



**Facultad de Ciencias**

**Título del TFM**

Título en inglés

Trabajo de Fin de Máster para acceder al

**Autor de la tesis**

Director :

co Director :

Facultad de Informática

Universidad Nacional de La Plata



# **Agradecimientos**

Página de agradecimientos

# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Motivación . . . . .	2
1.2. Objetivos y metodología . . . . .	2
1.3. Resultados obtenidos . . . . .	2
1.4. Organización del documento . . . . .	2
<b>2. Cuenca del río Chambo</b>	<b>3</b>
2.1. Descripción del sistema . . . . .	3
<b>3. Descripción de los datos</b>	<b>4</b>
3.1. Series de precipitación basadas en la interpolación de pluviómetros . . . . .	4
3.2. Generación de series sintéticas . . . . .	6
3.3. Temperatura . . . . .	8
<b>4. Modelos</b>	<b>10</b>
4.1. Modelo Hidrológico . . . . .	10
4.1.1. Modelo LEM . . . . .	10
4.1.2. Modelo MELCA . . . . .	11
4.1.3. Parámetros físicos . . . . .	12
4.2. Modelado de balance hidrológico . . . . .	17
4.3. Modzin . . . . .	19
<b>5. Resultados</b>	<b>20</b>
5.1. Caudales simulados . . . . .	20
<b>6. Análisis de Escenarios</b>	<b>21</b>
<b>7. Conclusiones</b>	<b>22</b>

## **Índice de códigos**

# Índice de figuras

3.1.	Localización de los centroides de las subcuenca	5
3.2.	Precipitación media anual (mm/año) basada en CHELSA (panel izquierdo) y en ERA5 (panel derecho)	5
3.3.	Valores simulados de precipitaciones mensuales en la zona de Guaslán	7
3.4.	Valores observados de precipitaciones mensuales en la zona de Guaslán	7
3.5.	Un año de valores de precipitación diaria simulada en la zona de Guaslán	8
3.6.	Series de precipitación para diferentes regiones de la cuenca Chambo. En el panel superior derecho se muestra la serie de precipitación correspondiente al año 2019 y en el panel inferior los valores medios mensuales desde el año 2000 hasta el año 2020	9
4.1.	Valores simulados de caudales mensuales para la subcuenca 8.	14
4.2.	Valores observados de caudales mensuales para la subcuenca 8.	14
4.3.	Simulaciones de caudales naturales para tres subcuenca durante el año 2019, en las graficas superiores se muestran las series de precipitación de entrada y los parámetros del modelo.	15
4.4.	Valores medios mensuales de caudal natural para tres sub- cuenca durante los años 2000 y 2020.	16
4.5.	Modelo conceptual del entramado de los tramos de la cuenca del río Chambo.	18
4.6.	Diagrama de flujos del programa que calcula el balance hi- drológico de la cuenca.	19

# **Resumen**

Capítulo de resumen  
Ejemplo de items

- Item 1
- Item 2

# **Introducción**

Introducción de la tesis  
Ejemplo de secciones

## **1.1. Motivación**

Motivación de la tesis.  
Un ejemplo de cita.[1]

## **1.2. Objetivos y metodología**

Objetivos y metodología.

## **1.3. Resultados obtenidos**

Resultados obtenidos

## **1.4. Organización del documento**

Organización del documento

- Capítulo 1.
- Capítulo 2.
- Capítulo 3.

## **Cuenca del río Chambo**

### **2.1. Descripción del sistema**

# Descripción de los datos

Para el cálculo del régimen de caudal natural de una cuenca hidrológica es necesario contar con series temporales de precipitación y temperatura que reflejen las condiciones climáticas de las subcuenca así como ciertos descriptores como área, pendiente, ...

Los datos de clima (precipitación y temperatura) fueron medidos a través de estaciones meteorológicas distribuidas de manera irregular a lo largo de la cuenca. Las series disponibles reflejan adecuadamente las condiciones climáticas de las zonas bajas y más pobladas, pero la información en las zonas más altas es escasa. Los pluviómetros se encuentran a altitudes de entre los 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar, mientras que el punto más alto de la cuenca se encuentra a las 6288 m.s.n.m

Con el fin de contrastar si estas series reflejan correctamente las variaciones del patrón de lluvias con la altura y la pendiente, se han analizado diversas bases de datos globales de precipitación pero el resultado no ha sido satisfactorio. Por ello, se ha optado por generar las series de precipitación de manera sintéticas basándose en los patrones combinados de los pluviómetros y de las estaciones de aforos.

## 3.1. Series de precipitación basadas en la interpolación de pluviómetros

La cuenca del río Chambo posee una gran variación en la precipitación en un área geográfica reducida, por este motivo los valores de precipitación recogidos por pluviómetros en las estaciones meteorológicas pueden no ser válidos para puntos lejanos. Es por eso que los datos correspondientes a puntos intermedios se completaron a partir de la base de datos de ERA5 y CHELSA.

Una vez que los huecos han sido rellenados, se han interpolado los datos recogidos por los pluviómetros a los centroides de las regiones representadas en la figura 3.1. Este proceso consta de dos pasos, primero se estima si en un punto determinado va a llover (estimación kriging con la librería *Krige de r*) y luego se estima la magnitud de dicha lluvia (Herrera et al., 2012).

