



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*



## ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

### PROYECTO:

“Balance hídrico de cuencas hidrográficas e implementación en el  
laboratorio virtual de hidrología (hydrovlab)”

TRABAJO DE FIN DE CARRERA  
PRÉVIA A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

### TESISTA:

TENECHAGUA AYORA ÁNGEL ANTONIO

### DIRECTOR:

PH.D. OÑATE VALDIVIESO FERNANDO RODRIGO

LOJA - ECUADOR

2012



## CERTIFICACIÓN

**Ph D. Fernando Oñate Valdivieso**

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 Ángel Antonio Tenechagua Ayora; titulada: **“BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE HIDROLOGIA (HYDROVLAB)”**, 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.

---

PhD. Fernando Oñate Valdivieso  
DIRECTOR DE TESIS



## **CESIÓN DE DERECHOS**

Ángel Antonio Tenechagua Ayora, 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”.

\_\_\_\_\_  
Angel Antonio Tenechagua Ayora.

AUTOR



## AUTORÍA

El proceso de investigación que se ha realizado en esta tesis como: Los conceptos, análisis, cálculos, resultados, 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.

---

Angel Antonio Tenechagua Ayora



## AGRADECIMIENTO

La culminación de este trabajo se debe a la infinita misericordia y amor de Dios, a ti gracias por las bendiciones y por convertirte en un pilar fundamental en mi vida.

A mis queridos padres Sr. Juan Tenechagua y Sra. Rosario Ayora, quienes con su esfuerzo, amor y sacrificio supieron guiarme en todos los momentos de mi vida y además de ser mi ejemplo de principios y valores morales.

A mis hermanos Enma, Teresa, Ana, Corina, Juan, y Luis por ser mis amigos fieles, mi apoyo en los malos ratos y en todas las actividades realizadas en mi carrera.

Al Ingeniero Fernando Oñate Valdivieso, Director de tesis, le expreso mis sinceros sentimientos de respeto, admiración y agradecimiento por su generoso asesoramiento y colaboración desde el principio hasta la culminación del presente trabajo investigativo.

A la *UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA*, a través de los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, ya que por medio de ellos recibí la formación y preparación profesional para el servicio a la sociedad.

A mis compañeros, amigos y a quienes directa o indirectamente me ayudaron a culminar mi investigación.

Ángel Antonio Tenechagua Ayora



## DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico de manera muy especial a Dios por todos los favores recibidos en mi vida.

A mis señores padres, hermanas y hermanos por su sacrificio, amor y apoyo en toda mi vida de estudiante, ya que sin su guía no me hubiera sido posible culminar uno de mis sueños más preciados.

*Angel Antonio Tenechagua Ayora.*



## CONTENIDO:

Certificación.....	i
Cesión de derechos.....	ii
Autoría.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Dedicatoria.....	v
Contenido.....	vi
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.</b>	
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
a) Objetivo General.....	2
b) Objetivos Específicos.....	2
c) Organización de la Investigación.....	3
<b>CAPITULO I</b>	
1.1 CICLO HIDROLÓGICO.....	5
1.2 BALANCE HÍDRICO.....	6
1.3 CUENCA HIDROGRÁFICA.....	8
1.3.1 Divisoria de agua.....	9
1.3.2 Área de la cuenca.....	9
1.3.3 Corriente Principal.....	9
1.4 PRECIPITACIÓN.....	9
1.4.1 Las ciclónicas.....	9
1.4.2 Las de convección.....	9
1.4.3 Las precipitaciones orográficas.....	9
1.5 ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	10
1.5.1 Estación agrometeorológica:.....	10
1.5.2 Estación climatologica principal:.....	10
1.5.3 Estación climatológica ordinaria:.....	10
1.5.4 Estación pluviométrica:.....	10
1.5.5 Estación pluviográfica:.....	10
1.6 CAUDAL:.....	11
1.7 ESTACIONES HIDROLÓGICAS.....	11
1.7.1 Estaciones Limnimétricas.....	11



1.7.2	Estaciones Limnigráficas .....	12
1.7.3	Sensores de nivel de agua .....	12
1.8	TEMPERATURA .....	13
1.8.1	Medición de la Temperatura .....	13
1.9	EVAPORACIÓN .....	14
1.9.1	Estimación de la Evaporación .....	14
1.9.2	Determinación Experimental .....	15
1.10	EVAPOTRANSPIRACION .....	15
1.10.1	Medición De La Evapotranspiración .....	15
1.11	INFILTRACION .....	17
1.11.1	Factores que afectan a la infiltración .....	17
1.11.2	Medición de la Infiltración .....	19
1.12	AGUAS SUBTERRANEAS .....	24
1.12.1	Acuífero .....	25
1.12.2	Tipos de acuíferos .....	25
 <b>CAPITULO II</b>		
2.1	METODOLOGIA APLICADA .....	27
2.2	SELECCIÓN DE LAS CUENCAS HIDROFIGURAS .....	27
2.2.1	Región Litoral .....	29
2.2.2	Región interandina .....	29
2.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS .....	31
2.3.1	Area De Drenaje Y Perímetro .....	31
2.3.2	Índice De Gravelius (Ic) .....	31
2.3.3	Curva Hipsométrica .....	31
2.3.4	Elevación Media De La Cuenca .....	32
2.3.5	Pendiente Media De La Cuenca .....	33
2.3.6	Densidad De Drenaje .....	33
2.4	RECOPIACION DE LA INFORMACION CLIMATOLOGICA .....	34
2.5	CHEQUEO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL INAMHI .....	36
2.5.1	Curva De Doble Masa .....	36
2.5.2	Relleno De Datos Faltantes Meteorológicos .....	37
2.5.3	Relleno De Los Datos De Temperatura .....	37
2.6	DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS .....	38
2.6.1	Precipitación media (Pm) .....	38
2.6.2	Escoorrentía: .....	40
2.6.3	Flujo base: .....	41





2.7	ESTIMACIÓN DE VARIABLES.....	45	
2.8	ANÁLISIS DE BONDAD DE AJUSTE .....	48	
2.9	MICROSOFT VISUAL STUDIO .....	50	
1.13.1	ASP.NET.....	51	
1.13.2	AJAX.....	51	
2.10	PROGRAMACION EN MICROSOFT VISUAL STUDIO.NET. ....	51	
 <b>CAPITULO III</b>			
3.1	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS.....	54	
3.2	NÚMERO DE CURVA (CN).....	55	
3.3	VARIABLES INVOLUCRADAS.....	55	
3.4	IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO VIRTUAL (HYDROVLAB) ..	56	
3.5	CUADROS Y GRÁFICAS DE RESUMEN:.....	57	
3.5.1	RESULTADOS ESTADÍSTICOS .....	62	
 <b>CAPITULO IV</b>			
4.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	65	
4.2	ANÁLISIS REGIONAL SEGÚN LAS ZONAS DE ATENCIÓN.....	68	
4.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS .....	68	
 <b>CAPITULO V</b>			
5.1.	CONCLUSIONES.....	71	
5.2.	RECOMENDACIONES .....	72	
 <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>			<b>74</b>
 <b>ANEXO I</b>			
Delimitación de las Cuencas.....		77	



**ANEXO II**

Mapa de Suelos del Ecuador.....79

**ANEXO III**

Resumen de Cálculos.....81

**ANEXO IV**

Manual de Balance Hídrico (HYDROVLAB)..... 110



## RESUMEN.

La presente investigación tiene como objetivo determinar el balance hídrico de Cuencas hidrográficas pertenecientes al río Chico, Jorupe, Yudumpala, Zamora, Paquishapa, Culebrillas y la quebrada Chulco, y elaborar la implementación de la ecuación para el cálculo de las aportaciones de caudal. Que sea susceptible de ser implementado en el laboratorio virtual de hidrología (hidrovlab); y así determinar una ecuación simplificada que permita el cálculo de las aportaciones de caudal en dichas cuencas. Las mismas que se encuentran ubicadas en las regiones Costa, Interandina y una mixta entre la Amazonia y la Interandina. Para lo cual, las estaciones climatológicas e hidrológicas fueron seleccionadas por su ubicación y pertenencia a las cuencas cuyos registros se obtuvieron del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), No se consideraron las series medidas diarias de caudal, precipitación y temperatura, sino solo series mensuales. 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. Ya que el valor más cercano se dio en la cuenca perteneciente al Río Chico con un valor de 0.31



## INTRODUCCIÓN<sup>1</sup>:

Considerando que el agua es y ha sido desde siempre un requisito indispensable para la vida no solo para el ser humano, sino todos los seres vivos en general, conocer el balance de humedad en el suelo es importante para evaluar la disponibilidad de agua para los cultivos, estudios hidrológicos, de conservación de suelos, de drenaje, de recuperación de suelos salinos, de repoblación forestal, o el establecimiento del régimen de humedad de los suelos o de criterios de diferenciación climática.

El conocimiento del balance hídrico es también muy importante para el estudio del ciclo hidrológico. Con los datos del balance hídrico es posible comparar recursos específicos de agua en un sistema, en diferentes períodos de tiempo, y establecer el grado de su influencia en las variaciones del régimen natural.

La realización del balance hídrico es una herramienta útil que auxilia el proceso de toma de decisiones para la planificación y el manejo del sistema de producción en relación a los aspectos cuantitativo y cualitativo.

La administración del recurso hídrico juega un papel preponderante en el desarrollo y rendimiento de los cultivos, tanto así que se puede prever los resultados en función de la disponibilidad de agua, como también es importante aclarar que el manejo del cultivo, la selección adecuada de especies y variedades son fundamentales para alcanzar el éxito en la producción agropecuaria.

En cuanto al aspecto cuantitativo, el conocimiento previo de la variación del almacenamiento del agua en cada tipo de suelo y de explotación, en función de la variación temporal de la lluvia, de la temperatura y de otros atributos del clima dependientes del método seleccionado para estimar evapotranspiración de referencia. En cuanto al aspecto cualitativo, se puede orientar el manejo en el sentido de eliminar o minimizar los riesgos de polución ambiental, tales como contaminación de acuíferos y manantiales de agua por uso inadecuado de insumos contaminantes.

---

<sup>1</sup> <http://institutedeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/0112150.htm>



## **JUSTIFICACIÓN:**

Cada vez más aparece la necesidad de conocer la disponibilidad o reserva de agua existente en nuestros alrededores, para su mejor aprovechamiento en la producción agrícola, ganadera y otros lo cual constituye el egreso fundamental de humedad del suelo y la aportación a los cauces aledaños a dicho sector.

Son diversas las aplicaciones prácticas que demuestran la necesidad de precisar los cálculos de este elemento. Por esto, resulta particularmente importante realizar un estudio que permita precisar un método de cálculo que responda a las condiciones de la provincia, o al menos, de algunas regiones edafoclimáticas del mismo.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:**

### **a) Objetivo General**

El objetivo de este trabajo consiste en determinar el balance hídrico de Cuencas hidrográficas, y elaborar la implementación de la ecuación para el cálculo de las aportaciones de caudal, que sea susceptible de ser implementado en el laboratorio virtual de hidrología (HYDROVLAB).

### **b) Objetivos Específicos**

- Conocer las disponibilidades hídricas de las Cuencas.
- Determinar una ecuación simplificada que permita el cálculo de las aportaciones de caudal en dichas Cuencas.
- Validar la ecuación en Cuencas de diferentes características.
- Implementar la ecuación en HYDROVLAB.



### c) Organización de la Investigación

**CAPITULO 1: Marco Conceptual.** Se describe los conceptos básicos hidrológicos, aplicados en la investigación.

**CAPITULO 2: Metodología.** Se exponen la metodología y los procedimientos matemáticos y estadísticos aplicados para la obtención de las series de datos que se relacionan a los caudales, precipitaciones y temperaturas.

**CAPITULO 3: Cálculos y resultados.** Se determina mediante las formulas respectivas las tendencias que presentan cada una de la cuenca en estudio.

**CAPITULO 4: Análisis de resultados.**

**CAPITULO 5: Conclusiones y recomendaciones.**



# CAPÍTULO I

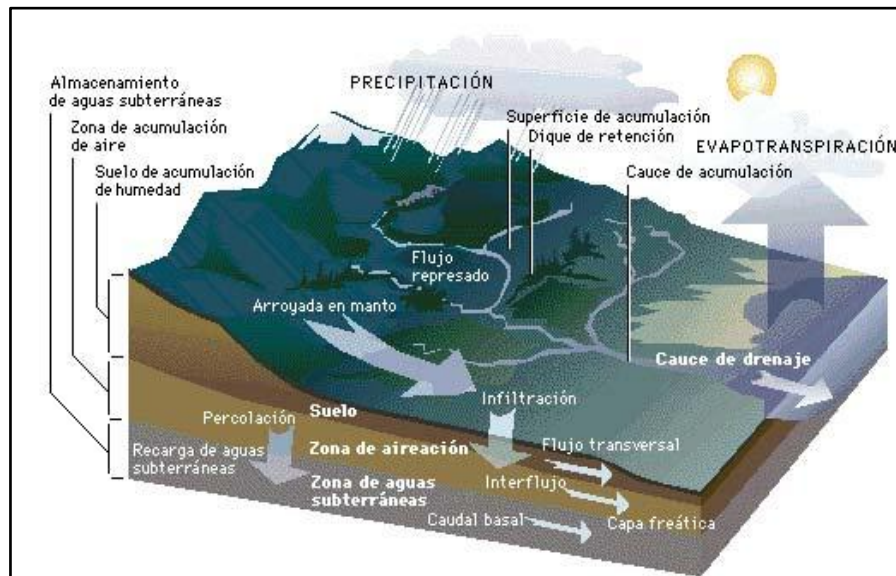
---

## MARCO CONCEPTUAL



## CICLO HIDROLÓGICO<sup>2</sup>.

El ciclo hidrológico se refiere al movimiento y circulación natural que el agua tiene en toda la tierra y su atmósfera. Este movimiento se da por medio de distintos fenómenos que hacen circular el agua, subiéndola desde el mar hasta la atmósfera y regresándola por las lluvias hacia la tierra y a los mismos océanos.



**FIGURA 1.1:** Representación FIGURA del Ciclo hidrológico

**FUENTE:** [http://fineans.usac.edu.gt/wiki/index.php/Cuenca\\_ejemplo](http://fineans.usac.edu.gt/wiki/index.php/Cuenca_ejemplo)

Las masas de agua, oceánicas y continentales, se evaporan, tanto mas cuanto mayor es la temperatura y sequedad del ambiente. La transpiración de la vegetación también contribuye a su evaporación, que no es mas, que el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua a la atmosfera. El aire húmedo, al ascender, se enfría y el vapor de agua se condensa parcialmente en forma de nubes. El agua de éstas, debido a la acción de la gravedad, volverá a caer sobre los océanos o los continentes como precipitación de lluvia, nieve o granizo. Parte del agua caída vuelve a evaporarse o la captada por los organismos vivos es finalmente expulsada; otra parte corre por la superficie o e infiltra en el suelo para, en definitiva, formar cursos de agua que llegan al mar, punto de partida del nuevo ciclo.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> [http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/1\\_El\\_ciclo\\_hidrológico.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/1_El_ciclo_hidrológico.pdf)

<sup>3</sup> [http://fineans.usac.edu.gt/wiki/index.php/Cuenca\\_ejemplo](http://fineans.usac.edu.gt/wiki/index.php/Cuenca_ejemplo)

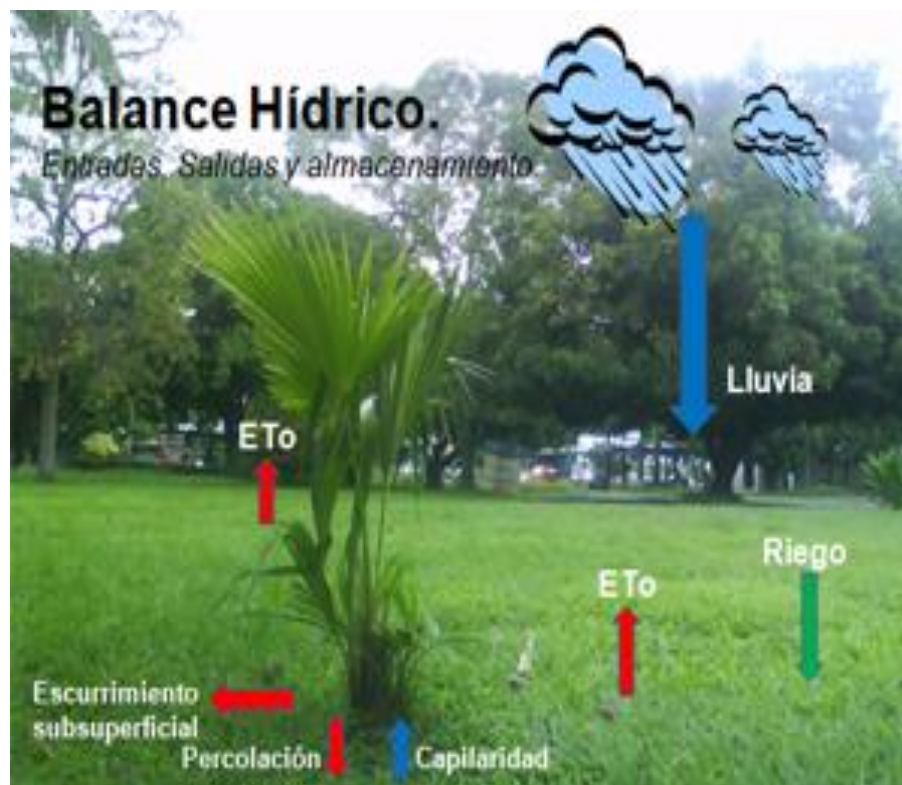




## BALANCE HÍDRICO.

Un balance hídrico es la cuantificación tanto de los parámetros involucrados en el ciclo hidrológico, como de los consumos de agua de los diferentes sectores de usuarios, en un área determinada, cuenca, y la interrelación entre ellos, dando como resultado un diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en cuanto a su oferta, disponibilidad y demanda en dicha área.

Dado que el Balance Hídrico presenta un diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en un área en particular, permite tomar medidas y establecer lineamientos y estrategias para su protección y utilización de una manera integrada, de tal forma que se garantice su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad.<sup>4</sup>



**FIGURA 1.2:** Representación del Ciclo hidrológico

**FUENTE:** [http://agrometeorologia.inia.gob.ve/index.php?option=com\\_content&task=view&id=46&Itemid=57](http://agrometeorologia.inia.gob.ve/index.php?option=com_content&task=view&id=46&Itemid=57)

<sup>4</sup> <http://www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf>, Pág. 8-9



El modelo de balance hídrico se basa en la ecuación de conservación de masa<sup>5</sup>:

$$ENTRADAS - SALIDAS = CAMBIOS DE ALMACENAMIENTO \quad (1.1)$$

Las **entradas de agua** a la cuenca hidrográfica pueden darse de las siguientes formas:

- Precipitaciones: lluvia; nieve; granizo; condensaciones;
- Aporte de aguas subterráneas desde cuencas hidrográficas colindantes, en efecto, los límites de los acuíferos subterráneos no siempre coinciden con los límites de los partidores de aguas que separan las cuencas hidrográficas;
- Transvase de agua desde otras cuencas, estas pueden estar asociadas a:
  - a) Descargas de centrales hidroeléctricas cuya captación se sitúa en otra cuenca
  - b) Descarga de aguas servidas de ciudades situadas en la cuenca y cuya captación de agua para uso humano e industrial se encuentra fuera de la cuenca, esta situación es cada vez más frecuente, al crecer las ciudades.

Las **salidas de agua** pueden darse de las siguientes formas:

- Evapotranspiración: es la consideración conjunta de dos procesos deferentes, la evaporación y transpiración.
- Evaporación desde superficies líquidas, como lagos, estanques, pantanos, etc.;
- Infiltraciones profundas que van a alimentar acuíferos.
- Derivaciones hacia otras cuencas hidrográficas.
- Derivaciones para consumo humano y en la industria.
- Salida de la cuenca, hacia un receptor o hacia el mar.

---

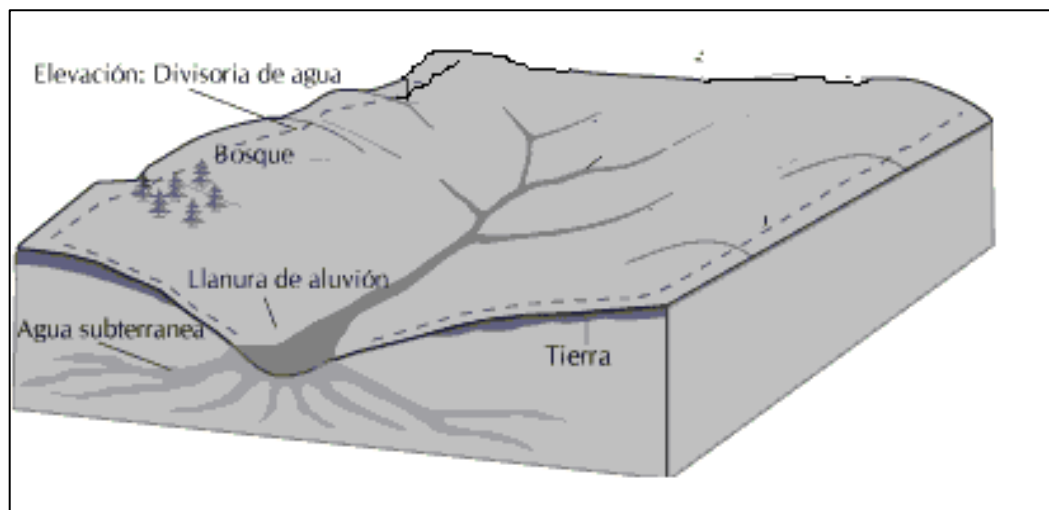
<sup>5</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Balance\\_h%C3%ADdrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Balance_h%C3%ADdrico)



El establecimiento del balance hídrico completo de una cuenca hidrográfica es un problema muy complejo, que involucra muchas mediciones de campo. Con frecuencia, para fines prácticos, se suelen separar el balance de las aguas superficiales y el de las aguas subterráneas<sup>6</sup>.

### CUENCA HIDROGRÁFICA.<sup>7</sup>

En términos sencillos, una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río.



**FIGURA 1.3:** Trazo de la divisoria de aguas de una cuenca.

**FUENTE:** [http://www.marc.org/Environment/water/Espanol/watershed\\_espanol.htm](http://www.marc.org/Environment/water/Espanol/watershed_espanol.htm)

Desde el punto de vista de su salida, existe fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas, en las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago, en la segunda el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar.

<sup>6</sup> <http://www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf>, Pg. 8-10

<sup>7</sup> B. Ramakrishna, Estrategias De Extensión Para El Manejo Integrado De Cuencas Hidrográficas Conceptos Y Experiencias, 3<sup>ra</sup> edición



- 1.3.1 Divisoria de agua.-** Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separe la cuenca de las cuencas vecinas.
- 1.3.2 Área de la cuenca.-** Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por la divisoria de aguas. Debe tenerse en cuenta que esta línea no es en general el contorno real de la cuenca, ya que la influencia de la geología puede hacer que el contorno de aportación de aguas subterráneas y sub-superficiales sea distinto del superficial.
- 1.3.3 Corriente Principal.-** Es la corriente que pasa por salida de la misma, note que esta definición se aplica solo en cuencas exorreicas. Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y solo una corriente principal.

