 22, 23 y 24 y una máxima de 40.7 mm ocurrida a las 00:00 del día 23 y el hidrograma de

entrada al embalse. El caudal pico está en el orden de los 5620 m³/s y ocurrió, según el modelo, a la 1:00 del día 23 de Septiembre de 1998. El reporte del INDRHI indica que éste máximo ocurrió a las 0:00 del mismo día.

Al igual que, la simulación en Sabaneta, existe un desfase de una hora en la simulación del evento. De acuerdo a estos resultados, el retardo de la cuenca fue de una hora entre la máxima precipitación ocurrida y el máximo pico generado.

Hidrogramas de entrada al Embalse Sabana Yegua

El análisis de los distintos caudales que conformaron el hidrograma presentado en la Figura 7, indica que los aportes de caudal en orden de magnitud son los siguientes: río Las Cuevas 2643 m³/s (47%), Yaque del Sur 1715 m³/s (31%), río Grande o del Medio 1263 m³/s (22%). La Figura 8 presenta los hidrogramas parciales de entrada al Embalse Sabana Yegua.

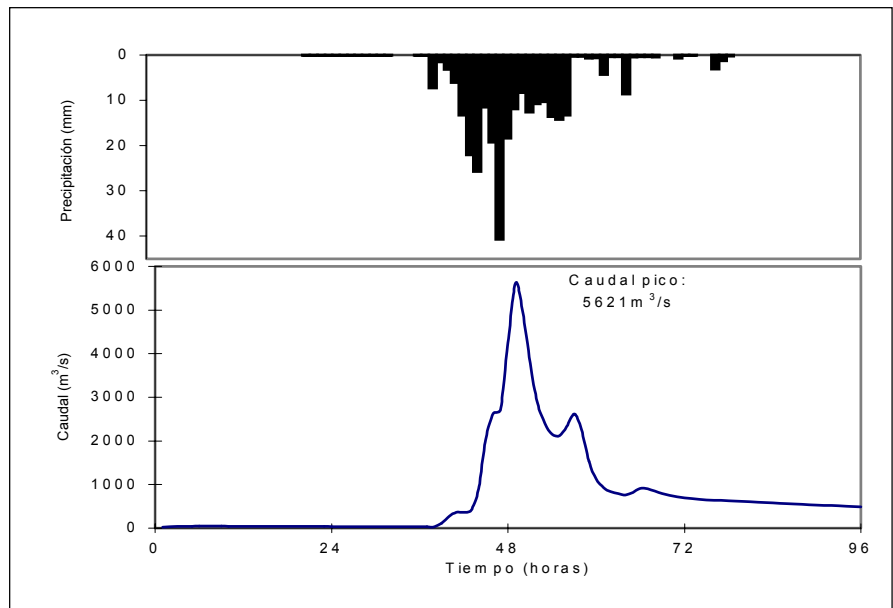


Figura 7. Hietograma vs. Hidrograma de entrada al embalse Sabana Yegua.

Hidrogramas de salida del Embalse Sabana Yegua

En la Figura 9 se muestra el comportamiento de los distintos hidrogramas de salida para diferentes niveles iniciales del embalse.

Según el nivel inicial del embalse, antes del evento, el caudal de salida varía entre 623.6 m³/s con el embalse vacío y 1071.8 m³/s con el embalse lleno. El nivel