En la figura 3.2 se muestra a modo de ejemplo los valores de la precipitación media anual obtenidos mediante interpolación sobre una malla regular de 100 m de lado utilizando la base de datos de ERA5 (panel derecho) y la de CHELSA (panel izquierdo). Si bien los resultados reflejan correctamente la fuerte variabilidad de la precipitación en un área reducida, los patrones estacionales así obtenidos no coinciden con los caudales y el conocimiento local. Es por eso que se ha optado por generar las series de manera sintética

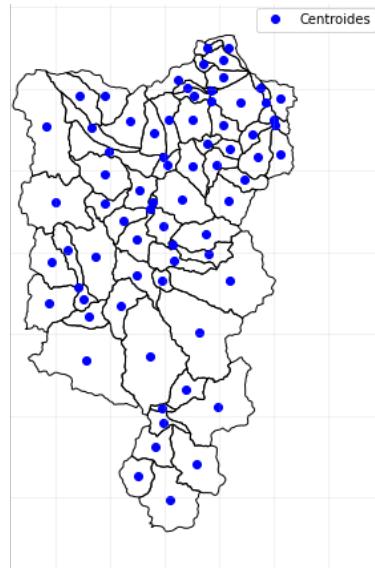


Figura 3.1: Localización de los centroides de las subcuenca

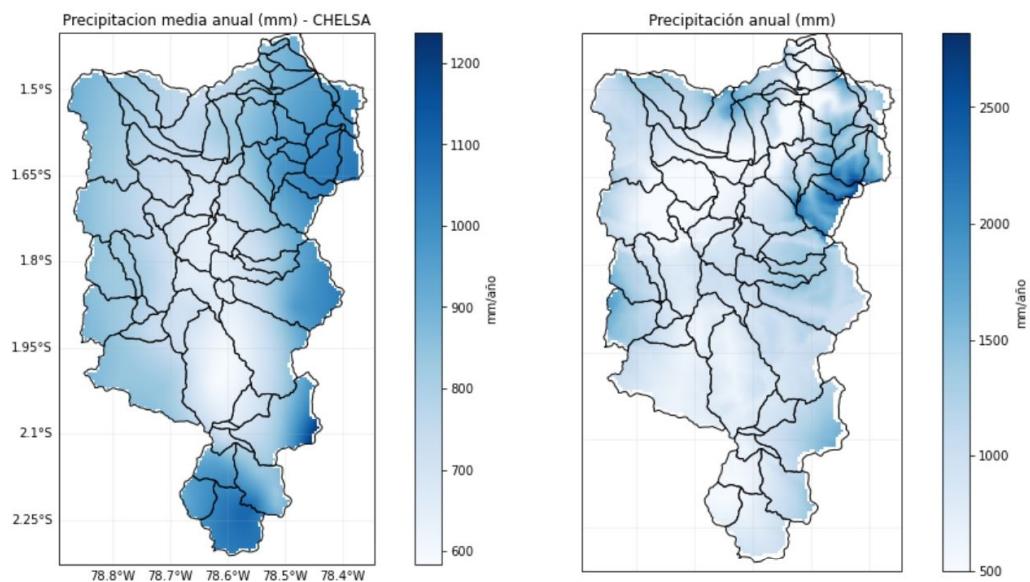


Figura 3.2: Precipitación media anual (mm/año) basada en CHELSA (panel izquierdo) y en ERA5 (panel derecho).

como se describe en la siguiente sección.

## 3.2. Generación de series sintéticas

El modelo que genera las series de precipitación diaria consta de dos niveles, primero se generan series mensuales y luego se generan series diarias desagregando los valores mensuales.

Para generar las series mensuales se parte del valor medio anual en la región climática y del valor medio en el mes más húmedo. Se han definido a su vez, tres patrones de precipitación para diferentes regiones: 1) costero, donde la precipitación máxima tiene lugar en el mes de abril, y un segundo pico inferior al de abril, en torno a octubre-noviembre. 2) amazónico, con un único pico de precipitación en junio-julio, y el mínimo en diciembre-enero y 3) mixto que es una combinación de los dos primeros.

La precipitación media anual de cada subcuenca se ha determinado basándose en la interpolación de los datos de pluviómetros con la base de datos CHELSA ya que en términos de magnitud es la más exacta. Por otro lado el tipo de régimen así como el patrón de estacionalidad de los caudales se han determinado en información disponible localmente ([Es así??](#)).

El modelo de desagregación a escala mensual asume que las precipitaciones acumuladas en cada mes siguen un comportamiento que puede ser representado por la siguiente distribución Log-normal con una variación temporal sinusoidal y desviación estándar  $s_1$ :

$$P_m = \exp\left(N\left(a + b1 \cdot \cos\left(\frac{t - \phi_1}{6}\right) + b2 \cdot \cos\left(\frac{t - \phi_2}{12}\right)\right)\right) \quad (3.1)$$

$N(\mu, \sigma)$  es a su vez una distribución Gaussiana con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$ . Los valores de las constantes  $a$ ,  $b_1$  y  $b_2$  se obtienen a partir de la precipitación media y máxima, mientras que las fases  $\phi_i$  dependen del régimen de precipitación.

En la figura 4.1 se muestra a modo de ejemplo una de las series generada para una cuenca con clima costero, representativa del sector más seco de la cuenca en la estación de Guaslán (cantón Riobamba). La línea roja representa el valor medio, la caja azul representa los valores situados entre los percentiles 25 % y 75 %, y las barras negras los extremos (los puntos en rojo son tratados como datos atípicos). A modo de comparación, en la figura 4.2 se muestran los valores observados en la misma estación.

El modelo para crear las series diarias usa el método de cascadas aleatorias multiplicativas (Molnar y Burlando (2005)) para desagregar las series mensuales. El modelo consta de dos parámetros: denominados *sig2* y *beta* que determinan la variabilidad e intermitencia de la lluvia (proporción media de días sin lluvia) y se usan para ajustar el modelo, con los valores observados en las series de precipitación disponibles. La Figura muestra la serie obtenida para la estación de Guaslán.

