

XI COREHISA

CONGRESO RECURSOS HÍDRICOS Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL



XI COREHISA

CONGRESO RECURSOS HÍDRICOS Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS METODOLOGÍAS DE
ESTIMACIÓN DE CAUDALES EXTREMOS EN ÁREAS URBANAS

Ing. Rafael Oreamuno

Ing. Roberto Villalobos

XI COREHISA

CONGRESO RECURSOS HÍDRICOS Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL

Ing. Rafael Oreamuno

- **Presentación del expositor**

FOTO

XI COREHISA

CONGRESO RECURSOS HÍDRICOS Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL

Ing. Roberto Villalobos

- **Presentación del expositor**

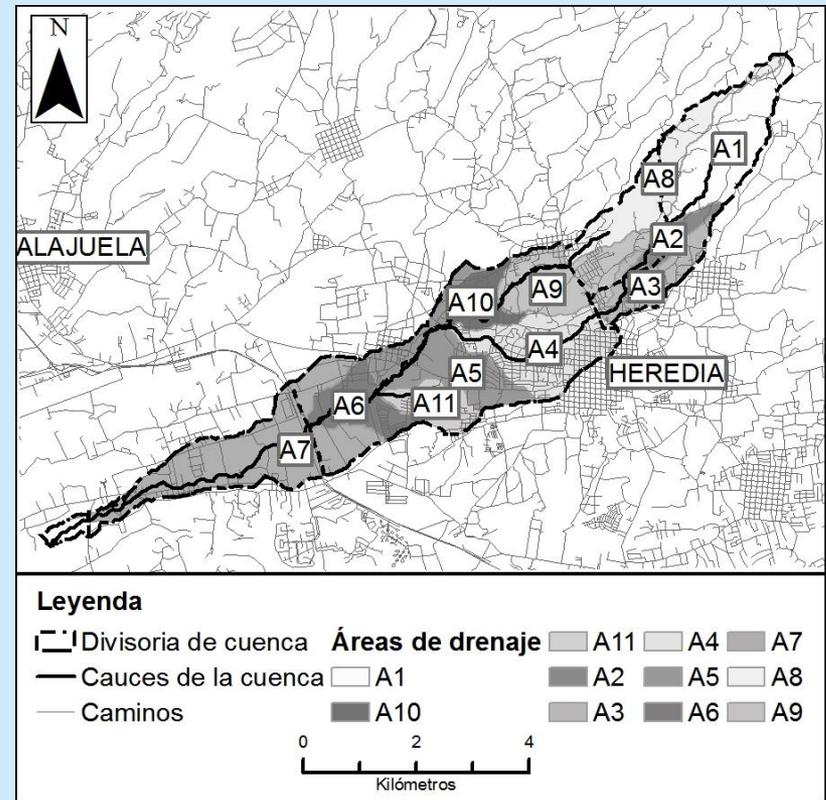
FOTO

Introducción

- Ubicación del estudio:
 - Cuenca de la Quebrada Seca, Heredia.
- Problema:
 - Inundaciones urbanas recurrentes en su parte media y baja.
 - La ausencia de datos de caudal obligó a utilizar métodos sintéticos para analizar las inundaciones de la cuenca.
- La Municipalidad de Heredia contrató un estudio de la cuenca para responder a un mandato de la Sala IV.

Introducción

- La cuenca se dividió en once áreas de drenaje de acuerdo con las divisiones cantonales del área de drenaje, para estimar el aporte de cada cantón a la escorrentía de la cuenca.



Objetivos

- Objetivo general:
 - Identificar y cuantificar la problemática de la escorrentía urbana y la calidad del agua en la cuenca Quebrada Seca.
- Objetivos específicos:
 - Identificar las características de la precipitación en la cuenca.
 - Estimar los volúmenes de precipitación esperados para distintos periodos de retorno en la cuenca, por medio de la serie de máximas precipitaciones diarias y por medio de eventos de tormenta.
 - Calcular los hidrogramas de creciente en la cuenca para los volúmenes de precipitación estimados por cada uno de los métodos propuestos.
 - Estimar las zonas propensas a inundación en la cuenca de la Quebrada Seca, para los hidrogramas de creciente generados por los volúmenes de tormenta obtenidos por cada uno de los métodos propuestos.

Objetivos (continuación)

- Objetivos específicos:
 - Calcular los hidrogramas de creciente en la cuenca para los volúmenes de precipitación estimados por cada uno de los métodos propuestos.
 - Estimar las zonas propensas a inundación en la cuenca de la Quebrada Seca, para los hidrogramas de creciente generados por los volúmenes de tormenta obtenidos por cada uno de los métodos propuestos.

