

CERTIFICACIÓN

Ing. Fernando Oñate Valdivieso, MSc.

DOCENTE INVESTIGADOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado la tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Civil, presentada por el señor José Luis Samaniego Ortega; titulada: **“VALIDACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DEL POLINOMIO ECOLÓGICO”**, la misma que se encuentra científica y reglamentariamente en condiciones de presentarse para la graduación del postulante.

Por lo expuesto, autorizo su presentación, disertación y defensa.

Ing. Fernando Oñate Valdivieso, MSc.

DIRECTOR DE TESIS



CESIÓN DE DERECHOS

José Luis Samaniego Ortega, declara conocer y aceptar la disposición del artículo 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero académico o institucional operativo de la Universidad”.

José Luis Samaniego O.
AUTOR



AUTORÍA

El proceso de investigación que se ha realizado en esta tesis como: análisis, verificaciones, comprobaciones, conclusiones y recomendaciones, así también como observaciones son de absoluta responsabilidad del autor.

Además, cabe indicar que la información recopilada para el presente trabajo, se encuentra debidamente especificada en el apartado de las referencias.

José L. Samaniego Ortega.



AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme guiado en mis pensamientos y acciones, por su misericordia a través de los años, y por haberme ayudado a la terminación de mi meta.

A mi querida madre Sra. Victoria Ortega que con su trabajo desde el exterior, haciendo la de padre y madre me ayudo y me apoyo siempre para terminar mis estudios.

A mi querido padre Sr. José Samaniego que desde algún lugar del cielo me esta viendo y abogando por mi ante Dios para seguir hacia adelante.

A mis queridos abuelos Sr. Ángel Ortega Y Sra. Amada Cuenca que siempre me han brindado un hogar ante la usencia de mis padres.

A mis hermanas: Paulina, Ximena, Yurzabeth, que siempre han estado ahí apoyándome, aconsejándome en mis momentos más difíciles.

Al Ingeniero Fernando Oñate Valdivieso, Director de tesis, por que como profesional, humano, supo brindar su tiempo y atención desde el principio hasta el final de la tesis.

A la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus docentes, que a través de la Escuela de Ingeniería Civil, me formaron profesionalmente.

A mis amigos y compañeros y a todos aquellos en que en algún momento me brindaron su ayuda para la culminación de la tesis.



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a mis señores padres y hermanas que siempre con su apoyo y cariño han estado respaldándome para alcanzar una de mis metas.

En especial agradezco a mi querida madre que gracias a su esfuerzo y amor he logrado terminar el presente trabajo. Infinitas gracias madre mía.

Jose Luis Samaniego Ortega.



CONTENIDO



CONTENIDO

Certificación

i	
Cesión de derecho	ii
Autoría	iii
Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
Contenido	vi
Índice de figuras	viii
Índice de gráficas	ix
Índice de cuadros	ix
Índice de tablas	x
Índice de ejemplos	x
Simbología	xi

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Presentación del proyecto	01
1.2. Introducción	01
1.3. Justificación	02
1.4. Alcance	02
1.5. Objetivos de la investigación	02
1.5.1. Objetivo General	02
1.5. 2. Objetivos específicos	02
1.6. Organización de la investigación	03

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.- Concepto de ecosistema	04
2.2.- Cuenca hidrográfica	04
2.2.1.- Concepto	04
2.2.2.- Tipos de cuencas	05
2.2.3.- Tipos de cuencas hidrográficas	05
2.2.4.- Clasificación de las cuencas hidrográficas	06
2.2.5.- Características morfométricas de una cuenca	06
2.2.5.1.- Área de la cuenca	06
2.2.5.2.- Perímetro de la cuenca	07
2.2.5.3.- Índice de Gravelius	07
2.2.5.4.- Elevación media de la cuenca	07
2.2.5.5.- Pendiente media de la cuenca	08



2.2.5.6.- Densidad de drenaje	08
2.2.6.- Clasificación de las corrientes	09
2.2.7.- Métodos para determinar la precipitación media de una cuenca	09
2.3.- Estimación de caudal	10
2.4.- Estaciones Hidrológicas	10
2.4.1.- Concepto	10
2.4.2.- Tipos de estaciones hidrológicas	11
2.4.2.1.- Estaciones limnimétricas	11
2.4.2.2.- Estaciones limnigráficas	11
2.5.- Estaciones Meteorológicas	12
2.5.1.- Concepto	12
2.5.2.- Tipos de estaciones meteorológicas	12
2.5.3.- Clasificación de estaciones meteorológicas	13
2.5.3.1.- Observaciones sinópticas	13
2.5.3.2.- Observaciones climatológicas	13
2.5.3.3.- Observaciones aeronáuticas	13
2.5.3.4.- Observaciones marítimas	13
2.5.3.5.- Observaciones agrícolas	14
2.5.3.6.- Observaciones de la precipitación	14

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA APLICADA

3.1.- Selección y delimitación de las cuencas hidrográficas	15
3.2.- Ubicación y características generales de las áreas de estudio	15
3.3.- Obtención de los datos meteorológicos e hidrológicos	15
3.4.- Chequeo de los datos obtenidos en el INAMHI	18
3.4.1.- Chequeo de homogeneidad de los datos de precipitación	18
3.4.2.- Relleno de datos faltantes	18
3.4.2.1.- Relleno de los datos de precipitación	18
3.4.2.2.- Relleno de los datos de temperatura	19
3.5.- Cálculo de las precipitaciones medias mensuales de las cuencas en análisis por el método de los polígonos de Thiessen	19
3.6.- Cálculo de la Evapotranspiración de las cuencas en análisis por el método de Thornthwaite	20
3.7.- Determinación de los caudales medios mensuales de las cuencas en análisis por el método del polinomio ecológico	21
3.8.- Calibración de los parámetros hidrológicos del polinomio ecológico	22
3.9.- Validación de los parámetros hidrológicos del polinomio ecológico	22
3.10.- Análisis estadístico de los resultados obtenidos	23
3.10.1.- Coeficiente de correlación R^2	23
3.10.2.- Coeficiente de eficiencia de Nash & Sutcliffe	24
3.10.3.- Coeficiente de determinación "CD"	24
3.10.4.- Error cuadrático medio (RMSE)	25
3.10.5.- Error medio (BIAS)	25



3.10.6.- Error medio absoluto (MAE)	25
CAPÍTULO IV: DATOS, CÁLCULOS Y RESULTADOS.	
4.1.- Cálculo de m, n y K para las cuencas en análisis	26
4.1.1.- Valores de m, n, y K calculados para la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi	26
4.1.2.- Valores de m, n, y K calculados para la cuenca perteneciente al río Quijos Dj Oyacachi	27
4.1.3.- Valores de m, n, y K calculados para la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo	28
4.1.4.- Valores de m, n, y K calculados para la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo	28
4.2.- Ejemplo de cálculo de caudales medios mensuales por el método del polinomio ecológico	29
4.3.- Gráficas de comparación de caudales calculados y observados a través del tiempo	30
4.4.- Gráfica de caudales observados y caudales calculados en los que los parámetros hidrológicos han sido validados	35
4.6.- Resultados estadísticos al comparar los caudales calculados por el método del polinomio ecológico y los caudales observados en las estaciones hidrológicas	37
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS	
5.1.- Análisis de los valores de m, n y K calibrados y calculados	38
5.1.1.- Análisis de los valores de m, n y K para la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi	38
5.1.2.- Análisis de los valores de m, n y K para la cuenca perteneciente al río Quijos Dj Oyacachi	38
5.1.3.- Análisis de los valores de m, n y K para la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo	39
5.1.4.- Análisis de los valores de m, n y K para la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo	40
5.2.- Análisis de las gráficas de comparación de caudales observados y calculados	40
5.3.- Análisis estadístico de los resultados obtenidos	41
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1.- Conclusiones	43
6.2.- Recomendaciones	44



BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXO I	47
ANEXO II	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Cuenca hidrográfica	04
Fig. 2.2 Divisoria hidrográfica y divisoria hidrogeológica	05
Fig. 2.3 Tipos de cuencas hidrográficas	06
Fig. 2.4 Estación hidrológica	11
Fig. 2.5 Estación limnimétrica	11
Fig. 2.6 Estación limnigráfica	12
Fig. 2.7 Estación meteorológica	12
Fig. 3.1 Polígonos de Thiessen para el cálculo de precipitaciones medias mensuales	20

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1 Método de doble masas	18
Gráfica 3.2 Regresión lineal para el relleno de datos faltantes de precipitación	19
Gráfica 3.3 Gráfica de temperaturas medias mensuales plurianuales versus de cotas de todas las estaciones meteorológicas que poseen temperatura	19
Gráfica 4.1 Caudales calculados y observados correspondientes a la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi	31
Gráfica 4.2 Caudales calculados y observados correspondientes a la cuenca perteneciente al río Quijos Dj Oyacachi	32
Gráfica 4.3 Caudales calculados y observados correspondientes a la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo	33
Gráfica 4.4 Caudales calculados y observados correspondientes a la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo	34
Gráfica 4.5 Caudales observados y caudales calculados en los que los parámetros hidrológicos han sido validados, para la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi	35
Gráfica 4.5 Caudales observados y caudales calculados en los que los parámetros hidrológicos han sido validados, para la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Valores para determinar la forma de la cuenca	07
Cuadro 2.2 Valores del coeficiente de compacidad	09



Cuadro 3.1	Ubicación y características generales de las cuencas seleccionadas	16
Cuadro 3.2	Estaciones meteorológicas e hidrológicas utilizadas en la presente investigación	17
Cuadro 3.3	Valores de Ka para la aplicación de método de Thornthwaite	21
Cuadro 3.4	Coefficientes ecológicos, geomorfológicos y de regulación natural de una cuenca	23
Cuadro 4.1	Resultados estadísticos	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1	Coeficiente m ponderado para la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi	26
Tabla 4.2	Coeficiente n ponderado para la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi	26
Tabla 4.3	Valores de K ponderados para la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi	27
Tabla 4.4	Coeficiente m ponderado para la cuenca perteneciente al río Quijos Dj Oyacachi	27
Tabla 4.5	Coeficiente n ponderado para la cuenca perteneciente al río Quijos Dj Oyacachi	27
Tabla 4.6	Valores de K ponderados para la cuenca perteneciente al río Quijos Dj Oyacachi	27
Tabla 4.7	Coeficiente m ponderado para la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo	28
Tabla 4.8	Coeficiente n ponderado para la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo	28
Tabla 4.9	Valores de K ponderados para la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo	28
Tabla 4.10	Coeficiente m ponderado para la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo	28
Tabla 4.11	Coeficiente n ponderado para la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo	29
Tabla 4.12	Valores de K ponderados para la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo	29

ÍNDICE DE EJEMPLOS

Ejemplo: Cálculo de caudales medios mensuales por el método del polinomio ecológico



SIMBOLOGÍA



SIMBOLOGÍA

A	Área de la cuenca (Km ²)
A_i	Área del polígono correspondiente a la estación i (m ² o Km ²)
Am	Altitud media de la cuenca (m)
a	Valor que varía con el índice anual de la localidad (adimensional)
BIAS	Error medio
CD	Coeficiente de determinación
D	Intervalo entre las curvas de nivel (Km)
Dd	Densidad de drenaje (Km/Km ²)
EF	Coeficiente de eficiencia de Nash & Sutcliffe
e	Altitud media de la franja de terreno comprendida entre dos curvas de nivel (m)
ET_o	Evapotranspiración en el mes j, en cm.
i	índice térmico mensual (adimensional)
I	Índice anual de calor
Ic	Índice de Gravelius (adimensional)
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
K	Relación entre la evapotranspiración y la precipitación (adimensional)
Ka	Constante que depende de la latitud y el mes del año (adimensional)
L	Longitud total de las curvas de nivel (Km)
La	Longitud acumulada de corrientes en km.
MAE	Error medio absoluto
m	Coeficiente que depende de las características geomorfológicas de la cuenca (adimensional)
N	Número de datos
n	Coeficiente que depende de las características de regulación natural de la cuenca (adimensional)
P	Perímetro de la cuenca (Km)
p_i	Precipitación observada en la estación i. (mm)
P_i	Precipitación media de la cuenca del mes actual (mm)
P_{i-1}	Precipitación media de la cuenca del mes anterior (mm)
P_{i-2}	Precipitación media de la cuenca del mes tras anterior (mm)
Pm	Precipitación media mensual sobre la cuenca. (mm)
pm	Pendiente media de la cuenca (%)



Q	Caudal medio mensual de la cuenca (m ³ .s ⁻¹)
Q_c	Valor medio de los caudales observados
Q_c (i)	Caudales observados
Q_d (i)	Caudales calculados
R²	Coeficiente de correlación
RMSE	Error cuadrático medio.
s	Superficie entre dos curvas de nivel (Km ²)
S	Superficie total de la cuenca (Km ²)
T_j	Temperatura media en el mes j, en °C.
μ_c	Media de los caudales observados
μ_D	Media de los caudales calculados
σ_c	Desviación estándar de los caudales observados
σ_D	Desviación estándar de los caudales calculados



CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO



1.1.- PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En el presente trabajo investigativo se analizó y calibró los parámetros hidrológicos utilizados por el método del polinomio ecológico, el cual permite determinar caudales medios mensuales de una cuenca hidrográfica. La calibración de los parámetros hidrológicos se hizo para varias cuencas que fueron seleccionadas de diferentes lugares del país, permitiéndonos de esta manera estudiar y calibrar la mayoría de los coeficientes que se encuentran en el cuadro de Gómez, F 1990; cuadro que es utilizado por el método del polinomio ecológico.

1.2.- INTRODUCCIÓN

Conforme la población humana aumenta, mayor es la utilización y consumo de los recursos hídricos naturales, por lo que la determinación de la disponibilidad de agua en una cuenca hidrográfica es de vital importancia para la existencia humana; por esta razón es necesario conocer con la mayor precisión posible el caudal que se genera en una cuenca.

El polinomio ecológico es uno de los métodos utilizados para la determinación de caudales en una cuenca, este método se basa en coeficientes (parámetros hidrológicos) que han venido siendo utilizados en varios proyectos importantes del país, sin embargo estos coeficientes no han sido analizados en cuanto a la precisión que tienen para la determinación de caudales, motivo por el cual en la presente investigación se realizó la validación y calibración de los parámetros hidrológicos (coeficientes) del polinomio ecológico.

Para el cálculo de caudales se utilizó los datos estadísticos obtenidos del INAMHI como son: precipitaciones mensuales y temperaturas medias mensuales, mientras que para la calibración de los parámetros hidrológicos se realizó una correlación entre caudales calculados versus generados, en donde estos últimos igualmente fueron obtenidos del INAMHI.

Todos los parámetros hidrológicos fueron calibrados para las siguientes cuencas: Cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo, cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo, cuenca perteneciente al río Guayllabamba AJ Cubi y cuenca perteneciente al río Quijos DJ Oyacachi.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

Debido a la importancia que tiene el encontrar la disponibilidad de agua en cuencas hidrográficas para el diseño de proyectos hidroeléctricos, sistemas de



riego, captaciones, etc.; es indispensable conocer la precisión de los factores que influyen en el método seleccionado (polinomio ecológico) para el cálculo de caudales, ya que su conocimiento permitirá mejorar las estimaciones de caudal, reduciendo de esta manera la incertidumbre que se puedan generar en los diferentes estudios donde se utilice el método del polinomio ecológico.

1.4.- ALCANCE

Los análisis y resultados que se obtuvieron en la presente investigación, al comparar los caudales generados versus los calculados para varias cuencas hidrográficas, promueve a que se realicen futuras investigaciones de coeficientes hidrológicos que son utilizados por otros métodos y obtenidos mediante tablas.

1.5.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1.- Objetivo general

- Validar y calibrar los parámetros hidrológicos del polinomio ecológico.

1.5.2.- Objetivos específicos

- Determinar el número de estaciones meteorológicas e hidrológicas que influyen sobre las cuencas hidrográficas seleccionadas.
- Calcular las precipitaciones medias mensuales por el método de los polígonos de Thiessen.
- Calcular las evapotranspiraciones medias mensuales plurianuales por el método de Thornwaite.
- Calcular los caudales medios mensuales por el método del polinomio ecológico.
- Comparación de los caudales observados versus los caudales calculados.
- Encontrar los coeficientes hidrológicos corregidos.

1.6.- ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- Capítulo 1: Descripción general del proyecto.
- Capítulo 2: Marco teórico.
- Capítulo 3: Metodología.
- Capítulo 4: Datos, cálculos y resultados.



- Capítulo 5: Análisis de resultados.
- Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones.
- Bibliografía y anexos.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- CONCEPTO DE ECOSISTEMA

Un ecosistema es el conjunto formado por los seres vivos de una comunidad y el espacio físico donde viven, donde se relacionan recíprocamente; es la combinación de componentes bióticos y abióticos a través de los cuales fluye la energía y circulan los materiales.

“Un ejemplo típico de ecosistema es el de un lago, pero también son



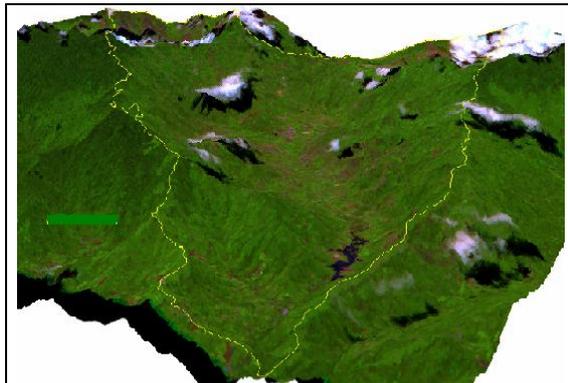
ecosistemas un desierto. Un ecosistema puede ser tan pequeño como un leño caído o tan grande como la Biosfera”¹ .

2.2.- CUENCA HIDROGRÁFICA

2.2.1.- Concepto

“La cuenca hidrográfica es el área geográfica limitada en la parte superior por las divisorias de agua y en la inferior por el cauce receptor, sobre la cual las fuentes hídricas y el agua lluvia que cae se dirigen o convergen en busca de un río o lago central que actúa como colector principal”². Además una cuenca no solo es un ámbito geográfico, pues esta acoge una población humana que aprovecha los recursos que hay en ella.

FIGURA 2.1.- Cuenca hidrográfica.



FUENTE: <http://www.fii.org/wwwcpdi/jornadas/pdf/tarazona.pdf>

2.2.2.- Tipos de cuencas

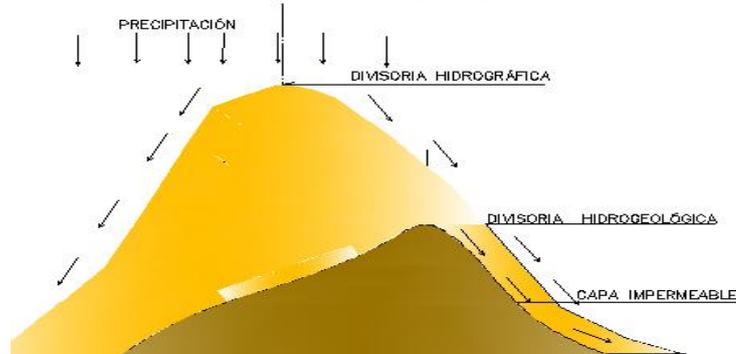
“Las cuencas pueden ser hidrográficas e hidrogeológicas. Las cuencas hidrográficas son aquellas en que la superficie total es drenada por un río y sus afluentes aguas arriba (o lo que es igual a la cuenca topográfica); mientras que la cuenca hidrogeológica se refiere a la cuenca de aguas subterráneas, que

¹ <http://www.drpez.net/panel/showthread.php?t=233430>
² <http://corpocaldas.gov.co/secciones/infogeneral.php?ele=154>



puede no coincidir con la cuenca topográfica quedando definida por la divisoria de sistemas de flujo subterráneo”³.

FIGURA 2.2.- Divisoria hidrográfica y divisoria hidrogeológica.