## **PRECIPITACIÓN.<sup>8</sup>**

Es cualquier forma meteorológica hidrometeoro (partículas de agua) que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Esto incluye lluvia, llovizna, nieve, granizo, pero no la neblina ni rocío. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o pluvial.<sup>9</sup>

En relación a su origen, pueden distinguirse los siguientes tipos de precipitación:

- 1.4.1 Las ciclónicas.-** Resulta del levantamiento del aire, que converge en un área de baja presión o ciclón. La precipitación ciclónica puede subdividirse como frontal o no frontal.
- 1.4.2 Las de convección.-** Se producen por el ascenso de bolsas de aire caliente, las cuales dan origen aguaceros o lluvias intensas
- 1.4.3 Las precipitaciones orográficas.-** Se presentan cuando masas de aire húmedo son obligadas a ascender al encontrar una barrera montañosa.

---

<sup>8</sup> <http://www.mitecnologico.com/ic/Main/DefinicionesPrecipitacion>

<sup>9</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci%C3%B3n\\_%28meteorolog%C3%ADa%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci%C3%B3n_%28meteorolog%C3%ADa%29)



La precipitación es básica para cualquier estudio hidrológico o donde se requiera conocimiento que influya directa o indirectamente, debido a que es la principal entrada de agua a una cuenca.

### **ESTACIONES METEOROLÓGICAS.<sup>10</sup>**

Una estación meteorológica es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico, las cuales podemos citar a continuación.

- 1.5.1 Estación agrometeorológica:** genera información meteorológica y biológica para la agricultura y/o aplicaciones biológicas.
- 1.5.2 Estación climatológica principal:** se realizan observaciones al menos tres veces al día sobre el tiempo atmosférico: precipitación, temperatura del aire, humedad, evaporación, dirección y velocidad del viento, etc.
- 1.5.3 Estación climatológica ordinaria:** se realizan observaciones al menos una vez al día, incluidas las lecturas diarias de temperaturas extremas y precipitación.
- 1.5.4 Estación pluviométrica:** tiene un pluviómetro estandarizado que permite medir la cantidad de lluvia precipitada entre dos mediciones consecutivas (generalmente día seguido y a la misma hora).
- 1.5.5 Estación pluviográfica:** permite el registro continuo de la precipitación, con lo cual se genera datos sobre la cantidad, intensidad, duración y período en que ha ocurrido la lluvia.

Las estaciones meteorológicas tienen un funcionamiento automatizado donde se requiere un mantenimiento ocasional. Además, existen observatorios meteorológicos que cuentan con personal (observadores de meteorología) que se encarga en el registro de datos de forma manual.

---

<sup>10</sup> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2456/1/CD-3156.pdf>, Pag 14-16



### **CAUDAL<sup>11</sup>:**

Se denomina caudal a la cantidad de agua que se mueve en un cauce y generalmente se concibe como:

- La relación entre el volumen de agua que atraviesa una sección, y el tiempo que tarda en hacerlo; o,
- El producto de la velocidad del agua al atravesar una sección del cauce, por el área de dicha sección transversal.

### **ESTACIONES HIDROLÓGICAS.<sup>12</sup>**

Es un lugar de observación en la cual se obtienen datos sobre el agua de ríos, lagos o embalses. En una estación hidrométrica se deberá observar uno o más de los elementos que se citan a continuación se detalla:

- a) El nivel de agua de los ríos, lagos y embalses;
- b) El caudal o flujo de las corrientes;
- c) Transporte o depósito de sedimentos o ambos;
- d) La temperatura y otras propiedades físicas del agua de un río, lago y embalses.
- e) Las características y extensión de la capa de hielo de los ríos, lago o embalse.
- f) Las propiedades químicas del agua de los ríos, lagos y embalses.

**1.7.1 Estaciones Limnimétricas.** - La estación limnimétrica es el lugar donde se obtienen datos del nivel de agua durante un programa observacional sistemático. El instrumento es de medición directa los mismos que están dotadas de una regla graduada y su instalación representa un bajo costo, sin embargo los datos no son continuos y precisos. Los datos de nivel se utilizan como base para computar registros de caudal o cambios en el almacenamiento de agua.

---

<sup>11</sup> VEN TE CHOW, Hidrología aplicada (1996), Edit. Nomos S.A, pág. 30-41

<sup>12</sup> [http://www.senamhi.gob.pe/pdf/aprendiendo\\_hidrometria.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/aprendiendo_hidrometria.pdf) , Pág. 4-12





**FIGURA 1.4:** Estaciones Limnimétrica.

**FUENTE:**[http://www.senamhi.gob.pe/pdf/aprendiendo\\_hidrometria.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/aprendiendo_hidrometria.pdf).

**1.7.2 Estaciones Limnigráficas.-** El limnógrafo es un aparato inscriptor provisto de un mecanismo de relojería y de dispositivos que permiten registrar las alturas de agua de forma continua. limnógrafo: Está conformado por: Un flotador, contrapeso los cuales con un cable son conectados al dispositivo de reducción, el que acciona el husillo con ranuras helicoidales, sobre el cual juega el dispositivo portaplumilla con plumilla y un tambor, que está colocado sea horizontalmente o verticalmente.



**FIGURA 1.5:** Estación Limnigráficas.

**FUENTE:**[http://www.bizkaia.net/Ingurugiroa\\_Lurraldea/Hidrologia\\_Ac/Estaciones.asp? Idioma=CA& Tem \\_Código=2780&Codigo=LE01](http://www.bizkaia.net/Ingurugiroa_Lurraldea/Hidrologia_Ac/Estaciones.asp? Idioma=CA& Tem _Código=2780&Codigo=LE01)

**1.7.3 Sensores de nivel de agua.-** El instrumento que muestra mayor versatilidad y utilidad en la práctica ingenieril es el RLS (Radar Level Sensor) que es un sensor para medir sin contacto físico directo. El sensor utiliza la tecnología de radar por impulsos para determinar el



nivel de las aguas. Funciona mediante dos antenas que cumplen la función de enviar y recibir las señales del radar. Además cuenta con un data logger que procesa y almacena la información.



**FIGURA 1.6:** Sensor RLS OTT colocado en sitio

**FUENTE:** www.ott.com.

## **TEMPERATURA.**<sup>13</sup>

En Meteorología e hidrología, el término temperatura se refiere a la cantidad de calor presente en la capa baja de la atmósfera (Tropósfera), y para su medición, se emplean termómetros, los cuales se colocan en sitios donde:

- No se obstruya la circulación del aire.
- Estén protegidos de los rayos directos del sol.
- No se mojen en caso de precipitación.

Existen diferentes formas de referirse a la temperatura del aire, siendo las más frecuentes las siguientes:

- Temperatura media diaria.
- Temperatura diaria normal.
- Temperatura promedia mensual.
- Temperatura promedia anual.
- Temperatura máxima diaria.
- Temperatura mínima diaria.

**1.8.1 Medición de la Temperatura.** Los principales termómetros para la medición de la temperatura (INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) tenemos los siguientes.

---

<sup>13</sup> <http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/termometros.htm>





- **TERMOMETRO DE MINIMA:** Es de alcohol en recipiente de vidrio, tiene un indicador que permanece marcando la menor temperatura que se produjo desde que se colocó por última vez.
- **TERMOMETRO DE MAXIMA:** Es de mercurio y tiene una contracción cerca del recipiente de mercurio que impide que el mercurio regrese al recipiente cuando la temperatura que se produjo desde que se colocó por última vez.
- **TERMOGRAFO:** Es un instrumento que registra la temperatura en una cinta continua de papel, relacionando dichas lecturas con el tiempo.

### **EVAPORACIÓN.<sup>14</sup>**

Es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.

Esta tasa varía en dependencia de los siguientes factores

- Radiación Solar.
- Velocidad del viento
- Presión de vapor de la capa de aire inmediata superior.
- Temperatura del aire
- Presión atmosférica.
- Humedad del aire.

**1.9.1 Estimación de la Evaporación.** La evaporación se puede calcular mediante fórmulas empíricas y semi-teróricas, mediante la realización de un balance energético de la masa de agua o bien aplicando la ecuación de Penman, que es el método más preciso, No obstante es recomendable utilizar métodos experimentales, a pesar de los inconvenientes que presentan.

---

<sup>14</sup> [www.agua.uji.es/pdf/leccionRH04.pdf](http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH04.pdf)



**1.9.2 Determinación Experimental.** La medida más frecuente de la evaporación se obtiene mediante los denominados tanques de evaporación, que pueden ser enterrados, flotantes y de superficie. Las condiciones de evaporación en los tanques no son las mismas que en una superficie mayor y hay que normalizar las medidas con el denominado coeficiente de tanque (0.7 a 0.8). Los tanques presentan problemas de mantenimiento y es necesario protegerlos con redes. Existen otros aparatos para medir la evaporación, como son los evaporímetros, como los de tipo Piché, que tienen una cápsula de evaporación y una escala de medida.<sup>15</sup>

#### **1.10 EVAPOTRANSPIRACION.<sup>16</sup>**

La evaporación directa a partir el suelo y la transpiración tienen lugar de forma simultánea en la naturaleza, y no es fácil distinguir cuánto vapor de agua es producido por cada uno de los dos procesos. Por ello, se usa el término Evapotranspiración (ET) que engloba el proceso de transferencia de agua a la atmósfera tanto por acción de las plantas como por evaporación directa a partir del suelo.

- **Evapotranspiración Potencial.-** Se define la evapotranspiración potencial como la evaporación a partir de una superficie extensa con césped corto que ensombrece totalmente el suelo, y siempre está bien regado con agua. La evapotranspiración potencial no puede ser nunca superior a la de una superficie libre de agua en las mismas condiciones meteorológicas.
- **Evapotranspiración Real.-** Es la pérdida de humedad que ocurre en un sistema sin manipular la cantidad de agua disponible.

##### **1.10.1 Medición De La Evapotranspiración**

- **Lisímetros.-** Los lisímetros son grandes depósitos llenos de suelo generalmente instalados en el campo para representar las condiciones

---

<sup>15</sup> Christian Bolívar Quezada L., Balance hídrico de la microcuenca de la Quebrada Minas, (2008), TESIS.

<sup>16</sup> [www.agua.uji.es/pdf/leccionRH04.pdf](http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH04.pdf) -



ambientales naturales y en que las condiciones del sistema agua-suelo-planta pueden regularse a conveniencia y medirse con más precisión que en el perfil natural del suelo (Hillel, 1964).

- **Evapotranspirómetros.-** Son recipientes de fondo impermeable que miden la evapotranspiración potencial, deben regarse homogéneamente, de manera que no exista déficit ni exceso de humedad en el sistema.
- **Métodos Climatológicos.-** Existen varias fórmulas que permiten estimar la evapotranspiración de una zona, dependiendo de los factores meteorológicos y geográficos que caractericen el sitio en estudio. Tales como:

**TABLA 1.1:** Métodos Para El Cálculo De Evapotranspiración

<b>MÉTODOS</b>	<b>MEDIDAS NECESARIAS</b>	<b>OTROS DATOS</b>
<b>Thornthwaite</b>	Temperatura	De la latitud por una tabla se obtiene el n° teórico de horas de sol
<b>Jensen-Heise</b>	Temperatura, altitud, radiación solar	Tablas de n° teórico de horas de sol. La radiación solar se puede estimar.
<b>Hargreaves</b>	Temperatura, radiación solar	La radiación solar se puede estimar con temp. Máximas y mínimas diarias.
<b>Blanney-Criddle</b>	Temperatura	Tablas de n° teórico de horas de sol. Coeficiente que depende del cultivo.
<b>Turc</b>	Temperatura, horas reales de sol	De las horas de sol se obtiene la radiación global incidente ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{día}$ ) con una fórmula
<b>Penman</b>	Temperatura, horas reales de sol, velocidad viento, humedad relativa.	Por tablas se obtiene otros parámetros necesarios.

**FUENTE:** Pdf. F. Javier Sánchez San Román---Dpto. Geología Univ. Salamanca. Pg. 6



## INFILTRACION<sup>17</sup>

La infiltración es el proceso de penetración de agua en el suelo, Los factores que afectan este proceso son muy numerosos y de naturaleza muy compleja, lo cual dificulta la determinación de la infiltración en un área o cuenca determinada. Los factores principales que afectan la infiltración son:

- a) Contenido de humedad del suelo.
- b) Tipo de densidad de la cobertura del suelo.
- c) La altura de la capa freática.
- d) El desarrollo de microorganismo del suelo.
- e) Los procesos de lixiviación que pueden, en ciertos casos pueden formar un “harpan” de escasa permeabilidad.

Debido a estos factores que afectan la infiltración, resulta difícil estimar con algún grado de precisión su verdadero valor a menos que el estimativo se haga con base en determinaciones directas.

**1.11.1 Factores que afectan a la infiltración.-** Son algunos factores que afectan a la infiltración, entre las cuales tenemos:

- **Tipo de Suelo.-** Entre mayor sea la porosidad, el tamaño de las partículas y el estado de fisuramiento del suelo, mayor será la capacidad de infiltración.
- **Grado de Humedad del suelo.-** La infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo, es decir, un suelo húmedo presenta menor capacidad de infiltración que un suelo seco.
- **Presencia de Sustancias Coloidales.-** La hidratación de los coloides aumenta su tamaño y reduce el espacio para la infiltración del agua.
- **Acción de la precipitación sobre el suelo.-** El agua de lluvia al chocar con el suelo facilita la compactación de su superficie disminuyendo la

---

<sup>17</sup>[http://books.google.com/books?id=jd00AQAAIAAJ&pg=PA319&dq=capacidad+de+almacenamiento+del+suelo&hl=es&ei=Wg2dTd7WHoK4tgfSy5y2Bw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CDUQ6AEwAQ#v=onepage&q=infiltracion&f=true](http://books.google.com/books?id=jd00AQAAIAAJ&pg=PA319&dq=capacidad+de+almacenamiento+del+suelo&hl=es&ei=Wg2dTd7WHoK4tgfSy5y2Bw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CDUQ6AEwAQ#v=onepage&q=infiltracion&f=true)



capacidad de infiltración; por otra parte, el agua transporta materiales finos que tienden a disminuir la porosidad de la superficie del suelo, humedece la superficie, saturando los horizontes más próximos a la misma, lo que aumenta la resistencia a la penetración del agua.

- **Cubierta vegetal.-** La cubierta vegetal densa favorece la infiltración y dificulta el escurrimiento superficial del agua. Una vez que la lluvia cesa, la humedad del suelo es retirada a través de las raíces, aumentando la capacidad de infiltración para próximas precipitaciones.
- **Acción del hombre y de los animales.-** El suelo virgen tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica y mayor tamaño de los poros. Si el uso de la tierra tiene buen manejo, se favorecerá el proceso de la infiltración, en caso contrario, cuando la tierra está sometida a un uso intensivo por animales o sujeto al paso constante de vehículos, la superficie se compacta y se vuelve impermeable.
- **Temperatura.-** Las temperaturas bajas dificultan la infiltración.<sup>18</sup>

Sin embargo tenemos que considerar: La textura de un suelo ya que se refiere a la proporción en la que están distribuidas las partículas que lo componen; es decir, los porcentajes de arena, limo y arcilla que están presentes en éste.

**TABLA 1.2:** Propiedades físicas del Suelo

Textura del suelo	Densidad aparente (gr/cc)	Capacidad de campo
<b>Arenoso</b>	1.55 – 1.80	6 – 12
<b>Franco - arenoso</b>	1.40 – 1.60	10 – 18
<b>Franco</b>	1.35 – 1.50	18 – 26
<b>Franco – arcilloso</b>	1.30. – 1.40	23 – 31
<b>Arcilloso – arenoso</b>	1.25 – 1.35	27 – 35
<b>Arcilloso</b>	<b>1.20 – 1.30</b>	<b>31 - 39</b>

**FUENTE:** Luis Salgado (1984), citado por CIREN 111 (1996).

<sup>18</sup> <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp4.pdf>, Pag. 57



### 1.11.2 Medición de la Infiltración.<sup>19</sup>

Varios métodos se usan para determinar la capacidad de infiltración de un suelo, o de una cuenca. Estos métodos pueden agruparse en dos grandes grupos: aquellos basados en medidas directas por medio de infiltrómetros, lisímetros y utilizando índices obtenidos de los hidrogramas y aquellos que se basan en el análisis de los registros de precipitación y de escorrentía de una cuenca natural.

- **Infiltrómetros.-** Se los utiliza para mediciones puntuales, y con ellos, la velocidad de infiltración se determina en forma directa. Existen dos tipos: Infiltrómetro tipo inundador, infiltrómetro tipo simulador de lluvia.
- **Infiltrómetros tipo inundador.-** Están constituidos por dos superficies cilíndricas metálicas de 30 y 60cm. De diámetro respectivamente y de altura 50cm. abiertas por ambas bases y unidas entre sí para mantenerlas concéntricas al hincalarlas parcialmente en el terreno, hasta una profundidad de unos 10 cm. Para determinar la velocidad de infiltración se utiliza la siguiente expresión:

$$V = \frac{Vol}{A \times T} \quad (1.2)$$

Dónde:

- V - Velocidad de infiltración incrementada (cm. /h).
- Vol.- Volumen (cm.)
- A - Área interna del anillo interior (cm.).
- T - Intervalo de tiempo en (horas).

- **Infiltrómetro tipo simulador de lluvia.-** En parcelas de 2 x 4 metros se simula artificialmente la lluvia por medio de apersones, que pueden controlar tanto la intensidad, duración y la lámina total. Se mide la escorrentía superficial directa y la lámina infiltrada se puede hallar por medio de la ecuación:
- 

---

<sup>19</sup>Análisis comparativo de los factores que influyen en la infiltración, mediante ensayos in situ con un infiltrómetro de doble anillo. Duque Rengel Vicente Alberto. UTPL.



$$I = P - ESD \quad (1.3)$$

Dónde:

- I - Infiltración.
- P - Cantidad de precipitación caída en el intervalo de tiempo
- ESD - Escorrentía superficial directa.

- **Lisímetros.-** Es un depósito enterrado, de paredes verticales, abierto en su parte superior y relleno del terreno que se quiere estudiar. La superficie del suelo está sometida a los agentes atmosféricos y recibe las precipitaciones naturales. El agua de drenaje es medida, al igual que la humedad y la temperatura del suelo, a diferentes profundidades. Los inconvenientes son la necesidad de períodos largos, la reconstrucción del suelo no es adecuada ya que no se reproduce exactamente igual el proceso que el mismo sufrió debido al accionar de la naturaleza y el hombre.
- **Índices para estimar la infiltración<sup>20</sup>.-** Se debe tomar en consideración los conceptos correspondientes a hidrogramas. Muchos índices se usan para estimar la infiltración en una cuenca como respuesta a una lámina precipitada. Estos hallan la infiltración utilizando los hidrogramas y el hietograma de la tormenta correspondiente. El más usado es el índice  $\phi$ , o índice de capacidad de infiltración media.
- **Coeficiente de escurrimiento.-** Es un valor adimensional que expresa la proporción del total de agua precipitada que escurre superficialmente.
- **Método análisis de los registros de precipitación y de escorrentía.-** El Soil Conservación Service (1972), desarrolló un método denominado número de curva de escorrentía CN, para calcular las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la determinación

---

<sup>20</sup> Apuntes de Hidrología. Ing. Fernando Oñate Valdivieso



superficial y la infiltración propiamente dicha. En este método la profundidad de escorrentía (es decir, la profundidad efectiva de precipitación) es una función de la profundidad total de precipitación, y del parámetro de abstracción referido a número de la curva o CN.<sup>21</sup>

Para la estimación del número de la curva de escorrentía (CN), Existen diferentes factores que tiene un comportamiento directo sobre la cantidad de escorrentía producida por una hoya hidrográfica, los mismos que son:

- a) **Clasificación hidrológica de los suelos.-** Según SCS define los grupos hidrológicos de suelo, en la siguiente tabla:

**TABLA 1.3: GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO**

Tipo de Suelo	Textura del Suelo
A	Arenas con poco limo y arcilla: Suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcillas
D	Arcillas en grandes cantidades: suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana: suelos muy impermeables

**FUENTE:** OÑATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. Apuntes de hidrología

A: Muy permeable    C: Muy impermeable

B: Permeable        D: Muy impermeable

- b) **Uso y tratamiento del Suelo.-** Pertenece a la cobertura de la hoya, incluyendo todo tipo de vegetación, humus vegetal, tierras en descanso (suelo limpio), así como usos no agrícolas, como superficies de agua (lagos, ciénagas y otras), superficies impermeables (camino, techos, etc.) y áreas urbanas.

<sup>21</sup>Germán Monsalve Sáenz, HIDROLOGIA EN LA INGENIERIA, 2 edición, Escuela Colombiana de Ingeniería.





c) **Condición de humedad antecedente.**- El número de curva de escorrentía tiene tres niveles de humedad antecedente, dependiendo de la precipitación total en los cinco días previos a la tormenta ( $I_5$ ).

AMC I para suelos secos, ( $I_5$ ) < 2.5 cm.

AMC II para suelos intermedios, 2.5 cm. < ( $I_5$ ) < 5 cm.

AMC III para suelos húmedos, ( $I_5$ ) 5 cm.

Por lo que:

Tiene el menor potencial de escorrentía (AMC I)

Tiene el potencial de escorrentía promedio (AMC II)

Tiene el mayor potencial de escorrentía (AMC III)

**TABLA 1.4:** VALORES DE CN PARA AMC II.

Uso de la tierra y cobertura	Tratamiento del suelo	Pendiente del terreno en %	Tipo de suelo A B C D
Sin cultivo	Surcos rectos	-	77 86 91 94
Cultivos en surcos	Surcos rectos	>1	72 81 88 91
	Surcos Rectos	<1	67 78 85 89
	Contorneo	>1	70 79 84 88
	Contorneo	<1	65 75 82 86
	Terrazas	>1	66 74 80 82
	Terrazas	<1	62 71 78 81
Cereales	Surcos rectos	>1	65 76 84 88
	Surcos Rectos	<1	63 75 83 87
	Contorneo	>1	63 74 82 85
	Contorneo	<1	61 73 81 84
	Terrazas	>1	61 72 79 82
	Terrazas	>1	59 70 78 81
Leguminosas o praderas con rotación	Surcos rectos	>1	66 77 85 89
	Surcos Rectos	<1	58 72 81 85
	Contorneo	>1	64 75 83 85
	Contorneo	<1	55 69 78 83
	Terrazas	>1	63 73 80 83
	Terrazas	<1	51 67 76 80
Pastizales	-----	>1	68 79 86 89
	-----	<1	39 61 74 80
	Contorneo	>1	47 67 81 88
	Contorneo	<1	6 35 70 79
Pradera permanente	-----	<1	30 58 71 78
<b>Bosques naturales</b>	-----	-	56 75 86 91
	-----	-	46 68 78 84
	-----	-	36 60 70 77
	-----	-	26 52 62 69
	-----	-	15 44 54 61
	-----	-	
<b>Camino</b>	-----	-	72 82 87 89
	-----	-	74 84 90 92

**FUENTE:** OÑATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. Apuntes de hidrología



**CN** depende de todos los factores enunciados anteriormente y se obtiene de la tabla 1.3 que muestra los valores intermedios de CN para una condición intermedia AMC II, la más utilizada para el diseño. Cuando se tiene otra condición de humedad para el suelo, AMC, se pueden hacer ajustes de acuerdo a la siguiente equivalencia de valores:

**TABLA 1.5 VALORES DE CN PARA DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO**

CN AMC II	CN AMC I	CN AMC III
100	100	100
95	87	98
90	78	96
85	70	94
80	63	91
75	57	88
70	51	85
65	45	82
60	40	78
55	35	74
50	31	70
45	26	65
40	22	60
35	18	55
30	15	50

**FUENTE:** OÑATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. Apuntes de hidrología

Para encontrar valor de CN de una hoya hidrográfica, se debe considerar que, se puede ubicar áreas de diferentes características en la misma cuenca, por lo que es conveniente calcular CN para cada porción de ella, y posteriormente ponderar encontrando así una única CN, para lo cual se usará la siguiente formula.<sup>22</sup>

$$CN = \frac{1}{A} (A_1 \times CN_1 + A_2 \times CN_2 + \dots + A_N \times CN_N) \quad (1.4)$$

Dónde:

- A - Área total de la cuenca (ha).
- $A_N$  - Área de la porción de la cuenca. (ha)
- $CN_N$ . - Numero de la curva (adimensional)

<sup>22</sup> OÑATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. Apuntes de hidrología.