Metodología - resumen

1. Modelado hidrológico de la cuenca.
2. Modelado de la precipitación en la cuenca.
 - a. Serie de máximas precipitaciones diarias.
 - b. Análisis de eventos de precipitación.
3. Modelado hidráulico del cauce.

Modelado hidrológico

- El modelo hidrológico de la cuenca se construyó con el modelo HEC-HMS.
- Cada área de drenaje se caracterizó de forma separada como una sub-cuenca del modelo hidrológico.
- Los métodos utilizados fueron:
 - Pérdidas de precipitación, por medio del método del número de curva.
 - Hidrograma sintético de Snyder.
 - Tránsito hidrológico de Muskingum-Cunge.

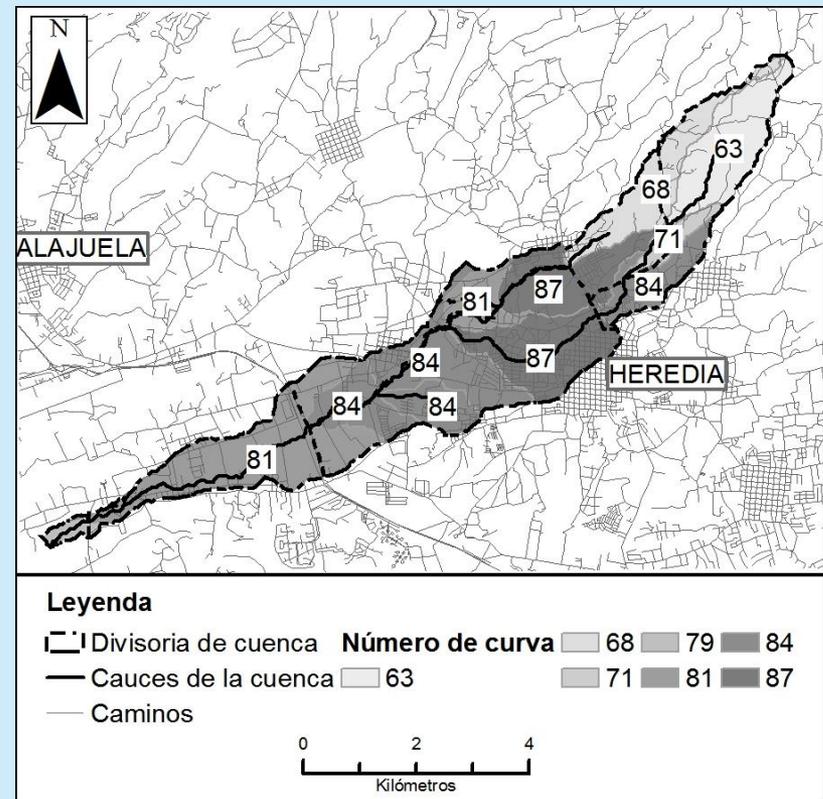
Modelado hidrológico

- La asignación del número de curva para cada área de drenaje se basó en el tipo de suelo de la cuenca y el correspondiente uso de la tierra.
- Las áreas más urbanizadas tienen números de curva mayores y generan mayor escorrentía.

Área de drenaje	Extensión	Número de curva	Cobertura impermeable
	(km2)		(%)
A1	2,6334	63	22,0
A2	0,6189	71	41,1
A3	1,2792	84	74,3
A4	2,7766	87	82,3
A5	2,4750	84	75,8
A6	1,3698	84	75,0
A7	4,6649	81	66,6
A8	2,3652	68	29,4
A9	2,3289	87	84,3
A10	1,0192	81	67,4
A11	1,0195	84	75,8
A0	0,3030	79	59,6

Modelado hidrológico

- La parte alta de la cuenca tiene números de curva menores al resto de la cuenca.
- Los números de curva mayores se encuentran en los cantones de Heredia y Barva.



