

 **CIATF**
Consejo Insular
de Aguas de Tenerife

Santa Cruz de Tenerife
29-30 septiembre 2009

JORNADAS SOBRE
HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE
EN TENERIFE



Segunda Jornada:

**GUÍA METODOLÓGICA
CÁLCULO CAUDALES AVENIDA**


8

SÍNTESIS DE RESULTADOS

D. Jesús López García.
Dr. Ing.CCP. YACU

D. Pedro Delgado Melián
Jefe Sección Datos Hidrológicos del CIATF

D. Juan-José Braojos Ruiz
Jefe Área Recursos Hidráulicos del CIATF

INDICE 

- 1** MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES
- 2** VERIFICACIÓN DE RESULTADOS
- 3** CONCLUSIONES



1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES

Características:

- Permite calcular todos los cauces de la red oficial en su desembocadura
- Los parámetros físicos de las cuencas y la precipitación son fijos y se calculan previamente
- Únicamente se modifican las opciones de humedad inicial, forma del hietograma, formulación de cálculo, etc..

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES

Funcionalidades:

- Calcula o recupera parámetros
 - Físicos
 - Precipitación diaria
- Prepara tormenta de proyecto
- Prepara fichero de simulación
- Ejecuta modelos
 - HEC-1
 - Método racional
- Elabora caudal final
- Graba resultados y parámetros

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES

Pantalla principal

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE TENERIFE. Simulación automática de caudales en barrancos con modelo HEC-1

Parámetros de simulación

Intervalo de simulación en minutos: 5

Método cálculo tc: Tómez

Método cálculo sig: 50% de tc

Abstracción inicial HEC-1: Según número de curva

Hipótesis inicial humedad: Personalizada

Condición AMC que se aplica para los periodos de retorno

NORTE		ESTE		SE		SO	
2.33	100	2.33	100	2.33	100	2.33	100
5	250	5	250	5	250	5	250
10	500	10	500	10	500	10	500
25	1000	25	1000	25	1000	25	1000
50	5000	50	5000	50	5000	50	5000

Coefficiente de relación de área y longitud:

Error máximo admisible (%): 10

Superficie mínima: 0 km²

Recalcular cuencas

Calcular diferencias

Terminar

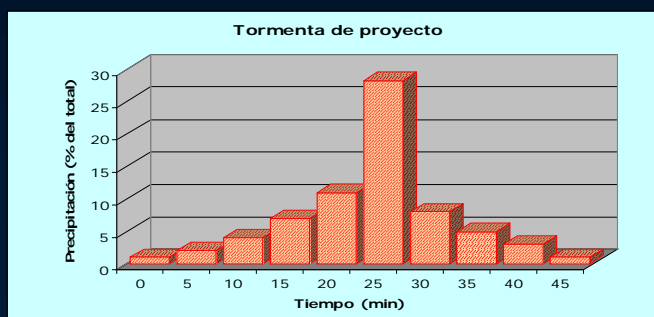
1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES



Tormenta de proyecto

Para definir una tormenta de proyecto es necesario especificar

- ▶ Duración
- ▶ Precipitación total
- ▶ Distribución temporal
- ▶ Distribución espacial
- ▶ Movimiento (se considera estática)



La aplicación genera de forma automática la tormenta de proyecto para cada cuenca con las opciones seleccionadas por el usuario

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES



Modo de cálculo función de la superficie

- En cuencas pequeñas, se calcula el caudal punta por el método racional siguiendo la instrucción 5.2-IC
- En cuencas grandes se calcula el caudal con el HEC-1
- En cuencas intermedias se hace una media ponderada función del área entre el método racional y el HEC-1

Cuencas pequeñas

Area mínima (100% método racional) km²

Area máxima (0% método racional) km²

Aplicar siempre AMC-II en método racional

Se interpolan los resultados del método racional y HEC-1 proporcionalmente entre las áreas mínima y máxima

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES DE AVENIDA

Modo de cálculo función de la superficie

Tormenta de proyecto

Duración de tormenta: Igual a t_c

Curva IDF: Santa Cruz nueva

Forma del hietograma: Prob 50%

Aplicar coeficiente de paso de P diaria a 24h:

Aplicar coeficiente de simultaneidad:

Duración de tormenta

- Igual a t_c
- $t_c * 1.1$

Curvas IDF

- Santa Cruz Nueva
- Los Rodeos
- Los Rodeos antigua

Forma del hietograma

- Bloques alternos
- Uniforme
- Probabilidades 50%, 10%, 90%

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES

Tormenta de proyecto. Precipitación total

Tormenta de proyecto

Duración de tormenta: Igual a t_c

Curva IDF: Santa Cruz nueva

Forma del hietograma: Prob 50%

Aplicar coeficiente de paso de P diaria a 24h:

Aplicar coeficiente de simultaneidad:

Coefficiente de simultaneidad

Se utilizan las curvas del U.S. Weather Bureau

Coefficiente de paso de P_d a P_{24}

Se puede aplicar, o no, el factor 1.13 recomendado por la Organización Mundial Meteorológica

La precipitación total de la tormenta se calcula con la expresión

$$P_{\text{tormenta}} = P_{\text{max diaria}} * \text{Factor Paso}_{\text{día a 24 h}} * \text{Factor Paso}_{\text{24 h a d horas}}$$

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES

Parámetros físicos y geométricos

Parámetros de simulación

Intervalo de simulación en minutos: 5

Método cálculo tc: Témez

Método cálculo tag: 60% de tc

Abstracción inicial HEC-1: Según número de curva

Hipótesis inicial humedad: Personalizada

Método cálculo tc: Témez

Témez
California
Giandotti

Método cálculo tag: 60% de tc

60% de tc
Témez

Abstracción inicial HEC-1: Según número de curva

Según número de curva
Nula

Según número de curva $I_a = 0.2 S$

Nula $I_a = 0$

Témez $t_c = 0.3 * (((L / 1000) / (\text{Pendiente}^{0.25}))^{0.76})$

California $t_c = ((0.871 * (L / 1000)^3) / (\text{CotaMax} - \text{CotaMin}))^{0.385}$

Giandotti $t_c = ((4 * \text{Sqr}(\text{area})) + (1.5 * (L / 1000))) / (0.8 * \text{Sqr}(\text{CotaMax} - \text{CotaMin}))$

Intervalo de simulación

Permite definir el intervalo máximo de cálculo del modelo HEC-1, en minutos.

Valores por defecto:

- 5 minutos para cuencas mayores de 10 km²
- 3 minutos para cuencas entre 2 km² y 10 km²
- 1 minuto para cuencas inferiores a 2 km²

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES

Parámetros físicos y geométricos

Parámetros de simulación

Intervalo de simulación en minutos: 5

Método cálculo tc: Témez

Método cálculo tag: 60% de tc

Abstracción inicial HEC-1: Según número de curva

Hipótesis inicial humedad: Personalizada

Método cálculo tag: 60% de tc

60% de tc
Témez

Abstracción inicial HEC-1: Según número de curva

Según número de curva
Nula

Según número de curva $I_a = 0.2 S$

Nula $I_a = 0$

Empírico $tr = 0.6 * tc$

Témez $tr = (3 * tc / 8) - (\text{Int. cálculo} / 8 / 60)$

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES

Parámetros físicos y geométricos

Parámetros de simulación

Intervalo de simulación en minutos: 5

Método cálculo tc: Témez

Método cálculo lag: 60% de tc

Abstracción inicial HEC-1: Según número de curva

Hipótesis inicial humedad: Personalizada

Estándar AMC-III en N y E para período retorno > 25 a (en el resto AMC-II)

Hipótesis inicial humedad: Personalizada, Estándar, Personalizada

Condición AMC que se aplica para los períodos de retorno

NORTE			ESTE			SE			SO		
2.33	2	100	2.33	2	100	2.33	2	100	2.33	2	100
5	2	250	5	2	250	5	2	250	5	2	250
10	2	500	10	2	500	10	2	500	10	2	500
25	2	1000	25	2	1000	25	2	1000	25	2	1000
50	2	5000	50	2	5000	50	2	5000	50	2	5000

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES

Modelo HEC-1 (Flood Hydrograph Package)

- **Modelo global de tormenta**, con opción de acceso a diferentes algoritmos de cálculo
- Desarrollado en década de los 60 por el **Hydrologic Engineering Center** del *U.S. Army Corps of Engineers*
- Actualizado hasta 1998 (cuando aparece HEC-HMS). En MS-DOS
- Estándar mundial, incluso de uso obligatorio (tecnología nuclear)
- Simula la respuesta de un sistema fluvial complejo frente a las circunstancias hidrológicas e hidráulicas que se dan en un sistema real
- Opciones diversas para modelizar
 - Lluvia
 - Pérdidas
 - Hidrograma unitario
 - Traslación de hidrogramas
 - Etc..