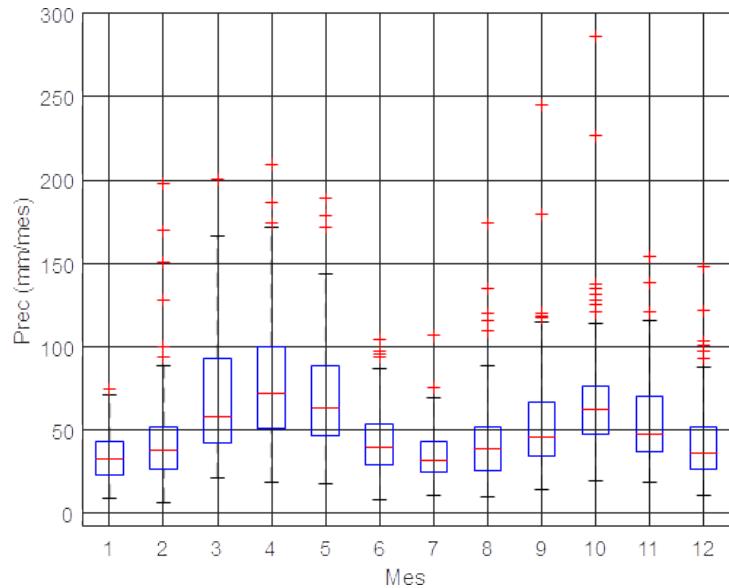


Figura 3.3: Valores simulados de precipitaciones mensuales en la zona de Guaslán

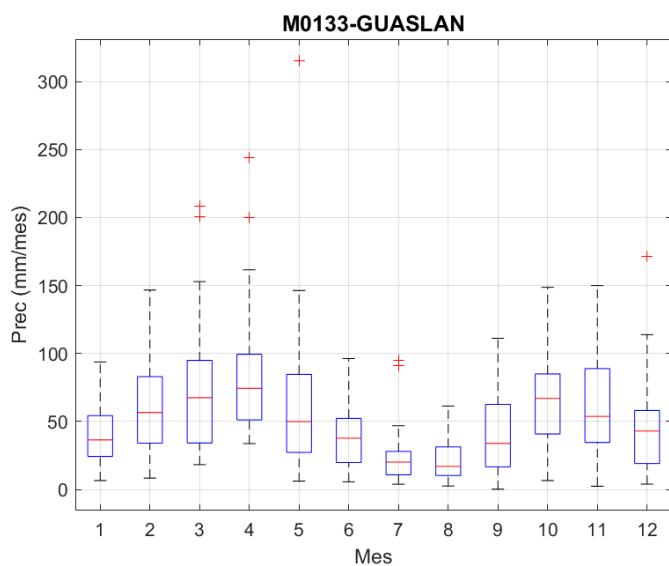


Figura 3.4: Valores observados de precipitaciones mensuales en la zona de Guaslán

### Comportamiento del régimen de precipitación

Con el fin de poder realizar un estudio completo de cómo es el comportamiento del régimen de precipitaciones, se seleccionaron 35 estaciones

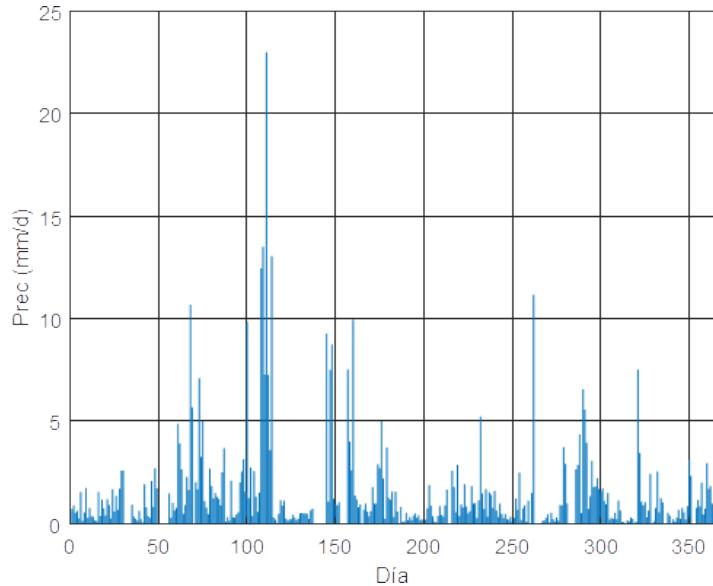


Figura 3.5: Un año de valores de precipitación diaria simulada en la zona de Guaslán

meteorológicas que abarcan de manera uniforme el área de la cuenca de Chambo y sus alrededores. Se han identificado principalmente dos regímenes diferentes, un régimen bimodal en el oeste (dos períodos secos y dos de lluvias al año) y el régimen monomodal (un período seco y uno de lluvias) en el este, con una franja que contiene un régimen mixto en las zonas centrales de la cuenca.

### 3.3. Temperatura

Para la generación de las series de temperatura se utilizaron datos de 10 termómetros situados en el entorno del área de estudio. Estos datos han sido sometidos al siguiente proceso de curado:

1. Se ha definido una frontera para detectar outliers o datos atípicos siguiendo el siguiente criterio:

$$\text{si } X_i > 5 \cdot \sigma_n^2 \text{ es un outlier, donde } \sigma_n^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (3.2)$$

2. Eliminación de datos consecutivos repetidos. La persistencia del mismo valor puede sugerir errores de transcripción o problemas en el caso de instrumentos con registro electrónico de datos, por ejemplo, en estaciones meteorológicas automáticas (Estévez et al., 2011).