Modelado hidrológico

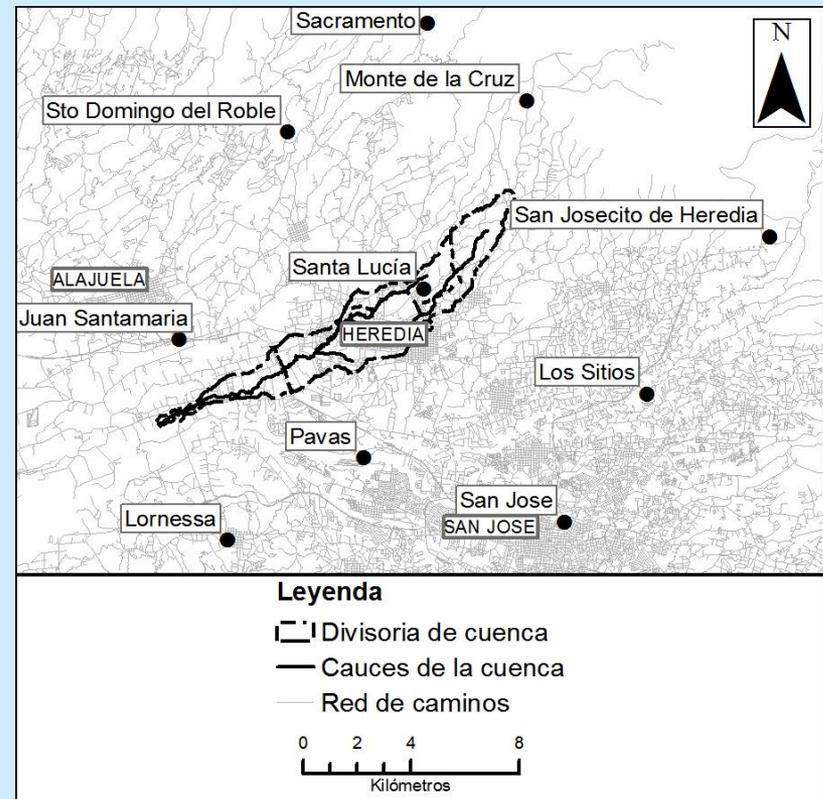
- Los parámetros utilizados en el método de hidrograma sintético de Snyder fueron calibrados para la cuenca del río Bermúdez por Sandí, 2012.
- Las propiedades de los cauces utilizados para el tránsito de Muskingum-Cunge son simplificaciones de la realidad de acuerdo con la sección promedio observada en cada tramo.

Precipitación

- La precipitación sobre la cuenca se modeló por medio de dos métodos.
- El primer método 1 utilizó la serie de máximos anuales de once estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca.
- Estas series se ajustaron a una distribución de probabilidad de tipo log Pearson III.
- Esta distribución se utilizó para estimar la precipitación esperada para 5, 10, 15, 20, 25, 50 y 100 años de periodo de retorno (PR) en cada estación.

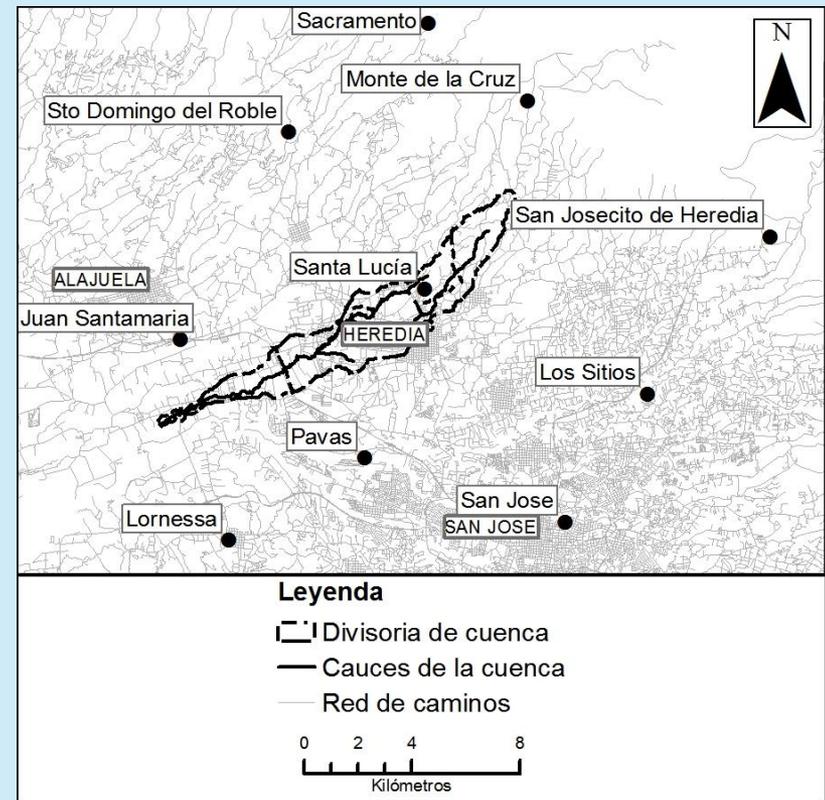
Precipitación

- Este método se basa en el supuesto de que los volúmenes de máximas precipitaciones diarias, para cada período de retorno, ocurren simultáneamente, en todas las estaciones.