Contando con registros de precipitaciones, procedemos a utilizar la siguiente ecuación,

$$Pe = \frac{\left[ P - \frac{508}{CN} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{CN} - 20.32} \quad (1.5)$$

Donde **Pe** es la precipitación efectiva para un intervalo de tiempo, o aquel porcentaje de la precipitación total que fluye sobre la superficie y se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca. Ambos valores expresados en cm.

### AGUAS SUBTERRANEAS<sup>23</sup>.

La mayoría de las aguas subterráneas se originan como agua meteórica, es decir precedentes de las precipitaciones en forma de lluvia o nieve. Si el agua de esta fuente no se pierde por evaporación, transpiración o escorrentía de los ríos, puede infiltrarse en la tierra. Las cantidades iniciales de agua provenientes de la precipitación sobre un terreno seco son retenidas muy fuertemente

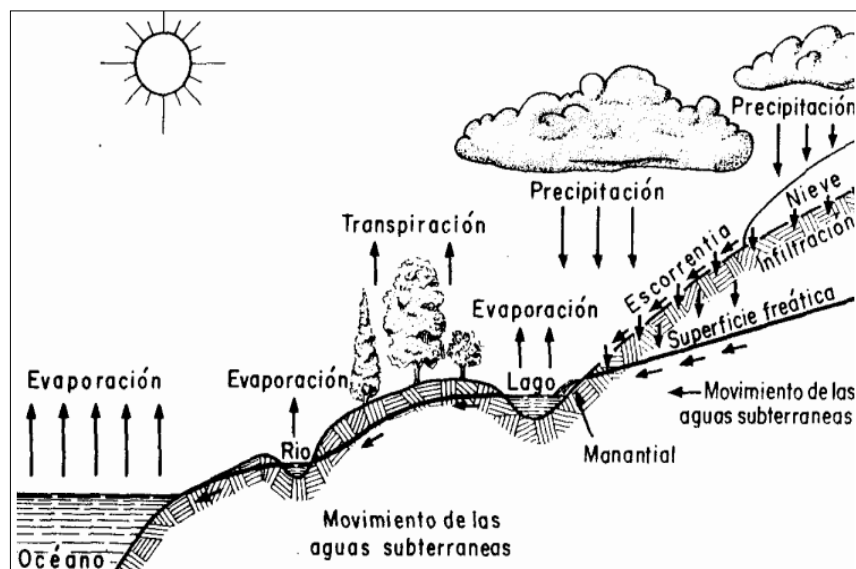


FIGURA 1.6: Movimiento de Aguas Subterráneas

FUENTE: [www.cec.uchile.cl/~ci51j/txt/Apuntes/Tema01.pdf](http://www.cec.uchile.cl/~ci51j/txt/Apuntes/Tema01.pdf)

<sup>23</sup> [www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf)



**1.12.1 Acuífero.** Este concepto es fundamental para comprender la dinámica de las aguas subterráneas, y se refiere a aquel estrato o formación geológica que permite la circulación del agua por sus poros o grietas, lo cual hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para cubrir sus necesidades (Custodio & Llamas, 1983).

Del latín aqua= agua y fero=llevar; los acuíferos en general deben poseer dos cualidades, la de almacenar y la de transmitir el agua. Por eso en el estudio del movimiento de las aguas subterráneas se establecen dos parámetros fundamentales como son la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento. Con estos dos parámetros y utilizando cierto tipo de ecuaciones, es posible predecir el comportamiento hidráulico del flujo subterráneo.<sup>24</sup>

**1.12.2 Tipos de acuíferos.**<sup>25</sup> Los tipos de acuíferos se clasifican según la presión hidrostática a la que está sometida el agua que se encuentra en ellos.

- Acuíferos libres no confinados o freáticos aquellos en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en ellos, que está en contacto directo con el aire y por lo tanto a presión atmosférica.
- Por el contrario en los acuíferos cautivos confinados o a presión, el agua de los mismos está sometida a una cierta presión superior a la atmosférica y ocupa la totalidad de los poros de la formación geológica que los contiene. Por ello, durante la perforación de pozos en acuíferos de este tipo, al atravesar el techo del mismo se observa un ascenso rápido del nivel del agua hasta estabilizarse en una determinada posición.

---

<sup>24</sup> <sup>24</sup> [www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf)



# CAPÍTULO II

---

## METODOLOGÍA



## **METODOLOGIA APLICADA**

Para conocer la incidencia de las variables climatológicas en el cálculo del balance hídrico, en diferentes cuencas del Ecuador, se desarrollaron las siguientes fases en el presente de estudio.

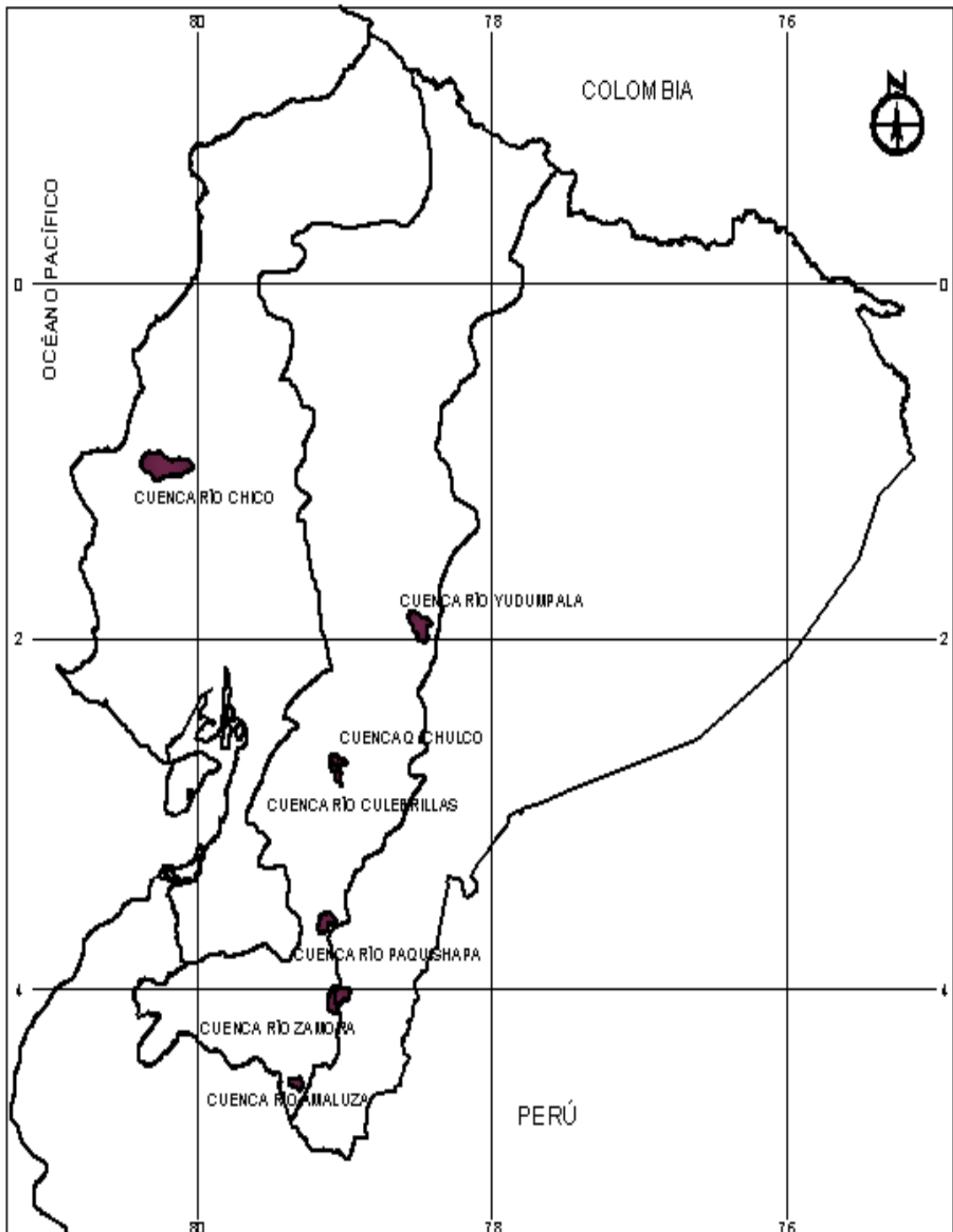
- Selección de las cuencas hidrográficas.
- Características físicas de las cuencas.
- Recopilación de la información climatológica.
- Chequeo de los datos obtenidos en EL INAMHI
- Determinación de la precipitación media, Escorrentía, Evapotranspiración, Recarga de un acuífero, y flujo base.
- Análisis estadísticos de los resultados obtenidos.

## **SELECCIÓN DE LAS CUENCAS HIDROFIGURAS.**

Para la siguiente investigación, Se utilizo una lista de coordenadas de las estaciones meteorológicas e hidrológicas existentes que se encuentran en la página web del INAMHI, Para que por medio de un SIG (Sistema de Información Geográfica: Arcview) ser colocadas y analizadas sobre el mapa del Ecuador.

De esta manera se seleccionaron 7 cuencas hidrográficas (Fig.2.1) pertenecientes a diferentes provincias de nuestro país; 1 con régimen climático del pacifico, 5 en la región interandina y 1 mixta entre la amazonia y la antes mencionada.

En el anexo 1 se puede observar las delimitaciones de cada una de las cuencas hidrográficas, con sus respectivos cauces principales y secundarios.



**FIGURA 2.1:** Cuencas hidrográficas en Estudio

**FUENTE:** Elaboración Propia



## Región Litoral

- **Cuenca De Drenaje Al Rio Chico**

Se encuentra ubicada en el occidente del Ecuador en la Provincia de Manabí. Por lo carece de pendientes fuertes, cuenta con una área de 448.89 km<sup>2</sup>. Su estación hidrométrica (Est. Chico AJ. Portoviejo) perteneciente al INAMHI y es un afluente del río Portoviejo que es vertiente al pacífico, cuenta con varios cauces secundarios entre el principal perteneciente al río Camote.

### 2.2.2 Región interandina.

- **Cuenca de Drenaje al Rio Yudumpala**

Se encuentra ubicada en su totalidad en la Provincia de Chimborazo al sur del Ecuador. Posee un relieve típico de montaña con pendientes altas en sus laderas, cuenta con una área de 190.91 km<sup>2</sup>. Su estación hidrométrica (Est. Guargualla AJ. Cebadas), es un afluente del río Guamote y sus aportes principales proviene del río Shayhua y Q. Huacon.

- **Cuenca de Drenaje a la Q. Chulco**

Ubicada al Sur del Ecuador en la Provincia de Cañar y Azuay, posee una configuración orográfica de montaña con la presencia de fuertes pendientes y una alta elevación sobre el nivel del mar. Cuenta con una área de 55.08 km<sup>2</sup>. Su estación hidrométrica (Est. Chulco en Jatunguzo) y es un afluente de la Q. de Cebadas posee dos lagunas una de ellas la laguna de Taplacochoa.





- **Cuenca de Drenaje al Rio Culebrillas.**

Se ubica en el Sur del Ecuador en la Provincia del Azuay, posee un relieve típico de montaña con pendientes altas. Esta cuenca está ubicada contigua a la cuenca de la Q. Chulco, Cuenta con una área de 54.85 km<sup>2</sup>. Su estación hidrométrica (Surucucho AJ. Lullucchas) es un afluente del río Tomebamba es la única vertiente en esta zona por lo que no posee ningún cauce secundario.

- **Cuenca de Drenaje al Rio Paquishapa.**

Se encuentra ubicada en el sur del Ecuador en la Provincia de Loja, posee un relieve típico de montaña con pendientes altas. Cuenta con una área de 120.18 km<sup>2</sup>. Su estación hidrométrica (Paquishapa en Pte.Carretera), es un afluente del río Naranjo sus cauces secundarios son pequeñas Quebradas.

- **Cuenca de Drenaje al Rio Amaluza.**

Se encuentra ubicada en el sur del Ecuador en la Provincia de Loja, posee pisos altitudinales superiores a los 1800 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una área de 120.18 km<sup>2</sup>. Su estación hidrométrica (Est. Jorupe En Amaluza), la longitud del río se extiende hasta el vecino país Perú y su aportación principal se debe al rio Cofradía.

- **Cuenca de Drenaje al Rio Zamora.**

Al igual que las demás está ubicada en el sur del Ecuador, con la peculiaridad que su superficie está entre la región Interandina y la amazonia situado en la Provincia de Loja y Zamora Chinchipe. Cuenta con una superficie de 181.0 km<sup>2</sup>. Su estación hidrométrica (Sabanilla AJ Zamora), la sección transversal del cauce y el caudal va a aumentando según como se va adentrando cada vez más a la amazonia y sus cauces secundarios son pequeñas Quebradas hasta el punto de interés.



## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS.

**2.3.1 Área De Drenaje Y Perímetro<sup>26</sup>.**- La medición de la superficie de una cuenca se puede llevar a cabo mediante la utilización de un planímetro y curvímetro para el perímetro, o a través de la digitalización de planimetría en un sistema de diseño gráfico asistido por computadora (CAD). En este estudio se lo desarrolló con la ayuda del Autocad.

**2.3.2 Índice De Gravelius (Ic).**- Está relacionada con el tiempo de concentración de la hoya establecido por Gravelius, 1914 que nos señala la siguiente relación:

$$Ic = \frac{Per.Cuenca}{Per.Círculo} = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2.1)$$

Donde:

- Ic** - Índice de Gravelius.
- P** - Perímetro de la cuenca (Km).
- A** - Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

**TABLA 2.1.-** Valores para determinar La forma de la cuenca.

<b>Ic</b>	<b>Forma de la Cuenca</b>	<b>Tendencia Crecidas</b>
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

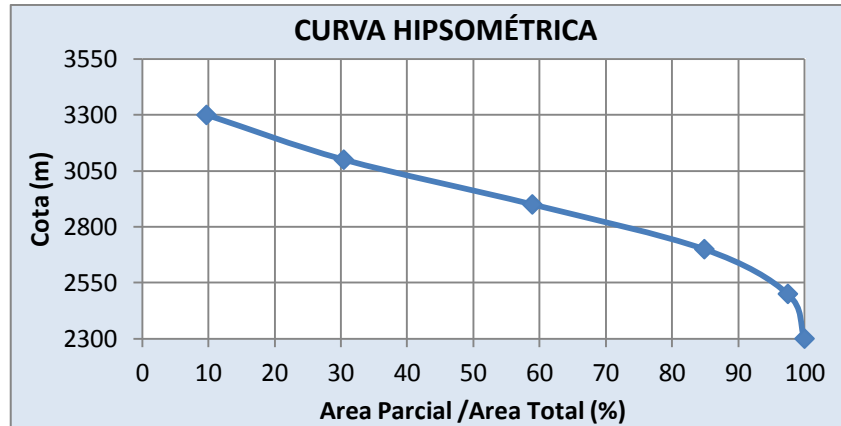
**FUENTE:** OÑATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. Apuntes de hidrología.

**2.3.3 Curva Hipsométrica.**- Esta curva representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. También podría verse como la variación media del relieve de la hoya. La curva hipsométrica se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en km<sup>2</sup> o en porcentaje, obtenida hasta un

<sup>26</sup> <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp1.pdf>, Pag 1



determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros.



**FIGURA 2.2:** Curva Hipsométrica perteneciente a la Q. Chulco  
**FUENTE:** Elaboración Propia

La función hipsométrica es una forma conveniente y objetiva de describir la relación entre la propiedad altimétrica de la cuenca en un plano y su elevación.<sup>27</sup>

**2.3.4 Elevación Media De La Cuenca.-** La elevación media en una cuenca tiene especial interés en zonas montañosas pues nos puede dar una idea de la climatología de la región, basándonos en un patrón general de la climatología de la región. Está referida al nivel del mar. influye principalmente en la temperatura y en la forma de precipitación. Se la puede calcular de la siguiente manera<sup>28</sup>:

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

Donde:

- Em** - Altitud media de la cuenca (m).
- s** - Superficie entre dos curvas de nivel (Km<sup>2</sup>).
- e** - Altitud media de la franja de terreno comprendida entre dos curvas de nivel (m).
- S** - Superficie total de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

<sup>27</sup> [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4\\_Geomorfologia.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4_Geomorfologia.pdf)

<sup>28</sup> <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp1.pdf>, Pag 7



**2.3.5 Pendiente Media De La Cuenca<sup>29</sup>.**- 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:

$$Pm = \frac{DL}{A} \times 100 \quad (2.3)$$

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 (Km<sup>2</sup>).

**2.3.6 Densidad De Drenaje.**- La densidad de drenaje de una cuenca se define 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 Hórton (1945) la fórmula es la siguiente:

$$Dd = \frac{La}{A} \quad (2.4)$$

Donde:

- Dd** - Densidad de drenaje (Km/ km<sup>2</sup>).
- La** - Longitud acumulada de corrientes en km.
- A** - Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

Por lo común, se encuentran bajas densidades de drenaje en regiones de rocas resistentes (macisas) o de suelos muy permeables con vegetación densa y donde el relieve es débil. En cambio se obtiene altas densidades de drenaje en áreas de rocas débiles (porosas) o de suelos impermeables, vegetación escasa y relieve montañoso.<sup>30</sup>

---

<sup>29</sup> <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp1.pdf>, Pag 6

<sup>30</sup> D.F. Campos Aranda, Procesos del Ciclo Hidrológico, Tercera Reimpresión



**TABLA 2.2.-** Valores del Coeficiente de Compacidad.

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

**FUENTE:** OÑATE VALDIVIESO, Fernando, Ing. Apuntes de hidrología.

### **RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA.**

Las estaciones fueron seleccionadas por su ubicación y pertenencia a las cuencas de estudio cuyos registros climáticos e hidrológicos se obtuvo del Instituto Nacional de Meteorológica e Hidrología (INAMHI). No se considera las series medidas diarias de caudal, precipitación y temperatura, sino solo series mensuales.

Cabe mencionar que los caudales medios mensuales, se los considera únicamente para la comparación de los resultados obtenidos en la ecuación de balance hídrico de dichas cuencas.



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

**TABLA 2.3:** Estaciones Hidrológicas y meteorológicas utilizadas en el estudio.

CUENCA PERTENECIENTE AL:	Estaciones Meteorológicas					Estaciones Hidrológicas				
	Cod.	Nombre	Tipo	Prov.	Instalación	Cod.	Nombre	Tipo	Prov.	Instalación
Río Jorupe	M150	AMALUZA INAMHI	CO	LOJA	01-oct-75	H621	JORUPE EN AMALUZA	LM	11	03/01/1976
Río Culebrillas	M429	SURUCUCHO(LLULLUCHIS	PV	AZUAY	08-ago-79	H897	SURUCUCHO AJ LLULLUCCHAS	LM	1	01/01/1968
	M417	PISCICOLA CHIRIMICHA	PV	AZUAY	20-may-63					
	M141	EL LABRADO	CO	AZUAY	01-dic-63					
Río Yudumpala	M395	CEBADAS	PV	CHIMBORAZO	23651	H789	GUARGUALLA AJ CEBADAS	LG	6	07/01/1964
	M135	PACHAMAMA-TIXAN	CO	CHIMBORAZO	22678					
Río Zamora	M207	ZAMORA		ZAMORA CH.		H886	SABANILLA AJ ZAMORA	LG	19	12/01/1963
	M033	LA ARGELIA-LOJA	AG	LOJA	01-jun-63					
	M144	VILCABAMBA	CO	LOJA	01-nov-71					
Río Paquishapa	M432	SAN LUCAS INAMHI	PV	LOJA	28-dic-63	H526	PAQUISHAPA EN PTE.CARRETERA	LM	11	09/01/1963
	M421	OÑA	PV	AZUAY	28-ago-67					
	M142	SARAGURO	CO	LOJA	01-jun-63					
Río Chico	M462	JUNIN	PV	MANABI	27691	H272	CHICO AJ PORTOVIEJO	LG	13	1/26/1979
	M165	ROCAFUERTE	CO	MANABI	01-jun-62					
	M464	RIO CHAMOTETE-JESUS M.	PV	MANABI	29-dic-75					
	M005	PORTOVIEJO	AG	MANABI	01-nov-62					
Q. Chulco	M141	EL LABRADO	CO	AZUAY	20-may-63	H921	CHULCO EN JATUNGUZO	LM	1	08/01/1963
	M429	SURUCUCHO(LLULLUCHIS	PV	AZUAY	01-dic-63					
	M417	PISCICOLA CHIRIMICHA	PV	AZUAY	08-ago-79					

**FUENTE:** ELABORACIÓN PROPIA

PV = Pluviométrica  
 CP = Climatológica Principal  
 CO = Climatológica Ordinaria  
 LG = LimniFIGURA  
 AG = Agrometeriológica

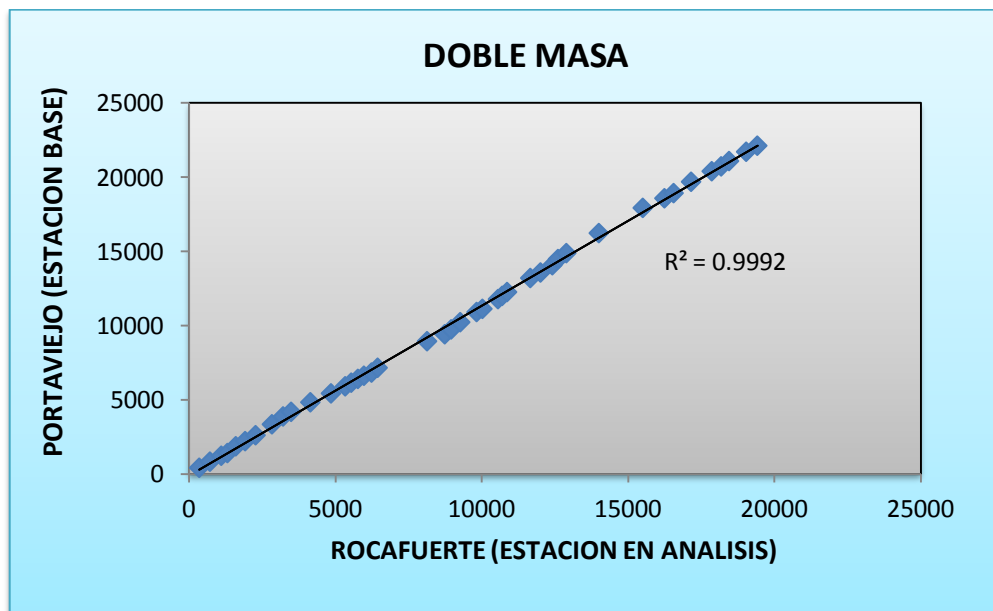


## CHEQUEO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL INAMHI

**2.5.1 Curva De Doble Masa.-** Una curva de doble masa muestra gráficamente la relación que existe entre dos conjuntos de registro, El procedimiento se basa en la selección de dos estaciones de una zona, donde los datos de cada uno de ellos se los acumula de manera sucesiva, donde cada eje representa una estación. Si se presenta el caso ideal de que la información es homogénea a lo largo del periodo de estudio, se obtendrá entonces una línea recta casi perfecta con alineación única de los pares ordenados, caso contrario denotará la existencia de información errada.