1.- MODELO DE SIMULACIÓN DE CAUDALES

Resultados del cálculo

En cada pasada se generan

- Un fichero de datos y resultados HEC-1
- Los datos y resultados se graban en una base de datos que sirve como almacén de parámetros que guarda los resultados de la última pasada

Número del campo	Tipo de datos	Descripción
longitud	Número	Longitud del cauce principal
ZonaP	Texto	Zona hidrologica
CotaMax	Número	Cota maxima de la cuenca
CotaMin	Número	Cota minima de la cuenca
P233	Número	Precipitacion para 2,33 años de periodo de retorno en la cuenca
P5	Número	Precipitacion para 5 años de periodo de retorno en la cuenca
P10	Número	Precipitacion para 10 años de periodo de retorno en la cuenca
P25	Número	Precipitacion para 25 años de periodo de retorno en la cuenca
P50	Número	Precipitacion para 50 años de periodo de retorno en la cuenca
P100	Número	Precipitacion para 100 años de periodo de retorno en la cuenca
P250	Número	Precipitacion para 250 años de periodo de retorno en la cuenca
P500	Número	Precipitacion para 500 años de periodo de retorno en la cuenca
P1000	Número	Precipitacion para 1000 años de periodo de retorno en la cuenca
P5000	Número	Precipitacion para 5000 años de periodo de retorno en la cuenca
Q233	Número	Caudal punta para 2,33 años de periodo de retorno
Q5	Número	Caudal punta para 5 años de periodo de retorno
Q10	Número	Caudal punta para 10 años de periodo de retorno
Q25	Número	Caudal punta para 25 años de periodo de retorno
Q50	Número	Caudal punta para 50 años de periodo de retorno
Q100	Número	Caudal punta para 100 años de periodo de retorno
Q250	Número	Caudal punta para 250 años de periodo de retorno
Q500	Número	Caudal punta para 500 años de periodo de retorno
Q1000	Número	Caudal punta para 1000 años de periodo de retorno
Q5000	Número	Caudal punta para 5000 años de periodo de retorno

2

VERIFICACIÓN DE RESULTADOS



2.- VERIFICACIÓN DE RESULTADOS



- **Contrastar** con la realidad **los resultados de las simulaciones** antes de generar los caudales de la Guía.
- **No existen estaciones de aforo**
- Evaluación por **métodos indirectos**
- **Selección de hipótesis** de cálculo
- Comparación de **resultados con valores “aceptados”**, procedentes de:
 - Estudios realizados
 - Mediciones puntuales
 - Experiencia local
 - Sentido común
 - Conservadurismo admitido



2.- VERIFICACIÓN DE RESULTADOS



Metodología:

1. **Simulación de los caudales de avenidas** para las hipótesis de cálculo más plausibles, que se definen a partir de:
 - parámetros físicos (AMC) y geométricos de las cuencas (T_c , T_{lag})
 - tormenta de proyecto : Curva IDF, forma del hietograma.
2. **Análisis y comparación de resultados** con datos observados de caudales extremos u otra información contrastada (proceso de verificación).
3. **Selección de la hipótesis más realista**, establecimiento de criterios recomendados para el cálculo de avenidas en la Isla y su aplicación a través de la Guía Metodológica.

2.- VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

1. Simulación de caudales de avenida

➤ **Selección de cuencas** para la caracterización de parámetros.

- Diferente rango de áreas y alturas sobre el nivel del mar.
- Distintas orientaciones (N, E, SE y SO)



Subcuenca inferior (Civil de Barranque)

2.- VERIFICACIÓN DE RESULTADOS


2. Análisis de resultados

➤ **Análisis de 2003:** Se simularon 9 hipótesis de cálculo diferentes

- Selección de un conjunto de parámetros, denominado **hipótesis de referencia**, capaz de generar caudales razonables en todas las cuencas estudiadas.