FUENTE: El autor

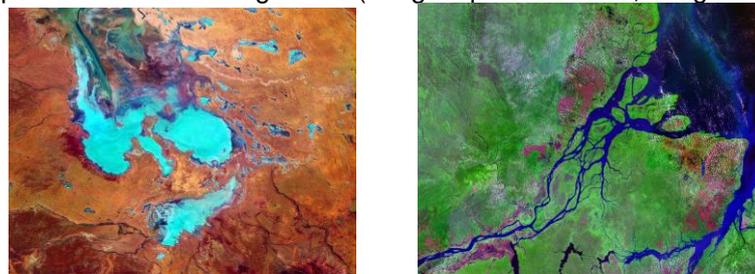
2.2.3.- Tipos de cuencas hidrográficas

“De acuerdo al lugar donde depositan las aguas, las cuencas pueden ser de dos tipos: exorreicas y endorreicas.

Exorreicas: Son aquellas en las que el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca, depositando sus aguas en otro río o en el mar.

Endorreicas: Es un área en la que el agua no tiene salida superficialmente, por ríos o hacia el mar. Cualquier lluvia o precipitación que caiga en una cuenca endorreica permanece allí, abandonando el sistema únicamente por infiltración o evaporación.”⁴

FIGURA 2.3.- Tipos de cuencas hidrográficas (Imag. Izq.= endorreica; Imag. Dere.= exorreica).



FUENTE: http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_endorreica

³ <http://64.233.183.104/search?q=cache:-11HdcySzEJ:geología.ujaen.es/usr/respino/HID-Tema%25207.ppt+tema+7+escorrentia&hl=clnk&cd=1&gl=ec>

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_endorreica



2.2.4.- Clasificación de las cuencas hidrográficas

Para el Ecuador, debido a las características de las cuencas, el Departamento de Cuencas Hidrográficas del ex INEFAN propone la siguiente clasificación:

- Sistema hidrográfico ($\geq 300\ 000$ ha).
- Cuenca (100 000 a 300 000 ha).
- Subcuenca (15 000 a 100 000).
- Microcuenca (4000 a 15 000 ha).
- Mini cuenca (≤ 4000 ha).

Según Vásquez, 1997, citado por Zury, 2004 define que el tamaño de las microcuencas se encuentran entre los 15 y 150Km² (1500 a 15 000 ha).

2.2.5.- Características morfométricas de una cuenca

Las características morfométricas de una cuenca son las propiedades físicas que tiene como son: área, perímetro, diferencia de elevación del cauce, diferencia de elevación de la cuenca, forma de la cuenca, densidad de la red de drenaje etc.

2.2.5.1.- Área (A)

El área de una cuenca es la proyección horizontal de una superficie. Esta área se la puede determinar mediante sistemas informáticos como son: IDRISI, GEOVISION, AUTOCAD, SOLIR, etc.

2.2.5.2.- Perímetro (P)

Es la longitud de la divisoria de aguas que separa a una cuenca de otra.

2.2.5.3.- Índice de Gravelius (Ic)



Cuencas con la misma área y con el mismo perímetro pueden tener diferentes formas, lo cual crea también dos comportamientos diferentes. “Por lo tanto la forma de la cuenca se caracteriza por el coeficiente de compacidad I_c establecido por Gravelius, 1914; HORTON, 1932; JARDÍ, 1985 que nos señala la siguiente relación:

$$I_c = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2.1)$$

Donde:

- I_c - Coeficiente de Gravelius.
- P - Perímetro de la cuenca (Km).
- A - Área de la cuenca (Km).⁵.

CUADRO 2.1.- Valores para determinar La forma de la cuenca.

I_c	Forma de la Cuenca	Tendencia Crecidas
1-1,25	Da casi redonda a oval redonda	Alta
1,25-1,5	De oval redonda a oval oblonga	Media
1,5-1,75	De oval oblonga a rectangular	Baja

FUENTE: ONATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. Apuntes de hidrología.

2.2.5.4.- Elevación media de la cuenca

Influye principalmente en la temperatura y en la forma de precipitación. Se la puede calcular de la siguiente manera:

$$Am = \frac{\sum (s \times e)}{S} \quad (2.2)$$

Donde:

- Am - Altitud media de la cuenca (m).
- s - Superficie entre dos curvas de nivel (Km²).
- e - Altitud media de la franja de terreno comprendida entre dos curvas de nivel (m).
- S - Superficie total de la cuenca (Km²).

2.2.5.5.- Pendiente media de la cuenca

⁵ <http://age.ieg.csic.es/boletin/38/17%20IBISATE%20311-329.pdf>



La pendiente del terreno está relacionada con la infiltración, con el escurrimiento superficial, con la contribución del agua subterránea a la corriente y con la duración del escurrimiento. “Según Wisler y Brater se la determina aplicando la siguiente ecuación:

$$pm = \frac{DL}{A} \times 100$$

(2.3)

Donde:

- pm* - Pendiente media de la cuenca (%).
- D* - Intervalo entre las curvas de nivel (Km).
- L* - Longitud total de las curvas de nivel (Km).
- A* - Área de la cuenca (Km²).⁶

2.2.5.6.- Densidad de drenaje

“Hórton (1945) definió la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total de las corrientes de flujo pertenecientes a la red de drenaje y la superficie de la cuenca, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Dd = \frac{La}{A} \tag{2.4}$$

Donde:

- Dd* - Densidad de drenaje (Km/ km²).
- La* - Longitud acumulada de corrientes en km.
- A* - Área de la cuenca en km².

Una densidad alta reflejará una cuenca muy bien drenada de rápida respuesta hidrológica, mientras que una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada y de lenta respuesta⁷.

⁶ [Http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp5.pdf](http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp5.pdf)

⁷ http://200.12.49.237/SIG_MAGA/paginas/atlas_tematico/pag07.htm



CUADRO 2.2.- Valores del Coeficiente de Compacidad.

Caract. Cuenca	Dd
Regular drenaje	0 a 1
Normal drenaje	1 a 1.5
Buen drenaje	> 1.5

FUENTE: ONATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. Apuntes de hidrología.

2.2.6.- Clasificación de las corrientes

En la naturaleza, hay tres clases de ríos: perennes, intermitentes, y efímeros.

“Los ríos perennes: Son los que están siempre dotados de agua durante todo el año; aquí el agua es sostenida por aguas subterráneas y el nivel freático siempre se encuentra por encima del punto más bajo del cauce.

Los ríos intermitentes: Tienen agua solamente algunos meses al año y en época de sequía el nivel freático queda por debajo del punto más bajo del cauce.

Los ríos efímeros: Tienen agua solamente durante e inmediatamente después de una lluvia. La posición de la napa freática, encima, al nivel, o debajo del lecho del río determina si éste es perenne, intermitente, o efímero, respectivamente”⁸.

2.2.7.- Métodos para determinar la precipitación media de una cuenca

La precipitación media de una cuenca es la altura de lámina que se forma en una superficie, pero como la distribución espacial de la lluvia no es homogénea y varía de acuerdo a la altura entonces es necesario basarse en métodos existentes para determinar esta precipitación.

Los métodos para calcular la precipitación media de una cuenca son:

- Método de la media aritmética.
- Polígonos de Thiessen.
- Método del U.S. Weather Service.

⁸ http://ponce.sdsu.edu/el_vado_puente.html



- Método de las curvas isoyetas.

2.3.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL

El único término del balance hidrológico de una cuenca que puede ser medido con una buena precisión, es el caudal, ya que los demás términos como la precipitación, evaporación, etc., son estimativos muy aproximados en diferentes lugares de la cuenca. Por esta razón la calibración de los parámetros hidrológicos se hizo en base a una correlación entre caudales observados y caudales calculados.

En la presente investigación los caudales observados son los obtenidos del INAMHI (de las estaciones hidrológicas), mientras que los calculados son los determinados por el método del polinomio ecológico.

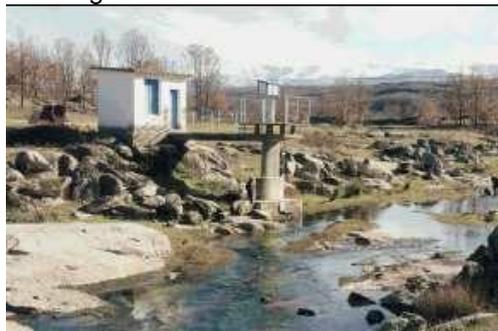
2.4.- ESTACIONES HIDROLÓGICAS

Cuando un estudio requiere del conocimiento de caudales medios diarios o sea del promedio de las 24 horas continuas de flujo o de un largo periodo de mediciones de caudal, entonces ya se habla de una estación de aforo; ya que esta nos permitirá conocer los caudales a través de una sección conocida en donde la única variable es la altura.

2.4.1.- Concepto

Una estación hidrológica es un lugar donde sistemáticamente se realizan mediciones de caudal, sedimentos, muestreo hidroquímico y observaciones de nivel de agua, lo que permite conocer el régimen de un río, canal o el nivel de un lago o embalse.

FIGURA 2.4.- Estación hidrológica



FUENTE: <http://www.agua.uji.es/pdf/PRESRH05.pdf>



2.4.2.- Tipos de estaciones hidrológicas

Para medir el caudal de un río existen dos tipos de estaciones hidrológicas: limnimétricas y limnigráficas.

2.4.2.1.- Estaciones Limnimétricas

Son aquellas estaciones que están dotadas de una regla graduada que se coloca normalmente adosada a la pared del cauce (puente) o en el cajero de la estación de aforo (pozo conectado al cauce por medio de tuberías). El inconveniente en estas estaciones es que no se pueden controlar las variaciones de altura ya que las lecturas son esporádicas.

FIGURA 2.5.- Estación Limnimétrica.



FUENTE: http://geologia.ujaen.es/usr/respino/HID_Tema%207.ppt.

2.4.2.2.- Estaciones limnigráficas⁹

Son instrumentos mecánicos que inscriben las variaciones de niveles en función del tiempo. “Sus partes principales son: un mecanismo de relojería, un tambor o sistemas de rodillos acoplados al primero, un flotador con contrapeso y una caja instrumental que protege a las partes más delicadas.

FIGURA 2.6.- Estación Limnigráfica.



FUENTE: <http://www.cruzroja.org/salud/redcamp/docs/aguasan-e/pdf/spa/doc14625/doc14625.pdf>

2.5.- ESTACIONES METEOROLÓGICAS

⁹ REMENIERAS, G. Introducción a la Hidrología de Aguas Superficiales. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1974



Los métodos empíricos para la estimación de caudales utilizan información registrada en las estaciones meteorológicas por lo que es necesario conocer el tipo de estaciones meteorológicas que existen y que a continuación se describen.

2.5.1.- Concepto

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente ciertas variables meteorológicas como son: el viento, la presión atmosférica, la insolación del suelo, la humedad, la radiación solar, la precipitación etc.

FIGURA 2.7.- Estación Meteorológica.



FUENTE: <http://www.redote.org/estacion-rambla-honda.htm>

2.5.2.- Tipos de estaciones meteorológicas

“Para la medición de los elementos meteorológicos se utilizan instrumentos que en forma general podemos clasificarlos en dos tipos:

De lectura visual.

Registadores.”¹⁰

Los instrumentos de lectura directa sólo permiten obtener el valor buscado en el momento de efectuar la observación, mientras que los registradores poseen un dispositivo registrador por el cual las variaciones se van plasmando en forma gráfica y continúa a través del tiempo en banda de papel.

2.5.3.- Clasificación de estaciones meteorológicas¹¹

2.5.3.1.- Observaciones sinópticas

Son observaciones que se efectúan en forma horaria (horas fijas del día) remitiéndolas inmediatamente a un centro recolector de datos. Estas observaciones se utilizan en tiempo real, es decir, de uso inmediato, y

¹⁰ http://www.unesur.edu.ve/unidades_curriculares/climatologia/Practica%201%20y%202_climatologia.pdf

¹¹ <http://www.inamhi.gov.ec/educativa/meteorologia.htm>



especialmente para realizar el correspondiente diagnóstico y formular los pronósticos del tiempo para las diferentes actividades.

2.5.3.2.- Observaciones climatológicas

Son observaciones que se efectúan para estudiar, el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizados por los estados y las evaluaciones del tiempo en una porción determinada del espacio. Estas observaciones difieren muy poco de las sinópticas en su contenido y se realizan también a horas fijas y se complementan con registros continuos diarios o semanales, mediante instrumentos registradores.

2.5.3.3.- Observaciones aeronáuticas

Se trata de observaciones especiales que se efectúan en las estaciones meteorológicas instaladas en los aeródromos, esencialmente para satisfacer las necesidades de la aeronáutica, como el tiempo presente, dirección y velocidad del viento, visibilidad, altura de las nubes bajas, etc.

2.5.3.4.- Observaciones marítimas

Son observaciones que se realizan sobre buques móviles, boyas ancladas y a la deriva. Estas observaciones se efectúan en base a un plan, según el cual se imparte una información a determinados observadores seleccionados entre las tripulaciones de las flotas de buques, para que puedan hacer observaciones sinópticas durante el viaje y transmitir las a las estaciones costeras de radio.

2.5.3.5.- Observaciones agrícolas

Son observaciones que se hacen de los elementos físicos y biológicos del medio ambiente, para determinar la relación entre el tiempo y la vida de plantas y animales. Con estas observaciones, se trata de investigar la acción mutua que se ejerce entre los factores meteorológicos e hidrológicos, por una parte, y la agricultura en su más amplio sentido, por otra. Su objeto es detectar y definir dichos efectos para aplicar después los conocimientos que se tienen de la atmósfera a los aspectos prácticos de la agricultura.

2.5.3.6.- Observaciones de la precipitación



Son observaciones relativas a la frecuencia, intensidad y cantidad de precipitación, ya sea en forma de lluvia, nieve, llovizna, granizo, etc.; constituyendo elementos esenciales de diferentes tipos de observaciones.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA APLICADA

3.1.- SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Primeramente a la lista de coordenadas de las estaciones meteorológicas e hidrológicas que se encuentran en la página web del INAMHI, se las pasó a Excel, para posteriormente por medio de un SIG (Sistema de Información Geográfica: Arcview) ser colocadas y analizadas sobre el mapa del Ecuador.



De esta manera se seleccionaron 4 áreas o sea cuatro cuencas hidrográficas; las mismas que fueron cortadas de Arcview y colocadas en Autocad, para luego en este programa proceder a la delimitación de las cuencas y al cálculo de áreas de los diferentes tipos de vegetación que tiene cada cuenca seleccionada.

3.2.- UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

El nombre de las cuencas seleccionadas, las coordenadas, las características generales de cada una de ellas y las estaciones meteorológicas e hidrológicas usadas para el análisis de las cuencas se encuentran en el (Cuadro 3.1 y Cuadro 3.2.)

3.3.- OBTENCIÓN DE LOS DATOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS PARA LAS CUENCAS SELECCIONADAS

Una vez delimitadas las cuencas, se obtuvo del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología datos de precipitación media mensual y temperaturas medias mensuales de las estaciones que están dentro o cercanas a las cuencas seleccionadas. En vista de que en esta investigación se hizo una correlación entre caudales observados en la desembocadura de las cuencas versus caudales calculados por el método del polinomio ecológico; también se pidió al INAMHI datos (caudales medios mensuales) de cuatro estaciones hidrológicas que están ubicadas en las salidas de las cuencas seleccionadas.



Validación y Calibración de los Parámetros Hidrológicos del Polinomio Ecológico.
 Autor: José Luis Samaniego Ortega.

CUADRO 3.1.- Ubicación y características generales de las cuencas seleccionadas.

Cuenca Pertenece al :	Provincia	Coord. Geográficas		Área Km2	Perímetro Km2	Cota Media m	Forma de la Cuenca (Ic = adimensional)		Densidad de Drenaje (Dd) Km/Km2
		Latitud	Longitud				Forma	Tendencia de Crecida	
Río Guayllabamba AJ Cubi	Pichincha - Imbabura	00° 09'03" N 00° 25'05" S	78° 01'01" W 78° 44'10" W	3488,76	308,01	3183,55	De oval redonda a oval oblonga	1,46 = Media	0,62 = Regular Drenaje
Río Quijos DJ Oyacachi	Napo- Pichincha	00° 06'10" N 00° 28'07" S	78° 06'01" W 78° 35'04" W	2586,53	233,98	3094,82	De oval redonda a oval oblonga	1,29 = Media	0,46= Regular Drenaje
Río Chico AJ Portoviejo	Manabí	00° 50'03" S 01° 10'05" S	79° 52'03" W 80° 25'02" W	416,74	96,93	221,27	De oval redonda a oval oblonga	1,33 = Media	0,32= Regular Drenaje
Río Pindo AJ Amarillo	Loja - El Oro	03° 30'02" S 03° 59'30" S	79° 11'25" W 79°45'10" W	511,84	101,94	1837,17	De oval redonda a oval oblonga	1,26 = Media	0,36 = Regular Drenaje

FUENTE: El autor



Validación y Calibración de los Parámetros Hidrológicos del Polinomio Ecológico.
 Autor: José Luis Samaniego Ortega.

CUADRO 3.2.- Estaciones meteorológicas e hidrológicas utilizadas en la presente investigación.

Cuenca Perteneciente al:	Estaciones Meteorológicas					Estaciones Hidrológicas				
	Cód.	Nombre	Tipo	Prov.	Instalación	Cód.	Nombre	Tipo	Prov.	Instalación
Río Guayllabamba	M358	Calacali Inamhi	PV	Pichincha	01/06/1963	H145	Guayllabamba AJ Cubi	LG	17	05/01/1964
	M361	Nono	PV	Pichincha	25/04/1963					
	M357	Canal 10 TV	PV	Pichincha	08/12/1975					
	M024	Iñaquito	CP	Pichincha	01/08/1975					
	M345	Calderón	PV	Pichincha	21/03/1964					
Río Quijos DJ Oyacachi	M188	Papallacta	CO	Napo	02/08/1963	H719	Quijos Dj Oyacachi	LG	15	05/01/1965
	M113	Uyumbicho	PV	Pichincha	16/02/1963					
	M021	Atuntaqui	PV	Imbabura	01/09/1989					
	M312	Pablo Arena	PV	Imbabura	10/07/1964					
	M311	Cahuasqui-FAO	CO	Imbabura	01/10/1979					
Río Chico AJ Portoviejo	M454	Río Chico Alajuel	PV	Manabí	28/05/1980	H272	Chico AJ Portoviejo	LG	13	01-26-1979
	M464	Río Chamotete J.	PV	Manabí	19/12/1975					
	M005	Portoviejo	AG	Manabí	01/11/1962					
	M462	Junín	PV	Manabí	24/10/1972					
	M165	Rocafuerte	CO	Manabí	01/06/1962					
Río Pindo AJ Amarillo	M180	Zaruma	CO	El Oro	01/11/1963	H587	Pindo AJ Amarillo	LG	7	10/01/1963
	M142	Saraguro	CO	Loja	01/06/1963					
	M432	San Lucas INAMHI	PV	Loja	28/12/1963					

FUENTE:El autor

PV = Pluviométrica
 CP = Climatológica Principal
 CO = Climatológica Ordinaria
 LG = Limnigráfica
 AG = Agrometeorológica

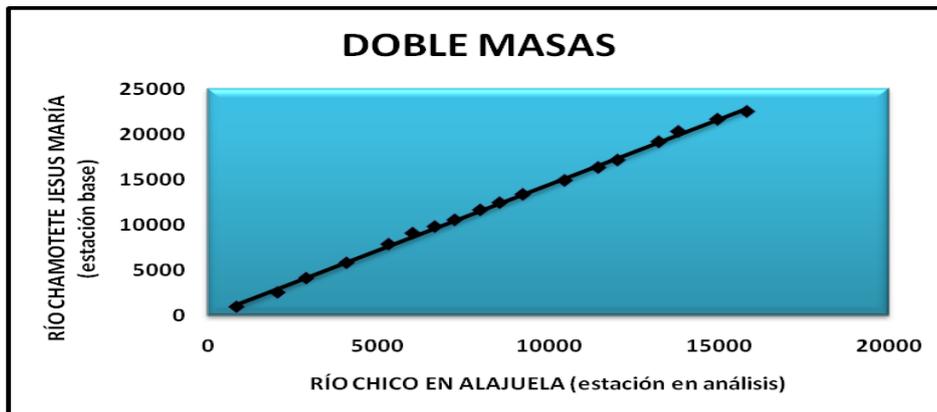
3.4.- CHEQUEO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL INAMHI

3.4.1.- Chequeo de homogeneidad de los datos de precipitación

Cuando se quiere comprobar si los registros de una estación pluviométrica no han sufrido variaciones debido a un cambio en la ubicación del instrumental, cambio del observador que efectúa las lecturas etc., se utiliza el análisis de doble masa.