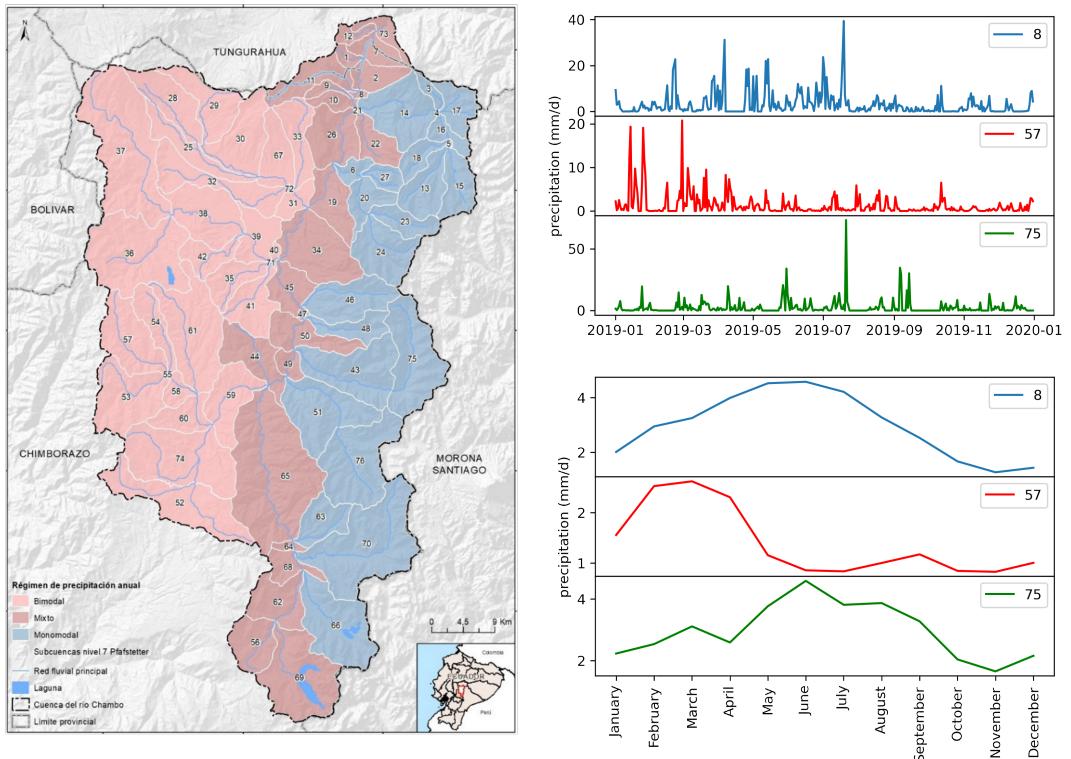


Figura 3.6: Series de precipitación para diferentes regiones de la cuenca Chambo. En el panel superior derecho se muestra la serie de precipitación correspondiente al año 2019 y en el panel inferior los valores medios mensuales desde el año 2000 hasta el año 2020.

De manera similar a cómo se procedió con las series de precipitación en la sección 3.1, se han completado los datos faltantes y huecos espaciales utilizando los datos de ERA5. En la figura ... se muestran las series de temperaturas máximas y mínimas para diferentes puntos de la cuenca. **armar gráfica explicar las gráficas**

# Modelos

## 4.1. Modelo Hidrológico

### 4.1.1. Modelo LEM

Para obtener las series de caudales en régimen natural en la cuenca del río Chambo se ha empleado el modelo hidrológico de equilibrio logístico, en adelante LEM, desarrollado por IH Cantabria.

Este modelo representa el proceso hidrológico a partir de las siguientes hipótesis empíricas:

1. Las cuencas hidrográficas son sistemas complejos que persiguen continuamente un equilibrio dinámico, dado por una combinación de factores climáticos ( precipitación y evapotranspiración potencial) y algunas características del terreno (topografía, vegetación, suelo, geología, etc.).

La evolución de la escorrentía ( $R$ ) hacia el equilibrio sigue la ley clásica de crecimiento descrito por la ecuación logística:

$$\frac{dR(t)}{dt} = K \cdot R(t) \cdot \left(1 - \frac{R(t)}{R_{eq}}\right) \quad (4.1)$$

2.  $R_{eq}$  es la escorrentía de equilibrio y se puede expresar como un coeficiente de escorrentía de equilibrio ( $C_{eq}$ ) multiplicado por la precipitación instantánea:  $R_{eq} = P \cdot C_{eq}$ .
3.  $K$  es la tasa de crecimiento y es una función lineal de la precipitación:  $K = P/S_0$ , donde  $S_0$  es una constante con unidades de longitud ( $mm$ ) que representa un espesor característico del suelo.
4. La ecuación logística no considera el tiempo de viaje desde las zonas de producción de escorrentía hasta el punto final de medida del caudal, en la salida de la cuenca. Cuando el intervalo de tiempo de análisis es del mismo orden de magnitud que el tiempo de respuesta de una cuenca, se debe agregar un método de propagación.

La versión estándar del LEM adopta un modelo lineal para el submodelo de enrutamiento y toma la forma del siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{dR(t)}{dt} = \frac{P(t)}{S_0} \cdot R(t) \cdot \left(1 - \frac{R(t)}{R_{eq}}\right) \quad (4.2)$$

$$\frac{d\hat{P}}{dt} = \frac{P(t) - \hat{P}}{\lambda} \quad (4.3)$$

$$\frac{d\hat{E}}{dt} = \frac{E(t) - \hat{E}}{\lambda} \quad (4.4)$$

$$R_{eq}(t) = P(t) \cdot C_{eq}(\psi); \quad C_{eq}(\psi) = e^{-a \cdot \psi}, \psi = \frac{\hat{E}}{\hat{P}} \quad (4.5)$$

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \frac{1}{\tau} K \cdot [R(t) - Q(t)] \quad (4.6)$$

Donde  $R$  y  $Q$  son la escorrentía total y la descarga medida en la salida de la cuenca, respectivamente.  $P$  y  $E$  son la precipitación y la evapotranspiración potencial en cada paso de tiempo, mientras que  $\hat{P}$  y  $\hat{E}$  son valores promediados de  $P$  y  $E$  durante un periodo de tiempo característico, respectivamente. Los parámetros del modelo son:

- $\lambda$  (días), el tiempo característico de respuesta de la cuenca ( $1/(25,465 * \log(s_0) - 19,494)$ ).
- $S_0$  (mm), que representa un espesor medio de suelo o una capacidad de almacenamiento característica de la cuenca.
- $a$ , un parámetro adimensional que modifica la forma de la función de equilibrio (típicamente en el rango 0.5-1.5)
- $\tau$  (horas), el parámetro de enrutamiento, que puede considerarse un tiempo de respuesta rápido de la cuenca.

Este sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias puede resolverse numéricamente con un esquema explícito incondicionalmente estable, ya que que todas las ecuaciones, y en especial la logística, tienen solución analítica.