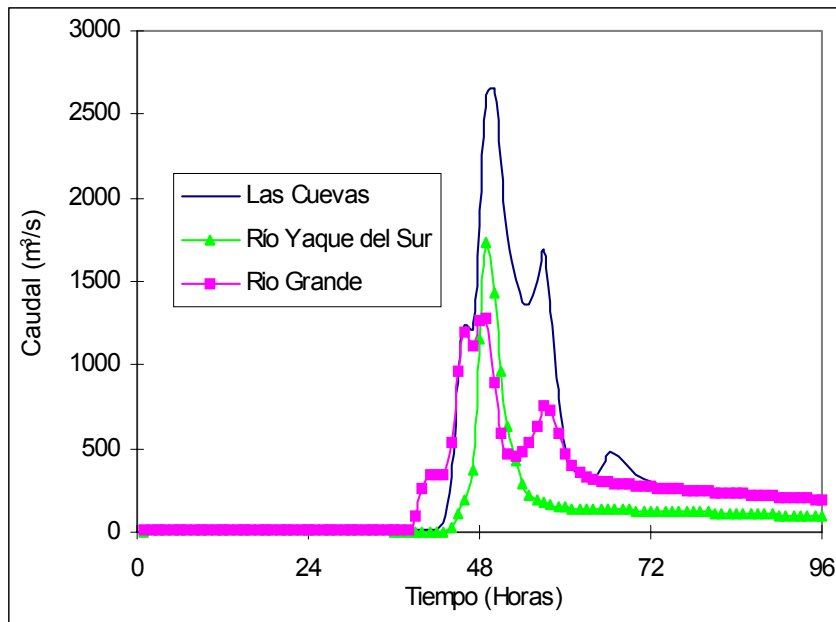


Figura 8. Caudales de entrada al embalse Sabana Yegua

de operación del

embalse durante el paso del huracán Georges era de 384.5 m.s.n.m., dos metros por debajo del nivel establecido durante la temporada ciclónica (386 m.s.n.m.). Por otra parte, la descarga del vertedor de servicio durante este periodo fue de 630 m³/s, igual que su máxima capacidad. Por esta razón el embalse no llegó a aliviar y se considera que la operación fue adecuada.

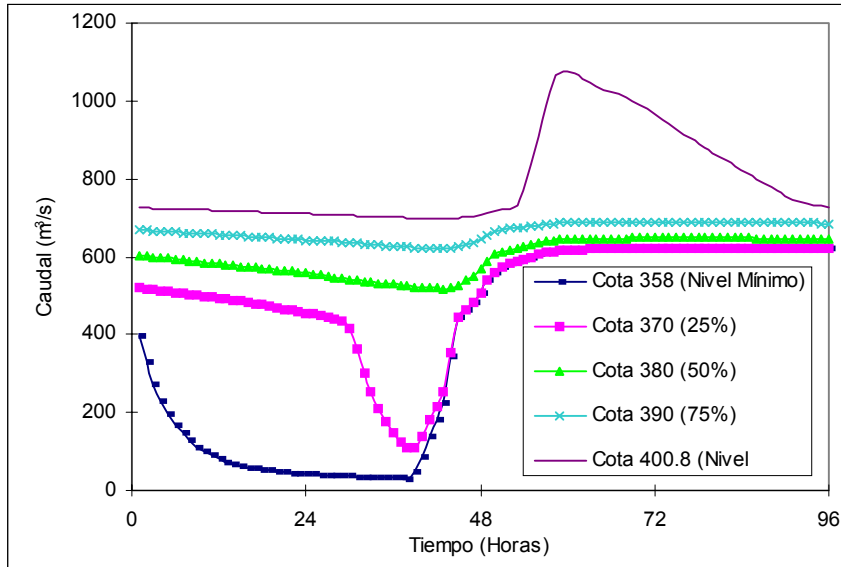


Figura 9. Caudales de salida del embalse Sabana Yegua para diferentes niveles de operación.

Guazumal con 1390 m³/s y el Arroyo Loro con 888 m³/s. Entre ellos suman más de 4000 m³/s, es decir, la mitad del caudal a la altura de Villarpando. A eso se debe sumar el efecto del río San Juan por los alivios antes mencionados, que aporta también buena parte del caudal total. La Figura 10 representa los hidrogramas de los principales afluentes en dicho subsistema.