Precipitación

- A partir de los datos puntuales en cada estación, se utilizó una interpolación de trazadores cúbicos para estimar la distribución espacial de la lluvia sobre la cuenca.
- Por medio del mapa de precipitación se estimó el volumen de precipitación, para cada período de retorno



Precipitación

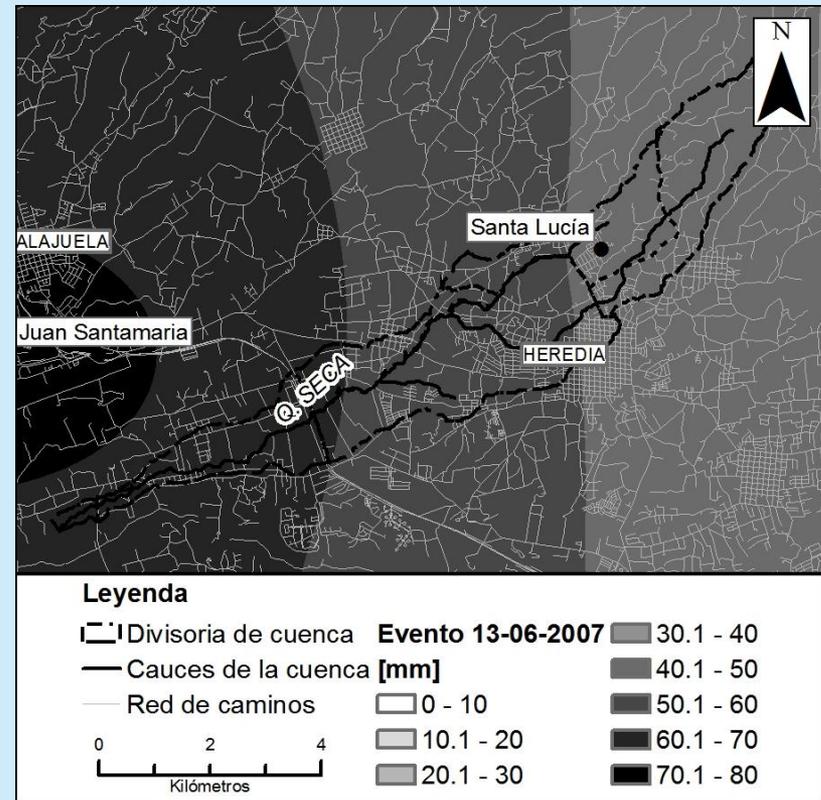
- El segundo método consistió de un análisis de 17 eventos de precipitación, a lo largo del período comprendido entre los años 2.000 y 2.014.
- Las tormentas analizadas produjeron crecientes que ocasionaron inundaciones en la comunidad de San Antonio. Estas inundaciones fueron documentadas por la Municipalidad de Belén.
- Para cada tormenta se obtuvo el registro horario de lluvia en las estaciones meteorológicas de San José, Pavas, San Josecito, Aeropuerto Juan Santamaría y Santa Lucía.

Precipitación

- Los registros horarios en estas estaciones permitieron identificar tres condiciones de tormenta, cada una con un patrón espacial y temporal característico.
- Las condiciones de tormenta se identificaron como:
 - Eventos registrados en la estación Santa Lucía (SL)
 - Eventos Santa Lucía + Aeropuerto (SL+AJSM)
 - Eventos Aeropuerto + Santa Lucía (AJSM+SL)

Precipitación

- Cada tipo de evento se asocia al registro de tormentas específicas.
- El tipo AJSM+SL se modeló con base en el evento registrado el 13/06/2007. Este evento generó daños a varias propiedades en la comunidad de San Antonio.



Precipitación

- Para cada patrón de de tormenta registrado se generaron eventos sintéticos de precipitación utilizando las distribuciones estadísticas calculadas con el primer método.
- Finalmente se realizó una interpolación espacial para cada evento sintético, siguiendo el mismo procedimiento utilizado en el primer método, para generar los mapas de precipitación.

Precipitación

- Como resultado de ambos métodos se obtuvo la precipitación promedio para cada área de drenaje, en la que se subdividió la cuenca, para cada periodo de retorno analizado.
- La distribución temporal de la precipitación se realizó de acuerdo con la zonificación de intensidad desarrollada por Murillo (1994) y modificada por Oreamuno y Morales (2014) y los histogramas característicos de Murillo (1995).

Modelado hidráulico

- Del modelado hidrológico se obtuvieron hidrogramas de creciente para cada evento y periodo de retorno en ambos métodos de análisis de precipitación.
- El caudal pico de estos se utilizó como insumo para el modelo unidimensional del cauce principal de la cuenca.