Este análisis de doble masa consiste en graficar en el eje de abscisas las precipitaciones anuales acumuladas de la estación en análisis y en un eje de ordenadas las precipitaciones anuales acumuladas de la estación base. Este análisis se lo hizo para cada una de las estaciones meteorológicas utilizadas.

GRÁFICA. 3.1.- Método de Doble Masas.



FUENTE: El Autor

En caso de existir una buena consistencia de los datos, estos se alinean prácticamente sobre la recta. Cuando esto no sucede y existen dos pendientes entonces significa que uno de los tramos corresponde a una serie defectuosa, teniendo que corregir si el caso lo amerita.

3.4.2.- Relleno de datos faltantes

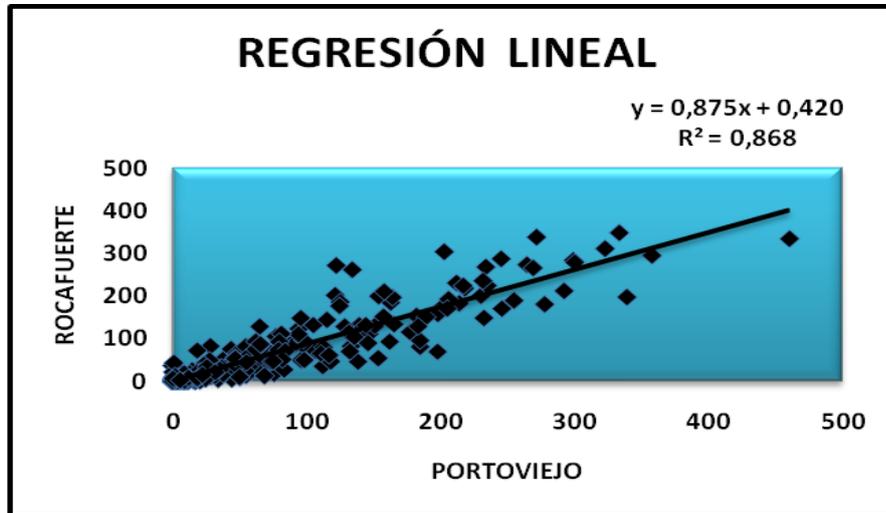
3.4.2.1.- Relleno de los datos de precipitación

El relleno de datos faltantes en lo que se refiere a precipitaciones medias mensuales; se lo hizo mediante regresiones lineales, obteniéndose de esta



manera una ecuación y un coeficiente de correlación para cada estación rellenada. A continuación se muestra una figura del método empleado.

GRÁFICA. 3.2.- Regresión lineal para el relleno de datos faltantes de precipitación.

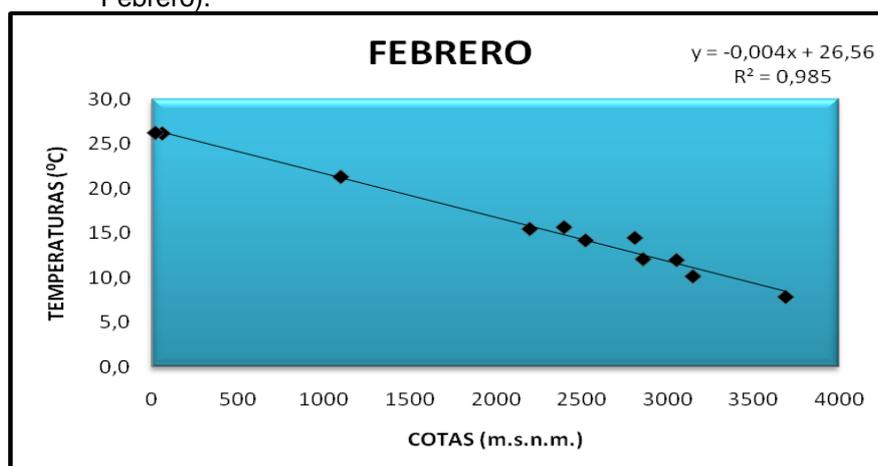


FUENTE: El autor

3.4.2.2.- Relleno de los datos de temperatura

En cuanto al relleno de datos faltantes de temperatura; se realizó con todas las estaciones meteorológicas que tienen información de temperatura una correlación lineal entre ellas, en donde "x" es la cota y "y" es la temperatura; obteniéndose de esta manera una ecuación y un factor de correlación para cada mes del año.

GRÁFICA 3.3.- Gráfica de temperaturas medias mensuales plurianuales versus cotas de todas las estaciones que poseen temperatura (correspondiente al mes de Febrero).



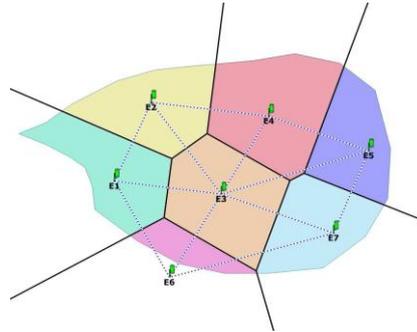
FUENTE: El autor

3.5.- CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES DE LAS CUENCAS EN ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE LOS POLÌGONOS DE THIESSEN



Este método consiste en la triangulación de las estaciones que se encuentran dentro y cerca de una cuenca, para luego sacar las mediatrices de cada uno de los lados de los triángulos formados; obteniéndose de esta manera polígonos en donde a cada polígono le corresponde un área.

FIGURA 3.1.- Gráfica del Método de los Polígonos de Thiessen para el cálculo de precipitaciones medias mensuales.



FUENTE: <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp2.pdf>

“La ecuación planteada por este método es:

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^n (pi \times Ai)}{A} \quad (3.1)$$

Siendo:

- Pm*** - Precipitación media mensual sobre la cuenca (mm).
- pi*** - Precipitación observada en la estación *i* (mm).
- Ai*** - Área del polígono correspondiente a la estación *i* (m² ó Km²).
- A*** - Área total de la cuenca (m² ó Km²).¹²

3.6.- CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LAS CUENCAS EN ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE

El cálculo de la evapotranspiración media mensual plurianual de las cuencas hidrográficas se las hizo por el método de Thornthwaite. Este método está en función de la temperatura media mensual que determina el índice térmico mensual y la latitud del lugar que introduce implícitamente la duración de insolación. “La ecuación según Thornthwaite es:

$$ET_o = 1.6Ka \times \left(\frac{10T_j}{I}\right)^a \quad (3.2)$$

Donde:

- ETo*** - Evapotranspiración en el mes *j*, en cm.

¹² LUQUE, Jorge Alfredo 1981: Hidrología Agrícola Aplicada, 326p.



- T_j - Temperatura media en el mes j, en °C.
 a, I - Coeficientes.
 Ka - Constante que depende de la latitud y el mes del año¹³.

CUADRO 3.3.- Valores de Ka para la aplicación del método de Thornthwaite.

LATITUD		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10	N	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
5	N	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
0		1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5	S	1,06	0,91	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
10	S	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fuente: <http://www.irnase.csic.es/users/microleis/microlei/manual1/cdbm/cdbm2.htm>

Las ecuaciones para el cálculo de los coeficientes a, I son:

$$a = (675 \times 10^{-9} \times I^3) - (771 \times 10^{-7} \times I^2) + (179 \times 10^{-4} * I) + 0.49239 \quad (3.3)$$

$$I = \sum ij \text{ (Para los 12 meses del año.)} \quad (3.4)$$

$$ij = (T_j/5)^{1.514} \quad (3.5)$$

En la que:

- a - Valor que varía con el índice anual de la localidad.
 I - Índice anual de calor.
 I_j - Índice térmico mensual.
 T_j - Temperatura media en el mes j, en °C.

3.7.- DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LAS CUENCAS EN ANÁLISIS POR EL MÉTODO DEL POLINOMIO ECOLÓGICO

El polinomio ecológico es un método que sirve para la determinación de caudales medios mensuales de una cuenca hidrográfica; y está fundamentado en las características geomorfológicas, ecológicas y de regulación natural de una cuenca, mediante la adopción de ciertos coeficientes (parámetros hidrológicos) típicos de la zona en estudio. Además considera la relación de la evapotranspiración y la precipitación. "La ecuación que utiliza este método es:

$$Q = K \times A^n \times (0.7P_i + 0.29P_{i-1} + 0.01P_{i-2})^m \quad (3.6)$$

Donde:

¹³ MEDARDO MOLINA. Hidrología. Universidad Agraria "La Molina" Departamento de Recursos de Agua y Tierra (1995)



- Q - Caudal medio mensual de la cuenca, ($m^3.s^{-1}$).
- A - Área de drenaje de la cuenca, Km^2
- P_i - Precipitación media de la cuenca del mes actual, (mm).
- P_{i-1} - Precipitación media de la cuenca del mes anterior, (mm).
- P_{i-2} - Precipitación media de la cuenca del mes tras anterior, (mm).
- K - Relación entre la evapotranspiración y la precipitación.
- m,n - Coeficientes que dependen de las características geomorfológicas y de regulación natural de la cuenca¹⁴.

Los parámetros hidrológicos utilizados por el polinomio ecológico son: m , n , y K ; cada uno de estos puede tomar diferentes valores dependiendo de las características de la cuenca. Los valores que toman estos parámetros son de acuerdo al Cuadro 3.4.

3.8.- CALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DEL POLINOMIO ECOLÓGICO

Una vez obtenidos los caudales medios mensuales para todos los años correspondientes a los diferentes periodos de análisis de las cuatro cuencas hidrográficas seleccionadas, se procedió a variar los valores de K , m , n de la ecuación 3.6.; hasta que nos de cómo resultado caudales medios mensuales iguales a los registrados en las estaciones hidrológicas; quedando de esta manera los parámetros hidrológicos (K , m , n) calibrados.

3.9.- VALIDACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DEL POLINOMIO ECOLÓGICO.

En vista de que el INAMHI no tiene amplios periodos de registros de datos, en lo que se refiere a caudales medios mensuales de las estaciones hidrológicas ubicadas en la desembocadura de las cuencas en análisis, se procedió a la validación de los parámetros hidrológicos de 2 de las 4 cuencas en análisis, las mismas que se indican sus resultados en el capítulo IV: ítem 4.4.

CUADRO 3.4.- Coeficientes ecológicos, geomorfológicos y de regulación natural de una cuenca.

TABLA DE COHEFICIENTES ECOLÓGICOS								
COHEFICIENTE K								
EVAPOTRANSPIRACIÓN	NIEVE	TUNDRA	PUNA O	ESTEPA	MONTE	BOSQUE	SABANA	LINEA

¹⁴ OÑATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. Estudio Hidrológico para el Sistema de Agua Potable del Seminario Mayor Reina del Cisne. Publicación: http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/Staftpro/hidrologia/ESTUDIO_HIDROL%D3GICO_APOTABLE.PDF



SOBRE PRECIPITACIÓN		PÁRAMO						JUNGLA
0,125	0,0058	0,0064	0,007	0,0076	0,0082	0,0088	0,0094	0,0100
0,250	0,0052	0,0058	0,0064	0,007	0,0076	0,0082	0,0088	0,0094
0,5	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064	0,007	0,0076	0,0082	0,0088
1	0,004	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064	0,007	0,0076	0,0082
2		0,004	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064	0,007	0,0076
4			0,004	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064	0,007
8				0,004	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064
16					0,004	0,0046	0,0052	0,0058
32						0,004	0,0046	0,0052
84							0,0046	0,0052
								0,0046
CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA CUENCA								Exponente m
Área de Drenaje < 1,0Km*								1
Terreno Escarpado, Pendiente > 50%								0,9
Terreno Impermeable, empinado								0,8
Presencia de Nevados, lagos y pantanos, páramos								0,7
Bosques, buena cubierta vegetal, pendiente < 25%								0,6
Topografía Ondulada								0,5
Topografía Plana								0,4
Cuencas muy grandes A > 1000 Km*								0,3
CARACTERÍSTICAS DE REGULACIÓN NATURAL DE LA CUENCA								Exponente n
Selva- Llanura								1
Pie de Cordillera								0,9
Montaña Baja								0,8
Mesetas-Valles Interandinos								0,7
Montañas Altas								0,6
Región Subandina								0,5
Región Andina								0,4
Región Nival								0,3

FUENTE: Gómez, 2001

3.10.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS¹⁵

Para saber cuando una correlación es buena o mala es necesario analizar los resultados desde el punto de vista estadístico para lo cual se aplicó los siguientes conceptos con sus respectivas fórmulas:

3.10.1.- Coeficiente de correlación (R²)

Es una medida relativa que indica el grado de ajuste a una línea recta entre los datos observados y simulados.

$$R^2 = \left(\frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1} (Q_C(i) - \mu_C)(Q_D(i) - \mu_D)}{\sigma_C \times \sigma_D} \right)^2 \quad (3.7)$$

¹⁵ OÑATE VALDIVIESO Fernando, Ing. Apuntes de hidrología.



En donde: Q_c y Q_d son los caudales observados y calculados respectivamente; σ_c es la desviación estándar de los valores observados en campo y σ_d es la desviación estándar de los valores calculados, μ_c es la media de los valores observados en campo y μ_d la media de de los valores calculados y N es número total de observaciones.

3.10.2.- Coeficiente de eficiencia de Nash & Sutcliffe (EF)

Permite verificar el grado de relación 1:1 de los datos en análisis (Nash y Sutcliffe, 1970). Se pueden obtener valores menores o iguales a 1, valores de 1 indican un ajuste perfecto. Un valor mayor de 0.7 se puede considerar como estadísticamente adecuado sin embargo la precisión óptima de un modelo depende de la aplicación requerida.

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_c(i) - Q_d(i))^2}{\sum_{i=1}^N (Q_c(i) - \overline{Q_c})^2} \quad (3.8)$$

3.10.3.- Coeficiente de determinación (CD)

Es una medición de la dispersión de los datos calculados alrededor de la media de los datos observados. El coeficiente de determinación es entonces un medidor de la proporción de la variación total de los datos observados explicados por los datos simulados (calculados). Un valor de 1 o cercano a 1 representa un ajuste óptimo (Coffey et al., 1999). Es adimensional.

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_c(i) - \overline{Q_c})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_d - Q_c)^2} \quad (3.9)$$

3.10.4.- Error cuadrático medio (RMSE)

Permite comparar el ajuste entre los datos observados en campo y los calculados. Las unidades son las mismas de los datos observados. Valores de RMSE iguales a 0 son óptimos ya que los errores no existirían y la relación sería perfecta, pueden darse cualquier valor positivo.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_c(i) - Q_d(i))^2}{N}} \quad (3.10)$$



3.10.5.- Error medio (BIAS)

Mide el sesgo de una población, y tiene como valor óptimo el límite cero. En general es usado para medir el error medio sistemático entre las predicciones y las observaciones (Coffey et al., 1999). Sus unidades son las mismas de la variable.

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_C(i) - Q_D(i))}{N} \quad (3.11)$$

3.10.6.- Error medio absoluto (MAE)

El error medio absoluto MAE es una medida de la desviación media de los datos observados del modelo. Este estadístico al usar datos absolutos previene la eliminación de los errores producto de signos opuestos.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |Q_C(i) - Q_D(i)|}{N} \quad (3.12)$$



CAPÍTULO IV

DATOS, CÁLCULOS Y RESULTADOS

4.1.- CÁLCULO DE m , n y k PARA LAS CUENCAS EN ANÁLISIS.



Las precipitaciones medias mensuales y las evapotranspiraciones medias mensuales plurianuales calculadas para encontrar el factor K, utilizado por el método del polinomio ecológico, se encuentran en el anexo 1 (Ítem 1 y 2).

Para calcular los valores de (m, n y K), primero se determinó para cada cuenca los porcentajes de superficie correspondientes a las características geomorfológicas, ecológicas y de regulación natural. Estos porcentajes fueron obtenidos en AUTOCAD y estos archivos a sus ves fueron bajados de un SIG (Arcview).

Luego de encontrar los porcentajes de superficies, se les asignó un coeficiente a cada característica geomorfológica y de regulación natural de cada cuenca, de acuerdo al (Cuadro 3.4); para posteriormente estos coeficientes ser ponderados y así encontrar un solo valor de m y n para cada cuenca.

Hay que tomar en cuenta que los valores de K de acuerdo al (Cuadro 3.4); están en función de la precipitación y la evapotranspiración, por lo que los valores de K varían de mes a mes y para cada año, a diferencia de los valores de m y n que permanecen constantes.

4.1.1.- Valores de m, n, y K calculados para la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi.

TABLA 4.1- Coeficiente m ponderado.

Características Geomorfológicas	% Superficie	Coficiente m	Exponente Ponderado
Buena Cubierta vegetal, pendientes < 25%	0,90585	0,6	0,54351
Nevados, lagos y pantanos, páramos	0,00059	0,7	0,00042
Terreno escarpado, pendiente > 50%	0,01843	0,9	0,01658
Topografía Ondulada	0,00814	0,5	0,00407
Topografía Plana	0,06699	0,4	0,0268
FUENTE : El autor			0,591

TABLA 4.2.- Coeficiente n ponderado.

Características de Regulación Natural	% Superficie	Coficiente n	Exponente Ponderado
Región Nival	0,00008	0,3	0,00002
Región Andina	0,3205	0,4	0,1282
Región Subandina	0,23589	0,5	0,11794
Montañas Altas	0,42702	0,6	0,25621
Montañas Bajas	0,00929	0,8	0,00743
Mesetas	0,00721	0,7	0,00505
FUENTE: El autor			0,515

TABLA 4.3.- Valores de K ponderados.

Años	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1978	0,0058	0,0061	0,0064	0,0069	0,0062	0,0047	0,0059	0,004	0,0063	0,0046	0,0059	0,006
1979	0,0054	0,0056	0,0068	0,0064	0,0066	0,0055	0,0045	0,0062	0,0066	0,0057	0,0053	0,0047
1980	0,0064	0,0069	0,0062	0,0066	0,0056	0,0047	0,0042	0,0052	0,0057	0,0066	0,0066	0,0058
1981	0,005	0,0065	0,0068	0,0069	0,0063	0,0055	0,0053	0,0057	0,0057	0,0059	0,0063	0,0065
1982	0,0065	0,006	0,0066	0,0066	0,0067	0,0046	0,0055	0,0043	0,0062	0,0068	0,0069	0,0072
1983	0,0063	0,0061	0,0071	0,007	0,0064	0,005	0,004	0,0057	0,0045	0,0062	0,0062	0,0068
1984	0,006	0,0069	0,0065	0,0068	0,0059	0,0053	0,0048	0,0051	0,0069	0,0065	0,0064	0,0051



1985	0,0059	0,0056	0,0061	0,0065	0,0064	0,0053	0,0047	0,0057	0,0064	0,0056	0,0059	0,0062
1986	0,0064	0,0068	0,0069	0,0065	0,006	0,0044	0,0078	0,0045	0,0053	0,0065	0,0064	0,0061
1987	0,0062	0,006	0,0068	0,0065	0,0066	0,0055	0,0049	0,0045	0,0062	0,0063	0,0043	0,0047

FUENTE: El autor

4.1.2.- Valores de m, n, y k calculados para la cuenca perteneciente al río Quijos Dj Oyacachi.

TABLA 4.4.- Coeficiente m ponderado.

Características Geomorfológicas	% Superficie	Coeficiente m	Exponente Ponderado
Buena Cubierta vegetal, pendientes < 25%	0,66836	0,6	0,40102
Nevados, lagos, pantanos, páramos	0,27351	0,7	0,19146
Terreno escarpado, pendiente > 50%	0,05411	0,9	0,0487
Topografía Ondulada	0,00187	0,5	0,00094
Topografía Plana	0,00215	0,4	0,00086
FUENTE : El autor			0,643

TABLA 4.5.- Coeficiente n ponderado.

Características de Regulación Natural	% Superficie	Coeficiente n	Exponente Ponderado
Montañas Bajas	0,13639	0,8	0,10911
Mesetas	0,02341	0,7	0,01639
Montañas Altas	0,32148	0,6	0,19289
Región Subandina	0,19061	0,5	0,09531
Región Andina	0,3281	0,4	0,13124
FUENTE: El autor			0,545

TABLA 4.6.- Valores de K ponderados.