➤ **Análisis de 2009:** Se hicieron nuevas simulaciones en las mismas cuencas que se tomaron como referencia en la versión anterior de la GM.

- Con la información hidrológica actualizada de la nueva versión de la GM, **la combinación de parámetros seleccionada** para la hipótesis de referencia **sigue siendo válida**.
- Hasta que nuevos datos o estudios sugieran el empleo de otras hipótesis, **se mantienen los criterios de cálculo de la hipótesis de referencia**.

2.- VERIFICACIÓN DE RESULTADOS 

3. Hipótesis de cálculo seleccionada

Método	<ul style="list-style-type: none"> Método racional en áreas < 1 km² Hidrograma unitario (HEC-1) en áreas > 3 km²
Parámetros físicos	<ul style="list-style-type: none"> duración tormenta: tc tc calculado por Témez tr = 0.6 tc Método de hidrograma unitario de Clark
Tormenta de proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Curva IDF adimensional de Santa Cruz Hietograma medio de tormentas cortas (<6h) Coef. correctores: OMM y simultaneidad
Estado inicial de humedad	<ul style="list-style-type: none"> Estado inicial de humedad ajustado por zonas: (AMC-III: N y E para T>25; AMC-II: para el resto) Abstracción inicial (método NC) según SCS Po (método racional) sin mayorar

2.- VERIFICACIÓN DE RESULTADOS 

Otros análisis comparativos

El modelo de simulación permite realizar un análisis territorial de la variación de los parámetros de cálculo, en **relación con la GM 2003**:

- Número de curva,
- Precipitaciones máxima diarias, y
- Caudales para distintos periodos de retorno.