#### 4.1.2. Modelo MELCA

MELCA es un modelo hidrológico semi-distribuido basado en LEM. Este modelo considera varias subcuenca, cada una de ellas con sus parámetros y forzamientos climáticos diferenciados y permite incluir una serie de particularidades asociadas a las cuencas tropicales andinas como la inclusión de páramos y bofedales con sus topologías y estado de conservación. El modelo convierte la superficie de cada uno de estos ecosistemas andinos en una capacidad equivalente de almacenamiento del suelo. También incluye factores de corrección para la evotranspiración en zonas de alta montaña, el efecto de glaciares y la aportación de agua atmosférica proveniente de niebla (flujo que es significativo en zonas cuencas andinas tropicales).

#### 4.1.3. Parámetros físicos

##### Capacidad de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento del terreno se ha estimado mediante el método del Número de Curva del *Soil Conservation Service* (SCS).

Si consideramos que para una cantidad de precipitación  $P$ , una cantidad  $P_e$  se escurre directamente y una cantidad  $I_a$  se infiltra inicialmente. Por otro lado, una cantidad de agua  $F_a$  es retenida y es menor a la capacidad máxima de almacenamiento de la cuenca  $S_{max}$ .

El método SCS supone que entre todas las cantidades descriptas, se satisface la siguiente relación:

$$\frac{F_a}{S_{max}} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (4.7)$$

Si además aplicamos el principio de continuidad para la precipitación,  $P = P_e + I_a + F_a$  y la relación experimental entre  $S_{max}$  y  $I_a$ ,  $I_a = 0,2 \cdot S_{max}$ , obtenemos una relación entre  $P_e$  y  $S_{max}$ :

$$P_e = \frac{(P - 0,2 \cdot S_{max})^2}{P - 0,8 \cdot S_{max}} \quad (4.8)$$

El número de curva (CN) se relaciona con la capacidad de almacenamiento máxima de la cuenca de la siguiente manera:

$$S_{max} = 25,4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (4.9)$$

Los números de curva se encuentran tabulados en función del tipo y uso del suelo (referencia).

Una vez conocidas las capacidades máximas de almacenamiento del suelo por subcuenca, podemos calcular el almacenamiento característico  $S_0$ , tal y como lo requiere el modelo LEM, antes descrito. De acuerdo a la experiencia de aplicación del modelo en otras cuencas, podemos asumir con buen grado de ajuste la siguiente relación:

$$S_{max} = 9 \cdot S_0 \quad (4.10)$$

##### Coeficiente de enrutamiento

El parámetro de enrutamiento  $\tau$  representa el retardo entre la generación de la escorrentía en el territorio y su llegada al punto de medida en el final de cada tramo. Este parámetro tiene muy poca influencia en el cálculo de los recursos hídricos, ya que no altera el balance de masa, sino que retrasa ligeramente la llegada del caudal (unas horas, mientras que el paso de tiempo de cálculo es un día).

## Factores correctores de las precipitaciones

Como se ha mencionado en el capítulo 3, los datos de precipitación correspondientes a las zonas más altas de la cuenca son escasos. Es por esto que es necesario aplicar un factor de corrección,  $f_{cp}$ , a las series de precipitación que tiene en cuenta la influencia de la altitud de cada subcuenca, en general las subcuencas que se encuentran a mayor altitud tendrán un factor de corrección mayor.

## Cálculo de la evapotranspiración corregida

La evapotranspiración potencial (ETP) se ha calculado con base en la fórmula de la FAO 56 PM (referencia), que toma los datos de temperatura máxima y mínima de rásteres en cada subcuenca:

$$ETP_0\left(\frac{mm}{d}\right) = \frac{12,64}{365,25} \cdot \left(T_{med} + 17,8\right) \cdot \left(T_{max} - T_{min}\right)^{0,5} \quad (4.11)$$

Para calcular las temperaturas máximas y mínimas diarias,  $T_{max}$  y  $T_{min}$ , se han usado las interpolaciones de los datos instrumentales y la base de datos de ERA5 3.3.

En las cuencas ecuatorianas andinas, la fórmula anterior tiende a sobreestimar la ETP en hasta un 30 % (Córdova,2015), ya que no considera el efecto del aumento de radiación solar ni las condiciones locales de humedad relativa y por otro lado la presencia de viento en esas zonas también distorsiona el valor de ETP. Por lo tanto, se ha aplicado un factor corrector al resultado de la fórmula de la FAO que depende de la altitud y orientación de cada cuenca:

$$ETP\left(\frac{mm}{d}\right) = f_{ce} \cdot ETP_0\left(\frac{mm}{d}\right) \quad (4.12)$$

## Calibración del modelo

Para calibrar el modelo se han utilizado datos de caudales recogidos por diferentes estaciones de aforo proporcionados por MAATE (REF) y los valores de caudal promedio aportados por el documento de Aportes a la planificación para la gestión integral de los recursos hídricos de Rodríguez, J. (2015). El modelo es entonces calibrado ajustando los factores de corrección  $f_{cp}$  y  $f_{ce}$  de manera tal que los caudales mensuales medios simulados se acerquen lo máximo posible a los valores medidos en las estaciones de aforo.

En la figura 4.1 se muestran a modo de ejemplo, los valores observados (panel inferior) y simulados (panel superior) para la subcuenca 8. La línea roja representa el valor medio, la caja azul representa los valores situados entre los percentiles 25 % y 75 %, y las barras negras los extremos (los puntos

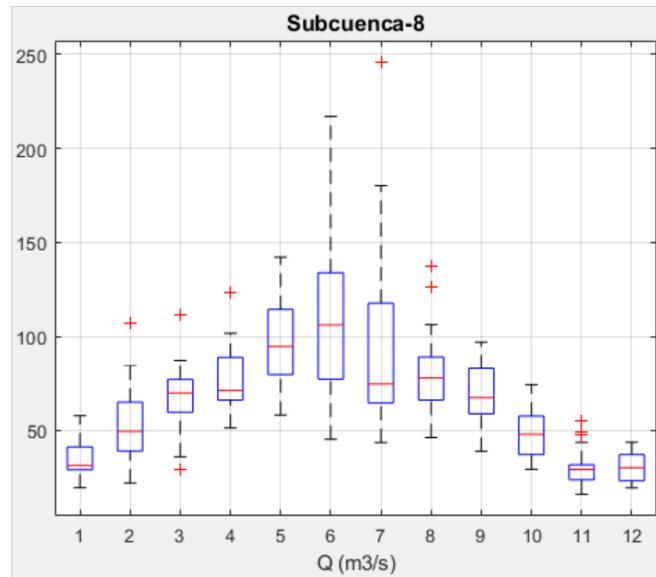


Figura 4.1: Valores simulados de caudales mensuales para la subcuenca 8.