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octub.	Nov.	Dic.
1982	0,0068	0,0066	0,0072	0,0071	0,0074	0,0064	0,0072	0,0064	0,007	0,0068	0,0071	0,0067
1983	0,0068	0,0067	0,007	0,0072	0,0071	0,0061	0,0062	0,0065	0,0063	0,0069	0,0069	0,007
1984	0,0068	0,0068	0,0071	0,0074	0,0066	0,0069	0,0067	0,0059	0,0073	0,0069	0,0067	0,0063
1985	0,0063	0,0062	0,0071	0,0066	0,0073	0,0071	0,007	0,0066	0,0073	0,006	0,0062	0,0067
1986	0,0069	0,0073	0,0074	0,0074	0,0073	0,0065	0,007	0,0061	0,0068	0,0065	0,0069	0,007
1987	0,0066	0,0068	0,0072	0,0073	0,0075	0,0064	0,0068	0,0067	0,0065	0,0065	0,0056	0,0052
1988	0,0062	0,0066	0,0073	0,0074	0,0072	0,0062	0,0068	0,0066	0,0068	0,0068	0,0071	0,0065

FUENTE: El autor

4.1.3.- Valores de m, n, y k calculados para la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo.

TABLA 4.7.- Coeficiente m ponderado.

Características Geomorfológicas	% Superficie	Coeficiente m	Exponente Ponderado
Buena Cubierta vegetal, pendientes < 25%	0,85192	0,6	0,51115
Terreno escarpado, pendiente > 50%	0,00075	0,9	0,00068
Topografía Ondulada	0,00347	0,5	0,00174



Topografía Plana	0,14386	0,4	0,05754
FUENTE: El autor			0,571

TABLA 4.8.- Coeficiente n ponderado

Características de Regulación Natural	% Superficie	Coeficiente n	Exponente Ponderado
Montañas bajas	1	0,8	0,8
FUENTE: El autor			0,8

TABLA 4.9.- Valores de K ponderados.

Años	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1984	0,0044	0,0074	0,0071	0,0064	0,0051	0,0042	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,0063
1985	0,0059	0,0063	0,0067	0,0066	0,0055	0,0051	0,004	0,004	0,004	0,004	0,0082	0,0051
1986	0,0073	0,0063	0,006	0,0063	0,0049	0,004	0,0048	0,004	0,004	0,0046	0,004	0,0045
1987	0,0067	0,0075	0,0069	0,007	0,0063	0,004	0,004	0,0054	0,004	0,004	0,0041	0,0051
1988	0,0059	0,007	0,0055	0,0069	0,006	0,004	0,004	0,004	0,0044	0,004	0,0047	0,0051
1989	0,0074	0,0073	0,0067	0,0065	0,0057	0,0042	0,004	0,004	0,005	0,0041	0,004	0,0043

FUENTE: El autor

4.1.4.- Valores de m, n, y k calculados para la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo.

TABLA 4.10.- Coeficiente m ponderado.

Características Geomorfológicas Cuenca	% Superficie	Coeficiente m	Exponente Ponderado
Buena Cubierta vegetal, pendientes < 25%	0,72708	0,6	0,43625
Lagos , páramos	0,1946	0,7	0,13622
Topografía Ondulada	0,00106	0,5	0,00053
Terreno escarpado, pendiente > 50%	0,07686	0,9	0,06917
Topografía Plana	0,0004	0,4	0,00016
FUENTE: El autor			0,642

TABLA 4.11.- Coeficiente n ponderado.

Características de Regulación Natural	% Superficie	Coeficiente n	Exponente Ponderado
Montañas bajas	0,65014	0,8	0,52011
Montañas altas	0,27458	0,6	0,16475
Región Subandina	0,06077	0,5	0,03039
Región Andina	0,01451	0,4	0,0058
FUENTE: El autor			0,721

TABLA 4.12.- Valores de K ponderados.

Años	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octub.	Nov.	Dic.
------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	--------	-------	--------	------	------



1971	0,0071	0,0075	0,0081	0,0064	0,006	0,007	0,0067	0,0062	0,0063	0,007	0,0052	0,0066
1972	0,0069	0,0072	0,0075	0,0068	0,0059	0,006	0,006	0,0059	0,0054	0,0055	0,0067	0,0067
1973	0,0073	0,0078	0,0079	0,0073	0,0075	0,007	0,0057	0,0059	0,0061	0,0048	0,0056	0,0069
1974	0,0071	0,0072	0,0075	0,0067	0,0063	0,006	0,0055	0,0047	0,0058	0,0066	0,0066	0,0064
1975	0,0068	0,0076	0,0077	0,0076	0,0071	0,007	0,0059	0,007	0,0053	0,007	0,0061	0,0061
1976	0,0075	0,0078	0,0076	0,0072	0,0071	0,006	0,0062	0,0055	0,0049	0,0053	0,0055	0,0062
1977	0,0073	0,0075	0,0072	0,0071	0,0056	0,006	0,005	0,0054	0,0064	0,0058	0,0053	0,0066
1978	0,0066	0,0069	0,0069	0,0071	0,0064	0,006	0,0057	0,0056	0,0058	0,0051	0,0057	0,0064
1979	0,0072	0,0074	0,0079	0,0068	0,0064	0,005	0,0052	0,0055	0,0064	0,0051	0,0048	0,0058
1980	0,0071	0,0074	0,0071	0,0076	0,0053	0,006	0,0056	0,0055	0,0063	0,0069	0,0063	0,0068
1981	0,0067	0,0077	0,0077	0,0071	0,0049	0,005	0,0054	0,0049	0,004	0,0052	0,0056	0,0068
1982	0,0074	0,0074	0,0074	0,0069	0,0065	0,005	0,0054	0,0052	0,0067	0,0066	0,007	0,0076
1995	0,0067	0,0075	0,0075	0,007	0,0068	0,006	0,0051	0,0045	0,0047	0,0055	0,0064	0,007
1996	0,0076	0,0077	0,0078	0,007	0,0063	0,006	0,0059	0,0053	0,0057	0,006	0,0046	0,0062
1997	0,0069	0,0075	0,0075	0,0075	0,0063	0,007	0,0059	0,0056	0,0062	0,0065	0,0074	0,0078
1998	0,0068	0,0076	0,0079	0,0077	0,0071	0,006	0,0064	0,0055	0,0053	0,0062	0,0058	0,0063
1999	0,0074	0,0077	0,0076	0,0073	0,0068	0,007	0,0057	0,0055	0,0064	0,0054	0,006	0,0074
2000	0,0069	0,0077	0,0078	0,0076	0,0072	0,006	0,0057	0,0054	0,0062	0,0051	0,005	0,0067
2001	0,0074	0,0074	0,0075	0,0066	0,0068	0,006	0,0058	0,006	0,0056	0,0052	0,0066	0,0067
2002	0,0067	0,0075	0,0077	0,0073	0,007	0,006	0,0056	0,0052	0,004	0,006	0,0067	0,007
2003	0,0066	0,0064	0,0075	0,0072	0,0063	0,006	0,0054	0,0055	0,0062	0,0063	0,0065	0,0069
2004	0,0069	0,0074	0,0075	0,0074	0,0066	0,007	0,006	0,0051	0,0064	0,0063	0,0062	0,0066
2005	0,007	0,0076	0,0081	0,0068	0,0064	0,006	0,0059	0,0055	0,0052	0,0061	0,0047	0,0074

FUENTE: El autor

4.2.- EJEMPLO DE CÁLCULO DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES POR EL MÉTODO DEL POLINOMIO ECOLÓGICO.

Para este ejemplo hemos tomado los valores correspondientes a la cuenca perteneciente al río Chico AJ. Portoviejo. El caudal medio mensual por el método del polinomio ecológico es determinado mediante la ecuación 3.6.

Donde:

- A** - 416.74Km² (Cuadro 3.1).
- K** - 0.0074 = Mes de Febrero de 1984(Tabla 4.9).
- m** - 0.571 (Tabla 4.7).
- n** - 0.8 (Tabla 4.8).
- P_i** - 385.6mm (precipitación media mensual de Febrero-1984).
- P_{i-1}** - 11.1mm (precipitación media mensual de Enero-1984).
- P_{i.2}** - 41.6 mm (precipitación media mensual de Diciembre-1983).

Las precipitaciones p_i, p_{i-1}, p_{i-2} fueron encontradas por el método de los polígonos de Thiessen explicado en el capítulo III (ítem 3.5).

Entonces remplazando los valores anteriores en la ecuación 3.6 tenemos que el caudal medio del mes de Febrero de 1984 es:



$$Q = 0.0074 \times (416.74)^{0.8} \times (0.7 \times 385.6 + 0.29 \times 11.1 + 0.01 \times 41.6)^{0.571}$$

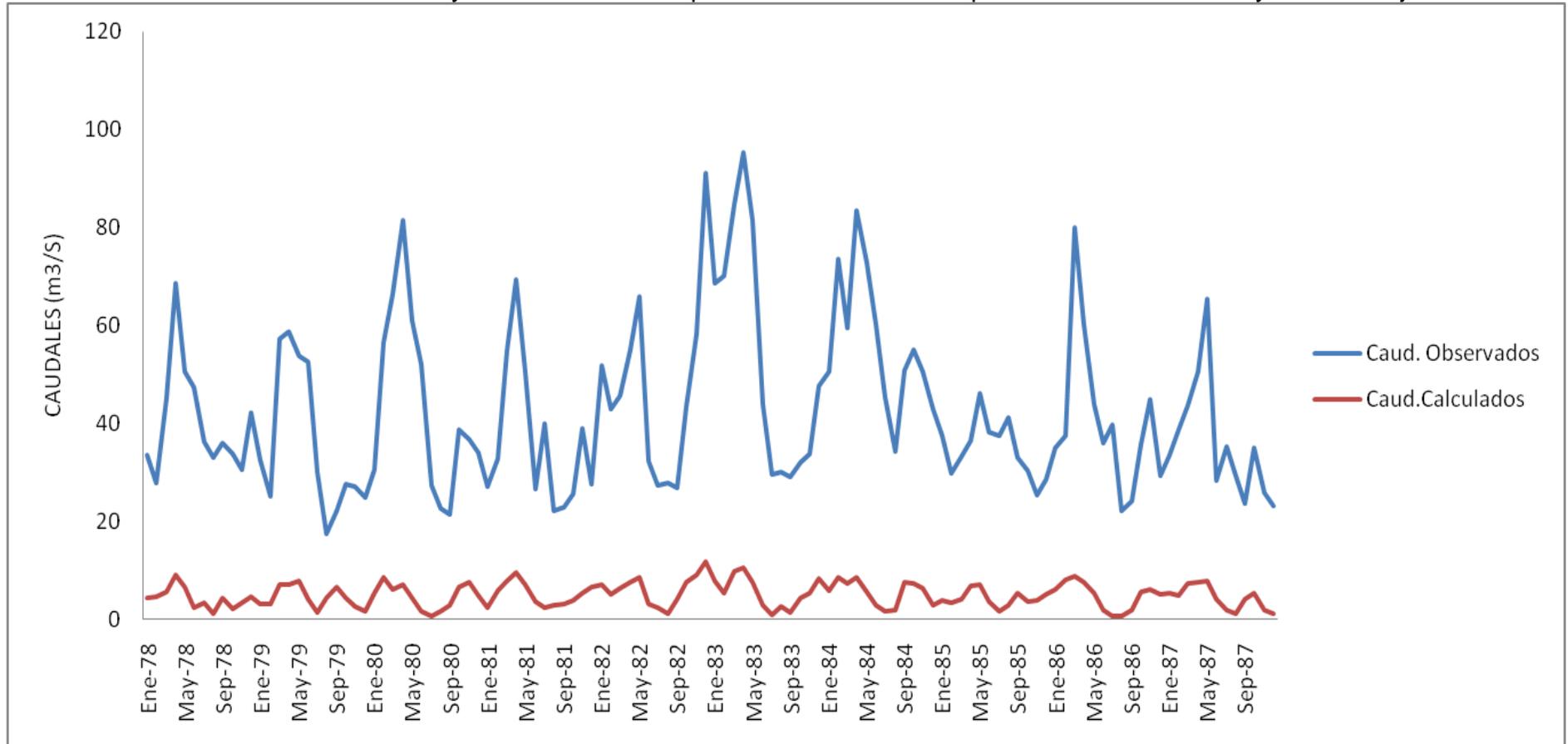
$$Q = 22.7 m^3 / s.$$

4.3.- GRÁFICAS DE COMPARACIÓN DE CAUDALES CALCULADOS Y OBSERVADOS A TRAVÉS DEL TIEMPO.

Una vez encontrados los valores de m, n, K y los caudales medios mensuales por el método del polinomio ecológico; se construyó gráficas donde se pueden visualizar en el eje de las “y” la variación de los caudales (observados y calculados) con respecto al eje de las “x” que es el transcurso del tiempo. Todos los caudales medios mensuales calculados por el método del polinomio ecológico se encuentran en el (Anexo 2-ítem1).



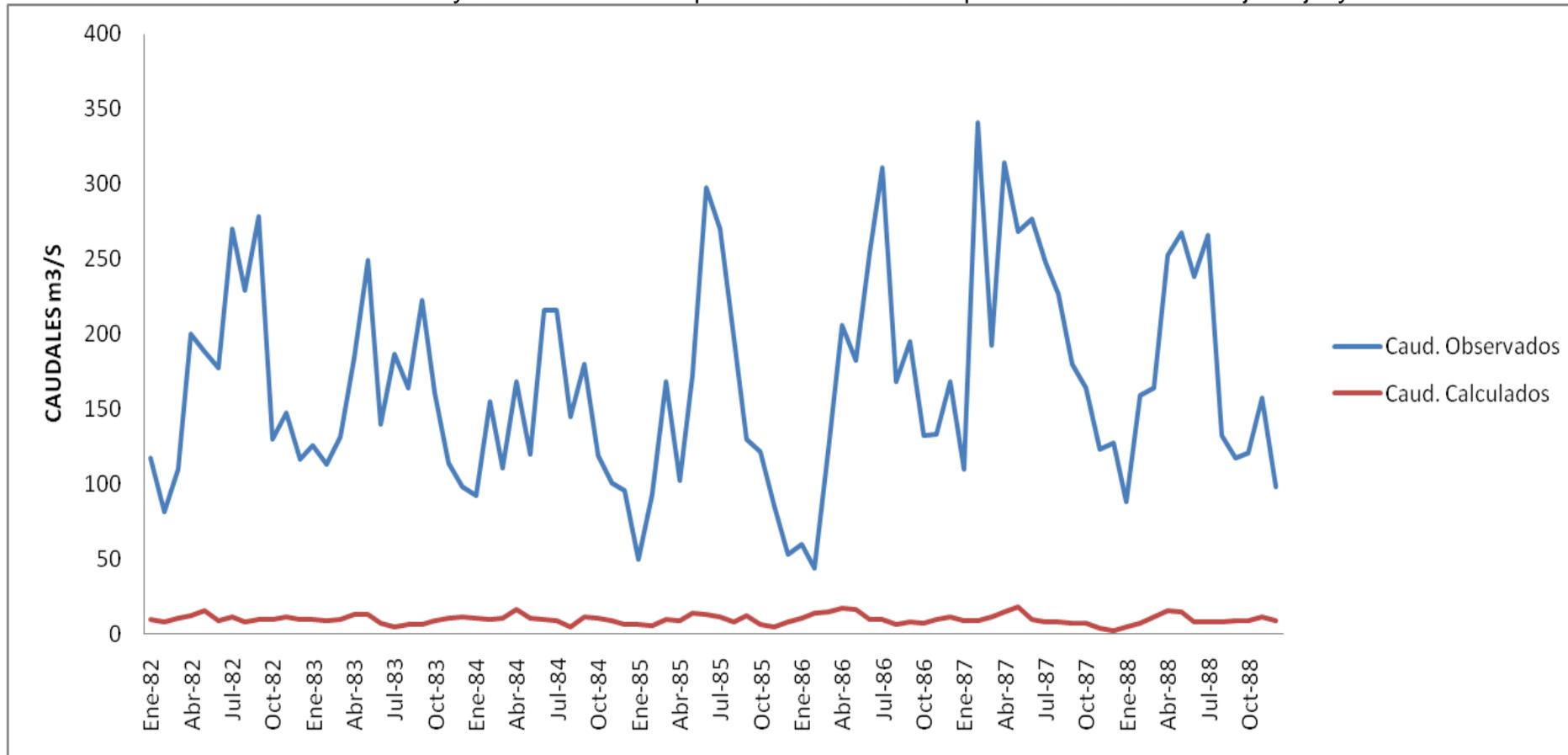
GRÁFICA 4.1.- Caudales calculados y observados correspondientes a la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi.



FUENTE: El autor

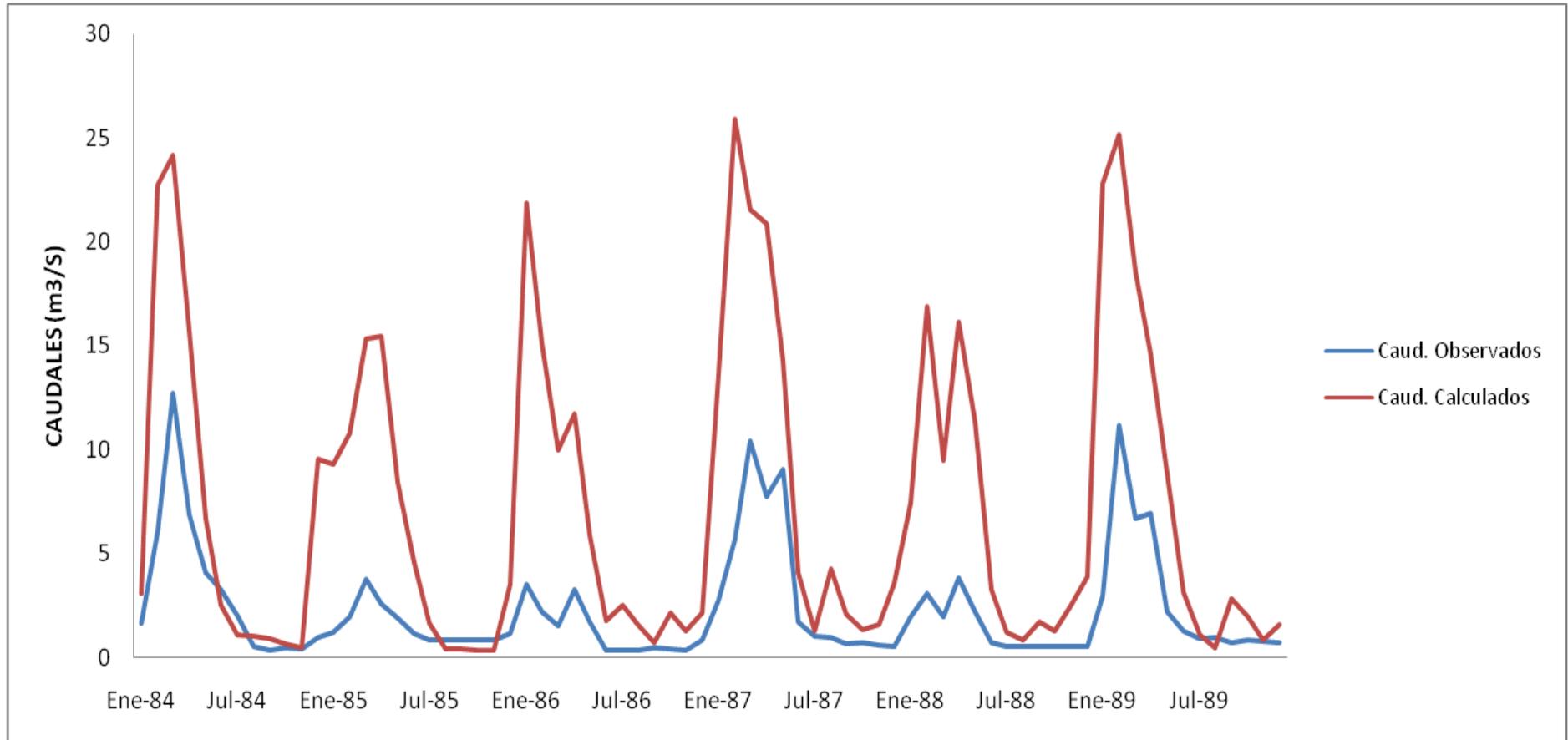


GRÁFICA 4.2.- Caudales calculados y observados correspondiente a la cuenca perteneciente al río Quijos Dj Oyacachi.



