

## 5. CONCLUSIONES

Es posible que una subcuenca presente un comportamiento similar al de una cuenca vecina a la que no pertenece, pero con la que comparte características físicas.

Mediante la descripción inicial de las características generales de la zona de estudio, se comprobó que la subcuenca del río Santo Domingo, perteneciente a la cuenca del río San Rafael, más que a esta última, se parece a la cuenca del río San Francisco.

El agua que forma el río San Rafael baja de las laderas del Iztaccíhuatl, desde una altitud superior a los 5000 m, mientras que las cuencas San Francisco y Santo Domingo tienen una altitud máxima entre los 3400 y los 3800 m, y forman corrientes casi paralelas que bajan de la Sierra Nevada.

Las cuencas San Francisco y Santo Domingo presentan tipos de suelo similares, incluso en su distribución. La cuenca San Rafael posee suelos diferentes, originados por la geología del volcán Iztaccíhuatl. Asimismo, el uso de suelo difiere en la zona montañosa baja, mientras que en las cuencas San Francisco y Santo Domingo esta zona está dedicada a la agricultura, la cuenca San Rafael aún posee diferentes tipos de bosque.

Entonces, los factores que marcan el comportamiento hidrológico de estas cuencas son la topografía, el tipo y el uso de suelo, características que aumentan su importancia mientras menor es el área de la cuenca.

Aun cuando un lugar de interés cuente con diferentes estaciones climatológicas e hidrométricas, no es posible emplear la información de todas ellas. Es necesaria, tanto la cuantificación de los datos faltantes en el registro, como la revisión del número de años de éste.

El porcentaje de datos faltantes, mucho mayor en las estaciones climatológicas que en las hidrométricas, demuestra que el mantenimiento de las primeras dista mucho de ser el adecuado. Esto último se reflejó de forma extrema en el caso de la estación Manuel Ávila Camacho, cuya inspección física arrojó la imposibilidad de ser considerada en el estudio, debido a las condiciones deplorables en las que se encontró.

En referencia a las estaciones hidrométricas, no basta con que se halle en el curso del río en estudio. Si existe una confluencia con otro río, la cuenca de ambos debe ser similar, o los resultados arrojados no serán los adecuados.

En el caso de los datos de precipitación de una zona, registrados por estaciones climatológicas cercanas, se espera que los resultados generados de un análisis estadístico sean similares, dado que las condiciones climatológicas varían gradualmente de un lugar a otro.

Por otro lado, los datos de estaciones hidrométricas ubicadas en una misma área, no tienen porque cumplir con lo anterior, dado que las corrientes en las que se localizan pueden ser por completo diferentes.

Al revisar los resultados obtenidos del análisis de frecuencia de los datos de precipitación, se observa que para los diferentes periodos de retorno, las alturas de lluvia son semejantes.

Los gastos resultantes del análisis de las estaciones hidrométricas varían de forma considerable, pero presentan cierta relación de proporcionalidad con el área de la cuenca que miden.

Es difícil definir un coeficiente de escurrimiento para una cuenca, dados los factores que influyen y la imposibilidad de cuantificarlos y reflejarlos directamente en una cifra.

Por lo anterior, existen diferentes métodos y recomendaciones para definirlo. Aunque con frecuencia, en la elección entre uno u otro, interviene el criterio y la experiencia del ingeniero.

Los factores de ajuste de precipitación pueden cambiar con el tiempo. Dado que aumenta el número de datos registrados, cada vez que se revisen con información actualizada se obtendrá una mejor estimación de ellos.

La revisión de los factores de ajuste por periodo de retorno, generó nuevos valores para dichos factores. Al comparar unos con otros se tiene que son iguales para los periodos de retorno: 2, 5 y 10 años. Para los periodos de retorno de 25, 50, 100, 500, 1000 y 10000 años, los factores aumentaron entre el uno y cuatro por ciento.

El método del hidrograma unitario triangular resulta útil cuando se carece de datos hidrométricos o se desconoce la forma de la avenida, debido a su simplicidad. La metodología a seguir para obtener las avenidas de diseño de una cuenca depende del tipo y calidad de información disponible.

Para las subcuencas ubicadas dentro de la cuenca del río Santo Domingo, no fue posible obtener las avenidas de diseño directamente debido a que se carece de una estación hidrométrica en el punto de salida de la cuenca. Por lo anterior, se definieron las tormentas de diseño en primer lugar, y a continuación se aplicó un modelo lluvia-escorrimento para determinar las avenidas de diseño.

El caso de la cuenca San Francisco fue muy distinto. Se disponía de información hidrométrica tanto de la cuenca, como de cuencas cercanas con características y comportamiento similar. Las avenidas de diseño se calcularon directamente, sin emplear las tormentas de diseño.

Por otro lado, el número de estaciones hidrométricas fue determinante para elegir el modelo mediante el cual se realizó el análisis de regresión, pues era un número pequeño en relación al número de parámetros que posiblemente se podrían haber considerado.

Es necesario observar el coeficiente de correlación de un análisis de regresión, pues un coeficiente bajo indica que el ajuste no es muy preciso, por lo que se debe buscar la forma de que la relación entre los valores calculados y los valores medidos sea más estrecha.

Los coeficientes de correlación de la regresión potencial resultaron relativamente bajos (aproximadamente 0.67). Por lo que los gastos máximos, aunque se calcularon mediante este método para tener un punto de referencia, no fueron considerados después.

Al realizar la regresión potencial, se observó que los exponentes de dicha regresión se mantenían en un valor casi constante. Se decidió aprovechar este valor y obtener los gastos pico a través de él y la relación entre las áreas de las subcuencas y el área de la estación San Marcos, en cuya cuenca se ubican las cinco subcuencas de interés.

De esta manera se obtuvieron los gastos máximos, que al ser comparados con los obtenidos a partir de la regresión, no distan mucho entre sí, siendo los primeros ligeramente menores a los últimos.

En resumen, los resultados obtenidos de un estudio hidrológico dependen en gran medida de dos factores, la calidad y cantidad de la información disponible; y la habilidad del ingeniero para buscar la manera de adecuarla al problema en cuestión.