Modelado hidráulico

- El modelado hidráulico del flujo en el cauce principal, durante crecientes, se elaboró utilizando el modelo HEC-RAS con topografía cedida por la Municipalidad de Belén y con levantamientos topográficos complementarios en puentes y alcantarillas, realizados por el CIEDES.
- El tramo de análisis se extiende desde la confluencia de la Quebrada Seca y el río Burío hasta el Proyecto Gol donde el cauce entra al cantón de Alajuela.

Resultados

- La precipitación estimada con el primer método muestra un promedio total para la cuenca que supera los 100 mm en casi todos los periodos de retorno.

Evento (TR)	Precipitación total [mm]	Precipitación efectiva [mm]
2	85,8	39,4
5	105,4	55,0
10	119,3	66,7
15	128,3	74,5
20	134,2	79,4
25	139,1	83,7
50	155,2	97,8
100	172,4	113,2

Resultados

- Los resultados obtenidos con el segundo método, muestran totales de precipitación menores que se asemejan en magnitud a los estimados para algunos eventos de precipitación registrados en la cuenca.

Evento (TR)	Precipitación total [mm]	Precipitación efectiva [mm]
SL-2	49,9	21,9
SL-5	60,1	26,9
SL-10	67,6	34,4
SL-50	77,9	40,6
AJSM+SL-10	60,7	25,4
AJSM+SL-25	71,7	33,8
AJSM+SL-50	80,5	42,4
SL+AJSM-10	86,6	48,3
SL+AJSM-25	99,7	56,2
SL+AJSM-50	110,4	65,1

Resultados

- Se considera que el primer método sobre estima la precipitación en la cuenca, porque supera los promedios espaciales estimados en la cuenca durante los eventos registrados en el periodo de 14 años comprendido entre los años 2.000 y 2014.
- Además al observar los patrones de lluvia registrados se encontró en todos los eventos una estación registró un pico de precipitación por lo menos un 30% mayor a la registrada en las demás.

Resultados

- Los caudales máximos instantáneos estimados por medio de los hidrogramas de creciente, reflejan lo observado en el análisis de precipitación; los caudales máximos instantáneos obtenidos por medio del primer método son mucho mayores a los obtenidos por medio del segundo del método.

TR [años]	Método 1	Método 2		
		SL	SL+AJSM	AJSM+SL
10	199,5	97,3	140,1	77,6
25	251,6	117,0	165,0	100,3
50	295,7	142,0	191,2	120,5

Resultados

- Como no se cuenta medición de caudales en la cuenca, fue imposible corroborar la correspondencia entre los caudales estimados y los observados en la cuenca.
- Esta correspondencia se aproximó utilizando los tirantes obtenidos en el modelado hidráulico y los observados durante las crecientes de la cuenca.

Resultados

- Los tirantes estimados para los caudales obtenidos por medio del primer método, exceden, por mucho, cualquier registro de creciente en la cuenca, superando por más de un metro los niveles de rasante de varios puentes.
- Los tirantes estimados para los caudales obtenidos por medio del segundo método, son similares a los tirantes observados, durante crecientes, a lo largo del cauce.

Conclusiones

- Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que el análisis hidrológico utilizando eventos de tormenta, refleja mejor la realidad física de la respuesta hidrológica de la Quebrada Seca ante tormentas severas.
- Se recomienda que métodos que utilicen eventos simultáneos en múltiples estaciones, no sean utilizados para el diseño o análisis de obras civiles sin ser contrastados con los resultados de un análisis de los eventos registrados en la cuenca.

Conclusiones

- Se recomienda, para el diseño de obras para el manejo de la escorrentía superficial, obtener la distribución espacial de los eventos de precipitación, por medio del análisis de tormentas y crecientes específicas y no por medio de la serie de máximas precipitaciones diarias.
- La serie de máximas precipitaciones diarias puede dar resultados que reflejen la respuesta hidrológica de la cuenca, si el área de drenaje de la cuenca que totalmente comprendida en el área de influencia de una estación meteorológica.

Bibliografía

- **Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R.** (1997). *Regional Frequency Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- **Murillo, R.E.** (1994). *Estudio de intensidades de lluvia en la Cuenca del río Virilla*. Trabajo Final de Graduación en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- **Sandí, S. G.** (2012). *Generación de Hidrogramas de Creciente de la Tormenta Tropical Tomás para la Evaluación de la Infraestructura Urbana en la Cuenca del río Virilla*. Trabajo Final de Graduación en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.