En el caso de la cuenca perteneciente al Río Jorupe solo contamos con una sola estación meteorológica, por lo que no se hará este análisis, con lo que se usará esta única estación como información homogénea en toda el área de la cuenca.

Este análisis se lo realizo para cada una de las estaciones meteorológicas utilizadas.



**FIGURA 2.3:** Curva de Doble Masa

**FUENTE:** Elaboración Propia

**2.5.2 Relleno De Datos Faltantes Meteorológicos.-** El relleno de datos faltantes en las series constituyó un tema fundamental para disponer de



series homogéneas, para el efecto se lo desarrollo con la ayuda del laboratorio virtual HIDROVLAB (<http://www.hydrovlab.utpl.edu.ec/>), que tiene en una de sus aplicaciones el relleno de datos faltantes mediante Correlación ortogonal.<sup>31</sup>

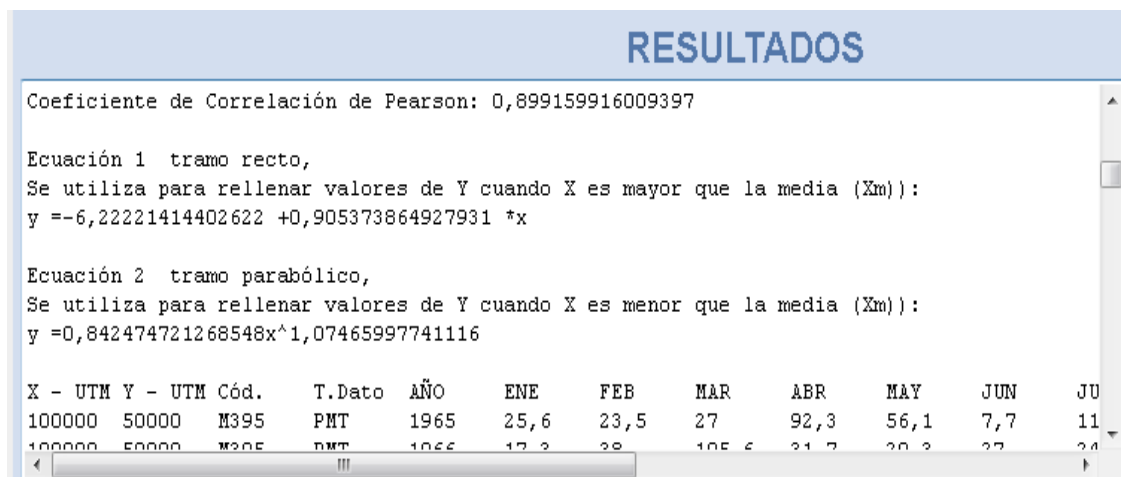


FIGURA 2.4: Correlación ortogonal desarrollado en HIDROVLAB, correspondiente a Chamotete-Jesus M.---Junín.

FUENTE: Elaboración Propia

**2.5.3 Relleno De Los Datos De Temperatura.-** En lo que se refiere a los datos faltantes de temperatura, se procedió a ordenar las temperaturas de cada mes para cada año con sus respectivas cotas, y mediante una correlación lineal donde se ubica en el eje de las abscisas las cotas, y en ordenadas las temperaturas se obtiene así una ecuación y un factor de correlación para cada mes del año.

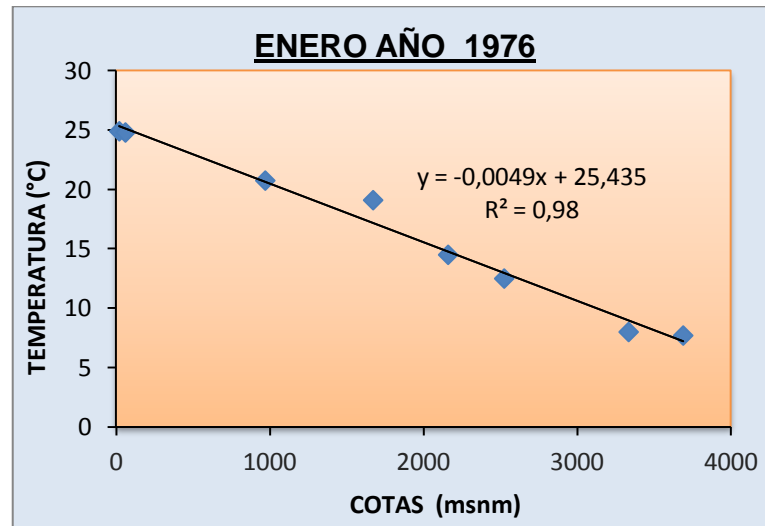
En la cual se obtendrá una gradiente vertical de temperatura que se define como el gradiente en el que la temperatura del aire cambia con la altura. El verdadero gradiente vertical de temperatura de la atmósfera es aproximadamente de 6 a 7 °C por km (en la troposfera) pero varía mucho según el lugar y la hora del día. Una disminución de temperatura con la

<sup>31</sup> Cueva, F. (2010). *Implementación del laboratorio virtual de hidrología en entorno web (HYDROVLAB)*.





altura se define como un gradiente vertical negativo y un aumento de temperatura con la altura como uno positivo<sup>32</sup>.



**FIGURA 2.5:** Regresión lineal para el relleno de los datos faltantes de temperatura.  
**FUENTE:** Elaboración Propia

Una vez la obtenida la ecuación se procede a reemplazar con la cota media de cada hoyo hidroFIGURA.

## DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS.

### 2.6.1 Precipitación media (Pm)

Para la determinación de la precipitación media caída sobre una superficie se ha desarrollado varias metodologías, para esta investigación considerando la información disponible se aplica las que a continuación se detallan.

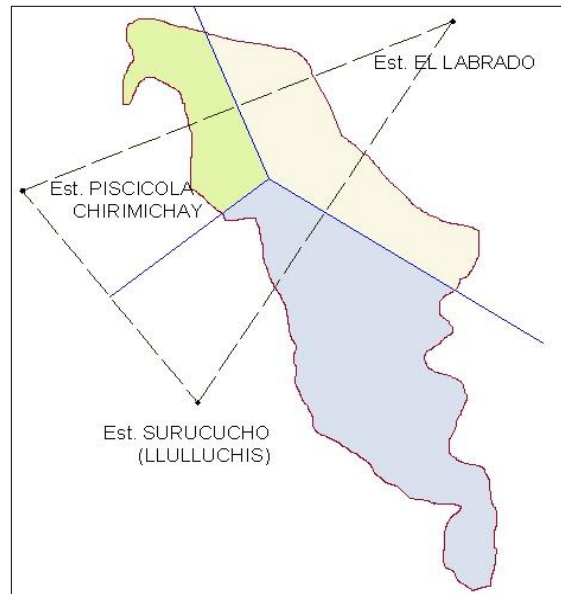
- **Polígonos de Thiessen<sup>33</sup>.**- La red poligonal se traza formando los polígonos mediante las perpendiculares en el punto medio a los segmentos que une cada una de las estaciones. Se supone que cada estación es representativa del área del polígono que encierra, de manera que la precipitación media de la superficie limitada por cada

<sup>32</sup> [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_meteoro/lecc4/lecc4\\_1.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/lecc4/lecc4_1.html)

<sup>33</sup> [ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp2.pdf](http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp2.pdf), Pag. 1, 2



polígono es la que se registra en la estación meteorológica correspondiente.



**FIGURA 2.6:** Polígonos de Thiessen en la cuenca perteneciente al R. Culebrillas

**FUENTE:** Elaboración Propia.

Cuya ecuación que se utiliza es la siguiente:

$$P_m = \frac{P_1 \times A_1 + P_2 \times A_2 + \dots + P_n \times A_n}{A_t} \quad (2.5)$$

Donde:

- $P_m$  - Precipitación media.
- $P_n$  - precipitación registrada en la estación n.
- $A_n$  - Área de influencia de la estación.
- $A_t$  - Área total de la cuenca.
- $n$  - Numero de estaciones bajo análisis.

- **Método del cuadrado de la distancia recíproca**<sup>34</sup>. - En este método se considera que la precipitación en cada punto de la cuenca es igual a la suma de la precipitación de cada uno de los pluviómetros considerados, afectados por un peso igual a la inversa del cuadrado de la distancia

<sup>34</sup> [http://www.puertoscostas.com/pyc/html/docente/apuntes/Lacuencyaylos\\_2003.pdf](http://www.puertoscostas.com/pyc/html/docente/apuntes/Lacuencyaylos_2003.pdf)



entre dicho punto y los pluviómetros considerados. La precipitación media sobre la cuenca estaría dada por:

$$Pm = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{Pn}{dn^2}}{\sum_{n=1}^N \frac{1}{dn^2}} \quad (2.6)$$

Donde:

- $Pm$  - Precipitación media.
- $Pn$  - precipitación registrada en la estación n.
- $dn$  Distancia desde el centro de gravedad del área hasta el pluviómetro
- $N$  - Numero de estaciones bajo análisis.

**2.6.2 Escorrentía:** Para la determinación del caudal de escorrentía, se procedió a utilizar la metodología del número de la curva de USCS<sup>35</sup>.

Debido a la escasa información particular de cada provincia, para la determinación del cultivo predominante se contó con información digitalizada de forma general, la cual facilita identificar el cultivo existente que predomina en las cuencas de estudio. Y a lo que se refiere los tipos de suelos predominantes en las cuencas de estudio se lo realizo con ayuda de un mapa general de suelos del Ecuador<sup>36</sup> (Anexo 2), para la ubicación de las cuencas se procedió a digitalizarlo.

Cabe indicar que la información antes descrita se la considera representativa, Por lo que se asume que no tendrá variaciones trascendentales en los cálculos posteriores.

Una vez establecido el cultivo predominante, tipo de suelo se identificó a qué grupo hidrológico pertenece el suelo, posteriormente se determina el valor de CN (ecuación 1.4) ponderado para una condición intermedia, ya que se cuenta con áreas de diferentes características en una misma cuenca.

---

<sup>35</sup> Germán Monsalve Sáenz, HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA, 2 Edición, Edt. Escuela Colombiana de Ingeniería.

<sup>36</sup> [http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/esdb\\_archive/eudasm/latinamerica/lists/k13\\_cec.htm](http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/latinamerica/lists/k13_cec.htm)



**TABLA 2.4:** Determinación de CN correspondiente a la Q. Chulco

ÁREA (km2)	Tipo de Vegetación	Tipo de suelo	CN	CN * ÁREA
7.44	Formación arbustiva densa de altura, húmeda y muy húmeda	Limo arcillosos	81	602.50
47.42	Vegetación herbácea densa de paramo húmedo	Limo arcillosos	86	4077.70
54.86				4680.20

**FUENTE:** Elaboración Propia.

$$CN = \frac{4680.20}{54.86} = 85.33$$

Conocido el valor de CN aplicamos la ecuación 1.5 para el cálculo de la precipitación efectiva, que por definición es la precipitación que produce el escurrimiento superficial directo.

Ejm:

P= 49.93 mm

$$Pe = \frac{\left(49.93 - \frac{508}{85.33} + 5.08\right)^2}{49.93 - \frac{2032}{85.33} + 20.32} = 1.998 \text{ cm} = 19.98 \text{ mm}$$

Obtenido este valor se puede determinar la infiltración (Ec.1.3):

$$I = 49.93 - 19.98 = 29.95 \text{ mm}$$

### 2.6.3 Flujo base:<sup>37</sup>

La determinación del flujo base ( $Q_{gw}$ ), se lo realizó por medio de la siguiente ecuación, en la cual intervienen diferentes factores, que a continuación se detallan:

<sup>37</sup> SOILD AND WATER ASSESSMENT TOOL, THEORICAL DOCUMENTATION. Cap. 7,8,9. Pdf. Pg. Todas



$$Q_{gw_i} = Q_{gw_{i-1}} \times e(-\alpha_{gw} \times \Delta t) + W_{rchrg} \times (1 - e(-\alpha_{gw} \times \Delta t)) \quad (2.7)$$

Donde:

$Q_{gw}$  - Es el flujo base, que recarga al cauce principal en el día  $i$  (mm H<sub>2</sub>O).

$Q_{gw_{i-1}}$  - Es el flujo base, que recarga al cauce principal en el día  $i-1$  (mm H<sub>2</sub>O).

$\alpha_{gw}$  - Es la constante de retroceso del flujo base.

$\Delta t$  - Es el paso del tiempo (1 día).

$W_{rchrg,i-1}$  - Cantidad de recarga que entra en el acuífero en el día  $i-1$  (mm H<sub>2</sub>O).

De la ecuación:

- El valor inicial ( $Q_{gw_{i-1}}$ ), se lo puede obtener mediante una calibración. En esta investigación se impuso este dato inicial para cada cuenca, ya que la ecuación es iterativa y tiende a equilibrarse, por lo que no es muy influyente el primer dato.
- Para valor de la constante de retroceso del flujo base ( $\alpha_{gw}$ ) viene dado por la siguiente ecuación:

$$\alpha_{gw} = 10 \times \frac{K_{sat}}{\mu \times L_{gw}^2} \quad (2.8)$$

Donde:

$\alpha_{gw}$  - Es la constante de retroceso del flujo base.

$K_{sat}$  - Es la conductividad hidráulica del acuífero (mm/día).

$\mu$  - Es el rendimiento específico del acuífero poco profundo (m/m).

$L_{gw}$  - Es la distancia desde el punto más alto de la divisoria de aguas, al cauce principal (m).

La constante de retroceso del flujo base ( $\alpha_{gw}$ ), es un índice indirecto de la contestación del flujo de aguas subterráneas a los cambios en la recarga (Smedema y Rycroft, 1983). Los valores varían de 0.1-0.3 para



la tierra con la contestación lenta para recargar a 0.9-1.0 para la tierra con un la contestación rápida.

- $\Delta t$  es el paso del tiempo (día), para el presente estudio el modelo se ajustó tomando el flujo base del día anterior, por consiguiente el paso es un día.
- RECARGA ( $W_{rchrg}$ )<sup>38</sup>. - Es el volumen de agua que se mueve a una profundidad más baja del perfil de la tierra por percolación o infiltración. La recarga al acuífero en un día dado es calculada por:

$$W_{rchrg} = \left(1 - e\left(\frac{-1}{\partial_{gw}}\right)\right) \times W_{seep} + e\left(\frac{-1}{\partial_{gw}}\right) \times W_{rchrg}_{i-1} \quad (2.9)$$

Donde:

$W_{rchrg,i}$  - Cantidad de recarga que entra en el acuífero en el día i (mm H<sub>2</sub>O).

$\partial_{gw}$  - Tiempo de retraso o tiempo del desagüe del las formaciones geológicas (días).

$W_{seep}$  - es la cantidad total de agua que sale de la parte inferior del perfil del suelo en el día i (mm H<sub>2</sub>O)

$W_{rchrg,i-1}$  - Cantidad de recarga que entra en el acuífero en el día i-1 (mm H<sub>2</sub>O).

- El tiempo de retraso entre que el agua termina el perfil de la tierra y entra en el acuífero poco profundo depende de la profundidad del nivel freático y las propiedades hidráulicas de las formaciones geológicas. El tiempo de retraso, no puede medirse directamente. Puede estimarse simulando la recarga acuífera, usando diferentes valores para  $\partial_{gw}$ .
- $W_{seep}$ <sup>14</sup>, es la cantidad total de agua existente en la parte inferior del perfil del suelo, y es calculada:

---

<sup>38,14</sup>SOILD AND WATER ASSESSMENT TOOL, THEORICAL DOCUMENTATION. Cap. 7,8,9. Pdf. Pg. Todas



$$W_{seep} = SW_{ly,excs} \times \left(1 - e^{\left(\frac{-\Delta t}{TT_{per}}\right)}\right) \quad (2.10)$$

Donde:

$SW_{ly,excs}$  - Es el volumen disponible de agua para la percolación en la capa de suelo (mm H<sub>2</sub>O).

$\Delta t$  - Es el paso del tiempo (horas)

$TT_{per}$  - Es el tiempo de percolación en el día i (horas)

- $SW_{ly,excs}$ , el cálculo de agua disponible para la percolación viene dado por:

$$SW_{ly,excs} = SW_{ly} - FC_{ly} \quad Si \quad SW_{ly} > FC_{ly} \quad (2.11)$$

$$SW_{ly,excs} = 0 \quad Si \quad SW_{ly} \leq FC_{ly} \quad (2.12)$$

Donde:

$SW_{ly}$  - Es el contenido de agua de la capa de suelo (mm H<sub>2</sub>O).

$FC_{ly}$  - Es el contenido de agua de la capa de suelo a capacidad de campo (mm H<sub>2</sub>O).

En vista que no ha sido posible realizar ensayos correspondientes a la humedad gravimétrica para determinar la capacidad de campo ( $FC_{ly}$ ), se lo a calibrado con la ayuda de la tabla 1.2 dependiendo del tipo de suelo, junto a la profundidad en la que se pudo haber realizado el ensayo con el fin de transformarlo en lamina de agua y así conseguir la mejor correspondencia posible.

- Para determinar el tiempo de percolación  $TT_{per}$  (horas), varios autores expresan que este tiempo de percolación es muy similar al tiempo de infiltración obtenido mediante el infiltrómetro de doble anillo, en la siguiente investigación este parámetro se lo calibra de forma de conseguir el mejor ajuste.



A partir de la deducción de la Ec.1.1 se puede establecer una ecuación que involucre las variables antes mencionadas, teniendo en cuenta que son las más importantes o más influyentes en el aporte y extracción.

Y que de esta manera nos permita establecer el almacenamiento en una hoya hidroFIGURA<sup>39</sup>:

$$Q_t = P_t - ETR_t + Pe_t + Q_{gw_{t-1}} \quad (2.13)$$

Donde:

- $Q_t$  - Es el caudal existente en la quebrada en el día t
- $P_t$  - Es la cantidad de lluvia que cae durante el día t. (mm)
- $ETR_t$  - Es la cantidad de evaporación durante el día t. (mm)
- $Pe_t$  - Es la cantidad de agua que escurre directamente sobre la superficie del suelo en el día t. (mm)
- $Q_{gw_{t-1}}$  - Es el flujo de retorno del día anterior. (mm).

### ESTIMACIÓN DE VARIABLES.

Como se menciona en el capítulo anterior, debido a la falta de recursos para los ensayos correspondientes se procedió a estimar los valores tales como la Densidad aparente y Capacidad de campo con la ayuda de la tabla 1.2 tomando como referencia las características predominantes del suelo en dichas cuencas.

Las demás variables como Tiempo de desagüe ( $\theta_{gw}$ ), EL índice indirecto de la contestación del flujo de aguas ( $\alpha_{gw}$ ), Tiempo de infiltración, la cantidad de recarga inicial ( $W_{chrg,i}$ ), Flujo de retorno inicial ( $Q_{gw}$ ), Paso del tiempo ( $\Delta t$ ) y Profundidad se los obtuvieron a partir de varias calibraciones hasta lograr la mejor correspondencia posible.

---

<sup>39</sup> Christian Bolívar Quezada L., Balance hidrico de la microcuenca de la Quebrada Minas, (2008), TESIS, Pag. 24 -26.





A continuación se describe el cálculo jerarquizado, Cuenca correspondiente a la Q. Chulco:

1.- Fecha: Abril 1966

Precipitación:

$$P = 94.15 \text{ mm}$$

Evapotranspiración:

$$ETR = 43.90 \text{ mm}$$

Precipitación efectiva: con la ecuación 1.5 y siguiendo el procedimiento indicado en la sección 2.6.2 se obtiene:

$$Pe = 29.67 \text{ mm}$$

Infiltración:

$$I = P - Pe$$

$$I = 94.15\text{mm} - 29.67\text{mm} = 64.48\text{mm}$$

Flujo base: se sigue el procedimiento de la sección 2.6.3;

Tiempo de retraso adoptado  $\theta_{gw} = 30$  días

Tiempo de percolación  $TT_{perc} = t_{inf.} = 3$  horas

Paso del tiempo  $\Delta t = 1$  día = 24 horas.

Capacidad de Campo ( $FC_{ly.}$ ) = 23%

Agua disponible para la percolación Ec. 2.11, 2.12.

$$SW_{ly,excs,} = 0.00\text{mm}$$

Cantidad total de agua existente en la parte inferior del perfil del suelo Ec. 2.10

$$W_{seep} = 0.00 \times (1 - e^{-(-24/3)}) = 0.00\text{mm}$$

Volumen de agua que se mueve a una profundidad más baja del perfil de la tierra por percolación o infiltración Ec. 2.9.

$$W_{rchrg,i-1} = 36.33 \text{ mm}$$

$$W_{rchrg} = (1 - e^{-(-1/30)}) \times 0.00 + e^{-(-1/30)} \times 36.33 = 35.14\text{mm}$$



De la ecuación del flujo base (2.7):

$$\text{Flujo base anterior } Q_{gw_{t-1}} = 41.87 \text{ mm}$$

$$\text{Paso del tiempo } \Delta t = 1 \text{ día}$$

$$Q_{gw} = 41.87 \times e^{-0.18 \times 1 \text{ día}} + 35.14 \times (1 - e^{-0.18 \times 1 \text{ día}})$$

$$Q_{gw} = 40.76 \text{ mm}$$

**De la ecuación 2.13 del Balance Hídrico se tiene:**

$$Q_t = 94.15 - 43.90 + 29.67 + 40.76$$

$$Q_t = 120.67 \text{ mm} = 2.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ aforado} = 2.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.- Fecha: Mayo 1966

Precipitación:

$$P = 82.86 \text{ mm}$$

Evapotranspiración:

$$ETR = 47.57 \text{ mm}$$

Precipitación efectiva: con la ecuación 1.5 y siguiendo el procedimiento indicado en la sección 2.6.2 se obtiene:

$$P_e = 22.62 \text{ mm}$$

Infiltración:

$$I = P - P_e$$

$$I = 82.86 \text{ mm} - 22.62 \text{ mm} = 60.24 \text{ mm}$$

Flujo base: se sigue el procedimiento de la sección 2.6.3:

Tiempo de retraso adoptado  $\partial_{gw} = 30$  días

Tiempo de percolación  $TT_{\text{perc}} = t_{\text{inf.}} = 3$  horas

Paso del tiempo  $\Delta t = 1$  día = 24 horas.