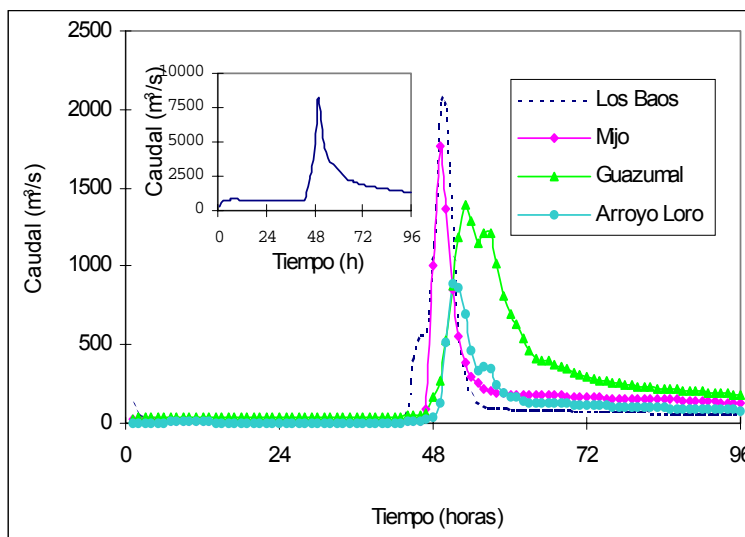


Figura 10. Caudales simulados en el subsistema

Subsistema Villarpando

A la salida de este subsistema, el caudal alcanza los 8273 m³/s quedando grandemente influenciado por los aportes de los ríos no controlados como el río Los Baos con más de 2000 m³/s, el río Mijo con 1770 m³/s, el

Las variaciones de estimación para algunos segmentos pertenecientes al Subsistema Villarpando son: 10% para Guazumal, 17% para Arroyo Loro y 58% en el segmento Mijo. No se realizaron comparaciones a la salida del subsistema Villarpando debido a la ausencia de información referencial.

Por esto se acepta que el hidrograma de salida para este punto se encuentra en el orden de magnitud de lo que puede esperarse para un evento extremo ya que depende de los subsistemas Sabaneta y Sabana Yegua y, en ambos, se han conseguido resultados bastante aceptables.

Subsistema Neiba

Los caudales pico simulados a la salida de cada segmento hidrológico en el subsistema Neiba se presentan en la Figura 11. Un caudal pico de 10134 m³/s en el segmento 6, constituye el aporte máximo de la cuenca en su desembocadura con el Mar Caribe.

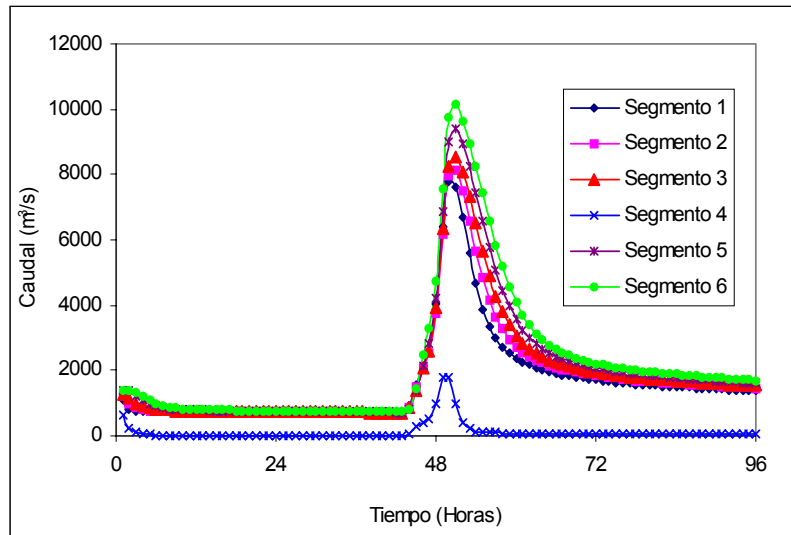


Figura 11. Caudales máximos simulados en el subsistema Neiba.

CONCLUSIONES

En estudios hidrológicos de eventos extremos, la simulación hidrológica representa generalmente, la herramienta más confiable y versátil en cuanto a la conceptualización y representación de un sistema hidrológico y el efecto que tendría sobre él la ocurrencia de un evento determinado. En este estudio se evaluó el efecto del huracán Georges sobre los caudales picos del sistema hidrológico de la cuenca del río Yaque del Sur.