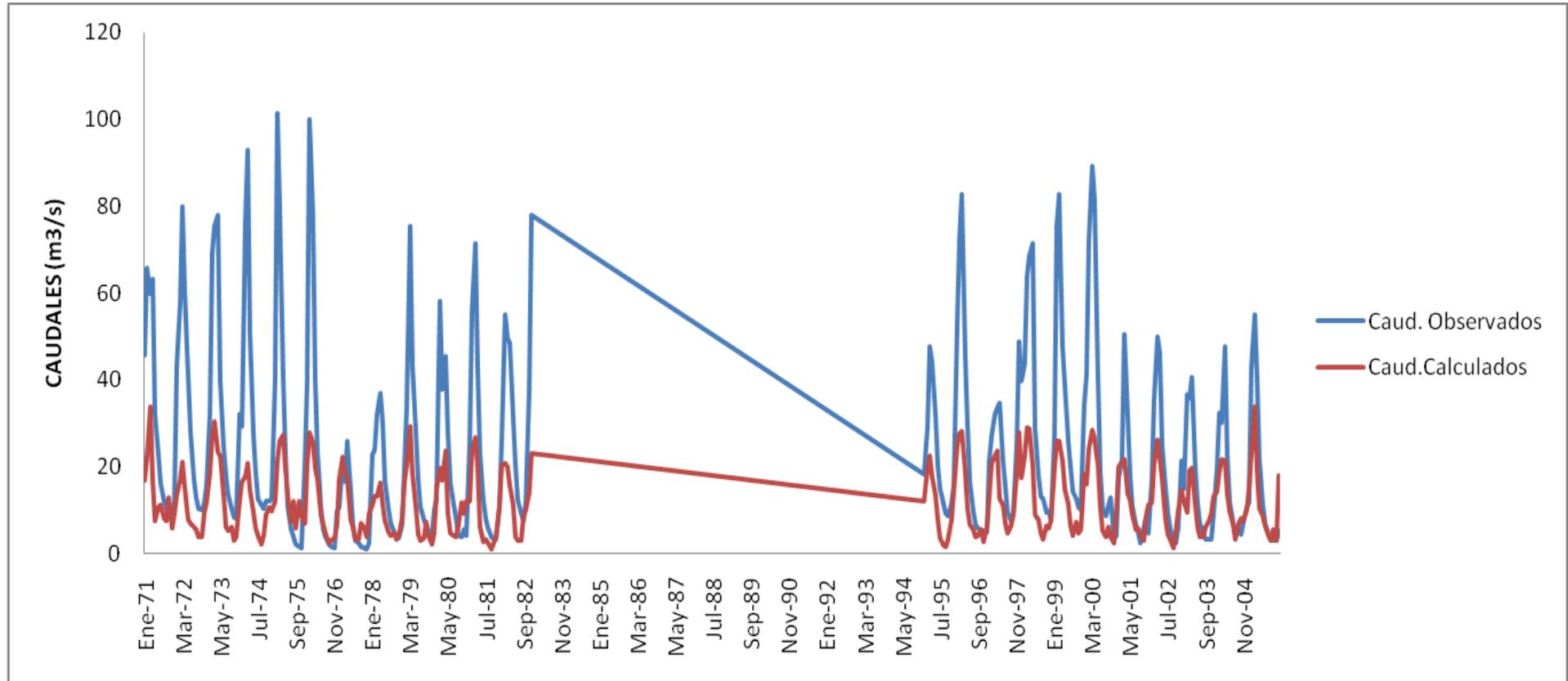
FUENTE: El autor

GRÁFICA 4.3.- Caudales calculados y observados correspondiente a la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo.



FUENTE: El autor

GRÁFICA 4.4.- Caudales calculados y observados correspondientes a la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo.



FUENTE: El autor

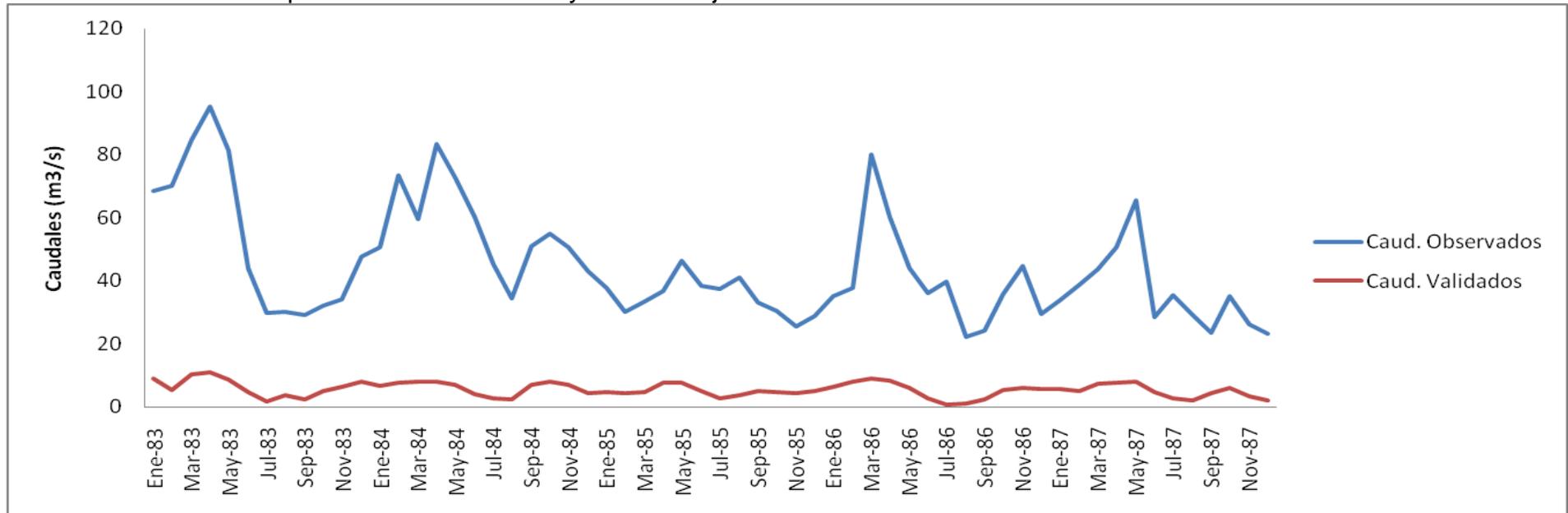
4.4.- GRÁFICAS DE CAUDALES OBSERVADOS Y CAUDALES CALCULADOS EN LOS QUE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS HAN SIDO VALIDADOS.

Para la validación de los parámetros hidrológicos del polinomio ecológico, en la presente investigación primero se calibró los parámetros, los cuales se encuentran en el anexo 2(ítem2). En cuanto a las gráficas de caudales observados y calculados en los que



los parámetros hidrológicos han sido validados, pues estas se hicieron para dos cuencas de las 4 en análisis debido a lo expuesto en el capítulo III, ítem 3.9.

GRÁFICA 4.5.- Caudales observados y caudales calculados en los que los parámetros hidrológicos han sido validados, para la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi.



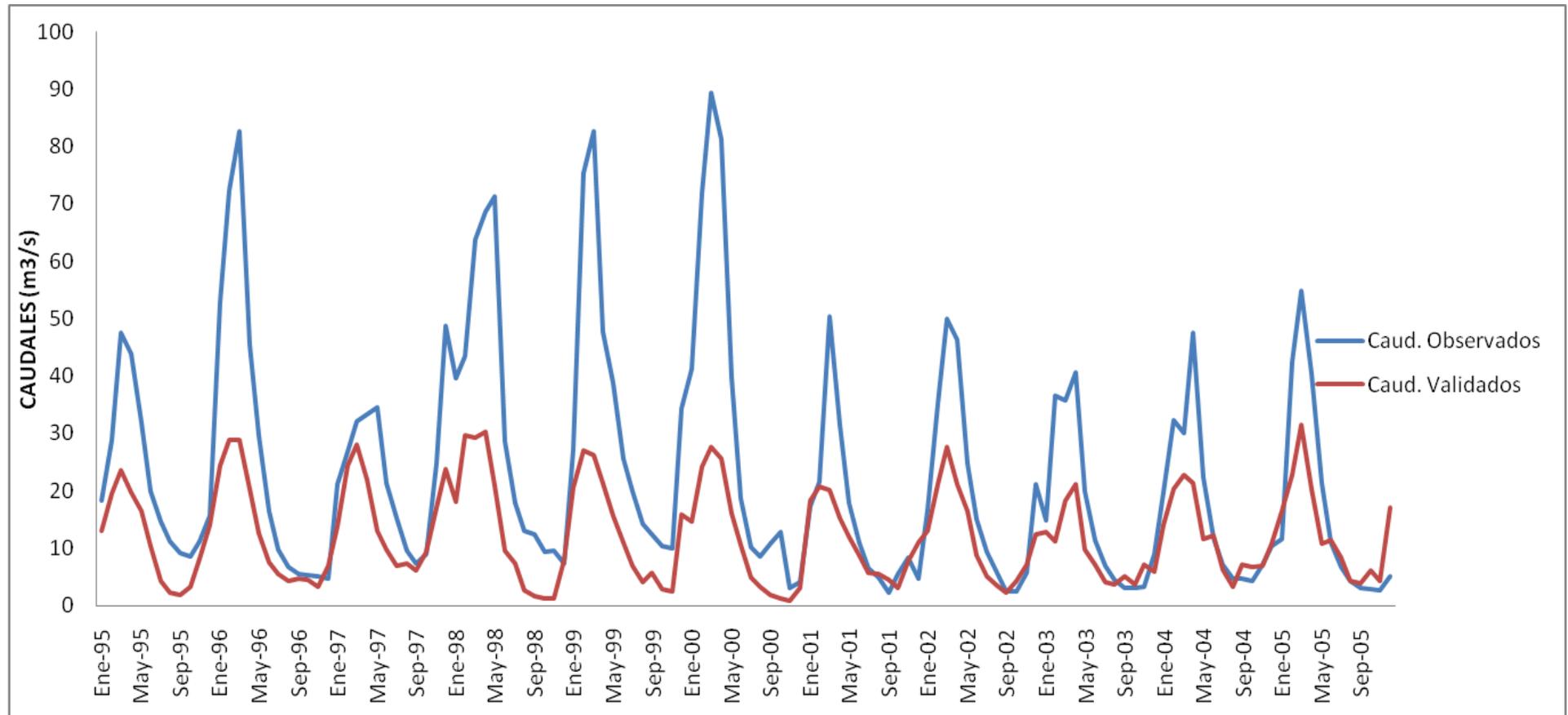
FUENTE: El autor

GRÁFICA 4.6.- Caudales observados y caudales calculados en los que los parámetros hidrológicos han sido validados, para la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo.



Validación y Calibración de los Parámetros Hidrológicos del Polinomio Ecológico.

Autor: José Luis Samaniego Ortega.



FUENTE: El autor

4.5.- RESULTADOS ESTADÍSTICOS AL COMPARAR LOS CAUDALES CALCULADOS POR EL MÉTODO DEL POLINOMIO ECOLÓGICO Y LOS CAUDALES OBSERVADOS EN LAS ESTACIONES HIDROLÓGICAS

En el (Ítem 4.3) del presente capítulo se han hecho comparaciones de caudales, por lo que es necesario también hacer un análisis estadístico para ver si dicha comparación de caudales es buena. Las fórmulas aplicadas para el análisis estadístico fueron las expuestas en el capítulo III (ítem 3.10.1 al 3.10.6.); obteniéndose de esta manera los siguientes resultados:

CUADRO 4.1.- Resultados estadísticos.

Parámetro Estadístico	Cuenca Perteneciente al :			
	Río Guayllabamba Aj Cubi	Río Quijos Dj Oyacachi	Río Chico Aj Portoviejo	Río Pindo Aj Amarillo
	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Coeficiente de Correlación (R^2)	0,501	0,088	0,656	0,687
Coeficiente de Eficiencia (EF)	-4,720	-5,434	-6,484	0,151
Coeficiente de Determinación (CD)	0,175	0,155	0,134	1,177
Error Cuadrático Medio (RMSE)	40,583	169,779	7,466	20,576
Error Medio (BIAS)	37,587	156,395	-5,001	12,353
Error Medio Absoluto (MAE)	37,587	156,395	5,115	13,605

FUENTE: El autor



CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1.- ANÁLISIS DE LOS VALORES DE M, N Y K CALIBRADOS Y CALCULADOS

Para el presente capítulo, cuando hablemos de coeficientes o valores calculados; nos referiremos a los valores de m, n, y K obtenidos por el método del polinomio ecológico. Para el presente análisis tomar en cuenta que los valores de m, n y k calibrados, se encuentran en el anexo 2 (ítem 2).

5.1.1.- Análisis de los valores de m, n y k para la cuenca perteneciente al río Guayllabamba Aj Cubi

El 90% de los valores de m y n calibrados; varían de 0.68 a 0.8 para m; mientras que para n varían de 0.61 a 0.78. Los valores de m y n encontrados por el método del polinomio ecológico fueron 0.591 y 0.515 respectivamente, lo



que significa que los coeficientes calibrados son mayores a los coeficientes calculados.

En cuanto a los valores de K calibrados, pues estos resultaron ser todos mayores a los coeficientes de K encontrados por el método del polinomio ecológico.

5.1.2.- Análisis de los valores de m, n y k para la cuenca perteneciente al río Quijos Dj Oyacachi

En esta cuenca se notó que existen dos rangos de variación de los valores de m y n calibrados los cuales son:

$$\left\{ \begin{array}{l} n = 0.68 \text{ a } 0.73 \text{ para los meses de Enero, Abril, Mayo, Noviembre, Diciembre.} \\ n = 0.76 \text{ a } 0.8 \text{ para los meses de Febrero, Marzo y de Junio a Octubre.} \\ m = 0.72 \text{ a } 0.86 \text{ para los meses de Enero, Abril, Mayo, Noviembre, Diciembre.} \\ m = 0.86 \text{ a } 0.9 \text{ para los meses de Febrero, Marzo y de Junio a Octubre.} \end{array} \right.$$

Igualmente en los coeficientes K calibrados; se pudo notar que en los meses de: Febrero, Marzo y de Junio a Octubre los valores de K se disparan más con respecto al resto de valores calibrados, en el momento de comparar los coeficientes calibrados con los calculados.

Los valores de m y n calculados por el método del polinomio ecológico, para esta cuenca fueron: 0.643 y 0.545 respectivamente, por lo que en esta cuenca todos los valores de m, n y k calibrados, resultaron ser mayores que los calculados.

5.1.3.- Análisis de los valores de m, n y k para la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo.

Aquí los valores de m y n calibrados tienen dos rangos de variación en donde:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 0.35 \text{ a } 0.49 \text{ en los meses de Diciembre a Junio (conformando el 89\% de los} \\ \text{datos calibrados).} \\ m = 0.58 \text{ a } 0.595 \text{ en el lapso de Julio a Noviembre (conformando el 11\% de los} \\ \text{valores calibrados).} \end{array} \right.$$



{
n = 0.65 a 0.78 en los meses de Diciembre a Mayo (conformando el 90.28%
de
los datos calibrados).
n = 0.83 a 0.86 en el lapso de Junio a Noviembre (conformando el 9.72% de
los datos calibrados).

Los valores de K calibrados para esta cuenca están conformados de la siguiente manera:

{
73.61% por valores que resultaron ser menores a los calculados por el método
del polinomio ecológico.
26.39% por valores que resultaron ser mayores a los calculados.

Los valores de m y n determinados por el polinomio ecológico son:

{
m = 0.571, resultando este valor estar entre los rangos de variación de los
valores calibrados de m.
n = 0.8, resultando también este valor estar entre los rangos de variación de
los valores calibrados de n.

5.1.4.- Análisis de los valores de m, n y k para la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo.

Los valores calibrados de m para esta cuenca varían de 0.6 a 0.735; y los valores calibrados de n varían de 0.7 a 0.86. Después tenemos que los valores determinados o calculados de m y n son: 0.642 y 0.721 respectivamente. Por consiguiente podemos notar que los valores de m y n calculados están dentro de las variaciones de calibración.

Finalmente tenemos que los valores de K calibrados; están conformados en un 12.31% por valores menores a los calculados, y en un 87.69% por valores mayores a los calculados.



5.2.- ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS DE COMPARACIÓN DE CAUDALES OBSERVADOS Y CALCULADOS

En las gráficas del capítulo IV (Ítem 4.3); se puede ver que en las cuencas pertenecientes a los ríos: Guayllabamba Aj Cubi, Quijos Dj Oyacachi, y Pindo Aj Amarillo; los caudales observados son mayores que los caudales calculados por el método del polinomio ecológico; en cambio que para la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo, los caudales observados son menores que los caudales calculados.

Esto se debe a que, en la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo las evapotranspiraciones calculadas resultaron ser altas; y como luego al factor K se lo obtiene mediante la relación de la evapotranspiración /Precipitación, se llega entonces a valores grandes de esta relación, para lo cual no existen valores de K para interpolar en el Cuadro 3.4.

Por lo que ante este inconveniente; lo que se hizo en esta cuenca, es simplemente tomar los valores más bajos del Cuadro 3.4, o sea el valor de 0.004.

Por esta razón es que al tomar el coeficiente K el valor de 0.004, al no haber valores mas pequeños en la tabla de coeficientes ecológicos, y al ser colocados luego este coeficiente en la fórmula de polinomio ecológico, tenemos como resultado, caudales medios mensuales mayores a los observados.

5.3.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En el Cuadro 4.5 del capítulo IV podemos ver algunos resultados estadísticos de las cuencas analizadas, los cuales examinaremos a continuación:

- En ninguna de las cuencas analizadas, se ha llegado a obtener coeficientes de correlación mayores a 0.7; valor que indica un grado aceptable de ajuste a una línea recta entre los caudales calculados y observados, de cada cuenca. Sin embargo hay que notar que las cuencas pertenecientes al río Chico Aj Portoviejo y la cuenca perteneciente a la río Pindo Aj Amarillo tienen valores cercanos a 0.7.



- El coeficiente de eficiencia de Nash es menor a 0.7, para todas las cuencas analizadas, lo cual indica que no existe una buena relación 1:1 de los datos comparados (caudales observados y calculados) en cada cuenca.
- En lo que se refiere al coeficiente de determinación, en la cuenca perteneciente al río Pindo Aj Amarillo se obtuvo un valor aceptable de 1.177, con respecto a las demás cuencas analizadas; y se la considera así ya que el valor óptimo para este coeficiente es de 1.
- Teniendo en cuenta; que la cuenca perteneciente al Río Chico Aj Portoviejo tiene el error cuadrático medio (RMSE) mas bajo (7.466m³/s), en comparación con las otras cuencas analizadas; se determina que para ninguna de las cuencas existe un excelente ajuste entre caudales observados y calculados.
- En cuanto a los errores: medio (BIAS) y medio absoluto (MAE). En ninguna de las cuencas analizadas se obtuvo valores cercanos a cero, que es el valor óptimo para estos errores. No obstante los errores BIAS Y MAE para la cuenca perteneciente al Río Chico Aj Portoviejo fueron los más bajos. Siendo estos:

BIAS = -5.001m³/s (error medio).

MAE = 5.115m³/s (error medio absoluto).



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES.

- El método del polinomio ecológico, utilizado para estimación de caudales medios mensuales; no es adecuado para cuencas de gran área, debido a que en esos casos existe mayor diversidad de vegetación, y como no existe un coeficiente que represente esa variedad, el método del polinomio ecológico se convierte en poco preciso.
- La variación más baja entre los valores de m calibrados para las cuencas analizadas es de 0.68 a 0.8, donde esta variación le pertenece a la cuenca del río Quijos Dj Oyacachi. En cuanto a los valores de n ; la variación más baja es de 0.65 a 0.86 en la cuenca perteneciente al río Pindo. Por lo tanto se establece que si estas son las variaciones mas bajas; entonces esto implica que no existe una buena aproximación entre caudales calculados y observados.