Capacidad de Campo ( $FC/y.$ ) = 23%

Agua disponible para la percolación Ec. 2.11, 2.12

$$SW_{y,\text{excs.}} = 0.00 \text{ mm}$$



Cantidad total de agua existente en la parte inferior del perfil del suelo Ec. 2.10

$$W_{\text{seep}} = 0.00 \times (1 - e^{-24/3}) = 0.00 \text{ mm}$$

Volumen de agua que se mueve a una profundidad más baja del perfil de la tierra por percolación o infiltración Ec. 2.9.

$$W_{\text{rchrg},i-1} = 35.14 \text{ mm}$$

$$W_{\text{rchrg}} = (1 - e^{-1/30}) \times 0.00 + e^{-1/30} \times 35.14 = 33.99 \text{ mm}$$

De la ecuación del flujo base (2.7):

$$\text{Flujo base anterior } Q_{\text{gw}t-1} = 41.87 \text{ mm}$$

$$\text{Paso del tiempo } \Delta t = 1 \text{ día}$$

$$Q_{\text{gw}} = 41.87 \times e^{-0.18 \times 1 \text{ día}} + 33.99 \times (1 - e^{-0.18 \times 1 \text{ día}})$$

$$Q_{\text{gw}} = 39.64 \text{ mm}$$

**De la ecuación 2.13 del Balance Hídrico se tiene:**

$$Q_t = 82.86 - 47.57 + 22.62 + 39.64$$

$$Q_t = 97.55 \text{ mm} = 2.06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ aforado} = 1.93 \text{ m}^3/\text{s}$$

## ANÁLISIS DE BONDAD DE AJUSTE<sup>40</sup>

- **Coefficiente de Correlación (R<sup>2</sup>):** es una medida relativa que indica el grado de ajuste a una línea recta entre los datos observados y simulados. Un valor de R<sup>2</sup> igual a 1 nos indica una tendencia lineal perfecta entre los datos pero no significa necesariamente que ésta sea de 1: 1. Es adimensional y se calcula mediante la expresión:

---

<sup>40</sup> Oñate-Valdivieso, Fernando (2007), Extracción de modelos de elevación digital a partir de imágenes aster para la determinación de características morfométricas de cuencas hidrográficas, Trabajo de Investigación Tutelado, Universidad de Alcalá



$$R^2 = \left( \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_o(i) - \overline{Q_o})(Q_c(i) - \overline{Q_c})}{\sigma_o \times \sigma_c} \right)^2 \quad (2.26)$$

Donde:

- $Q_o$  Caudales obtenidos de los aforos.
- $Q_c$  Caudales obtenidos con el modelo.
- $\sigma_o$  Desviación estándar de los valores aforados
- $\sigma_c$  Desviación estándar de los valores obtenidos en el modelo
- $\overline{Q_o}$  Media de los valores aforados en campo
- $\overline{Q_c}$  Media de los valores obtenidos mediante el modelo
- N Número total de datos observados.

- **Coeficiente de eficiencia de Nash & Sutcliffe (EF):** Permite verificar el grado de relación 1:1 de los datos en análisis (Nash y Sutcliffe, 1970). El límite superior que alcanza es 1, cuando no hay diferencias entre los valores medidos y simulados. Su límite inferior teórico es el infinito negativo. Los valores menores a 0 indican que existe un peor ajuste del modelo a los valores medidos que el valor promedio de éstos.

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_o(i) - Q_c(i))^2}{\sum_{i=1}^N (Q_o(i) - \overline{Q_c})^2} \quad (2.27)$$

- **Error cuadrático medio (RSME)<sup>41</sup>:** Permite comparar el ajuste entre los datos observados en campo y los extraídos del modelo. 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

$$RSME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_o(i) - Q_m(i))^2}{N}} \quad (2.28)$$

---

<sup>41</sup> <http://hercules.cedex.es/hidraulica/PROHIMET/RD05/PresRD05/Aldana-Simulacion.pdf>,  
Pag. 14



- **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.

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^N |(Q_o(i) - Q_c(i))|}{N} \quad (2.29)$$

- **Coefficiente 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.

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_o(i) - \overline{Q_o})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_c - Q_o)^2} \quad (2.30)$$

## 2.9 MICROSOFT VISUAL STUDIO<sup>42</sup>

Es un conjunto completo de herramientas de desarrollo para la generación de aplicaciones Web ASP.NET, Servicios Web XML, aplicaciones de escritorio y aplicaciones móviles. Visual Basic, Visual C++, Visual C# y Visual J# utilizan el mismo entorno de desarrollo integrado (IDE), que les permite compartir herramientas y facilita la creación de soluciones en varios lenguajes. Asimismo, dichos lenguajes aprovechan las funciones de .NET Framework, que ofrece acceso a tecnologías clave para simplificar el desarrollo de aplicaciones Web ASP y Servicios Web XML.

---

<sup>42</sup> [http://fx6bk1f4\(v=vs.80\).aspx.htm](http://fx6bk1f4(v=vs.80).aspx.htm)



**1.13.1 ASP.NET.**<sup>43</sup> Construye las clases de programación de .NET Framework, lo que proporciona un modelo de aplicación Web con un conjunto de controles e infraestructura que facilitan la generación de aplicaciones Web. ASP.NET incluye un conjunto de controles que encapsulan elementos comunes de interfaz de usuario de HTML, como cuadros de texto, botones y cuadros de lista. Sin embargo, dichos controles se ejecutan en el servidor Web, y representan la interfaz de usuario en el explorador como HTML.

**1.13.2 AJAX.**<sup>44</sup> Son las siglas de **A**synchronous **J**avaScript **A**nd **X**ML. No es un lenguaje de programación sino un conjunto de tecnologías (HTML-JavaScript-CSS-DHTML-PHP/ASP.NET/JSP-XML) que nos permiten hacer páginas de internet más interactivas.

La característica fundamental de AJAX es permitir actualizar parte de una página con información que se encuentra en el servidor sin tener que refrescar completamente la página. De modo similar podemos enviar información al servidor.

### **PROGRAMACIÓN EN MICROSOFT VISUAL STUDIO.NET.**

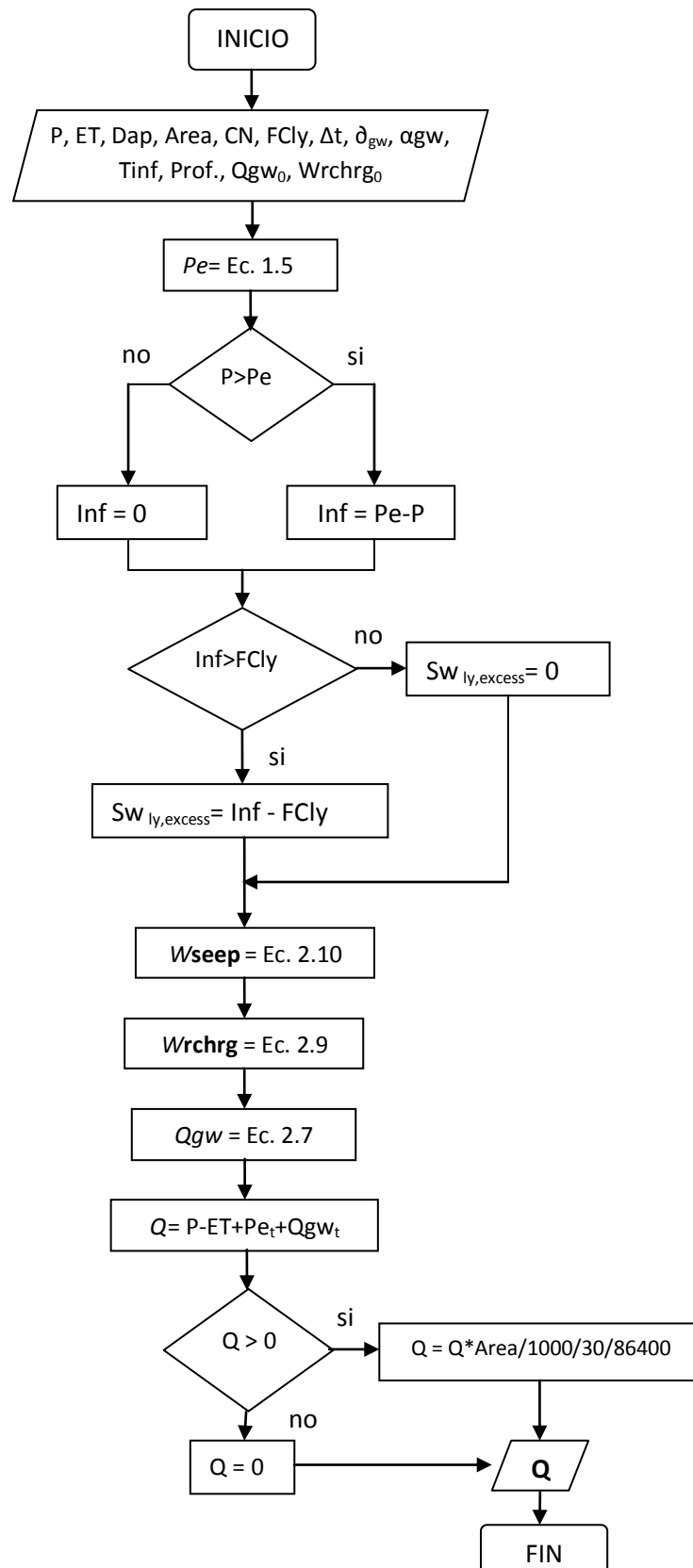
Una vez concluida la investigación se procedió a programar y generar el código correspondiente al cálculo de Balance Hídrico para la cual se lo desarrolló Utilizando la Herramienta Microsoft Visual Studio.net 2005, que pretende ser una aplicación que permita facilitar y simplificar los cálculos laboriosos.

El siguiente diagrama de flujo muestra el procedimiento jerárquico para la sistematización de los cálculos.

---

<sup>43</sup> [http://fx6bk1f4\(v=vs.80\).aspx.htm](http://fx6bk1f4(v=vs.80).aspx.htm)

<sup>44</sup> <http://www.ajaxya.com.ar/temarios/descripcion.php?cod=8&punto=1>



GRÁFICA 2.7: Diagrama de Flujo

FUENTE: Elaboración Propia.



# CAPÍTULO III

---

## CÁLCULOS Y RESULTADOS





## CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS.

TABLA 3.1: Características físicas de las cuencas en Estudio.

CUENCA PERTENECIENTE AL :	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Long. Cauce Principal (Km)	Cota Media (msnm)	Índice de Gravelius (Ig)	Pend. Media. (Pm) (%)	Dens. Drenaje (Dd) Km/Km <sup>2</sup>
RÍO JORUPE	59,02	35,61	3,39	2737,03	1,30	34,75	0,51
RÍO CULEBRILLAS	55,09	49,73	19,73	3665,02	1,75	33,26	0,36
RÍO YUDUMPALA	190,91	71,19	22,77	3736,83	1,44	43,89	0,44
RÍO ZAMORA	181,08	66,78	25,89	2640,35	1,39	44,29	0,30
RÍO PAQUISHAPA	120,18	58,31	15,59	2862,84	1,49	24,22	0,44
RÍO CHICO	448,89	114,75	48,83	209,76	1,52	27,64	0,30
Q. CHULCO	54,85	40,66	4,46	3798,84	1,54	36,28	0,25

FUENTE: Elaboración Propia.

Como se puede destacar, los valores obtenidos en cuanto se refiere en área llega a valores superiores de 54.85 km<sup>2</sup> con un límite de 448.89 km<sup>2</sup>, al igual que el Perímetro es de 35.61 km es el mínimo y 114.75 km como el máximo. No necesariamente la cuenca con mayor área tiene el mayor perímetro, puesto que depende de la topografía o accidentes del terreno. Con la ayuda de la tabla 2.1 se puede deducir que la tendencia de crecidas es media en la mayoría de las cuencas debido a que Ic se encuentra entre 1.25 y 1.5. En base a la tabla 2.2 se logra establecer que todas las hojas de estudio poseen un Drenaje Regular ya que Dd se encuentra en el rango comprendido entre 0 a 1.



### NUMERO DE CURVA (CN).

Para cada cuenca en particular se logró determinar un valor de CN (número de la curva) para la condición intermedia de AMC II con ayuda de la tabla 1.3, y para las otras dos **Condiciones de humedad antecedente** (AMC I y AMCIII), se lo desarrollo mediante interpolaciones de la tabla 1.4.

**TABLA 3.1:** CN PARA DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO EN LAS CUENCAS DE ESTUDIO

Cuenca Perteneciente al:	CN AMC I	CN AMC II	CN AMC III
RÍO JORUPE	38,53	58,53	76,82
RÍO CULEBRILLAS	70,19	85,12	94,05
RÍO YUDUMPALA	55,51	73,76	87,26
RÍO ZAMORA	40,61	60,61	78,49
RÍO PAQUISHAPA	31,97	51,21	70,97
RÍO CHICO	64,90	81,36	91,82
Q. CHULCO	70,51	85,32	94,13

FUENTE: Elaboración Propia

### VARIABLES INVOLUCRADAS.

Son los valores que han dado la mejor calibración posible según lo expuesto en el Item 2.7, los cuales se considera que están más próximos al valor real.

**TABLA 3.2:** VARIABLES UTILIZADAS EN EL CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO

VARIABLES INVOLUCRADAS	Und.	Cuenca Perteneciente al :						
		RÍO Jorupe	RÍO Culebri.	RÍO Yudump.	RÍO Zamora	RÍO Paquisha	RÍO Chico	Q. Chulco
Num. curva (CN)	adi.	38,53	70,19	87,26	40,61	31,97	64,90	5485,33
Cp. Campo ( FCly)	%	23	23	23	23	23	18	23
Den. Aparente	gr/cc	1,30	1,30	1,30	1,30	1,35	1,40	1,30
Profundidad	m	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,30
Área	Km <sup>2</sup>	59,02	55,09	190,91	181,07	120,18	448,89	54,85
Tinf = TTper	hr.	4	4	3	4	7	6	3
Δt	hr.	24	24	24	24	24	24	24
∂gw	días	30	30	30	30	30	30	30
αgw	adi.	0,10	0,15	0,10	0,18	0,18	0,10	0,18

FUENTE: Elaboración Propia



## IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO VIRTUAL (HYDROVLAB).

Esta aplicación se encuentra dentro de la sección “SIMULACION”→”Balance Hídrico”→”Calculo de Balance Hídrico” en el laboratorio virtual de hidrología (HYDROVLAB).

**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**  
DESCARGAR MANUAL

**DATOS DE ENTRADA**

**RUTA DEL ARCHIVO :**  
Seleccionar archivo No se ha seleccionado ningún archivo  
CARGAR ARCHIVO DE TEXTO

Área (ha)  Tiempo Inf. (Hr)   
CN. (adi.)  Δt (Hr)   
Dens. Aparente (gr/cc)  Δgw (días)   
Capacidad Campo (%)  αgw (adi.)   
Profundidad (m)  Fl. Retorno\_ini (mm)   
Recarga\_ini (mm)

EJEMPLO EJECUTAR ANALISIS LIMPIAR

**RESULTADOS**

R2 = BIAS =  
EF = CD =  
RMSE = Vertabla

**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

CAUDAL (m³/s)

TIEMPO (meses)

**GRÁFICA 3.1.** Página principal de la Herramienta Balance Hídrico de Cuencas Hidrográficas

**FUENTE:** Elaboración Propia



## CUADROS Y GRAFICAS DE RESUMEN:

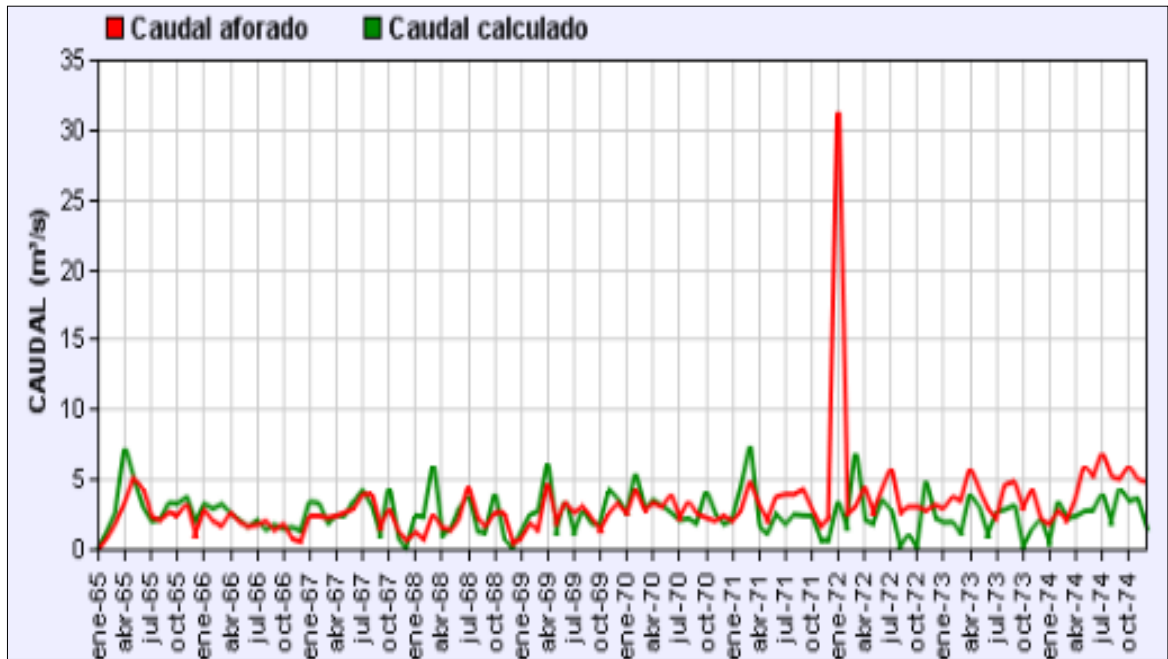
**TABLA 3.3: CUADRO COMPARTIVO DE CAUDALES CORRESPONDIENTE A LA Q. HULCO**

Q. CHULCO											
FECHA	Qcal. m3/s	Qafor. m3/s	FECHA	Qcal. m3/s	Qafor. m3/s	FECHA	Qcal. m3/s	Qafor. m3/s	FECHA	Qcal. m3/s	Qafor. m3/s
feb-65	1.28	0.76	ago-67	3.05	3.89	feb-70	5.37	4.23	ago-72	0.10	2.58
mar-65	2.65	1.85	sep-67	0.82	1.50	mar-70	2.86	2.71	sep-72	1.05	2.98
abr-65	7.21	3.26	oct-67	4.36	2.85	abr-70	3.48	3.27	oct-72	0.00	2.98
may-65	4.93	5.04	nov-67	0.73	1.24	may-70	3.08	2.98	nov-72	4.77	2.71
jun-65	2.99	4.31	dic-67	0.00	0.59	jun-70	2.59	3.89	dic-72	2.21	3.12
jul-65	1.96	2.28	ene-68	2.38	1.16	jul-70	2.05	2.22	ene-73	1.89	2.85
ago-65	2.11	2.05	feb-68	2.27	0.64	ago-70	2.17	3.42	feb-73	1.91	3.73
sep-65	3.29	2.59	mar-68	5.98	2.46	sep-70	1.78	2.46	mar-73	1.01	3.42
oct-65	3.25	2.40	abr-68	0.98	1.50	oct-70	4.16	2.22	abr-73	3.89	5.76
nov-65	3.70	3.25	may-68	1.39	1.32	nov-70	2.57	1.99	may-73	2.97	4.23
dic-65	1.90	0.98	jun-68	2.91	2.10	dic-70	1.76	2.34	jun-73	0.98	2.85
ene-66	3.20	2.75	jul-68	3.80	4.40	ene-71	2.06	1.99	jul-73	2.63	2.10
feb-66	2.88	1.99	ago-68	1.21	2.22	feb-71	4.41	2.71	ago-73	2.80	4.58
mar-66	3.18	1.62	sep-68	1.16	1.59	mar-71	7.27	4.77	sep-73	3.08	4.77
abr-66	2.55	2.58	oct-68	3.97	2.58	abr-71	1.54	3.12	oct-73	0.02	2.85
may-66	2.06	1.93	nov-68	0.81	2.58	may-71	1.04	1.99	nov-73	1.37	4.23
jun-66	1.58	1.57	dic-68	0.00	0.41	jun-71	2.44	3.73	dic-73	2.19	2.10
jul-66	2.04	1.71	ene-69	1.20	0.70	jul-71	1.76	3.89	ene-74	0.32	1.77
ago-66	1.35	1.96	feb-69	2.44	1.79	ago-71	2.44	3.89	feb-74	3.40	0.00
sep-66	1.70	1.33	mar-69	2.67	1.32	sep-71	2.38	4.23	mar-74	2.20	2.06
oct-66	1.43	1.76	abr-69	6.05	4.58	oct-71	2.35	2.85	abr-74	2.33	3.57
nov-66	1.52	0.69	may-69	1.11	1.79	nov-71	0.59	1.59	may-74	2.67	5.97
dic-66	1.29	0.51	jun-69	3.49	3.27	dic-71	0.62	2.22	jun-74	2.75	5.15
ene-67	3.37	2.34	jul-69	1.03	2.58	ene-72	3.34	31.32	jul-74	3.98	6.87
feb-67	3.26	2.34	ago-69	2.75	2.98	feb-72	1.46	2.46	ago-74	1.82	5.15
mar-67	1.82	2.22	sep-69	1.76	2.22	mar-72	6.85	2.98	sep-74	4.36	4.96
abr-67	2.35	2.34	oct-69	1.77	1.32	abr-72	2.07	4.40	oct-74	3.44	5.97
may-67	2.36	2.58	nov-69	4.21	2.58	may-72	1.77	2.58	nov-74	3.58	4.96
jun-67	3.46	2.85	dic-69	3.59	3.27	jun-72	3.50	4.23	dic-74	1.47	4.77
jul-67	4.21	3.89	ene-70	2.44	2.46	jul-72	2.79	5.76			

**FUENTE:** Elaboración Propia

En detalle los cálculos se encuentran en el Anexo 3, correspondiente a todas las cuencas hidrográficas citadas en el presente estudio.

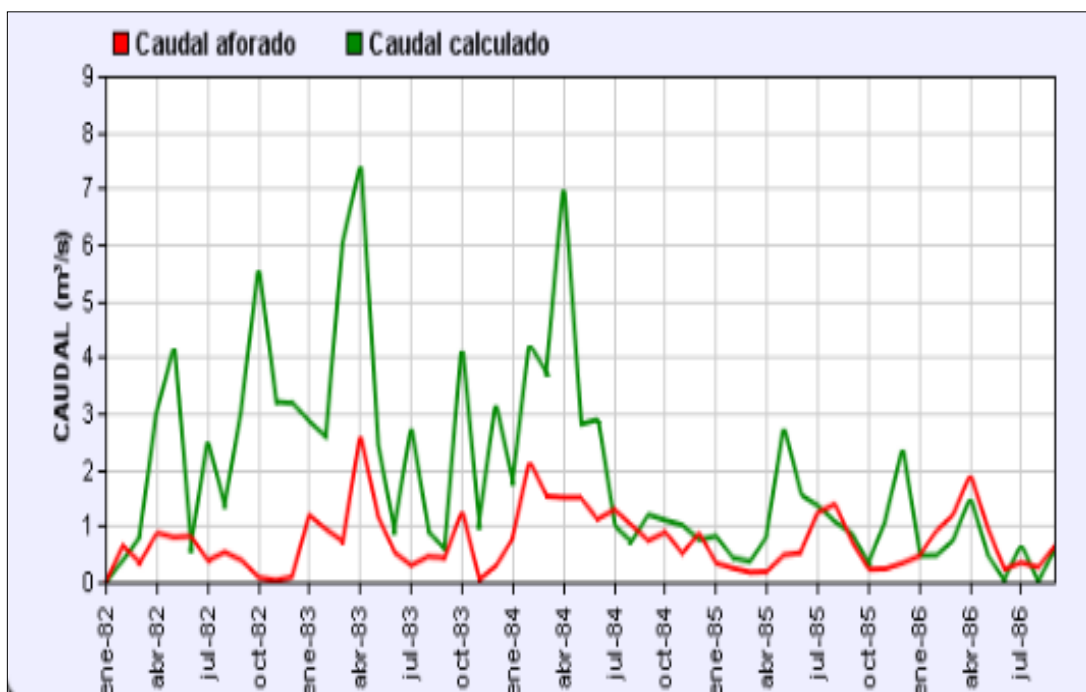
A continuación se valida las gráficas y cálculos obtenidos mediante la herramienta implementada en HIDROVLAB y los obtenidos utilizando Microsoft Excel, con el objetivo de asegurar que los resultados sean correctos.