Los resultados de la simulación son satisfactorios al comparar los caudales simulados con los estimados por el Departamento de Hidrología del INDRHI durante el huracán Georges. Se debe recordar que, al no disponer de datos medidos los resultados que se obtienen son aceptables siempre que estén dentro las magnitudes esperadas.

Es evidente que la mayor dificultad en un estudio de esta naturaleza consiste en la manipulación y análisis de información básica, en especial, el análisis y selección de la información climatológica, pues de esto dependerá la simulación acertada del evento.

El análisis de la información climatológica permitió la identificación de las estaciones pluviométricas más estratégicas para la simulación, incorporando inclusive, estaciones ficticias que mejoraron la distribución espacial de la red. Debido a las características de la información disponible fue necesario el desenglobamiento de información de precipitación, esto pudo haber alterado la distribución horaria del evento, sin embargo, los caudales picos simulados presentan desfases de sólo una hora que puede deberse a la manipulación de los datos o a la respuesta de la cuenca.

En el embalse Sabaneta se obtuvo un caudal pico de $2007 \text{ m}^3/\text{s}$ que representa 11% de variación en comparación con el caudal estimado por el INDRHI. La mayor influencia climatológica (95%) sobre el subsistema Sabaneta está representada por la estación Los Valencios cuyos datos fueron estimados a través de un método geoestadístico. Estos resultados indican que aún cuando no se dispone de información de precipitación para un sitio en particular, al análisis de la información disponible y la utilización de herramientas geoestadísticas puede satisfacer un vacío de información.

Los reportes sobre lo ocurrido en el embalse Sabaneta durante la ocurrencia del huracán Georges indican una inadecuada operación del mismo. El nivel para la temporada ciclónica debe mantenerse cerca o por debajo de 636 m.s.n.m. De esta manera se está garantizando la capacidad amortiguadora del embalse en la ocurrencia de eventos.

En el embalse Sabana Yegua se obtuvo un caudal pico de $5621 \text{ m}^3/\text{s}$ que representa 30% de variación en comparación con el caudal estimado por el INDRHI. El subsistema está influenciado por seis estaciones climatológicas; 5 de las cuales fueron desenglobadas y una generada (Pico Duarte).

Los reportes sobre lo ocurrido en el embalse Sabana Yegua durante la ocurrencia del huracán Georges indican la adecuada operación del mismo. Debido a que el nivel se encontraba en 384.5 m.s.n.m ligeramente inferior al establecido para la temporada

ciclónica. Sin embargo, los reportes indican que el nivel del agua llegó a alcanzar los 398.28 m.s.n.m sólo 2 m por debajo del aliviadero.

Mención especial merece el subsistema Villarpando, donde los ríos Los Baos, Mijo y Arroyo Loro han tenido aportes muy significativos en la producción de agua durante el huracán. La mitad del caudal que pasa por Villarpando proviene de esos cursos de agua. El caudal pico simulado a la salida del subsistema Neiba es de 10134 m³/s y constituye el aporte máximo de la cuenca en su desembocadura con el Mar Caribe.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CIDIAT, 1992. Control de Inundaciones en la cuenca del Río Yaque del Sur, República Dominicana. Mérida, Venezuela.

EPA. 1980. *User's Manual for Hydrological Simulation Program in Fortran, version 9.0* Washington, Estados Unidos

INDRHI, 1998. *Boletín Hidrológico mes Octubre. Santo Domingo, República Dominicana.*

Rassam, J. 1990. *Optimization of the Water Resources of Yaque del Sur River System and Improvement of the National Hydrometric Network. Project. DOM/87/004.* UNITED NATIONS DEVELOPEMENT PROGRAMME WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Montreal, Canadá.

Singh, Vijay P. 1995. *Computer Models Of Watershed Hydrology. Water Resources Publications.* Colorado, USA.