- Para cuencas hidrográficas que tienen el 100% de su área en región costa, como es el caso de la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo; los caudales estimados son mayores a los observados. No así en el resto de cuencas analizadas, que pertenecen a la región oriente, sierra o la combinación de las dos; en donde los caudales estimados son menores a los observados.
- Los valores de los errores medios y medios absolutos mas bajos, se presentaron para la cuenca mas pequeña analizada (416.74 Km²), por lo que se determina que desde el punto de vista estadístico, el método del polinomio ecológico es mas adecuado para cuenca pequeñas.
- Los parámetros hidrológicos calibrados para las cuencas analizadas son en su mayoría, mayores a los parámetros calculados por el método del polinomio ecológico. Con excepción de los coeficientes calibrados para la cuenca perteneciente al río Chico Aj Portoviejo, en donde los coeficientes hidrológicos calculados están entre las variaciones de los coeficientes calibrados.
- Cuando se graficó: caudales observados versus caudales calculados con los coeficientes hidrológicos (m, n y K) ya calibrados, se apreció que esas gráficas comparativas, siguen siendo similares a las gráficas de comparación de caudales donde no se calibraba todavía los parámetros hidrológicos; lo que significa que la evapotranspiración y la precipitación son factores que influyen en gran medida en la ecuación del polinomio ecológico.

6.2.- RECOMENDACIONES

- Que el método del polinomio ecológico sea investigado para cuencas con áreas inferiores a 400Km², para así establecer a futuro la precisión del método en cuencas pequeñas.
- Para la determinación del coeficiente ecológico; en el cuadro 3.4 se debería ampliar el rango de coeficientes, o sea valores menores a 0.004; ya que existe situaciones en las que al valor de la relación: evapotranspiración sobre precipitación, no le corresponde ningún K.



- Como en la presente investigación se comparó los caudales observados (en las estaciones hidrológicas) con los calculados por el método de polinomio ecológico. Se recomienda que el INAMHI establezca una mayor densidad de estaciones hidrológicas para así poder aplicar este tipo de comparaciones para cuencas más pequeñas.
- Que el INAMHI establezca una mejor red de estaciones meteorológicas, con equipos más completos y confiables, permitiendo de esta manera que los errores a futuro, en cuanto a la utilización de la información, sea mínimo.
- Concientizar a las personas dedicadas a la recolección de datos en las estaciones meteorológicas e hidrológicas del país, para que luego cuando se use la información adquirida no se tenga que usar métodos para el relleno de datos faltantes, ya que los métodos empleados nos son malos pero sin embargo los resultados de esos nunca van a ser iguales a los que realmente se deberían haber medido en el campo.
- Que se realice comparaciones de caudales calculados y observados; pero aplicando otros métodos de cálculo.
- Investigar sobre el uso de los métodos existentes para el cálculo de caudales, ya que hasta hoy sucede que algunos métodos son mal seleccionados para lo que desea determinar el investigador.
- Indagar sobre sistemas de información geográfica, ya que estos reducen el tiempo de análisis de una cuenca.



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.drpez.net/panel/showthread.php?t=233430>
2. <http://www.fii.org/wwwcpdi/jornadas/pdf/tarazona.pdf>
3. http://64.233.183.104/search?q=cache:-11H-dcySzEj:geologia.ujaen.es/usr/respino/HID_Tema%25207.ppt+tema+7+escorrentia&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=ec
4. http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_endorreica
5. <http://age.ieg.csic.es/boletin/38/17%20IBISATE%20311-329.pdf>
6. <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp5.pdf>
7. http://200.12.49.237/SIG_MAGA/paginas/atlas_tematico/pag07.htm
8. http://ponce.sdsu.edu/el_vado_puente.html
9. OÑATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. **Apuntes de hidrología.**
10. <http://www.agua.uji.es/pdf/PRESRH05.pdf>
11. http://geologia.ujaen.es/usr/respino/HID_Tema%207.ppt.
12. REMENIERAS, G. **Introducción a la Hidrología de Aguas Superficiales.** (551.483/028i) Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1974
13. <http://www.redote.org/estacion-rambla-honda.htm>



14. http://www.unesur.edu.ve/unidades/gencon/unidades_curriculares/climatologia/Practica%201%20y%202_climatologia.pdf
15. <http://www.inamhi.gov.ec/educativa/meteorologia.htm>
16. <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp2.pdf>
17. LUQUE, Jorge Alfredo 1981: **Hidrología Agrícola Aplicada**, 326p.
18. <http://www.irnase.csic.es/users/microleis/microlei/manual1/cdbm/cdbm2.htm>
19. MEDARDO MOLINA. **Hidrología. Universidad Agraria “La Molina”**
Departamento de Recursos de Agua y Tierra (1995)
20. OÑATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. **Estudio Hidrológico para el Sistema de Agua Potable del Seminario Mayor Reina del Cisne.**
Publicación: http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/Staffpro/hidrologia/ESTUDIO_HIDRO L%D3GICO_APOTABLE.PDF



ANEXO I

1.- PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES CALCULADAS POR EL MÉTODO DE LOS POLIGONOS DE THIESSEN.



**1.1.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO GUAYLLABAMBA AJ CUBI
 (PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES (mm)).**

Año	Ener	Febrer	Marz	Abri	May	Juni	Juli	Agos	Sept	Octubr	Nov	Dicie
s	o	o	o	l	o	o	o	.	.	e	.	m.
1976	53,1	59,1	108,3	99,9	89,0	34,5	1,5	2,5	29,6	87,4	98,4	95,1
1977	54,2	30,5	136,5	107,2	66,9	29,6	6,0	26,9	101,3	111,6	16,8	85,3
1978	52,1	65,9	87,8	185,1	78,6	11,9	48,5	2,0	78,1	10,3	54,7	66,3
1979	32,6	38,7	133,3	107,1	139,0	33,1	7,3	72,8	112,8	42,8	25,3	13,5
1980	102,9	158,3	66,8	130,0	40,4	11,1	4,2	21,7	39,8	124,0	6	51,5
1981	21,4	110,6	130,1	184,4	89,8	32,0	24,2	37,5	37,0	55,4	83,0	108,6
1982	117,1	62,8	107,0	136,4	151,3	9,2	33,2	4,5	71,2	139,8	8	249,6
1983	94,5	68,1	205,5	195,0	99,2	18,6	3,5	39,1	7,0	76,6	79,5	161,0
1984	68,3	175,4	96,7	166,3	62,5	27,8	14,5	19,8	154,7	110,5	88,6	21,7
1985	58,6	36,4	60,4	128,7	108,3	27,7	12,9	41,5	87,1	36,8	52,8	80,2
1986	98,4	146,8	148,8	121,6	68,5	6,6	0,0	7,5	25,7	98,8	87,8	70,5
1987	80,4	64,1	132,5	121,4	133,9	33,4	15,8	8,5	71,8	78,2	5,4	14,3
1988	72,6	80,0	21,8	240,4	74,4	70,4	31,0	36,7	108,0	93,8	0	58,3
1989	89,2	103,4	152,1	82,3	52,0	51,2	10,2	26,0	103,4	185,7	8,5	38,4
1990	44,1	106,7	73,2	97,3	18,1	18,1	10,6	24,7	16,1	207,6	27,6	57,8
1991	73,0	27,2	146,1	77,2	113,7	28,0	18,5	2,5	51,9	23,6	6	60,6
1992	52,5	53,7	78,6	75,4	67,7	6,9	11,6	6,3	81,6	68,8	76,5	33,7
1993	100,2	190,1	205,4	205,3	88,7	7,0	5,0	3,1	85,6	42,8	99,8	130,8
1994	189,2	126,6	215,6	135,6	62,1	1,0	3,1	3,5	21,9	73,6	0	92,6
1995	10,6	63,7	108,3	128,2	112,8	49,3	25,8	45,9	11,8	97,6	3	41,5
1996	92,2	98,5	135,8	173,7	175,1	51,6	22,4	30,9	76,8	116,9	15,5	70,5
1997	150,6	20,7	150,1	81,7	62,6	50,8	0,4	0,2	67,1	114,7	1	57,1
1998	40,7	137,8	126,1	127,4	125,0	22,1	22,3	28,3	45,6	84,8	92,4	25,1
1999	99,3	173,4	133,2	165,3	49,3	73,5	12,3	19,9	125,6	121,8	88,1	164,1
2000	131,6	119,5	145,9	138,1	113,7	54,0	24,2	7,6	59,6	31,3	21,2	71,5
2001	84,7	51,2	102,4	45,5	44,9	6,1	22,1	0,0	67,6	4,2	73,0	93,4
2002	49,5	43,0	119,3	153,9	99,3	23,0	3,3	5,3	17,2	127,9	97,8	133,8
2003	20,5	82,9	94,9	203,0	29,2	41,0	10,8	5,6	44,1	86,7	8	72,9
2004	48,3	20,2	63,4	113,1	91,5	5,1	7,0	1,3	90,3	72,9	86,2	80,9
2005	41,1	145,3	126,1	76,9	34,0	30,0	20,9	12,5	51,5	86,6	42,2	78,0

**1.2.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO QUIJOS DJ OYACACHI
 (PRECIPITACIONES**



MEDIAS MENSUALES (mm)).

Año	Ene	Febr	Marz	Abri	May	Juni	Juli	Agost	Sept	Octubr	Nov	Dicem.
1980	142,5	138,2	117,5	160,5	131,2	106,1	88,9	91,2	51,8	157,8	120,4	71,2
1981	142,4	157,2	158,8	204,3	219,8	95,6	195,2	57,4	30,0	104,6	60,1	89,6
1982	108,5	75,6	136,0	155,7	213,4	62,9	147,3	63,4	116,7	97,6	148,9	95,7
1983	110,5	87,0	111,7	167,4	154,3	46,0	46,7	70,4	55,0	111,2	121,7	134,4
1984	116,7	104,9	125,3	245,9	86,5	120,6	86,1	33,2	158,9	113,0	7	61,6
1985	62,4	52,9	120,5	89,3	193,8	134,0	121,7	75,8	166,1	39,6	48,3	94,9
1986	127,3	193,3	175,0	236,7	209,3	70,3	120,8	45,9	97,8	71,7	117,3	133,5
1987	84,9	107,0	131,5	197,1	256,6	60,6	96,0	83,1	68,8	70,5	26,1	16,5
1988	59,2	75,7	147,1	222,5	181,1	48,2	102,3	80,0	94,0	103,2	143,3	78,1
1989	91,0	86,5	84,2	63,7	143,3	148,4	125,8	52,7	76,2	114,2	39,9	76,4
1990	49,8	112,8	113,7	196,9	111,2	94,5	103,8	63,5	54,4	164,5	105,2	68,9

1.3.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO CHICO AJ PORTOVIEJO (PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES (mm)).

Año	Ene	Febr	Marz	Abri	May	Juni	Juli	Agost	Sept	Octub	Nov	Diciem
1980	90,2	108,1	154,5	181,5	68,0	3,6	0,0	1,1	0,0	0,0	14,9	4,6
1981	78,3	274,5	116,6	117,4	0,0	1,0	3,9	0,6	0,8	1,8	0,1	12,9
1982	82,0	73,0	91,5	27,9	29,2	2,3	13,2	0,0	5,7	114,8	126,0	269,6
1983	352,1	269,7	313,9	380,9	325,3	202,7	292,6	109,9	113,7	0,6	8,7	41,6
1984	11,1	385,6	307,0	130,1	29,6	7,9	1,5	3,8	2,2	1,0	0,8	112,5
1985	74,8	107,2	187,1	164,0	44,9	23,9	0,5	0,2	0,7	0,4	0,0	28,5
1986	361,1	102,9	84,5	125,7	21,5	2,1	16,3	3,8	0,5	13,6	1,4	13,9
1987	184,4	402,6	231,3	267,7	113,7	4,7	3,4	34,2	2,8	6,3	7,2	26,0
1988	70,9	226,3	46,9	219,9	75,1	3,0	4,1	1,5	9,2	3,1	16,5	26,5
1989	380,3	318,8	187,6	142,9	55,7	7,2	1,4	0,3	19,4	6,8	0,2	9,3
1990	88,0	117,7	140,1	105,5	15,1	15,1	2,1	0,0	0,1	0,1	0,0	35,4
1991	125,4	120,9	185,9	103,7	52,8	13,9	0,0	1,3	0,5	0,0	6,7	21,6
1992	257,6	273,1	367,1	310,3	244,7	27,4	1,1	0,7	0,2	0,4	0,1	39,1
1993	97,8	291,8	240,4	148,6	44,3	26,4	0,0	4,4	0,0	1,6	1,1	5,7
1994	181,0	160,1	170,5	90,0	94,9	13,7	0,1	0,0	0,6	3,7	0,0	91,1
1995	173,2	212,2	61,8	108,8	11,1	4,3	7,3	3,9	0,3	0,0	0,1	3,5
1996	104,6	143,8	251,6	60,7	5,1	3,2	1,5	0,3	0,0	0,2	0,3	6,2
1997	131,8	186,9	322,8	232,7	82,4	74,1	58,5	118,9	93,8	157,4	272,4	348,5
1998	286,3	385,0	575,0	465,0	286,3	106,9	59,3	6,9	12,7	11,4	26,1	11,8
1999	100,2	485,5	267,3	232,0	77,4	3,4	0,1	0,5	0,1	0,0	0,8	12,5
2000	111,6	244,0	128,7	215,2	57,0	6,7	0,0	0,0	1,3	0,0	7,2	15,3
2001	384,7	265,7	286,7	136,1	34,3	21,6	11,5	11,4	11,4	3,1	3,8	3,5



2002	62,7	295,6	223,7	191,0	36,0	6,5	6,3	0,3	3,3	5,9	2,2	53,3
2003	96,2	260,6	75,4	83,4	40,6	11,7	13,9	0,4	0,0	1,3	9,5	59,9
2004	48,0	218,3	217,5	42,0	107,5	14,6	3,5	0,1	3,7	5,8	1,1	12,1
2005	46,0	179,3	161,9	343,6	6,3	0	0,0	0,4	0,3	1,1	1,6	26,8

1.4.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO PINDO AJ AMARILLO (PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES (mm)).

Año	Ener	Febrer	Marz	Abri	May	Juni	Juli	Agos	Sept	Octub	Nov	Diciem
s	o	o	o	l	o	o	o
1970	192,2	161,9	109,8	165,4	164,4	42,5	22,2	22,4	49,8	66,5	54,7	144,1
1971	171,5	255,2	456,8	80,7	45,2	99,9	93,1	48,8	58,0	131,6	17,9	94,3
1972	132,4	174,3	232,5	114,5	42,0	51,5	40,0	35,5	20,0	23,3	91,0	106,5
1973	217,8	332,9	358,0	217,7	243,7	79,4	27,8	35,5	43,9	9,0	26,9	138,1
1974	169,8	174,5	224,8	105,7	66,0	32,8	21,5	7,3	30,6	85,7	88,6	78,5
1975	112,3	258,1	292,1	321,9	160,0	100,2	36,8	124,9	17,8	129,3	49,1	51,0
1976	273,0	331,7	263,5	180,5	161,0	41,7	48,3	23,5	10,3	18,3	22,7	57,4
1977	206,2	247,2	163,1	174,6	26,8	46,4	12,0	21,0	60,0	32,7	19,9	90,6
1978	97,8	121,7	113,7	170,6	75,0	49,8	28,3	25,0	30,6	15,3	29,8	75,4
1979	188,6	213,1	380,6	119,9	78,4	12,9	16,9	22,9	64,8	15,0	9,6	36,3
1980	177,4	207,1	146,6	295,4	20,7	29,1	24,4	21,2	52,8	114,4	60,4	119,1
1981	102,1	307,6	294,8	170,7	12,1	13,9	19,9	10,5	1,3	15,9	26,5	120,5
1982	240,2	202,1	199,2	133,8	84,3	6,6	19,6	15,9	84,3	81,1	142,4	286,2
1983	243,8	115,9	298,2	291,9	265,8	76,0	25,7	23,3	32,5	85,2	39,3	211,0
1984	43,2	422,8	300,0	278,5	85,6	49,9	43,6	13,0	22,5	112,0	72,3	150,1
1985	173,4	78,2	128,5	54,0	67,5	36,6	25,2	28,3	37,2	32,5	22,2	148,7
1986	175,0	181,9	72,1	226,3	48,7	7,7	15,9	15,9	29,3	17,1	74,2	12,6
1987	205,8	80,8	81,5	109,3	55,3	16,2	25,9	23,1	8,6	20,6	62,7	42,8
1988	279,8	375,8	47,8	139,3	57,1	21,7	17,5	16,6	43,3	48,4	66,4	111,9
1989	367,1	336,4	192,9	142,7	41,0	56,8	23,4	32,9	21,3	65,7	17,7	31,4
1990	154,2	205,3	162,8	215,9	117,4	35,2	13,8	14,4	13,0	55,1	58,5	112,8
1991	120,9	162,6	363,7	131,7	127,0	48,0	75,2	31,0	8,2	49,3	63,9	154,9
1992	194,6	252,3	221,9	258,1	141,2	96,8	84,7	16,8	40,1	68,2	70,0	111,8
1993	194,2	395,6	394,7	400,2	104,2	18,3	19,3	8,2	9,4	57,5	32,7	221,3
1994	327,9	323,6	214,3	215,2	139,6	46,5	27,1	20,5	38,3	13,2	41,2	118,3
1995	101,9	228,4	238,8	156,6	108,5	42,2	15,1	5,5	7,5	22,4	71,6	154,7
1996	323,1	311,7	315,6	149,3	63,3	41,1	37,8	18,5	29,1	41,7	7,3	55,4
1997	138,4	237,8	236,5	260,5	67,3	100,0	36,6	26,4	51,6	77,2	216,7	352,3
1998	115,7	277,1	348,7	328,1	170,9	38,4	62,2	22,0	17,8	55,3	36,7	69,8
1999	250,5	301,7	282,4	202,9	114,6	92,0	29,7	22,9	63,5	20,1	44,2	232,3
2000	131,0	308,5	327,5	288,3	180,5	55,7	28,5	20,1	50,2	14,4	13,4	101,8
2001	244,0	211,9	225,7	94,9	110,7	54,8	32,0	41,9	23,1	15,7	85,3	100,0
2002	102,0	249,1	304,2	210,6	151,3	32,0	24,2	16,7	3,5	42,4	90,7	149,7
2003	93,6	70,9	228,9	195,4	62,1	34,3	20,9	23,1	47,1	58,2	80,5	130,8
2004	133,8	205,9	230,4	222,4	88,2	72,3	39,9	13,0	63,7	60,3	53,8	95,6
2005	163,4	266,7	453,5	122,3	71,1	66,7	37,2	22,9	15,5	45,2	8,2	239,0





2.1.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO QUIJOS ESMERALDAS AJ CUBI (EVAPOTRANSPIRACIONES MEDIAS MENSUALES PLURIANUALES (cm)).

Meses	Ecuaciones	Cota (m.s.n.m)	Temperatura	ij	Indice Calor	Constante	Factor de Correc.	Evapotrans.(cm)
	X = Cota Y = Temperatura	Centro de Graved.	Media Mens. (° C)	$ij = (Tj/5)^{1,514}$	$I = \sum ij$	$a=(675*10^{-9})*i^{-I^{-3}} \dots$	(Ka)	$Uj = 1,6Ka(10Tj/I)^a$
Enero	$Y = -0,004X + 26,46$	2600	16,06	5,85	65,39	1,52	1,04	6,54
Febrero	$Y = -0,004X + 26,56$	2600	16,16	5,91	65,39	1,52	0,94	5,95
Marzo	$Y = -0,005X + 26,93$	2600	13,93	4,72	65,39	1,52	1,04	5,26
Abril	$Y = -0,004X + 26,83$	2600	16,43	6,06	65,39	1,52	1,01	6,56
Mayo	$Y = -0,004X + 26,34$	2600	15,94	5,79	65,39	1,52	1,04	6,45
Junio	$Y = -0,004X + 25,63$	2600	15,23	5,40	65,39	1,52	1,01	5,84
Julio	$Y = -0,004X + 25,13$	2600	14,73	5,13	65,39	1,52	1,04	5,72
Agosto	$Y = -0,004X + 25,03$	2600	14,63	5,08	65,39	1,52	1,04	5,66
Septiembre	$Y = -0,004X + 25,05$	2600	14,65	5,09	65,39	1,52	1,01	5,51
Octubre	$Y = -0,004X + 25,3$	2600	14,9	5,22	65,39	1,52	1,04	5,83
Noviembre	$Y = -0,004X + 25,74$	2600	15,34	5,46	65,39	1,52	1,01	5,92
Diciembre	$Y = -0,004X + 26,16$	2600	15,76	5,69	65,39	1,52	1,04	6,35



Validación y Calibración de los Parámetros Hidrológicos del Polinomio Ecológico.