**GRAFICO 3.3:** CAUDALES CALCULADOS Y OBSERVADOS CORRESPONDIENTE A LA Q. CHULCO (HIDROVLAB)

**FUENTE:** Elaboración Propia

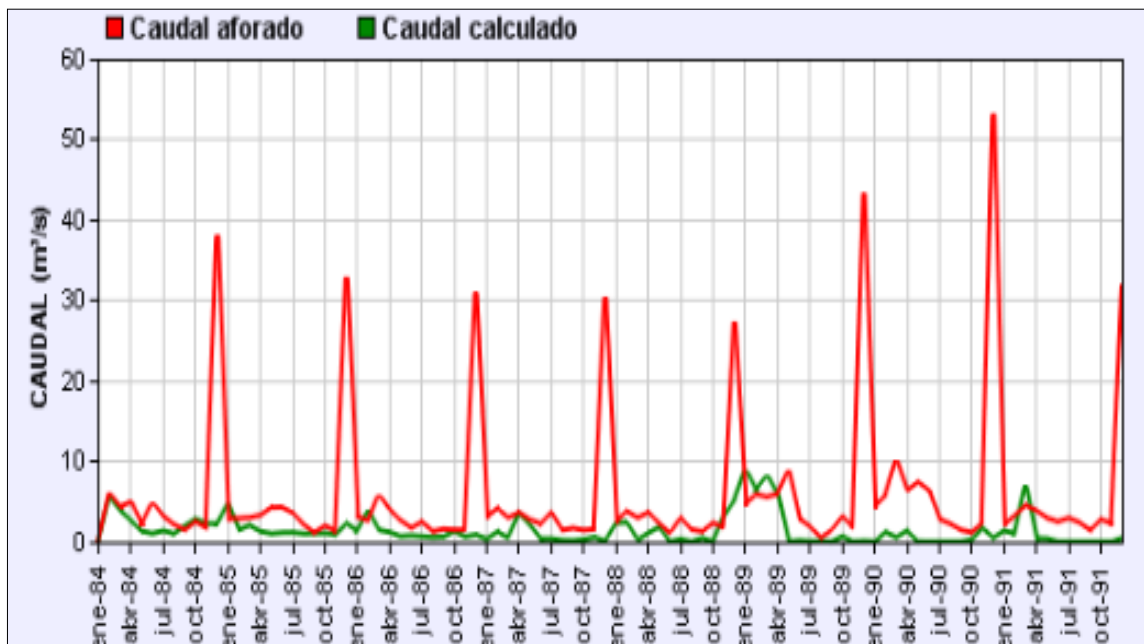
Área igual 5485.33 ha.



**GRAFICO 3.5:** CAUDALES CALCULADOS Y OBSERVADOS CORRESPONDIENTE AL R. CULEBRILLAS (HIDROVLAB)

**FUENTE:** Elaboración Propia

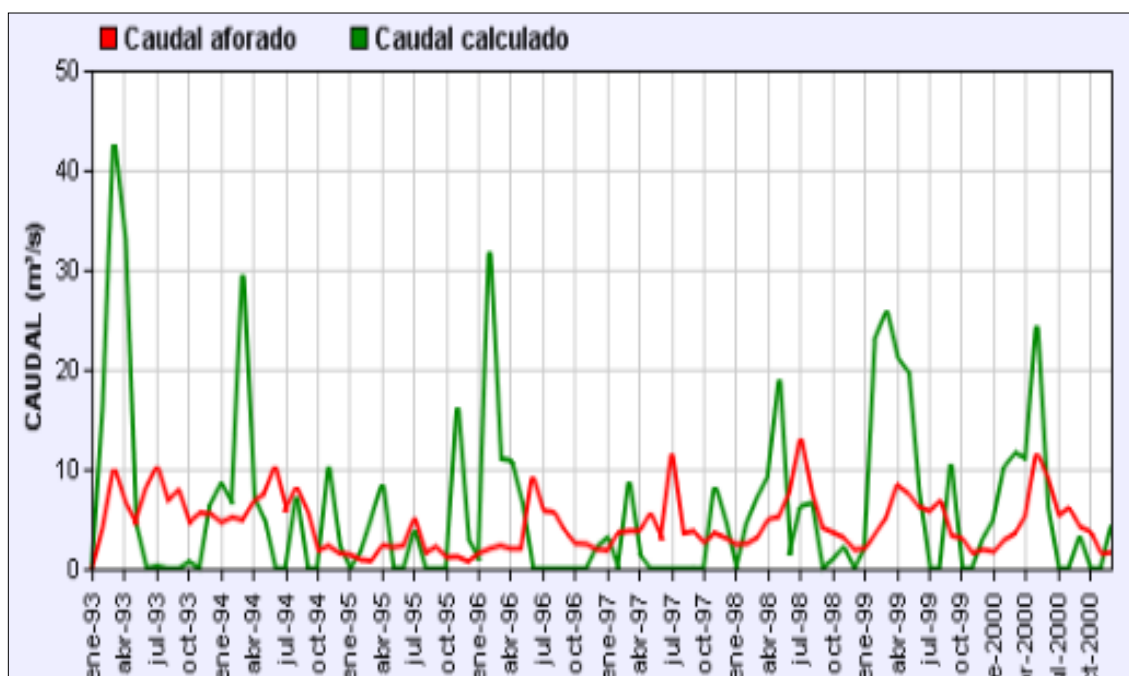
Área igual 5508.80 ha



**GRAFICO 3.7:** CAUDALES CALCULADOS Y OBSERVADOS CORRESPONDIENTE AL R. JORUPE. (HIDROVLAB).

**FUENTE:** Elaboración Propia

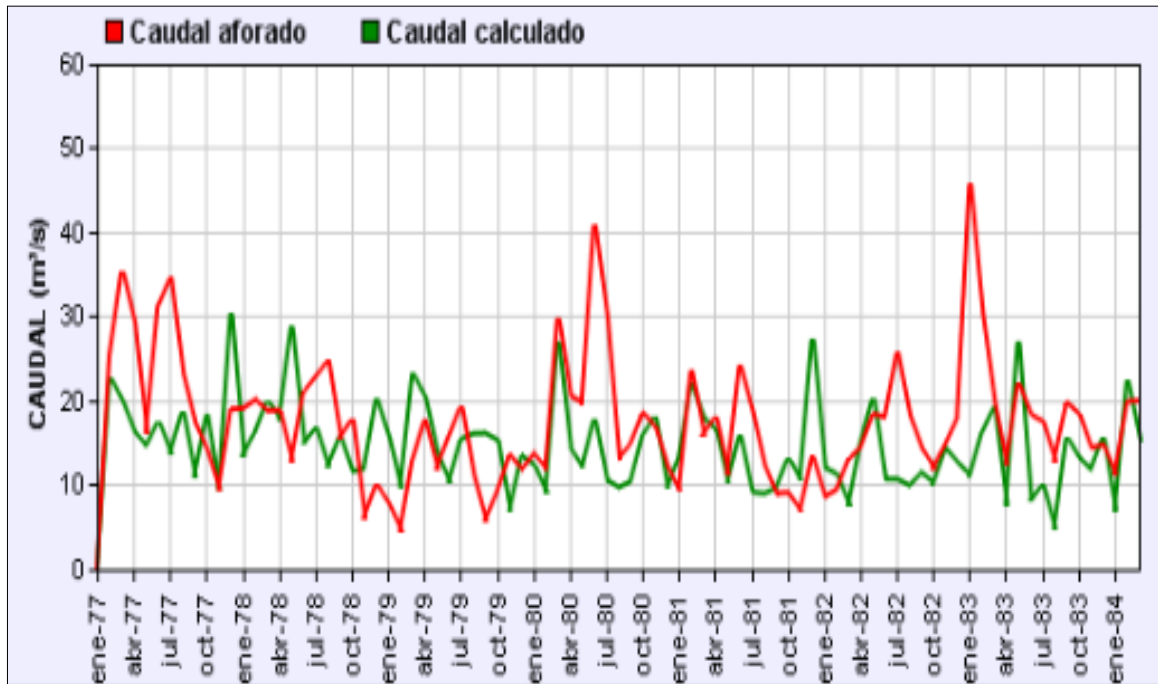
Área igual 5902.24 ha



**GRAFICO 3.9:** CAUDALES CALCULADOS Y OBSERVADOS CORRESPONDIENTE AL R. YUDUMPALA. (HIDROVLAB)

**FUENTE:** Elaboración Propia

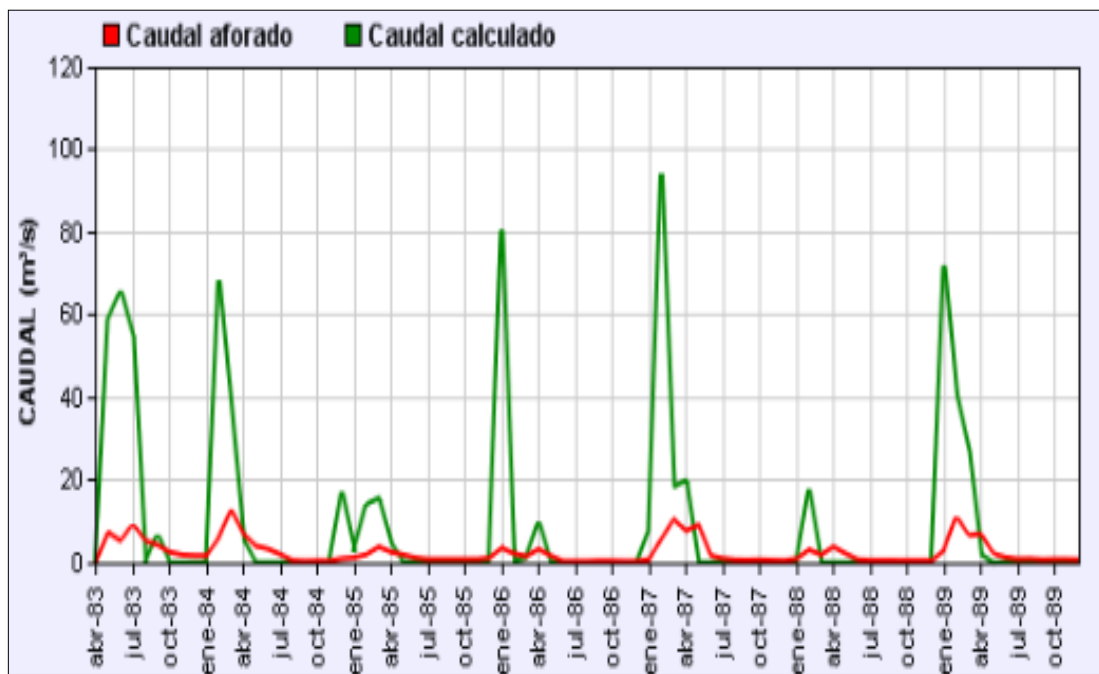
Área igual 19091.03 ha



**GRAFICO 3.11:** CAUDALES CALCULADOS Y OBSERVADOS CORRESPONDIENTE AL R. ZAMORA. . (HIDROVLAB)

FUENTE: Elaboración Propia

Área igual 18107.58 ha

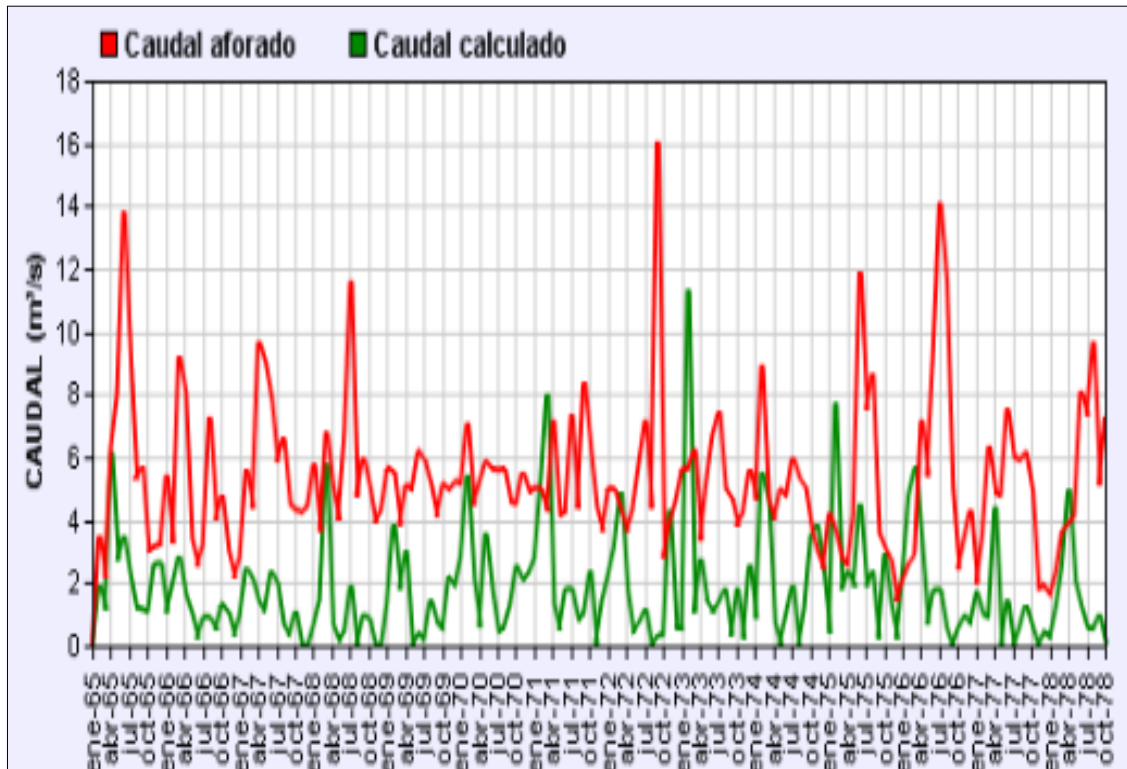


**GRAFICO 3.13:** CAUDALES CALCULADOS Y OBSERVADOS CORRESPONDIENTE AL R. CHICO. . (HIDROVLAB)

FUENTE: Elaboración Propia

Área igual 44889.45 ha





**GRAFICO 3.15:** CAUDALES CALCULADOS Y OBSERVADOS CORRESPONDIENTE AL R. PAQUISHAPA. . (HIDROVLAB)

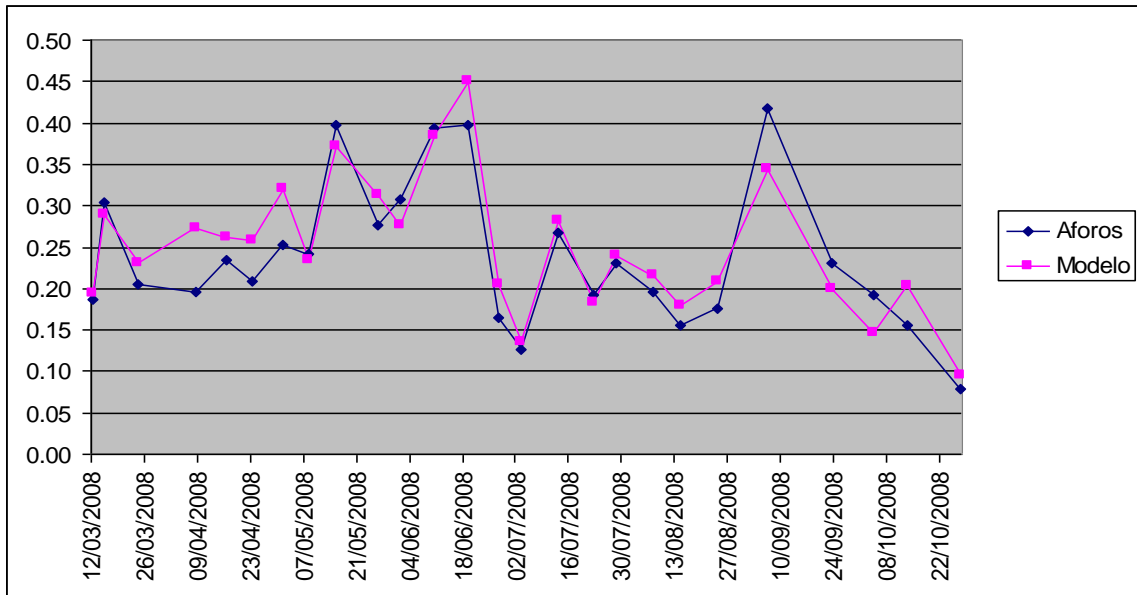
**FUENTE:** Elaboración Propia

Área igual 12028.41 ha

La misma ecuación (2.13) fue utilizada en la investigación del Ing. Christian Quezada López que se la aplicó en la Microcuenca perteneciente a la Q. Minas de Loja<sup>45</sup>. La cual no presentó variaciones significativas para una área de 686.84 Ha., empleando datos diarios de precipitación, temperatura y realizando medidas en campo de infiltración diaria, por lo que se ha visto conveniente citarla para posibles comparaciones.

<sup>45</sup> Christian Bolívar Quezada L., Balance hidrico de la microcuenca de la Quebrada Minas, (2008), TESIS.





**GRÁFICA 3.16:** COMPARATIVA DE CAUDALES AFORADOS Y LOS OBTENIDOS CON EL MODELO.

**FUENTE:** Christian Bolívar Quezada López

### 3.1.1 RESULTADOS ESTADÍSTICOS

En las gráficas anteriores se puede denotar las variaciones de caudales de forma visual, por lo que es necesario realizar un análisis estadístico para cuantificar la bondad de ajuste entre caudales medidos y calculados mediante la ecuación del Balance Hídrico (2.13). Por consiguiente a partir de las formulas citadas en el capítulo II (ítem 2.7), se ha obtenido los siguientes resultados:



**TABLA 3.4: RESULTADOS ESTADÍSTICOS.**

CUENCA PERTENECIENTE AL:	Río Jorupe		Río Culebri.		Río Yudumpa.		Río Zamora		Río Paquisha.		Río Chico		Q. Chulco		Q. Minas
	EXCEL	HIDROVLAB	EXCEL	HIDROVLAB	EXCEL	HIDROVLAB	EXCEL	HIDROVLAB	EXCEL	HIDROVLAB	EXCEL	HIDROVLAB	EXCEL	HIDROVLAB	EXCEL
Área (km <sup>2</sup> )	59.02		55.08		190.91		181.08		120.18		448.89		54.85		6.87
Coeficiente. de Correlación ( <b>R<sup>2</sup></b> )	0.00	0.00	0.17	0.17	0.04	0.04	0.07	0.07	0.00	0.00	0.31	0.30	0.06	0.06	0.76
Coeficiente. de Eficiencia ( <b>EF</b> )	-0.02	-0.02	-1.18	-1.17	-6.81	-6.82	-0.10	-0.10	-0.13	-0.14	-5.79	-5.78	0.00	0.00	0.83
Coeficiente de Determina. ( <b>CD</b> )	0.81	0.80	0.07	0.07	0.10	0.10	0.80	0.80	0.26	0.27	0.02	0.02	0.97	0.96	5.85
Error Cuadrático Medio ( <b>RMSE</b> )	10.69	10.70	1.97	1.97	8.56	8.56	8.44	8.43	4.53	4.52	20.65	20.63	2.95	2.96	0.05
Error Medio ( <b>BIAS</b> )	4.79	4.81	1.34	1.34	5.85	5.85	6.16	6.16	3.81	3.80	8.84	8.82	1.38	1.38	0.02

**FUENTE:** Elaboración Propia.

# CAPÍTULO IV

---

## ANÁLISIS DE RESULTADOS



## **ANALISIS DE RESULTADOS**

### **PARA LA CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO JORUPE.**

La evapotranspiración presentó resultados que variaron entre (47.72 - 60.21) mm/mes, con una media de 54.45 mm/mes. Al igual los caudales calculados variaron (0.80 - 8.53) m<sup>3</sup>/s, con una media de 0.88 m<sup>3</sup>/s.

La comparación entre los valores calculados y aforados en la zona de estudio permite observar que no existe una buena correspondencia donde se puede señalar que las mayores discrepancias en valor de los caudales se presentan en los picos del mes de diciembre.

La media de los caudales registrados fue de 5.90 m<sup>3</sup>/s.

### **PARA LA CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO CULEBRILLAS.**

La evapotranspiración presenta resultados que varían entre (40.12 - 52.51) mm/mes, con una media de 46.92 mm/mes. Al igual los caudales calculados variaron (0.00 - 7.38) m<sup>3</sup>/s, con una media de 1.84 m<sup>3</sup>/s.

Se puede ver que la mayoría de los datos calculados son mayores que los aforados en especial en las fechas de ene-82 a jun-84 tienen bastante discrepancia con los medidos, y aunque de jul-84 a sep-86 no tiene buena concordancia la diferencia es menor que el rango antes mencionado.

El caudal máximo registrado es 2.57 m<sup>3</sup>/s y el mínimo 0.03 m<sup>3</sup>/s con una media de 0.74 m<sup>3</sup>/s

### **PARA LA CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO YUDUMPALA.**

La evapotranspiración presenta resultados que varían entre (37.47 - 53.86) mm/mes, con una media de 47.32 mm/mes. Al igual los caudales calculados variaron (0.00 - 42.63) m<sup>3</sup>/s, con una media de 5.86 m<sup>3</sup>/s.



Como se observa a lo largo de todo el periodo existen fluctuaciones de los caudales calculados con respecto a los aforados, en especial en los meses de Febrero, Marzo y Abril donde los caudales tienden a dispararse con respecto a los demás.

El caudal máximo registrado es  $13.09 \text{ m}^3/\text{s}$  y el mínimo  $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$  con una media de  $4.45 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### **PARA LA CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO ZAMORA.**

La evapotranspiración presenta resultados que varían entre (49.86 - 60.08) mm/mes, con una media de 55.16 mm/mes. Al igual los caudales calculados variaron ( $4.92 - 30.47$ )  $\text{m}^3/\text{s}$ , con una media de  $4.92 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La comparación entre los valores calculados y aforados en la zona de estudio permite observar que aunque no existan rangos de variaciones específicas a lo largo del periodo de estudio, por lo que, los datos no se disparan demasiado uno respecto al otro tampoco existe una buena correspondencia.

El caudal máximo registrado es  $45.80 \text{ m}^3/\text{s}$  y el mínimo  $4.75 \text{ m}^3/\text{s}$  con una media de  $17.54 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### **PARA LA CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO CHICO.**

Como se puede ver La evapotranspiración presenta resultados que varían entre (93.10 - 149.19) mm/mes, con una media de 116.66 mm/mes. Al igual los caudales calculados variaron (0.00 - 93.36)  $\text{m}^3/\text{s}$ , con una media de  $10.62 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Se puede notar que la variación existente entre los datos calculados y los aforados es bastante significativa donde los caudales picos se disparan, en especial en los meses de Enero y Febrero, y para los otros meses se reducen demasiado de tal forma que la mayoría de datos toman valores de cero.