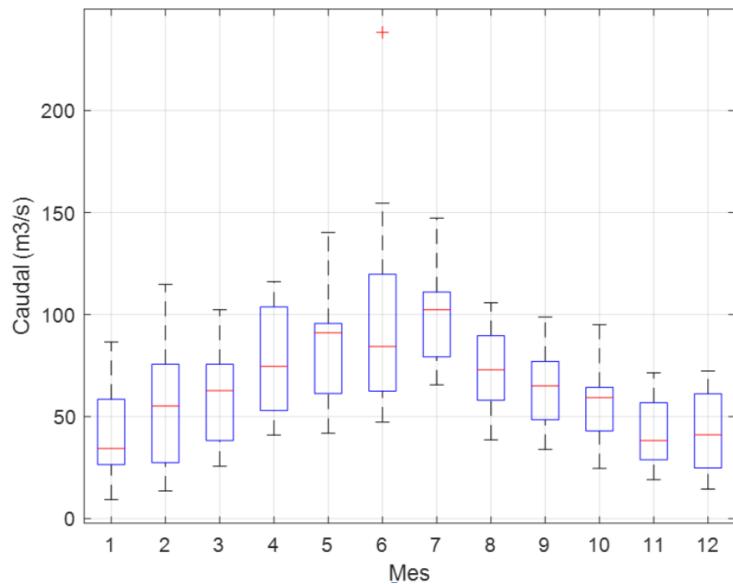


Figura 4.2: Valores observados de caudales mensuales para la subcuenca 8.

en rojo son tratados como datos atípicos). Se puede observar que a calibración ha ayudado a igualar considerablemente los caudales modelados con los caudales aforados.

## Resultados obtenidos con MELCA

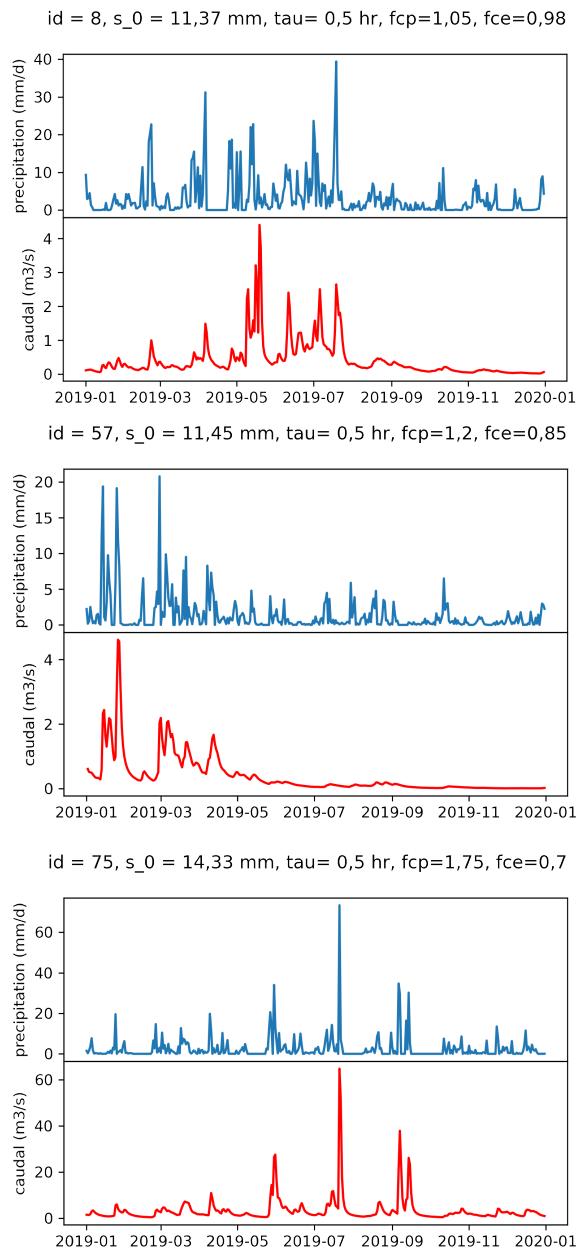


Figura 4.3: Simulaciones de caudales naturales para tres subcuenas durante el año 2019, en las graficas superiores se muestran las series de precipitación de entrada y los parámetros del modelo.