Autor: José Luis Samaniego Ortega.

2.2.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO QUIJOS DJ OYACACHI (EVAPOTRANSPIRACIONES MEDIAS MENSUALES PLURIANUALES (cm)).

Meses	Ecuaciones	Cota (m.s.n.m)	Temperatura	ij	Índice Calor	Constante	Factor de Correc.	Evapotrans. (cm)
	X = Cota Y = Temperatura	Centro de Gravedad	Media Mens. (° C)	$ij = (Tj/5)^{1,514}$	$I = \sum ij$	$a = (675 * 10^{-9}) * i^{-3} \dots$	(Ka)	$Uj = 1,6Ka(10Tj/I)^a$
Enero	$Y = -0,004X + 26,46$	2949,54	14,66	5,10	56,41	1,38	1,04	6,21
Febrero	$Y = -0,004X + 26,56$	2949,54	14,76	5,15	56,41	1,38	0,94	5,66
Marzo	$Y = -0,005X + 26,93$	2949,54	12,18	3,85	56,41	1,38	1,04	4,81
Abril	$Y = -0,004X + 26,83$	2949,54	15,03	5,29	56,41	1,38	1,01	6,23
Mayo	$Y = -0,004X + 26,34$	2949,54	14,54	5,03	56,41	1,38	1,04	6,13
Junio	$Y = -0,004X + 25,63$	2949,54	13,83	4,67	56,41	1,38	1,01	5,56
Julio	$Y = -0,004X + 25,13$	2949,54	13,33	4,41	56,41	1,38	1,04	5,44
Agosto	$Y = -0,004X + 25,03$	2949,54	13,23	4,36	56,41	1,38	1,04	5,38
Septiembre	$Y = -0,004X + 25,05$	2949,54	13,25	4,37	56,41	1,38	1,01	5,24
Octubre	$Y = -0,004X + 25,3$	2949,54	13,50	4,50	56,41	1,38	1,04	5,54
Noviembre	$Y = -0,004X + 25,74$	2949,54	13,94	4,72	56,41	1,38	1,01	5,62
Diciembre	$Y = -0,004X + 26,16$	2949,54	14,36	4,94	56,41	1,38	1,04	6,03



Validación y Calibración de los Parámetros Hidrológicos del Polinomio Ecológico.

Autor: José Luis Samaniego Ortega.

2.3.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO CHICO AJ PORTOVIEJO (EVAPOTRANSPIRACIONES MEDIAS MENSUALES PLURIANUALES (cm)).

Meses	Ecuaciones	Cota (m.s.n.m)	Temperatura	ij	Índice Calor	Constante	Factor de Correc.	Evapotrans. (cm)
	X = Cota Y = Temperatura	Centro de Gravedad	Media Mens. (° C)	$ij = (Tj/5)^{1,514}$	$I = \sum ij$	$a = (675 * 10^{-9}) * i^{-1,8} \dots$	(Ka)	$Uj = 1,6Ka(10Tj/I)^{a^2}$
Enero	Y = -0,004X + 26,46	204,086	25,64	11,88	138,06	3,27	1,04	12,65
Febrero	Y = -0,004X + 26,56	204,086	25,74	11,95	138,06	3,27	0,93	11,46
Marzo	Y = -0,005X + 26,93	204,086	25,91	12,07	138,06	3,27	1,04	13,04
Abril	Y = -0,004X + 26,83	204,086	26,01	12,14	138,06	3,27	1,01	12,80
Mayo	Y = -0,004X + 26,34	204,086	25,52	11,80	138,06	3,27	1,04	12,36
Junio	Y = -0,004X + 25,63	204,086	24,81	11,31	138,06	3,27	1,01	10,95
Julio	Y = -0,004X + 25,13	204,086	24,31	10,96	138,06	3,27	1,04	10,55
Agosto	Y = -0,004X + 25,03	204,086	24,21	10,89	138,06	3,27	1,04	10,43
Septiembre	Y = -0,004X + 25,05	204,086	24,23	10,91	138,06	3,27	1,01	10,15
Octubre	Y = -0,004X + 25,3	204,086	24,48	11,08	138,06	3,27	1,04	10,85
Noviembre	Y = -0,004X + 25,74	204,086	24,92	11,38	138,06	3,27	1,01	11,20
Diciembre	Y = -0,004X + 26,16	204,086	25,34	11,67	138,06	3,27	1,04	12,17



2.4.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO PINDO AJ AMARILLO (EVAPOTRANSPIRACIONES MEDIAS MENSUALES PLURIANUALES

(cm)).

Meses	Ecuaciones	Cota (m.s.n.m)	Temperatura	ij	Índice Calor	Constante	Factor de Correc.	Evapotrans. (cm)
	X = Cota Y = Temperatura	Centro de Gravedad	Media Mens. (° C)	$ij = (Tj/5)^{1,514}$	$I = \sum ij$	$a=(675*10^{-9})*i^{-3} \dots$	(Ka)	$Uj = 1,6Ka(10Tj/I)^a$
Enero	Y = -0,004X + 26,46	1668,62	19,78552	8,02	91,45	2,00	1,05	7,90
Febrero	Y = -0,004X + 26,56	1668,62	19,88552	8,09	91,45	2,00	0,92	6,95
Marzo	Y = -0,005X + 26,93	1668,62	18,5869	7,30	91,45	2,00	1,04	6,88
Abril	Y = -0,004X + 26,83	1668,62	20,15552	8,25	91,45	2,00	1,00	7,80
Mayo	Y = -0,004X + 26,34	1668,62	19,66552	7,95	91,45	2,00	1,03	7,59
Junio	Y = -0,004X + 25,63	1668,62	18,95552	7,52	91,45	2,00	1,00	6,85
Julio	Y = -0,004X + 25,13	1668,62	18,45552	7,22	91,45	2,00	1,03	6,69
Agosto	Y = -0,004X + 25,03	1668,62	18,35552	7,16	91,45	2,00	1,03	6,66
Septiembre	Y = -0,004X + 25,05	1668,62	18,37552	7,17	91,45	2,00	1,00	6,48
Octubre	Y = -0,004X + 25,3	1668,62	18,62552	7,32	91,45	2,00	1,05	6,95
Noviembre	Y = -0,004X + 25,74	1668,62	19,06552	7,59	91,45	2,00	1,02	7,13
Diciembre	Y = -0,004X + 26,16	1668,62	19,48552	7,84	91,45	2,00	1,05	7,66

ANEXO II



1.- CAUDALES CALCULADOS POR EL MÉTODO DEL POLINOMIO ECOLÓGICO
1.1.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO GUAYLLABAMBA AJ CUBI
(CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)).

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Diciem.
1976			6,448	6,581	6,111	3,754	1,158	0,462	2,21	5,26	6,294	6,351
1977	4,633	3,099	7,114	7,066	5,318	3,25	1,366	2,133	5,739	6,908	3,113	4,997
1978	4,419	4,679	5,749	9,115	6,654	2,48	3,395	1,355	4,533	2,289	3,594	4,615
1979	3,315	3,173	7,111	7,032	7,826	4,317	1,554	4,35	6,716	4,426	2,709	1,688
1980	5,541	8,589	6,066	7,174	4,479	1,887	0,853	1,823	3,073	6,653	7,682	4,947
1981	2,553	5,967	7,828	9,532	7,052	3,724	2,491	3,04	3,22	3,976	5,384	6,634
1982	7,152	5,307	6,481	7,735	8,54	3,166	2,602	1,301	4,257	7,646	9,05	11,756
1983	7,821	5,337	9,691	10,621	7,532	3,118	0,969	2,763	1,564	4,476	5,44	8,312
1984	5,929	8,711	7,334	8,655	5,745	3,1	1,819	1,902	7,588	7,449	6,337	3,104
1985	3,896	3,442	4,281	6,916	7,022	3,664	1,742	3,012	5,408	3,843	3,911	5,183
1986	6,221	8,151	8,836	7,709	5,53	2,003	0,916	0,807	2,091	5,649	6,129	5,265
1987	5,426	4,894	7,399	7,507	7,846	4,272	2,04	1,231	4,325	5,431	2,023	1,388
1988	4,356	5,497	3,038	10,065	6,977	5,244	3,388	3,08	6,068	6,405	9,099	5,739
1989	5,66	6,563	8,464	6,406	4,436	4,063	1,936	2,181	5,793	9,406	3,41	2,859
1990	3,474	6,122	5,722	6,131	2,967	1,898	1,39	2,114	1,839	9,184	4,712	4,007
1991	4,943	3,171	7,458	6,08	6,743	3,716	2,088	0,872	3,345	2,675	6,436	5,187
1992	4,165	4,141	5,319	5,278	4,942	1,981	1,281	0,993	4,766	5,102	5,289	3,489
1993	5,731	9,483	10,874	10,887	7,264	2,309	0,862	0,578	4,852	4,062	5,834	7,509
1994	9,648	8,353	10,685	8,819	5,447	1,573	0,519	0,547	1,814	4,563	6,983	6,441
1995	2,535	3,981	6,485	7,426	7,26	4,715	2,822	3,436	1,943	5,367	7,808	4,628
1996	5,529	6,356	7,872	9,331	9,745	5,586	2,715	2,67	4,872	6,884	3,064	4,356
1997	7,811	3,791	7,525	6,338	4,818	4,191	1,358	0,228	4,035	6,701	10,394	6,132
1998	3,653	7,162	8,024	7,617	7,567	3,632	2,232	2,503	3,448	5,312	6,103	3,306
1999	5,606	8,932	8,596	8,996	5,311	4,992	2,364	1,895	6,56	7,544	6,44	8,494
2000	8,209	7,601	8,491	8,194	7,401	4,946	2,834	1,362	3,825	3,159	2,258	4,426
2001	5,534	4,484	6,102	4,371	3,645	1,609	1,898	0,806	4,061	1,77	4,33	5,883
2002	4,465	3,633	6,669	8,409	7,08	3,359	1,04	0,734	1,563	6,591	6,725	7,596
2003	3,536	4,979	6,237	9,756	4,732	3,331	1,831	0,964	3,039	5,426	7,105	5,709
2004	4,12	2,488	4,22	6,521	6,31	2,197	0,951	0,51	4,982	5,411	5,712	5,62
2005	3,916	7,488	8,105	5,898	3,529	2,78	2,212	1,563	3,483	5,519	4,077	5,005



1.2.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO QUIJOS DJ OYACACHI (CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)).

Años	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Diciem.
1980			11,387	12,765	11,956	10,341	9,023	8,799	6,481	11,706	11,454	8,143
1981	11,097	13,182	13,709	15,457	16,914	11,407	14,367	8,682	4,471	8,403	7,178	8,073
1982	9,664	8,332	11,212	12,841	15,946	9,375	11,532	8,228	9,887	9,68	11,968	10,029
1983	9,908	8,998	10,072	13,093	13,307	7,308	5,378	6,773	6,302	9,304	10,732	11,616
1984	10,8	10,029	11,122	16,65	11,094	10,377	9,134	5,244	11,584	11,168	9,03	6,949
1985	6,506	5,955	9,949	9,11	13,964	12,936	11,357	8,606	12,644	7,072	5,333	8,172
1986	10,681	14,532	15,092	17,099	16,795	9,793	10,227	6,649	8,435	7,812	9,889	11,484
1987	9,189	9,562	11,558	14,747	18,321	9,999	8,717	8,543	7,439	7,236	4,303	2,569
1988	5,298	7,36	11,815	16,117	15,355	8,015	8,721	8,386	8,888	9,528	11,822	8,929
1989	8,488	8,613	8,562	6,997	10,985	12,847	11,733	7,197	7,33	9,808	6,158	6,972
1990	5,971	9,284	10,578	14,464	11,593	9,392	9,581	7,47	6,175	12,011	10,8	7,778

1.3.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO CHICO AJ PORTOVIEJO (CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)).

Años	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Diciem.
1980			13,652	15,85	10,312	3,067	0,681	0,441	0,26	0,038	2,189	1,581
1981	7,477	19,283	14,359	12,024	7,817	0,714	0,938	0,643	0,431	0,628	0,373	1,978
1982	7,838	8,809	9,686	5,719	4,39	1,896	2,161	2,209	1,12	9,888	12,572	19,59
1983	24,801	22,725	23,395	26,625	25,114	19,685	22,125	14,679	12,144	3,768	1,682	4,933
1984	3,03	22,748	24,16	15,684	6,686	2,498	1,043	0,965	0,872	0,599	0,461	9,527
1985	9,303	10,766	15,313	15,469	8,429	4,553	1,604	0,345	0,356	0,33	0,309	3,515
1986	21,848	15,105	9,936	11,719	5,858	1,745	2,502	1,565	0,656	2,1	1,24	2,123
1987	13,65	25,903	21,517	20,833	14,233	4,039	1,233	4,23	2,053	1,329	1,54	3,555
1988	7,423	16,902	9,471	16,153	11,345	3,212	1,176	0,796	1,656	1,23	2,485	3,847
1989	22,772	25,138	18,541	14,584	8,824	3,11	1,041	0,403	2,778	1,946	0,804	1,58
1990	8,202	11,571	13,037	11,657	4,78	2,856	1,388	0,874	0,127	0,133	0,067	4,134
1991	10,949	12,367	15,508	12,336	7,972	3,694	1,186	0,513	0,416	0,356	1,206	3,088
1992	17,298	21,786	25,354	24,482	21,129	8,645	1,979	0,522	0,276	0,272	0,192	4,461
1993	9,43	20,195	20,325	15,565	8,167	4,67	1,647	0,994	0,573	0,544	0,562	1,151
1994	13,369	15,41	15,336	11,377	10,37	4,581	1,25	0,367	0,304	0,891	0,521	8,3
1995	14,482	17,72	10,225	10,662	4,507	1,554	1,521	1,235	0,608	0,153	0,112	0,838
1996	9,049	13,325	18,674	10,782	3,041	1,151	0,747	0,399	0,278	0,164	0,235	1,167
1997	10,693	15,883	22,497	20,53	12,174	9,164	7,859	11,306	10,946	13,967	20,405	24,74
1998	23,19	26,441	34,047	32,39	24,753	14,384	8,686	3,147	2,312	2,29	3,688	2,668
1999	9,02	27,718	23,906	19,906	11,746	3,287	0,704	0,301	0,208	0,072	0,359	1,966
2000	9,716	18,162	14,584	16,996	10,063	3,017	0,844	0,107	0,473	0,586	1,29	2,46
2001	22,759	22,906	22,189	15,543	7,255	4,046	2,6	2,267	2,253	1,333	1,049	1,034
2002	6,356	19,803	19,82	17,556	8,235	2,507	1,472	0,762	0,834	1,263	0,984	5,676



2003	9,632	18,81	11,823	9,324	6,527	3,176	2,539	1,167	0,229	0,474	1,633	6,227
2004	6,601	16,019	18,267	9,055	10,238	4,837	1,607	0,562	0,871	1,27	0,84	1,906
2005	5,286	14,198	15,242	23,167	7,142	1,288	0,103	0,241	0,263	0,458	0,615	3,442

1.4.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO PINDO AJ AMARILLO (CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)).

Años	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Diciem.
1970			13,629	15,887	16,888	8,928	4,345	3,655	6,105	8,079	7,566	13,425
1971	16,772	22,144	33,893	16,808	7,446	10,51	11,185	7,904	7,483	12,832	5,858	9,289
1972	13,436	16,938	21,192	15,22	7,735	6,817	6,069	5,387	3,805	3,647	9,274	11,679
1973	18,702	27,169	30,523	23,305	22,605	13,41	5,898	5,076	5,981	2,895	3,65	12,285
1974	16,558	17,699	20,877	14,45	9,376	5,849	3,928	2,046	3,986	8,992	10,456	9,709
1975	11,935	21,436	25,836	27,343	19,679	13,21	7,067	12,041	5,803	11,87	8,55	6,868
1976	20,666	28,02	25,672	19,821	17,121	8,826	6,651	4,473	2,453	2,829	3,524	6,6
1977	17,164	22,366	18,681	17,402	7,777	6,045	3,283	3,176	6,93	5,615	3,668	9,041
1978	11,044	13,02	13,122	16,184	11,293	7,586	5,025	4,099	4,526	3,121	4,11	8,109
1979	16,451	20,279	29,434	18,152	10,602	4,241	2,812	3,498	7,29	4,03	2,095	4,465
1980	14,881	19,776	16,908	23,769	9,265	4,485	4,051	3,62	6,372	11,598	9,137	11,918
1981	12,079	23,758	26,782	19,666	6,166	2,603	3,114	2,316	0,897	2,257	3,788	11,166
1982	20,198	20,766	20,012	15,717	11,232	3,704	2,934	2,869	8,687	10,003	13,908	23,224
1983	23,363	15,799	23,676	26,169	24,775	13,52	5,608	3,858	4,607	9,022	6,752	17,077
1984	9,663	28,663	28,853	25,495	14,194	7,935	6,395	3,36	3,38	10,759	9,848	14,132
1985	16,986	11,712	13,201	8,837	8,199	6,176	4,368	4,302	5,24	5,001	3,868	12,939
1986	17	18,395	11,602	18,751	10,583	3,054	2,527	2,752	4,077	3,264	7,734	4,035
1987	16,279	12,587	10,095	11,663	8,626	4,014	3,809	3,789	2,237	3,01	6,979	6,4
1988	20,828	30,259	13,413	13,069	9,357	4,681	3,168	2,873	5,407	6,463	8,056	11,618
1989	26,746	29,789	21,94	16,093	8,267	7,256	4,692	4,669	3,874	7,32	4,297	4,331
1990	13,412	19,253	17,848	19,738	15,03	7,293	3,242	2,545	2,428	6,19	7,601	11,497
1991	13,079	16,163	27,855	18,591	14,18	8,527	8,764	5,921	2,453	5,683	7,776	14,153
1992	18,286	22,439	22,183	23,227	17,407	12,6	10,738	4,774	5,171	7,936	8,739	11,707
1993	17,454	30,053	33,337	33,221	17,68	5,648	3,308	2,029	1,825	6,344	5,444	17,658
1994	26,288	28,705	22,893	20,714	16,292	8,787	4,918	3,602	5,095	3,194	5,098	11,375
1995	12,037	19,638	22,428	17,739	13,491	7,681	3,518	1,616	1,473	3,153	7,69	14,283
1996	24,99	27,75	28,174	18,852	10,242	6,532	5,576	3,698	4,163	5,558	2,597	6,08
1997	12,914	20,716	22,519	23,573	12,581	11,16	6,977	4,48	6,344	8,883	18,313	27,925
1998	17,486	22,517	29,176	28,882	20,28	8,825	7,663	4,743	3,205	6,339	5,74	7,856
1999	19,723	26,078	25,921	21,38	14,729	11,57	6,205	3,962	7,22	4,558	5,52	18,383
2000	16,113	24,382	28,488	26,622	20,26	10,49	5,289	3,624	6,074	3,607	2,453	9,66
2001	20,013	21,252	21,65	13,781	12,307	8,78	5,517	5,684	4,34	3,002	8,615	11,208
2002	11,685	20,574	26,176	22,051	17,031	7,861	4,251	3,099	1,315	4,878	9,704	14,441
2003	12,128	9,46	19,045	19,684	11,069	5,92	3,854	3,658	5,943	7,392	9,244	13,095
2004	14,296	18,957	21,678	21,526	13,417	9,619	6,632	3,277	6,98	7,919	7,373	10,141
2005	15,214	22,765	33,945	19,511	10,331	8,687	6,207	4,151	2,976	5,511	2,799	18,011



2.- PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DEL POLINOMIO ECOLÓGICO CALIBRADOS.