A partir de la hipótesis de referencia y con información actualizada a 2009

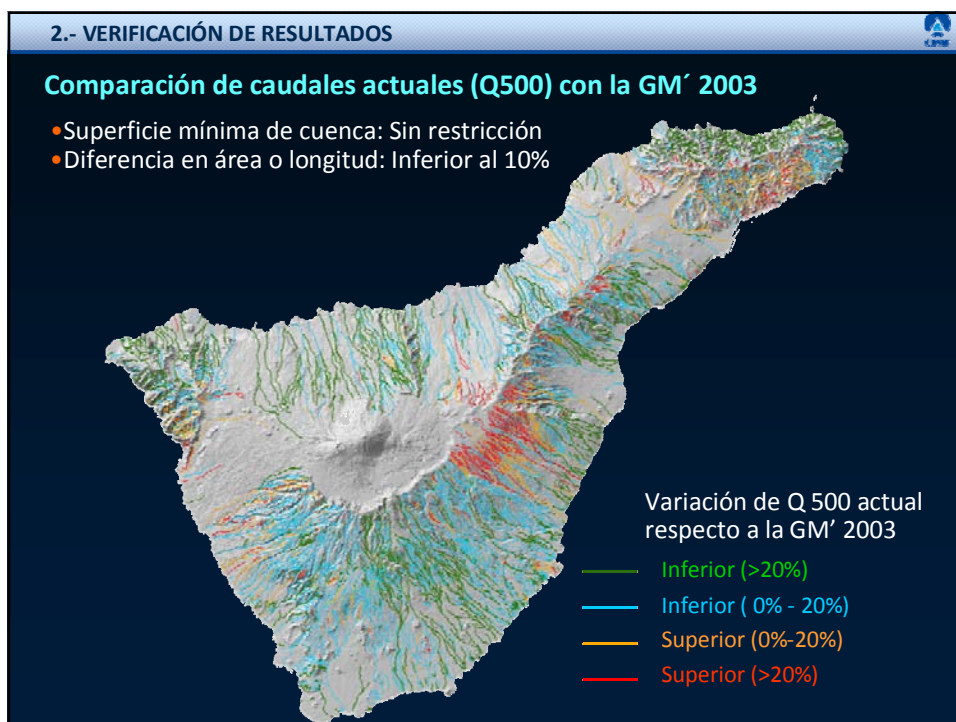
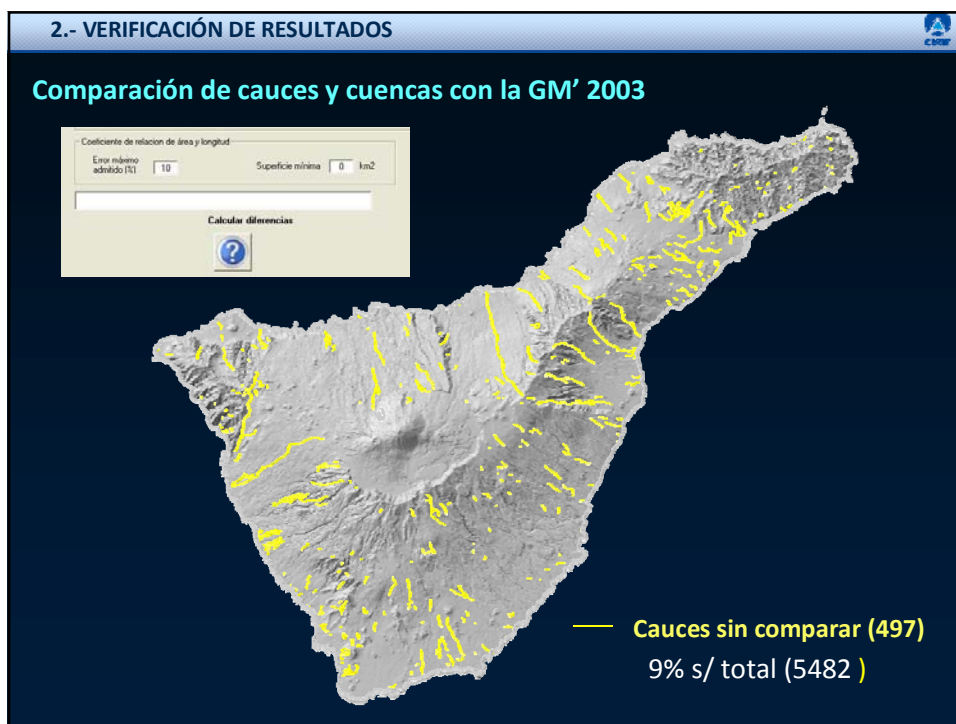
Criterios de selección:

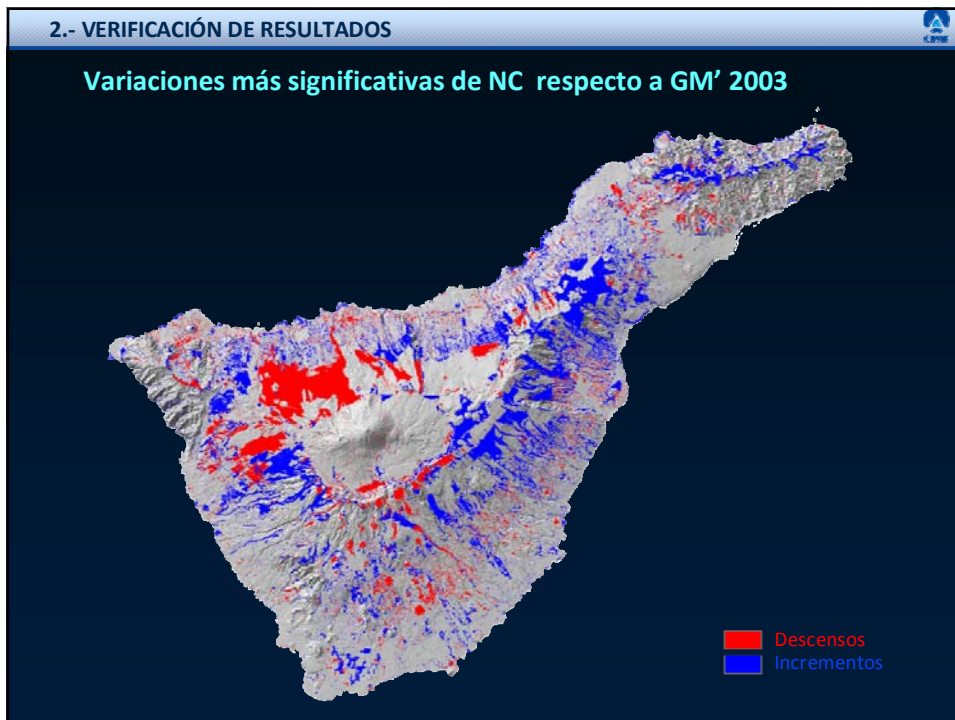
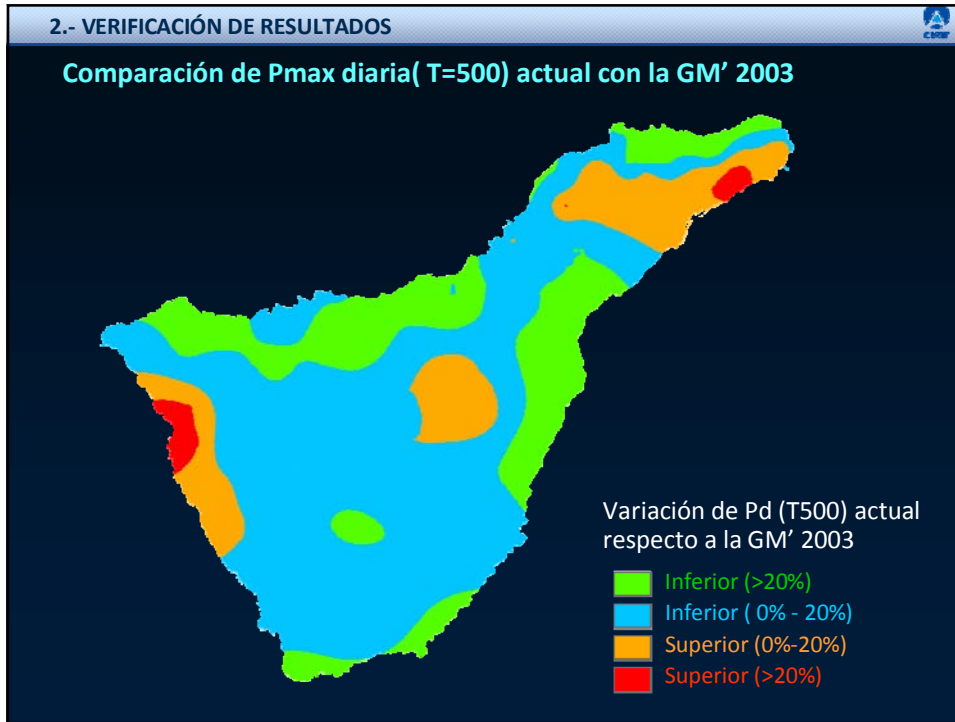
Error máximo admitido (%)

- Se considera que no existe error en la comparación entre dos cauces, si la diferencia de superficie de cuenca y de longitud del cauce principal es inferior a la indicada

Superficie mínima (km²)

- indica la superficie mínima de las cuencas a comparar







3.- CONCLUSIONES

Valoración de resultados

Los ajustes conseguidos son muy aceptables, en principio tan buenos como los resultados de los estudios anteriores, y se mejoran algunos inconvenientes detectados en la Guía del 2003 relativos al Número de Curva.

Se sigue trabajando en la obtención y mejora de la calidad de los datos básicos del modelo:

- Pluviometría
- Red hidrográfica
- Edafología
- Cobertura vegetal
- Modelo digital del terreno

Cuando se disponga de nueva y detallada información, se podrán realizar nuevos ajustes y alcanzar mayor precisión en la evaluación del "número de curva índice", trascendental en la estimación de la esorrentía.

3.- CONCLUSIONES



Observaciones finales

El modelo es genérico, ya que ha sido preparado para simular caudales en todas los puntos de la Isla, sin ningún tipo de limitación

Sin embargo, pueden darse situaciones donde las hipótesis de partida resulten insuficientes y los caudales obtenidos sean opinables

Algunos de los casos donde se podría dar ésta situación son:

- Cuencas de carácter estrictamente urbano
- Cuencas excesivamente pequeñas
- Cuencas en cotas muy altas, donde la IDF puede dejar de ser representativa
- Cuencas con problemas de deforestación o incendio