En la figura 4.3 se muestran graficas con los resultados para las subcuen-

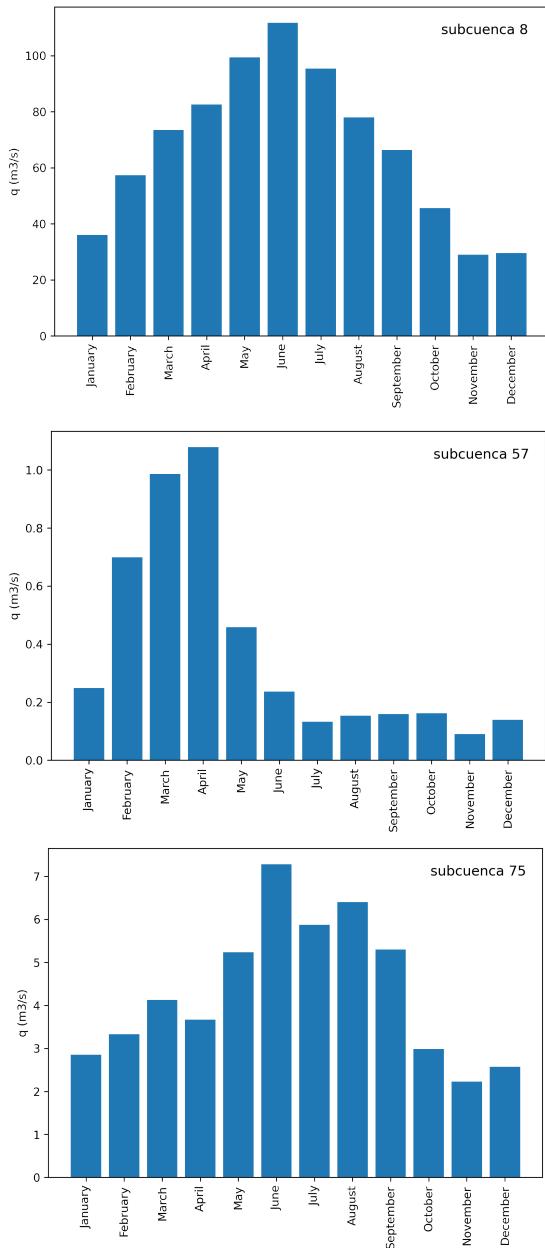


Figura 4.4: Valores medios mensuales de caudal natural para tres subcuencas durante los años 2000 y 2020.

cas con id 8, 57 y 75 (ver figura 3.6). En los paneles superiores se muestran las series de precipitación de entrada y los parámetros del modelo, capacidad de almacenamiento, coeficiente de enrutamiento y los factores de corrección. La cuenca más alta es la 75 (?) y posee el mayor factor de corrección  $f_{cp}$ , la

más baja es la 8 y tiene el factor de corrección menor.

Tal y como vimos en la sección 3.2, la subcuenca 8 presenta un regimen de precipitaciones mixto, de las tres cuencas es la que se encuentra más aguas abajo por lo que el caudal medio, —, es considerablemente superior que en las otras dos. Su area es de — la superficie agregada de la cuenca es de — (sumando la superficie de las cuencas aguas arriba que vierten ella) lo que se produce en una productividad de —. La cuenca 57 se encuentra en la region oeste, presente un regimen bimodal, caudal medio de —, superficie — y productividad media de —, mientras que la cuenca 75 presenta un régimen monomodal y sus valores son—, — y respectivamente.

En la figura ... se muestran los caudales medios mensuales para la salida de la cuenca (subcuenca 73) . El caudal medio es de —  $m^3/s$  este asciende a un valor máximo de ...entre los meses de ... y de ...., y presenta un mínimo de .... entre los meses de .... y ..... La superficie agregada de la cuenca es de  $3590 \text{ km}^2$ , con una precipitación media de  $1120 \text{ mm}$  que se traducen en una productividad de —.

(agregar caudales de escorrentía para cada una)

## 4.2. Modelado de balance hidrológico

Una vez obtenidos los caudales naturales y las demandas en la cuenca del río chambo se pueden calcular los caudales intervenidos fluyentes por los tramos de ríos. Para un primer análisis se ha creado un software que calcula para cada una de las subcuenca el resultado final de forma agregada teniendo en cuenta los flujos de entrada proveniente de las subcuenca aguas arriba, el flujo del caudal natural local, las demandas de agua en dicha subcuenca y el caudal de retorno de las demandas que vierten a ese tramo. Cabe destacar que para este primer análisis no se han establecido criterios de prioridades de las demandas por lo cual no nos centraremos en un problema de optimización, en cambio consideraremos que todas las demandas tienen las mismas prioridades.

$$q_{total} = q_{entrada} + q_{natural} - q_{demandas} + q_{retornos} \quad (4.13)$$

En la figura 4.5 se muestra una representación conceptual de la cuenca, donde se puede seguir el recorrido de los flujos de aguay la estructura lógica que conecta las diferentes subcuenca y usos de agua. Y en la figura 4.6 se muestra el diagrama de flujos del programa que calcula el balance hidrológico para cada subcuenca. Este programa realizado en python, realiza las siguientes acciones:

1. ejecuta el modelo MELCA, cuyo resultado son las series con los caudales para todas las subcuenca de Chambo y selecciona la serie correspondiente al id de la subcuenca de estudio.