2.1.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO GUAYLLABAMBA AJ CUBI (PARÁMETROS HIDROLÓGICOS CALIBRADOS m, n y K).

k

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1978	0,0071192	0,0061464	0,0073990	0,0071310	0,0071714	0,0073350	0,0071788	0,0073050	0,0068530	0,0069826	0,0069630	0,0065203
1979	0,0065925	0,0060034	0,0070474	0,0062336	0,0070220	0,0070263	0,0070290	0,0060690	0,0063410	0,0070155	0,0070090	0,0072110
1980	0,0069863	0,0069155	0,0064530	0,0070847	0,0070017	0,0073699	0,0072314	0,0070155	0,0058545	0,0066135	0,0066142	0,0058126
1981	0,0064120	0,0065233	0,0068596	0,0069163	0,0063020	0,0055450	0,0060297	0,0057180	0,0057275	0,0059580	0,0063447	0,0065162
1982	0,0065135	0,0060388	0,0066137	0,0066200	0,0067076	0,0060026	0,0066881	0,0073072	0,0062227	0,0068436	0,0070152	0,0072054
1983	0,0063511	0,0062630	0,0071160	0,0070714	0,0064086	0,0073803	0,0073140	0,0070276	0,0070265	0,0062245	0,0062267	0,0068012
1984	0,0063575	0,0069088	0,0065123	0,0068084	0,0069248	0,0072137	0,0070652	0,0065910	0,0069320	0,0065105	0,0064082	0,0072757
1985	0,0070384	0,0064218	0,0064186	0,0065883	0,0065644	0,0058366	0,0070440	0,0066225	0,0064062	0,0056127	0,0059194	0,0062446
1986	0,0064145	0,0068058	0,0069279	0,0065134	0,0060040	0,0060679	0,0080000	0,0060385	0,0055195	0,0065213	0,0064300	0,0061103
1987	0,0062643	0,0064760	0,0068308	0,0066011	0,0068402	0,0059150	0,0058104	0,0068087	0,0062045	0,0064255	0,0052944	0,0058550

m

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1978	0,724	0,723	0,728	0,726	0,723	0,795	0,785	0,799	0,731	0,758	0,748	0,752
1979	0,742	0,75	0,725	0,725	0,7	0,733	0,778	0,69	0,69	0,738	0,738	0,785
1980	0,694	0,718	0,761	0,77	0,76	0,799	0,859	0,765	0,73	0,712	0,702	0,735
1981	0,779	0,721	0,723	0,725	0,715	0,73	0,8	0,739	0,735	0,72	0,737	0,68
1982	0,725	0,751	0,731	0,72	0,729	0,741	0,775	0,794	0,723	0,706	0,723	0,733
1983	0,732	0,795	0,746	0,75	0,779	0,785	0,859	0,79	0,795	0,725	0,72	0,701
1984	0,75	0,738	0,73	0,761	0,785	0,851	0,794	0,81	0,725	0,727	0,746	0,798
1985	0,76	0,74	0,728	0,7	0,708	0,783	0,81	0,794	0,719	0,752	0,726	0,699
1986	0,701	0,69	0,731	0,737	0,745	0,791	0,95	0,859	0,796	0,725	0,733	0,715
1987	0,725	0,735	0,716	0,722	0,743	0,705	0,785	0,805	0,71	0,725	0,77	0,795



Validación y Calibración de los Parámetros Hidrológicos del Polinomio Ecológico.

Autor: José Luis Samaniego Ortega.

n

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1978	0,671	0,666	0,676	0,675	0,67	0,735	0,695	0,763	0,69	0,724	0,685	0,695
1979	0,701	0,69	0,69	0,701	0,679	0,719	0,76	0,64	0,61	0,639	0,701	0,725
1980	0,659	0,669	0,709	0,701	0,721	0,789	0,812	0,728	0,69	0,663	0,641	0,675
1981	0,695	0,653	0,675	0,674	0,684	0,688	0,755	0,694	0,692	0,68	0,68	0,639
1982	0,68	0,685	0,676	0,679	0,681	0,695	0,7	0,762	0,677	0,66	0,66	0,672
1983	0,695	0,719	0,685	0,68	0,695	0,702	0,789	0,7	0,749	0,69	0,67	0,663
1984	0,689	0,687	0,69	0,689	0,699	0,724	0,789	0,76	0,67	0,68	0,683	0,699
1985	0,691	0,695	0,694	0,655	0,675	0,698	0,764	0,71	0,67	0,69	0,68	0,667
1986	0,666	0,643	0,699	0,68	0,685	0,75	0,85	0,83	0,734	0,67	0,68	0,66
1987	0,666	0,685	0,66	0,67	0,68	0,68	0,77	0,79	0,665	0,67	0,73	0,77

2.2.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO QUIJOS DJ OYACACHI (PARÁMETROS HIDROLÓGICOS CALIBRADOS m, n y K).

k

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1982	0,00694734	0,0066001	0,0073049	0,00723135	0,0075299	0,0065266	0,0073307	0,0075886	0,00808354	0,00690855	0,00724373	0,0068454
1983	0,00698984	0,0068376	0,0071281	0,0073	0,00818154	0,0064867	0,0107389	0,0073	0,0104799	0,00690024	0,0073692	0,007148
1984	0,00692632	0,0069943	0,0072526	0,00750772	0,0067045	0,00704572	0,0068129	0,00803872	0,00741312	0,0070803	0,0068267	0,0064092
1985	0,0065132	0,00631422	0,0072359	0,00670472	0,00743666	0,00714884	0,00711097	0,00675344	0,00740505	0,00619621	0,00625832	0,0068168
1986	0,007071	0,0074103	0,0075195	0,00752045	0,00743014	0,00674295	0,00861078	0,00703838	0,00695265	0,0066155	0,00702	0,0071207
1987	0,006703	0,00997261	0,00737802	0,00741493	0,00762837	0,0069936	0,00823213	0,00761043	0,00702763	0,00664585	0,008362	0,0160761
1988	0,0063224	0,00664322	0,0074244	0,0075264	0,0073749	0,00782912	0,00884057	0,00672315	0,00690094	0,0069049	0,0072036	0,00661925



Validación y Calibración de los Parámetros Hidrológicos del Polinomio Ecológico.

Autor: José Luis Samaniego Ortega.

m

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1982	0,845	0,828	0,813	0,85	0,829	0,871	0,884	0,9	0,9	0,858	0,84	0,85
1983	0,853	0,853	0,857	0,857	0,86	0,9	0,9	0,9	0,9	0,88	0,82	0,81
1984	0,81	0,86	0,82	0,815	0,829	0,89	0,9	0,9	0,859	0,826	0,831	0,86
1985	0,795	0,863	0,86	0,832	0,832	0,895	0,895	0,899	0,817	0,87	0,88	0,799
1986	0,777	0,724	0,8	0,83	0,82	0,9	0,9	0,9	0,9	0,881	0,86	0,86
1987	0,845	0,9	0,864	0,886	0,85	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
1988	0,889	0,893	0,85	0,855	0,86	0,9	0,9	0,879	0,855	0,85	0,84	0,83

n

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1982	0,741	0,73	0,73	0,76	0,732	0,781	0,796	0,8	0,8	0,746	0,739	0,73
1983	0,74	0,743	0,743	0,743	0,76	0,77	0,8	0,8	0,8	0,77	0,73	0,71
1984	0,713	0,76	0,727	0,72	0,73	0,78	0,796	0,8	0,76	0,73	0,74	0,759
1985	0,72	0,78	0,775	0,74	0,74	0,782	0,791	0,794	0,73	0,7775	0,78	0,693
1986	0,68	0,63	0,705	0,731	0,725	0,8	0,8	0,8	0,797	0,77	0,745	0,75
1987	0,74	0,8	0,764	0,772	0,74	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
1988	0,78	0,8	0,75	0,75	0,76	0,8	0,8	0,76	0,75	0,744	0,75	0,741



2.3.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO CHICO AJ PORTOVIEJO (PARÁMETROS HIDROLÓGICOS CALIBRADOS m, n y K).

k

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1984	0,004027	0,006006	0,0069985	0,006427	0,005093	0,004846	0,005301	0,00379	0,00305	0,00408	0,004	0,00246
1985	0,00301	0,002972	0,006385	0,005822	0,00481	0,004272	0,004	0,006562	0,00657	0,006535	0,01477	0,004016
1986	0,005523	0,00428	0,004599	0,005294	0,004474	0,002208	0,001742	0,00319	0,00399	0,00238	0,00302	0,004
1987	0,005714	0,006991	0,007134	0,006523	0,0062963	0,004072	0,00404	0,004002	0,0033	0,004011	0,00387	0,002111
1988	0,005004	0,006456	0,004974	0,006532	0,005018	0,003004	0,00399	0,0042	0,0037	0,004	0,002913	0,002285
1989	0,006414	0,007423	0,00674	0,00655	0,005475	0,00412	0,004042	0,00608	0,00442	0,00411	0,004	0,0043

m

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1984	0,48	0,458	0,494	0,47	0,5	0,535	0,58	0,45	0,44	0,48	0,48	0,4
1985	0,4	0,47	0,4	0,35	0,4	0,4	0,469	0,59	0,595	0,595	0,595	0,458
1986	0,4	0,39	0,35	0,45	0,43	0,35	0,4	0,35	0,45	0,4	0,36	0,42
1987	0,4	0,426	0,49	0,492	0,5	0,46	0,495	0,392	0,4	0,47	0,4	0,4
1988	0,411	0,375	0,377	0,406	0,388	0,386	0,416	0,42	0,388	0,4	0,39	0,39
1989	0,362	0,47	0,47	0,49	0,4	0,441	0,484	0,595	0,35	0,401	0,54	0,418

n

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1984	0,76	0,72	0,77	0,75	0,765	0,835	0,86	0,72	0,71	0,742	0,77	0,7
1985	0,7	0,72	0,72	0,71	0,7	0,7	0,72	0,86	0,855	0,869	0,869	0,706
1986	0,7	0,7	0,7	0,71	0,7	0,7	0,7	0,65	0,74	0,7	0,68	0,72
1987	0,7	0,7	0,75	0,72	0,785	0,72	0,783	0,7	0,7	0,72	0,7	0,7
1988	0,71	0,7	0,7	0,71	0,7	0,7	0,71	0,748	0,695	0,7	0,69	0,69
1989	0,68	0,76	0,72	0,743	0,7	0,72	0,785	0,869	0,69	0,72	0,801	0,719



2.4.- CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO PINDO AJ AMARILLO (PARÁMETROS HIDROLÓGICOS CALIBRADOS m,n,K).

k

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1971	0,0074905	0,0077846	0,0082144	0,0067698	0,0076556	0,0071106	0,006936	0,0064215	0,0065944	0,006981	0,0055394	0,006802
1972	0,0072052	0,0074659	0,0078809	0,0077706	0,0083254	0,0081223	0,0062914	0,0060154	0,0057702	0,0057106	0,006819	0,006921
1973	0,0074616	0,0080509	0,0080249	0,0075489	0,0078185	0,0069244	0,0058673	0,006036	0,006434	0,0049284	0,0058282	0,0071021
1974	0,0074566	0,0088159	0,0093342	0,0070012	0,0065112	0,0060206	0,005853	0,0091112	0,005916	0,0068264	0,0069472	0,00665
1975	0,0070457	0,0100372	0,0079266	0,0080752	0,0073365	0,0064113	0,00621	0,0029792	0,002579	0,0011422	0,001268	0,0063162
1976	0,0077406	0,0080038	0,0077083	0,007319	0,0072861	0,006427	0,006309	0,005791	0,005132	0,003362	0,002634	0,0064024
1977	0,0062545	0,0076292	0,007582	0,0073462	0,005714	0,006313	0,005212	0,004827	0,001986	0,001791	0,001697	0,002192
1978	0,0068022	0,0072115	0,0070112	0,007358	0,0066195	0,006332	0,0059282	0,005823	0,005925	0,0053	0,005902	0,006641
1979	0,007508	0,007716	0,0081395	0,0070332	0,0067977	0,006444	0,0067344	0,005711	0,006686	0,005366	0,00497	0,0059874
1980	0,0070241	0,0076103	0,0072079	0,0077219	0,0055684	0,006934	0,0057216	0,005622	0,005422	0,003127	0,005006	0,003086
1981	0,0068204	0,0079721	0,0079077	0,0073358	0,005678	0,008299	0,00567	0,005042	0,006516	0,005366	0,005824	0,007066
1982	0,007607	0,0075918	0,0075313	0,0071103	0,0067205	0,0083454	0,007894	0,0057543	0,006805	0,006712	0,0072157	0,007031
1995	0,0067762	0,007633	0,0077114	0,0072112	0,0069376	0,0063064	0,0072007	0,01165	0,010995	0,0056664	0,0066665	0,0072014
1996	0,0078453	0,0079587	0,0079476	0,007131	0,0065754	0,0062422	0,0061334	0,005507	0,005901	0,006216	0,004773	0,00638
1997	0,0072284	0,0077976	0,0077143	0,0077436	0,0065519	0,006946	0,006127	0,005867	0,006412	0,006712	0,0076238	0,0079335
1998	0,0070814	0,0078427	0,0080322	0,0078003	0,0073167	0,006114	0,006507	0,005705	0,0076463	0,0064063	0,006015	0,006523
1999	0,0076303	0,0079178	0,0078046	0,0074193	0,0070113	0,0069744	0,0059316	0,0066242	0,006617	0,0055275	0,006286	0,0076112
2000	0,0071464	0,0079484	0,0080011	0,0077267	0,0074354	0,006532	0,0059912	0,00567	0,00642	0,006127	0,00521	0,0038193
2001	0,0077047	0,0077763	0,0075548	0,0068004	0,0070207	0,0064602	0,005906	0,006219	0,003872	0,0053	0,0068	0,00383
2002	0,006949	0,0077478	0,0079654	0,0075345	0,007273	0,005982	0,0057024	0,005404	0,004075	0,003933	0,005383	0,007234
2003	0,0068325	0,0075645	0,007757	0,0074545	0,006416	0,0061578	0,005645	0,005758	0,004406	0,003671	0,003082	0,006625
2004	0,007132	0,0076471	0,00774	0,007517	0,0067444	0,00668	0,006203	0,005214	0,005916	0,004712	0,006415	0,0068012
2005	0,0066644	0,0077243	0,0082254	0,007037	0,006532	0,0065933	0,006126	0,005703	0,005314	0,00425	0,004805	0,0029392



Validación y Calibración de los Parámetros Hidrológicos del Polinomio Ecológico.

Autor: José Luis Samaniego Ortega.

m

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1971	0,725	0,73	0,7	0,73	0,735	0,694	0,66	0,661	0,65	0,6	0,66	0,65
1972	0,725	0,73	0,73	0,73	0,75	0,73	0,731	0,72	0,73	0,728	0,629	0,64
1973	0,67	0,703	0,701	0,73	0,67	0,68	0,73	0,72	0,67	0,73	0,72	0,72
1974	0,685	0,73	0,73	0,73	0,72	0,73	0,73	0,73	0,73	0,65	0,645	0,65
1975	0,73	0,73	0,72	0,67	0,634	0,61	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,73
1976	0,688	0,73	0,728	0,68	0,65	0,64	0,6	0,603	0,602	0,6	0,6	0,652
1977	0,6	0,62	0,61	0,665	0,69	0,63	0,602	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
1978	0,695	0,68	0,71	0,72	0,71	0,705	0,71	0,67	0,625	0,67	0,6	0,603
1979	0,63	0,665	0,714	0,706	0,72	0,73	0,73	0,711	0,6	0,633	0,682	0,705
1980	0,607	0,72	0,7	0,69	0,72	0,73	0,73	0,71	0,6	0,6	0,6	0,6
1981	0,7	0,701	0,71	0,7	0,73	0,73	0,723	0,71	0,73	0,66	0,6	0,61
1982	0,61	0,72	0,71	0,725	0,71	0,73	0,729	0,73	0,603	0,634	0,715	0,73
1995	0,676	0,672	0,694	0,715	0,715	0,72	0,73	0,73	0,73	0,725	0,67	0,644
1996	0,7	0,71	0,72	0,712	0,72	0,71	0,683	0,691	0,64	0,62	0,7	0,606
1997	0,67	0,65	0,657	0,655	0,715	0,685	0,697	0,705	0,64	0,625	0,661	0,672
1998	0,7	0,69	0,7	0,7	0,73	0,73	0,72	0,721	0,73	0,654	0,655	0,61
1999	0,663	0,72	0,72	0,708	0,72	0,7	0,73	0,73	0,677	0,71	0,69	0,685
2000	0,701	0,719	0,725	0,72	0,694	0,68	0,69	0,705	0,691	0,73	0,655	0,6
2001	0,62	0,62	0,7	0,705	0,65	0,645	0,64	0,6	0,6	0,68	0,63	0,6
2002	0,643	0,67	0,68	0,7	0,661	0,696	0,701	0,69	0,691	0,6	0,6	0,652
2003	0,64	0,73	0,686	0,69	0,685	0,696	0,693	0,631	0,6	0,6	0,6	0,6
2004	0,654	0,668	0,658	0,695	0,668	0,643	0,637	0,65	0,6	0,6	0,618	0,63
2005	0,61	0,686	0,669	0,691	0,7	0,633	0,624	0,641	0,638	0,6	0,609	0,6



Validación y Calibración de los Parámetros Hidrológicos del Polinomio Ecológico.

Autor: José Luis Samaniego Ortega.

n

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
1971	0,805	0,813	0,754	0,85	0,855	0,8	0,76	0,77	0,76	0,7	0,765	0,752
1972	0,836	0,84	0,85	0,85	0,86	0,85	0,825	0,813	0,825	0,834	0,759	0,765
1973	0,78	0,81	0,808	0,831	0,78	0,78	0,84	0,828	0,78	0,844	0,802	0,812
1974	0,77	0,85	0,85	0,846	0,835	0,845	0,85	0,85	0,824	0,754	0,733	0,75
1975	0,845	0,85	0,826	0,75	0,75	0,72	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,837
1976	0,78	0,84	0,82	0,8	0,76	0,741	0,714	0,704	0,706	0,7	0,7	0,77
1977	0,7	0,73	0,72	0,76	0,784	0,727	0,72	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
1978	0,793	0,783	0,81	0,785	0,82	0,8	0,791	0,785	0,739	0,7425	0,71	0,71
1979	0,754	0,775	0,8	0,8	0,81	0,85	0,85	0,81	0,72	0,746	0,791	0,81
1980	0,72	0,823	0,8	0,78	0,83	0,85	0,835	0,815	0,7	0,7	0,7	0,7
1981	0,791	0,8	0,812	0,79	0,85	0,85	0,825	0,83	0,85	0,77	0,714	0,73
1982	0,768	0,806	0,806	0,83	0,83	0,85	0,85	0,85	0,72	0,75	0,815	0,85
1995	0,761	0,755	0,792	0,801	0,8	0,815	0,85	0,85	0,85	0,84	0,76	0,73
1996	0,784	0,807	0,819	0,8	0,828	0,82	0,78	0,785	0,764	0,719	0,8	0,7
1997	0,772	0,75	0,76	0,76	0,82	0,79	0,805	0,8	0,739	0,73	0,75	0,78
1998	0,797	0,78	0,79	0,804	0,842	0,843	0,805	0,833	0,85	0,77	0,79	0,726
1999	0,75	0,816	0,832	0,79	0,81	0,8	0,847	0,85	0,78	0,813	0,78	0,781
2000	0,818	0,821	0,82	0,826	0,78	0,78	0,79	0,82	0,78	0,85	0,75	0,7
2001	0,71	0,735	0,805	0,8	0,77	0,75	0,745	0,715	0,7	0,8	0,72	0,7
2002	0,771	0,778	0,785	0,784	0,76	0,783	0,814	0,79	0,81	0,7	0,7	0,77
2003	0,75	0,85	0,78	0,791	0,788	0,784	0,78	0,756	0,7	0,7	0,7	0,7
2004	0,758	0,78	0,755	0,8	0,78	0,75	0,733	0,769	0,7	0,7	0,728	0,73
2005	0,71	0,78	0,77	0,79	0,793	0,761	0,739	0,72	0,725	0,7	0,73	0,7