El caudal máximo registrado es  $12.72 \text{ m}^3/\text{s}$  y el mínimo  $0.32 \text{ m}^3/\text{s}$  con una media de  $10.62 \text{ m}^3/\text{s}$ .



### **PARA LA CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO PAQUISHAPA.**

La evapotranspiración presenta resultados que varían entre (44.89 - 57.50) mm/mes, con una media de 51.97 mm/mes. Al igual los caudales calculados variaron (0.00 - 11.34) m<sup>3</sup>/s, con una media de 1.74 m<sup>3</sup>/s.

La comparación entre los valores calculados y aforados en la zona de estudio nos permite observar que la mayoría de los datos obtenidos mediante el cálculo del balance hídrico son menores con algunas excepciones en especial en el mes de Febrero.

El caudal máximo registrado es 16.05 m<sup>3</sup>/s y el mínimo 1.52 m<sup>3</sup>/s con una media de 5.30 m<sup>3</sup>/s.

### **PARA LA CUENCA PERTENECIENTE AL Q. CHULCO.**

La evapotranspiración presenta resultados que varían entre (52.08 - 37.48) mm/mes, con una media de 43.37 mm/mes. Al igual los caudales calculados variaron (0.00 - 7.27) m<sup>3</sup>/s, con una media de 2.51 m<sup>3</sup>/s.

Comparando los valores calculados y aforados, permite observar que de todas las cuencas en estudio es la que mejor se ajusta con excepción de ene-72 donde existe la mayor discrepancia debido a un caudal pico. Aunque los valores no son muy cercanos se puede rescatar la tendencia de altas y bajas respecto a los medidos. Se le puede atribuir esa concordancia a que el área de influencia es pequeña.

El caudal máximo registrado es 31.32 m<sup>3</sup>/s y el mínimo 0.41 m<sup>3</sup>/s con una media de 3.08 m<sup>3</sup>/s.



### **ANÁLISIS REGIONAL SEGÚN LAS ZONAS DE ATENCIÓN.**

En el clima de la región Costa, en especial en la cuenca del Río Chico presenta dos estaciones claramente diferenciadas, lluviosas que se prolonga con ciertas irregularidades tanto en las medidas, como en las calculadas; la cual no son iguales pero siguen la misma tendencia, en especial entre los meses de enero y mayo en cada año, llegando a caudales 35 veces (datos aforados) más que en su periodo seco, la cual registra precipitaciones cercanas a cero que corresponde a los meses comprendidos entre agosto y octubre.

En el clima de la región sierra, cuyas cuencas poseen áreas intermontañas observan una distribución bimodal de lluvias (dos máximos en el año: Abril y Julio) con un periodo de bajas precipitaciones. Entre octubre-Noviembre tanto en los medidos como los calculados ya que nos son valores cercanos pero su tendencia es casi la misma.

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

En el Tabla 3.10 del capítulo III podemos observar los resultados estadísticos aplicados en las cuencas de estudio, 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. Ya que el valor más cercano se dio en la cuenca perteneciente al Río Chico con un valor de 0.31
- 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 a la Quebrada Chulco se obtuvo un valor aceptable de 0.97,



con respecto a las demás cuenca 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 Culebrillas tiene el error cuadrático medio (RMSE) más bajo (1.97m<sup>3</sup>/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 al error medio (BIAS). En ninguna de las cuencas analizadas se obtuvo valores cercanos a cero, que es el valor óptimo para estos errores. No obstante en las cuencas pertenecientes al Río Culebrillas y a la Q. Chulco fueron los más bajos. Siendo estos: (1.34 - 1.38) m<sup>3</sup>/s respectivamente.



# CAPÍTULO V

---

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CONCLUSIONES.

- Los caudales obtenidos con el balance hídrico no tienen una buena correspondencia con los caudales aforados.
- La ecuación de balance hídrico 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, tipo de suelos, variación de características morfométricas, etc.
- Los valores de los errores medios y medios absolutos más bajos, se presentaron en las cuencas más pequeñas analizadas (Cuenca correspondientes a la Q. Chulco y al Río Culebrillas y Microcuenca de la Q. Minas), por lo que se determina que desde el punto de vista estadístico, la aplicación de la ecuación 2.13 es más adecuado para cuencas de menor área.
- Las variables involucradas que han sido calibradas para las cuencas analizadas en la mayoría de casos no han dado buenos resultados debido a que son valores adoptados a partir de tablas considerando las propiedades y/o características existentes en la zona. Se considera que mediciones realizadas en campo de dichas variables, mejorarán el resultado de los cálculos.
- La ecuación propuesta de balance hídrico presenta mayores imprecisiones en la cuenca correspondiente al Río Chico. Esto se debe a que su área de aporte es de gran extensión por lo que existe variaciones marcadas o más definidas en cambios bruscos de precipitación.
- Con la implementación de la herramienta Balance Hídrico al laboratorio Virtual (HYDROVLAB) nos permite simplificar el proceso de análisis de



la abundante información y los cálculos laboriosos, con lo cual se reduce enormemente el tiempo de cálculo.

## RECOMENDACIONES

- Como se puede observar las variables como FCly (capacidad de campo), Densidad aparente, Tiempo de infiltración fueron calibrados, por lo que sería conveniente realizar los ensayos correspondientes para encontrar datos reales con el fin de conseguir un mejor ajuste.
- En lo posible es necesario que el cálculo se aplique en cuencas de menor área, como se cita en la investigación realizada en la Microcuenca en la Q. Minas donde los datos obtenidos dan una buena concordancia con los medidos cuya área de aporte es de 686.84 ha.
- 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. Los métodos empleados no 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.
- Es necesario seguir investigando los factores que intervienen en el balance hídrico, principalmente los caudales de escorrentía, la infiltración, y el flujo base. Ya que de estos depende en su mayoría el caudal disponible en un río.

# BIBLIOGRAFIA

---



B. Ramakrishna, Estrategias De Extensión Para El Manejo Integrado De Cuencas Hidrográficas Conceptos Y Experiencias, 3<sup>ra</sup> edición

D.F. Campos Aranda, Procesos del Ciclo Hidrológico, Tercera Reimpresión

Salazar, N. G. *ESTADÍSTICA APLICADA*. Colombia.

Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W , (1996). Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill.

Cueva, F. (2010). *IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO VIRTUAL DE HIDROLOGÍA EN ENTORNO WEB (HYDROVLAB)*. Loja.

Oñate-Valdivieso, Fernando (2007), Extracción de modelos de elevación digital a partir de imágenes aster para la determinación de características morfométricas de cuencas hidrográficas, Trabajo de Investigación Tutelado, Universidad de Alcalá.

Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: Limusa S.A.

Germán Monsalve Sáenz, *HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA*, 2 Edición, Edt. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Análisis comparativo de los factores que influyen en la infiltración, mediante ensayos in situ con un infiltrómetro de doble anillo. Duque Rengel Vicente Alberto. UTPL.

Christian Bolívar Quezada L., Balance hídrico de la microcuenca de la Quebrada Minas, (2008), TESIS.

Determinación de las características de la cuenca, Recuperado el 12 de 03 de 2011, de <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp1.pdf>

GEOMORFOLOGIA DE CUENCAS, Recuperado el 01 de 03 de 2011, de [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4\\_Geomorfologia.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4_Geomorfologia.pdf)



Procesamiento de los datos de precipitación, Recuperado 05 de 04 de 2011, de [ing.unne.edu.ar/pub/hidrología/hidro-tp2.pdf](http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrología/hidro-tp2.pdf)

CIRCULACION VERTICAL Y ESTABILIDAD DE LA ATMOSFERA, Recuperado 28 de 04 de 2011, de [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_meteoro/lecc4/lecc4\\_1.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/lecc4/lecc4_1.html)

SOILD AND WATER ASSESSMENT TOOL, THEORICAL DOCUMENTATION. VERSIÓN 2005, Recuperado 07 de 05 de 2011, de <http://swatmodel.tamu.edu/media/1292/swat2005theory.pdf>

Modelos de simulación y previsión. Evaluación del error y la incertidumbre. Técnicas de calibración de parámetros, Recuperado 03 de 06 de 2011, <http://hercules.cedex.es/hidraulica/PROHIMET/RD05/PresRD05/Aldana-Simulacion.pdf>

*Servicio Nacional de Estudios Territoriales – Servicio Hidrológico Nacional Balance Hídrico Integrado y Dinámico – 2005*, Recuperado 09 de 02 de 2011, de <http://www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf>

*GUÍA DE HIDROMETRÍA DE AGUAS SUPERFICIALES* Recuperado 12 de 02 de 2011, [http://www.senamhi.gob.pe/pdf/aprendiendo\\_hidrometria.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/aprendiendo_hidrometria.pdf)

AGUAS SUBTERRÁNEAS: UN RECURSO FRÁGIL. Recuperado el 01 de 05 de 2011, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aya/1643.pdf>

Salazar, N. G. (s.f.). *ESTADÍSTICA APLICADA*. Recuperado el 13 de 09 de 2011, [http://fcbi.unillanos.edu.co/proyectos/Facultad/php/tutoriales/upload\\_tutos/Curso%20De%20Estadistica%20Aplicada.pdf](http://fcbi.unillanos.edu.co/proyectos/Facultad/php/tutoriales/upload_tutos/Curso%20De%20Estadistica%20Aplicada.pdf)

Coffey, M. E., Workman, S. R., Taraba, J. L. y Fogle, A. W., 1999. "Procedures for evaluating daily streamflow predictions with the SWAT model", *ASAE*, 992104.



Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models, a discussion of principles. J. Hydrol. 10: 282-290.

Smedema, L.K., and D.W. Rycroft 1983. Land drainage : planning and design of Agricultural Drainage Systems. Batsford, London, 376 p.

Horton, R. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical application of quantitative morphology. Bull. Geol. Soc. América. 56, EE.UU.

GRAVELIUS. H. (1914): Flusskunde. Goschen Verlagshaus Berlin. En Zavoianu, I. (1985) *Morphometry of drainage bassins*. Amsterdam, Elsevier.

Glosario Hidrológico Internacional. Segunda Edición. Ginebra. Organización Meteorológica Mundial-OMM y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la ciencia y la Cultura-UNESCO (1992).

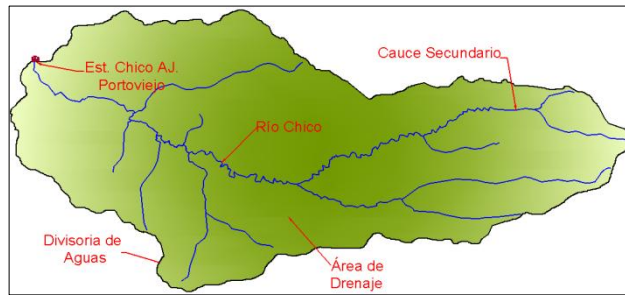
Soil Conservation Service. 1972. National engineering handbook, Section 4, hydrology. Chapters 7, 8, 9, and 10. U.S. Govt. Print. Off. Washington, DC.

# ANEXO I

---

## DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS





**GRÁFICO 1:** Cuenca de drenaje al rio Chico

**FUENTE:** EI AUTOR



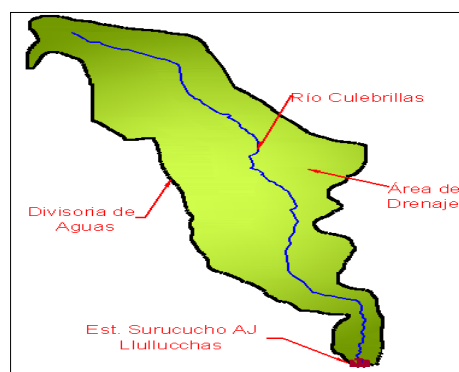
**GRÁFICO 2:** Cuenca de drenaje al río Yudumpala

**FUENTE:** EI AUTOR



**GRÁFICO 3:** Cuenca de drenaje al río Yudumpala.

**FUENTE:** EI AUTOR

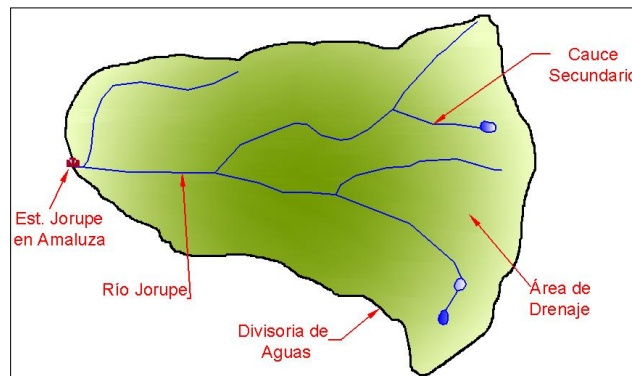


**GRÁFICO 4:** Cuenca de drenaje al río Culebrillas

**FUENTE:** EI AUTOR



**GRÁFICO 5:** Cuenca de drenaje al río Paquishapa.  
**FUENTE:** EI AUTOR



**GRÁFICO 6:** Cuenca de drenaje al río Amaluza.  
**FUENTE:** EI AUTOR



**GRÁFICO 7:** Cuenca de drenaje al río Yudumpala  
**FUENTE:** EI AUTOR

# ANEXO II

---

MAPA DE SUELOS DEL ECUADOR

# ANEXO III

---

RESUMEN DE CÁLCULOS



# BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE HIDROLOGIA (HYDROVLAB)

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

## CALCULO MENSUAL DE BALANCE HÍDRICO

### • CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO JORUPE

FECHA	P (mm)	Pe (mm)	Inf. (mm)	ET (mm)	Sw <sub>ly,excess</sub> (mm)	Wseep (mm)	Wrchrg (mm)	Qgw (mm)	Q (m3/s)	Qafor. (m3/s)
ene-84	110.5	2.00	108.50	56.00	18.80	18.78	120.00	50.00	2.42	2.07
feb-84	228.9	39.53	189.37	49.07	99.67	99.57	119.33	56.60	6.28	6.08
mar-84	173.6	17.21	156.39	57.22	66.69	66.62	117.60	62.40	4.46	4.37
abr-84	118.1	3.10	115.00	55.08	25.30	25.27	114.58	67.37	3.04	4.96
may-84	52.1	2.23	49.87	54.73	0.00	0.00	110.82	71.50	1.62	2.23
jun-84	19.7	10.94	8.76	49.90	0.00	0.00	107.19	74.90	1.27	4.96
jul-84	33.8	6.24	27.56	50.04	0.00	0.00	103.67	77.64	1.54	3.18
ago-84	0	20.26	0.00	50.62	0.00	0.00	100.27	79.79	1.13	2.14
sep-84	61.5	0.99	60.51	53.52	0.00	0.00	96.99	81.43	2.06	1.47
oct-84	101.4	0.97	100.43	57.58	10.73	10.72	94.16	82.64	2.90	2.50
nov-84	73.4	0.15	73.25	55.73	0.00	0.00	91.07	83.44	2.31	1.71
dic-84	72.9	0.17	72.73	56.56	0.00	0.00	88.08	83.88	2.29	38.16
ene-85	167.2	15.11	152.09	55.72	62.39	62.33	87.24	84.20	4.80	2.91
feb-85	18	11.62	6.38	48.06	0.00	0.00	84.38	84.22	1.50	2.91
mar-85	60.8	1.06	59.74	55.12	0.00	0.00	81.61	83.97	2.07	3.00
abr-85	18	11.62	6.38	55.84	0.00	0.00	78.94	83.49	1.30	3.30
may-85	0	20.26	0.00	56.96	0.00	0.00	76.35	82.81	1.05	4.24
jun-85	0	20.26	0.00	51.44	0.00	0.00	73.85	81.96	1.16	4.29
jul-85	0	20.26	0.00	48.96	0.00	0.00	71.43	80.96	1.19	3.60
ago-85	0	20.26	0.00	53.98	0.00	0.00	69.08	79.83	1.05	2.17



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

sep-85	0	20.26	0.00	51.68	0.00	0.00	66.82	78.59	1.07	1.13
oct-85	16	12.44	3.56	56.49	0.00	0.00	64.63	77.26	1.12	1.98
nov-85	4	18.09	0.00	55.06	0.00	0.00	62.51	75.86	0.98	1.34
dic-85	86.1	0.06	86.04	57.23	0.00	0.00	60.46	74.39	2.35	33.01
ene-86	41.7	4.23	37.47	56.56	0.00	0.00	58.48	72.88	1.42	3.12
feb-86	143.2	8.27	134.93	49.64	45.23	45.19	58.04	71.47	3.95	2.62
mar-86	51.4	2.34	49.06	56.33	0.00	0.00	56.14	70.01	1.54	5.92
abr-86	38	5.12	32.88	55.46	0.00	0.00	54.30	68.51	1.28	3.98
may-86	5	17.57	0.00	55.29	0.00	0.00	52.52	66.99	0.78	2.67
jun-86	10	15.10	0.00	52.62	0.00	0.00	50.80	65.45	0.86	1.72
jul-86	7	16.56	0.00	53.78	0.00	0.00	49.13	63.90	0.77	2.47
ago-86	0	20.26	0.00	52.95	0.00	0.00	47.52	62.34	0.68	1.29
sep-86	0	20.26	0.00	49.12	0.00	0.00	45.96	60.78	0.73	1.57
oct-86	60	1.15	58.85	58.58	0.00	0.00	44.46	59.23	1.41	1.48
nov-86	22.2	10.00	12.20	57.34	0.00	0.00	43.00	57.68	0.74	1.48
dic-86	42.4	4.07	38.33	59.16	0.00	0.00	41.59	56.15	0.99	31.07
ene-87	4.2	17.98	0.00	56.79	0.00	0.00	40.23	54.64	0.46	3.11
feb-87	55.1	1.77	53.33	50.83	0.00	0.00	38.91	53.14	1.35	4.15
mar-87	19.4	11.06	8.34	56.33	0.00	0.00	37.63	51.66	0.59	2.99
abr-87	153.6	11.02	142.58	55.79	52.88	52.83	38.13	50.38	3.63	3.65
may-87	105.9	1.44	104.46	57.31	14.76	14.75	37.36	49.14	2.26	2.75
jun-87	12.2	14.09	0.00	52.88	0.00	0.00	36.14	47.90	0.49	2.24
jul-87	9.4	15.39	0.00	50.11	0.00	0.00	34.95	46.67	0.49	3.65
ago-87	0	20.26	0.00	53.68	0.00	0.00	33.81	45.44	0.27	1.44
sep-87	0	20.26	0.00	54.20	0.00	0.00	32.70	44.23	0.23	1.68
oct-87	18.6	11.38	7.22	56.93	0.00	0.00	31.63	43.03	0.37	1.44



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

nov-87	35.7	5.71	29.99	53.62	0.00	0.00	30.59	41.85	0.67	1.57
dic-87	0	20.26	0.00	54.11	0.00	0.00	29.59	40.68	0.16	30.60
ene-88	120	3.42	116.58	57.30	26.88	26.86	29.50	39.62	2.41	2.53
feb-88	116.2	2.81	113.39	47.72	23.69	23.67	29.31	38.64	2.50	3.80
mar-88	17.5	11.82	5.68	53.29	0.00	0.00	28.35	37.66	0.31	2.99
abr-88	69.7	0.33	69.37	54.68	0.00	0.00	27.42	36.68	1.18	3.65
may-88	101.8	1.01	100.79	54.87	11.09	11.08	26.88	35.75	1.91	2.28
jun-88	0	20.26	0.00	51.99	0.00	0.00	26.00	34.82	0.07	1.09
jul-88	26.3	8.55	17.75	51.19	0.00	0.00	25.15	33.90	0.40	2.97
ago-88	0	20.26	0.00	52.36	0.00	0.00	24.32	32.99	0.02	1.52
sep-88	41.1	4.37	36.73	54.17	0.00	0.00	23.53	32.09	0.53	1.28
oct-88	0	20.26	0.00	55.41	0.00	0.00	22.75	31.20	0.00	2.34
nov-88	156	11.70	144.30	56.54	54.60	54.54	23.80	30.50	3.23	1.75
dic-88	223.4	37.01	186.39	60.21	96.69	96.59	26.18	30.09	5.24	27.27
ene-89	330.2	94.87	235.33	56.99	145.63	145.48	30.09	30.09	9.07	4.74
feb-89	254.8	52.14	202.66	51.67	112.96	112.84	32.81	30.35	6.50	5.89
mar-89	310.1	82.72	227.38	55.95	137.68	137.54	36.24	30.91	8.37	5.58
abr-89	238.2	43.92	194.28	55.24	104.58	104.47	38.48	31.63	5.89	5.93
may-89	0	20.26	0.00	58.32	0.00	0.00	37.22	32.16	0.00	8.95
jun-89	12	14.18	0.00	52.56	0.00	0.00	36.00	32.52	0.14	2.90
jul-89	0	20.26	0.00	51.31	0.00	0.00	34.82	32.74	0.04	1.87
ago-89	0	20.26	0.00	51.07	0.00	0.00	33.67	32.83	0.05	0.53
sep-89	0	20.26	0.00	53.60	0.00	0.00	32.57	32.81	0.00	1.40
oct-89	51.7	2.29	49.41	57.17	0.00	0.00	31.50	32.68	0.67	3.20
nov-89	0	20.26	0.00	55.12	0.00	0.00	30.47	32.47	0.00	1.77
dic-89	17.2	11.94	5.26	57.19	0.00	0.00	29.47	32.19	0.09	43.30



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

ene-90	0	20.26	0.00	55.88	0.00	0.00	28.50	31.84	0.00	4.44
feb-90	73.2	0.15	73.05	51.80	0.00	0.00	27.57	31.43	1.21	5.74
mar-90	48.6	2.82	45.78	57.12	0.00	0.00	26.67	30.98	0.58	10.23
abr-90	85.4	0.05	85.35	55.19	0.00	0.00	25.79	30.48	1.38	6.35
may-90	17.6	11.78	5.82	57.70	0.00	0.00	24.95	29.96	0.04	7.42
jun-90	0	20.26	0.00	54.27	0.00	0.00	24.13	29.40	0.00	6.48
jul-90	0	20.26	0.00	53.11	0.00	0.00	23.34	28.82	0.00	2.82
ago-90	0	20.26	0.00	49.24	0.00	0.00	22.57	28.23	0.00	2.23
sep-90	0	20.26	0.00	53.35	0.00	0.00	21.83	27.62	0.00	1.46
oct-90	37.2	5.32	31.88	56.27	0.00	0.00	21.12	27.00	0.30	1.17
nov-90	104.7	1.30	103.40	55.97	13.70	13.68	20.87	26.42	1.74	2.33
dic-90	56	1.65	54.35	60.11	0.00	0.00	20.19	25.83	0.53	53.35
ene-91	94.8	0.45	94.35	59.46	4.65	4.64	19.68	25.24	1.39	2.12
feb-91	74	0.12	73.88	52.47	0.00	0.00	19.03	24.65	1.05	3.28
mar-91	274.5	62.51	211.99	54.33	122.29	122.16	22.41	24.44	6.99	4.51
abr-91	50.3	2.52	47.78	56.16	0.00	0.00	21.68	24.18	0.47	3.88
may-91	48.5	2.84	45.66	56.57	0.00	0.00	20.97	23.87	0.42	2.96
jun-91	3.6	18.30	0.00	52.64	0.00	0.00	20.28	23.53	0.00	2.50
jul-91	8.6	15.77	0.00	50.48	0.00	0.00	19.62	23.16	0.00	2.96
ago-91	0	20.26	0.00	52.48	0.00	0.00	18.97	22.76	0.00	2.38
sep-91	20.6	10.60	10.00	53.07	0.00	0.00	18.35	22.34	0.01	1.43
oct-91	24.9	9.03	15.87	58.14	0.00	0.00	17.75	21.90	0.00	2.76
nov-91	0	20.26	0.00	55.54	0.00	0.00	17.17	21.45	0.00	2.27
dic-91	58.7	1.30	57.40	57.96	0.00	0.00	16.61	20.99	0.52	32.05





BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

• CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO CULEBRILLAS.