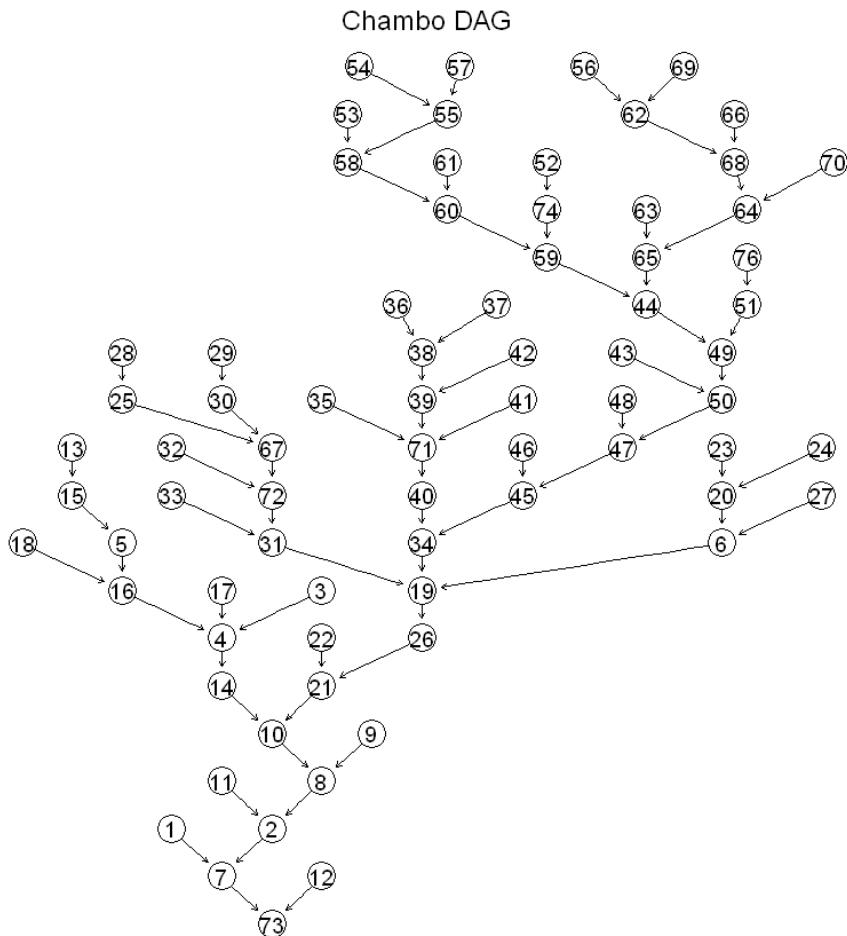


Figura 4.5: Modelo conceptual del entramado de los tramos de la cuenca del río Chambo.

2. utilizando la matriz de conectividades, cuyas filas son las cuencas receptoras y cuyas columnas las cuencas tributarias (ver figura ...) encuentra los ids de las cuencas tributarias.
3. encuentra para cada uno de estos ids las demandas totales, seleccionando las filas que satisfacen la condiciones  $INIC=id$  (ver tabla demandas) y las agrega.
4. de manera similar calcula los retornos totales, pero esta vez aplicando la condición  $FIN=id$  sobre la tabla demandas ya que los caudales de retorno son los flujos vertidos aguas abajo por las demandas
5. Encuentra las demandas ecosistémicas para cada uno de estos ids y las

agrega.

6. calcula el resultado final como en la ecuación 4.13.

A modo de ejemplo, si queremos calcular el caudal resultante para la sub cuenca 68, entonces las cuencas tributarias son las 66 y 62 (ver figura 4.5), estas se obtienen al imponer la condición a la matriz de conectividades,  $matcon[66, :] == 1$ . Una vez se obtienen los ids de las cuencas tributarias, se procede a calcular el caudal final como se explica en los puntos 3-6.

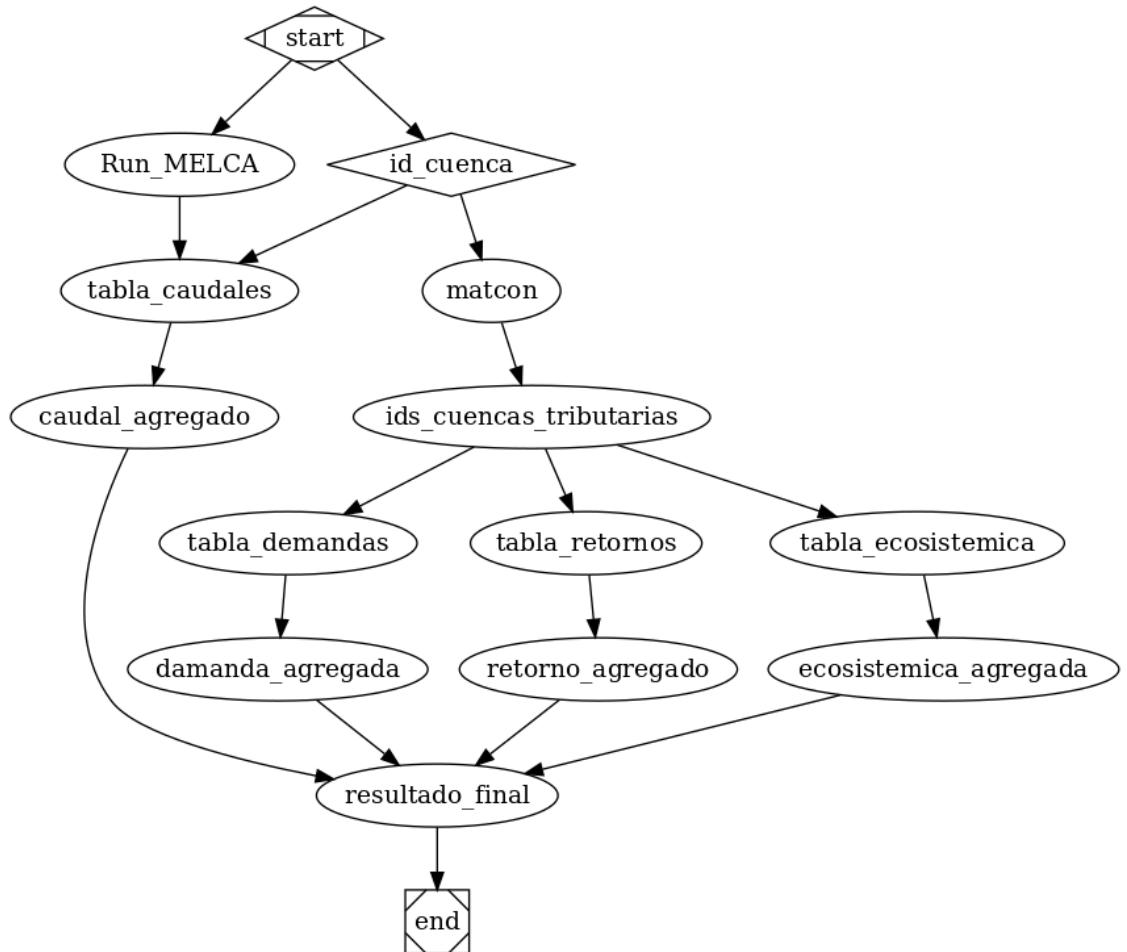


Figura 4.6: Diagrama de flujos del programa que calcula el balance hidrológico de la cuenca.

### 4.3. Modzin

# **Resultados**

## **5.1. Caudales simulados**

## Análisis de Escenarios

## **Conclusiones**

Por último las conclusiones.

## Bibliografía

- [1] UNLP<sup>®</sup>: *Universidad Nacional de La Plata*. <https://info.unlp.edu.ar/>, 2001-2015. Accedido: 2011.