MES	P (mm)	Pe (mm)	Inf. (mm)	ET (mm)	Sw <sub>ly,excess</sub> (mm)	Wseep (mm)	Wrchrg (mm)	Qgw (mm)	Q (m3/s)	Qafor. (m3/s)
ene-82	128.73	53.40	75.33	45.69	0.00	0.00	75.00	10.00	3.11	0.60
feb-82	40.06	2.70	37.35	43.29	0.00	0.00	72.54	18.71	0.39	0.64
mar-82	52.86	7.03	45.83	48.15	0.00	0.00	70.16	25.88	0.80	0.34
abr-82	113.74	42.47	71.28	46.57	0.00	0.00	67.86	31.73	3.00	0.87
may-82	143.66	64.81	78.85	49.54	0.00	0.00	65.64	36.45	4.15	0.79
jun-82	32.96	1.09	31.87	47.54	0.00	0.00	63.49	40.22	0.57	0.81
jul-82	89.65	26.34	63.31	42.50	0.00	0.00	61.40	43.17	2.48	0.38
ago-82	53.78	7.40	46.38	44.67	0.00	0.00	59.39	45.43	1.32	0.53
sep-82	106.44	37.37	69.07	47.83	0.00	0.00	57.44	47.10	3.04	0.38
oct-82	172.72	88.20	84.52	48.43	0.00	0.00	55.56	48.28	5.54	0.08
nov-82	109.67	39.61	70.07	47.75	0.00	0.00	53.74	49.04	3.20	0.03
dic-82	110.49	40.17	70.32	50.59	0.00	0.00	51.98	49.45	3.18	0.09
ene-83	100.40	33.28	67.12	49.08	0.00	0.00	50.27	49.56	2.85	1.18
feb-83	89.82	26.44	63.38	44.75	0.00	0.00	48.63	49.43	2.57	0.93
mar-83	186.10	99.37	86.73	49.91	0.00	0.00	47.03	49.10	6.05	0.71
abr-83	219.16	127.80	91.35	48.21	1.65	1.65	45.54	48.60	7.38	2.57
may-83	89.96	26.53	63.43	48.57	0.00	0.00	44.05	47.97	2.46	1.18
jun-83	37.97	2.16	35.81	45.90	0.00	0.00	42.61	47.22	0.88	0.53
jul-83	95.77	30.23	65.53	45.14	0.00	0.00	41.21	46.39	2.70	0.29
ago-83	40.00	2.69	37.31	45.97	0.00	0.00	39.86	45.48	0.90	0.45
sep-83	27.29	0.29	27.00	44.93	0.00	0.00	38.55	44.51	0.58	0.43
oct-83	137.88	60.34	77.54	47.74	0.00	0.00	37.29	43.51	4.12	1.24



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

nov-83	49.61	5.78	43.82	51.81	0.00	0.00	36.07	42.47	0.98	0.04
dic-83	112.76	41.77	70.99	48.70	0.00	0.00	34.88	41.41	3.13	0.28
ene-84	72.02	16.08	55.95	46.42	0.00	0.00	33.74	40.34	1.74	0.77
feb-84	139.49	61.58	77.91	41.81	0.00	0.00	32.63	39.27	4.22	2.13
mar-84	129.25	53.78	75.46	46.56	0.00	0.00	31.56	38.20	3.71	1.52
abr-84	213.63	122.98	90.65	46.44	0.95	0.95	30.56	37.13	6.96	1.50
may-84	106.14	37.16	68.98	47.61	0.00	0.00	29.56	36.08	2.80	1.50
jun-84	106.95	37.71	69.23	44.13	0.00	0.00	28.59	35.03	2.88	1.11
jul-84	51.32	6.43	44.89	44.90	0.00	0.00	27.65	34.01	1.00	1.28
ago-84	45.64	4.39	41.25	49.56	0.00	0.00	26.75	32.99	0.71	1.01
sep-84	59.92	10.06	49.87	45.97	0.00	0.00	25.87	32.00	1.19	0.73
oct-84	61.23	10.66	50.57	51.48	0.00	0.00	25.02	31.03	1.09	0.88
nov-84	56.07	8.36	47.71	47.00	0.00	0.00	24.20	30.08	1.01	0.51
dic-84	50.64	6.17	44.47	50.85	0.00	0.00	23.41	29.15	0.75	0.86
ene-85	51.70	6.58	45.12	48.53	0.00	0.00	22.64	28.24	0.81	0.33
feb-85	33.12	1.12	32.00	41.46	0.00	0.00	21.90	27.36	0.43	0.24
mar-85	37.14	1.96	35.18	48.72	0.00	0.00	21.18	26.50	0.36	0.17
abr-85	52.81	7.01	45.80	47.33	0.00	0.00	20.49	25.66	0.81	0.18
may-85	111.28	40.73	70.55	48.28	0.00	0.00	19.81	24.85	2.73	0.48
jun-85	74.50	17.42	57.08	43.21	0.00	0.00	19.16	24.05	1.55	0.52
jul-85	69.76	14.88	54.88	44.15	0.00	0.00	18.54	23.29	1.36	1.23
ago-85	60.72	10.42	50.29	43.23	0.00	0.00	17.93	22.54	1.07	1.38
sep-85	57.43	8.95	48.49	47.73	0.00	0.00	17.34	21.82	0.86	0.72
oct-85	43.31	3.65	39.67	52.51	0.00	0.00	16.77	21.11	0.33	0.22
nov-85	66.92	13.42	53.50	49.87	0.00	0.00	16.22	20.43	1.08	0.23
dic-85	104.49	36.03	68.45	49.56	0.00	0.00	15.69	19.77	2.35	0.33



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

ene-86	46.91	4.82	42.09	48.88	0.00	0.00	15.18	19.13	0.47	0.46
feb-86	40.97	2.96	38.02	40.12	0.00	0.00	14.68	18.51	0.47	0.91
mar-86	55.04	7.92	47.12	46.31	0.00	0.00	14.20	17.91	0.73	1.19
abr-86	80.57	20.86	59.71	48.66	0.00	0.00	13.73	17.33	1.49	1.90
may-86	50.24	6.02	44.22	50.08	0.00	0.00	13.28	16.76	0.49	0.96
jun-86	29.92	0.60	29.32	45.33	0.00	0.00	12.85	16.22	0.03	0.22
jul-86	50.76	6.22	44.55	41.66	0.00	0.00	12.42	15.69	0.66	0.34
ago-86	18.83	0.07	18.75	47.19	0.00	0.00	12.02	15.18	0.00	0.26
sep-86	51.35	6.44	44.91	45.58	0.00	0.00	11.62	14.68	0.57	0.64

• **CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO YUDUMPALA.**

MES	P	Pe	Inf.	ET	Sw <sub>ly,excess</sub>	Wseep	Wrchrg	Qgw	Q	Qafor.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m3/s)	(m3/s)
ene-93	43.47	17.77	25.70	45.15	0.00	0.00	25.00	25.00	3.03	3.59
feb-93	135.96	99.76	36.20	39.91	0.00	0.00	24.18	24.92	16.26	4.21
mar-93	319.03	278.48	40.56	43.57	0.00	0.00	23.39	24.78	42.62	10.05
abr-93	252.22	212.60	39.62	40.95	0.00	0.00	22.62	24.57	33.03	6.74
may-93	57.73	28.97	28.77	50.59	0.00	0.00	21.88	24.31	4.45	4.66
jun-93	2.58	0.73	1.85	47.06	0.00	0.00	21.16	24.01	0.00	8.09
jul-93	20.94	3.61	17.33	44.55	0.00	0.00	20.47	23.68	0.27	10.30
ago-93	9.93	0.16	9.77	46.67	0.00	0.00	19.80	23.31	0.00	6.83
sep-93	11.18	0.35	10.83	48.25	0.00	0.00	19.15	22.91	0.00	7.88
oct-93	30.38	8.78	21.60	52.20	0.00	0.00	18.52	22.49	0.70	4.67
nov-93	15.52	1.45	14.07	50.92	0.00	0.00	17.91	22.06	0.00	5.59
dic-93	75.29	43.90	31.40	52.73	0.00	0.00	17.33	21.61	6.49	5.50



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

ene-94	86.32	53.67	32.64	44.46	0.00	0.00	16.76	21.15	8.59	4.64
feb-94	70.88	40.05	30.82	42.60	0.00	0.00	16.21	20.68	6.56	5.15
mar-94	233.48	194.21	39.27	48.92	0.00	0.00	15.68	20.20	29.38	4.89
abr-94	79.04	47.19	31.85	47.78	0.00	0.00	15.16	19.72	7.23	6.72
may-94	62.95	33.30	29.65	49.01	0.00	0.00	14.67	19.24	4.90	7.51
jun-94	16.38	1.74	14.63	45.07	0.00	0.00	14.19	18.76	0.00	10.29
jul-94	9.60	0.12	9.48	43.75	0.00	0.00	13.72	18.28	0.00	6.02
ago-94	77.50	45.83	31.67	43.25	0.00	0.00	13.27	17.80	7.21	8.20
sep-94	1.87	0.98	0.89	45.48	0.00	0.00	12.84	17.33	0.00	5.75
oct-94	11.20	0.35	10.85	51.58	0.00	0.00	12.41	16.86	0.00	1.82
nov-94	104.87	70.59	34.28	53.86	0.00	0.00	12.01	16.40	10.16	2.27
dic-94	47.19	20.58	26.61	51.73	0.00	0.00	11.61	15.95	2.36	1.53
ene-95	6.13	0.05	6.09	47.97	0.00	0.00	11.23	15.50	0.00	1.38
feb-95	38.28	14.02	24.26	44.24	0.00	0.00	10.86	15.06	1.70	0.89
mar-95	66.04	35.91	30.13	48.57	0.00	0.00	10.51	14.62	5.01	0.77
abr-95	90.58	57.52	33.06	46.37	0.00	0.00	10.16	14.20	8.54	2.35
may-95	29.10	8.00	21.10	49.54	0.00	0.00	9.83	13.78	0.10	2.14
jun-95	13.63	0.89	12.74	43.00	0.00	0.00	9.51	13.38	0.00	2.32
jul-95	54.85	26.62	28.23	42.58	0.00	0.00	9.20	12.98	3.82	5.01
ago-95	25.42	5.88	19.54	49.45	0.00	0.00	8.90	12.59	0.00	1.57
sep-95	1.87	0.98	0.89	48.00	0.00	0.00	8.60	12.21	0.00	2.17
oct-95	20.20	3.28	16.92	52.05	0.00	0.00	8.32	11.84	0.00	1.14
nov-95	147.83	111.08	36.75	50.20	0.00	0.00	8.05	11.48	16.22	1.18
dic-95	53.34	25.41	27.93	49.38	0.00	0.00	7.79	11.13	2.98	0.73
ene-96	35.18	11.89	23.29	44.99	0.00	0.00	7.53	10.79	0.95	1.52
feb-96	250.29	210.70	39.59	40.75	0.00	0.00	7.28	10.45	31.72	1.98



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

mar-96	111.09	76.36	34.73	47.77	0.00	0.00	7.04	10.13	11.03	2.31
abr-96	109.46	74.84	34.62	46.72	0.00	0.00	6.81	9.81	10.86	1.98
may-96	79.67	47.75	31.92	46.10	0.00	0.00	6.59	9.51	6.69	1.98
jun-96	22.59	4.41	18.19	43.85	0.00	0.00	6.37	9.21	0.00	9.32
jul-96	25.09	5.70	19.38	43.97	0.00	0.00	6.16	8.92	0.00	5.80
ago-96	7.50	0.00	7.50	48.80	0.00	0.00	5.96	8.64	0.00	5.68
sep-96	15.40	1.41	13.99	48.04	0.00	0.00	5.77	8.36	0.00	3.77
oct-96	26.53	6.50	20.03	51.94	0.00	0.00	5.58	8.10	0.00	2.53
nov-96	19.08	2.79	16.29	50.73	0.00	0.00	5.40	7.84	0.00	2.46
dic-96	50.38	23.06	27.32	51.43	0.00	0.00	5.22	7.59	2.18	1.90
ene-97	54.88	26.65	28.24	46.09	0.00	0.00	5.05	7.35	3.15	1.86
feb-97	19.95	3.17	16.79	37.47	0.00	0.00	4.88	7.12	0.00	3.62
mar-97	97.53	63.84	33.69	48.96	0.00	0.00	4.72	6.89	8.79	3.76
abr-97	43.36	17.69	25.67	48.43	0.00	0.00	4.57	6.67	1.42	3.76
may-97	8.97	0.06	8.90	45.88	0.00	0.00	4.42	6.45	0.00	5.60
jun-97	31.95	9.76	22.18	48.22	0.00	0.00	4.27	6.25	0.00	3.17
jul-97	19.04	2.77	16.27	42.06	0.00	0.00	4.13	6.04	0.00	11.45
ago-97	0.89	1.39	0.00	44.81	0.00	0.00	4.00	5.85	0.00	3.54
sep-97	32.54	10.15	22.40	48.22	0.00	0.00	3.87	5.66	0.01	3.74
oct-97	18.20	2.43	15.77	51.38	0.00	0.00	3.74	5.48	0.00	2.64
nov-97	94.51	61.08	33.43	47.96	0.00	0.00	3.62	5.30	8.32	3.55
dic-97	71.23	40.36	30.87	53.20	0.00	0.00	3.50	5.13	4.68	3.08
ene-98	23.23	4.73	18.50	50.36	0.00	0.00	3.38	4.96	0.00	2.43
feb-98	66.55	36.35	30.21	45.29	0.00	0.00	3.27	4.80	4.60	2.51
mar-98	89.06	56.14	32.92	51.54	0.00	0.00	3.17	4.65	7.24	3.17
abr-98	103.44	69.27	34.17	50.46	0.00	0.00	3.06	4.50	9.34	4.96



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

may-98	170.11	132.49	37.62	49.74	0.00	0.00	2.96	4.35	18.94	5.24
jun-98	42.43	17.00	25.43	41.28	0.00	0.00	2.86	4.21	1.65	7.67
jul-98	76.26	44.74	31.52	40.28	0.00	0.00	2.77	4.07	6.24	13.09
ago-98	82.15	49.95	32.20	47.19	0.00	0.00	2.68	3.94	6.54	7.58
sep-98	5.75	0.08	5.68	48.00	0.00	0.00	2.59	3.81	0.00	4.08
oct-98	43.96	18.14	25.82	52.53	0.00	0.00	2.51	3.69	0.98	3.62
nov-98	51.08	23.61	27.47	49.05	0.00	0.00	2.42	3.57	2.15	3.11
dic-98	20.49	3.41	17.08	50.56	0.00	0.00	2.34	3.45	0.00	1.90
ene-99	49.67	22.50	27.17	47.37	0.00	0.00	2.27	3.34	2.07	2.00
feb-99	197.04	158.60	38.43	43.98	0.00	0.00	2.19	3.23	23.19	3.57
mar-99	217.30	178.37	38.93	48.42	0.00	0.00	2.12	3.12	25.81	5.17
abr-99	185.36	147.26	38.11	47.39	0.00	0.00	2.05	3.02	21.23	8.37
may-99	174.68	136.91	37.77	46.14	0.00	0.00	1.98	2.92	19.77	7.55
jun-99	89.91	56.91	33.00	46.49	0.00	0.00	1.92	2.83	7.60	6.21
jul-99	14.01	1.00	13.01	45.97	0.00	0.00	1.86	2.73	0.00	5.77
ago-99	16.09	1.64	14.44	47.31	0.00	0.00	1.80	2.65	0.00	6.78
sep-99	110.56	75.87	34.69	47.27	0.00	0.00	1.74	2.56	10.44	3.31
oct-99	18.86	2.70	16.16	52.01	0.00	0.00	1.68	2.48	0.00	3.09
nov-99	9.81	0.15	9.66	49.90	0.00	0.00	1.63	2.39	0.00	1.56
dic-99	57.62	28.87	28.75	47.44	0.00	0.00	1.57	2.32	3.05	1.88
ene-2000	69.80	39.13	30.68	44.25	0.00	0.00	1.52	2.24	4.93	1.69
feb-2000	106.01	71.64	34.36	39.90	0.00	0.00	1.47	2.17	10.31	2.91
mar-2000	118.98	83.73	35.25	47.76	0.00	0.00	1.42	2.10	11.57	3.54
abr-2000	114.34	79.39	34.95	45.40	0.00	0.00	1.38	2.03	11.07	5.41
may-2000	208.78	170.05	38.73	49.13	0.00	0.00	1.33	1.96	24.43	11.63
jun-2000	80.55	48.53	32.02	47.05	0.00	0.00	1.29	1.90	6.18	9.12



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

jul-2000	7.11	0.00	7.11	45.08	0.00	0.00	1.24	1.84	0.00	5.31
ago-2000	8.92	0.06	8.86	48.21	0.00	0.00	1.20	1.78	0.00	6.10
sep-2000	59.50	30.42	29.08	47.97	0.00	0.00	1.16	1.72	3.22	4.20
oct-2000	0.00	1.85	0.00	52.00	0.00	0.00	1.13	1.66	0.00	3.69
nov-2000	6.50	0.02	6.48	49.22	0.00	0.00	1.09	1.61	0.00	1.43
dic-2000	69.82	39.14	30.68	49.91	0.00	0.00	1.05	1.55	4.46	1.63

• **CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO ZAMORA.**

MES	P	Pe	Inf.	ET	Sw <sub>ly,excess</sub>	Wseep	Wrchrg	Qgw	Q	Qafor.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m3/s)	(m3/s)
ene-77	169.60	19.46	150.14	57.08	60.44	60.38	150.00	45.00	12.36	9.64
feb-77	255.50	59.41	196.09	49.86	106.39	106.27	148.57	62.06	22.85	25.46
mar-77	225.70	43.84	181.86	58.30	92.16	92.06	146.71	76.01	20.07	35.52
abr-77	177.90	22.60	155.30	52.79	65.60	65.54	144.05	87.21	16.41	29.41
may-77	155.30	14.50	140.80	55.64	51.10	51.04	141.00	96.08	14.69	16.24
jun-77	177.20	22.32	154.88	50.14	65.18	65.11	138.52	103.07	17.64	31.29
jul-77	134.80	8.48	126.32	52.55	36.62	36.59	135.17	108.36	13.91	34.62
ago-77	185.40	25.58	159.82	53.08	70.12	70.04	133.04	112.42	18.88	23.28
sep-77	97.20	1.33	95.87	53.80	6.17	6.16	128.88	115.13	11.17	17.46
oct-77	181.00	23.81	157.19	59.13	67.49	67.42	126.86	117.07	18.36	14.21
nov-77	74.60	0.00	74.60	57.41	0.00	0.00	122.70	117.99	9.44	9.61
dic-77	293.80	81.53	212.27	58.10	122.57	122.44	122.70	118.77	30.46	18.98
ene-78	126.70	6.48	120.22	56.10	30.52	30.49	119.67	118.92	13.69	19.12
feb-78	155.60	14.60	141.00	54.77	51.30	51.24	117.43	118.67	16.35	20.11
mar-78	197.70	30.77	166.93	58.44	77.23	77.14	116.11	118.25	20.14	18.84



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

abr-78	173.80	21.02	152.78	55.14	63.08	63.01	114.37	117.61	17.97	18.86
may-78	278.50	72.44	206.06	55.95	116.36	116.24	114.43	117.09	28.79	13.00
jun-78	139.30	9.68	129.62	50.58	39.92	39.88	111.99	116.25	15.00	21.12
jul-78	162.20	16.82	145.38	52.76	55.68	55.62	110.14	115.24	16.87	22.92
ago-78	111.00	3.30	107.70	51.79	18.00	17.98	107.12	113.90	12.32	24.85
sep-78	154.30	14.18	140.12	53.77	50.42	50.37	105.26	112.48	15.87	15.67
oct-78	109.50	3.05	106.45	57.08	16.75	16.73	102.35	110.81	11.62	17.93
nov-78	116.70	4.35	112.35	58.96	22.65	22.63	99.74	108.99	11.95	6.22
dic-78	201.50	32.45	169.05	50.83	79.35	79.27	99.07	107.35	20.29	10.17
ene-79	160.30	16.17	144.13	56.54	54.43	54.37	97.60	105.75	15.77	7.86
feb-79	86.50	0.39	86.11	51.74	0.00	0.00	94.40	103.88	9.71	4.75
mar-79	237.50	49.82	187.68	56.64	97.98	97.88	94.52	102.34	23.26	13.05
abr-79	209.90	36.27	173.63	54.21	83.93	83.85	94.17	100.99	20.47	17.71
may-79	144.00	11.01	132.99	56.51	43.29	43.24	92.50	99.59	13.84	12.10
jun-79	102.30	1.96	100.34	51.61	10.64	10.63	89.81	97.98	10.52	15.86
jul-79	161.30	16.51	144.79	52.76	55.09	55.03	88.67	96.45	15.47	19.47
ago-79	169.60	19.46	150.14	53.59	60.44	60.38	87.75	95.01	16.10	11.26
sep-79	171.60	20.20	151.40	54.56	61.70	61.64	86.89	93.68	16.13	5.93
oct-79	166.75	18.43	148.32	57.99	58.62	58.56	85.96	92.41	15.34	9.27
nov-79	67.60	0.12	67.48	59.06	0.00	0.00	83.14	90.88	6.95	13.59
dic-79	149.10	12.54	136.56	58.63	46.86	46.81	81.95	89.41	13.44	11.93
ene-80	138.70	9.52	129.18	57.90	39.48	39.44	80.56	87.95	12.45	13.72
feb-80	97.80	1.40	96.40	51.98	6.70	6.69	78.14	86.33	9.33	12.06
mar-80	282.50	74.78	207.72	54.18	118.02	117.89	79.44	85.20	27.13	29.99
abr-80	160.80	16.34	144.46	55.21	54.76	54.70	78.63	84.12	14.39	20.57
may-80	138.50	9.46	129.04	56.64	39.34	39.30	77.34	83.00	12.18	19.82





**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

jun-80	197.00	30.47	166.53	53.12	76.83	76.75	77.32	82.06	17.91	41.04
jul-80	119.40	4.88	114.52	53.35	24.82	24.79	75.60	81.00	10.61	30.16
ago-80	108.70	2.92	105.78	52.01	16.08	16.07	73.65	79.79	9.74	13.23
sep-80	120.00	5.01	114.99	54.49	25.29	25.27	72.06	78.51	10.41	14.94
oct-80	183.80	24.93	158.87	57.30	69.17	69.09	71.96	77.44	15.99	18.60
nov-80	206.50	34.70	171.80	56.89	82.10	82.01	72.29	76.59	18.23	16.99
dic-80	118.30	4.66	113.64	59.32	23.94	23.91	70.71	75.62	9.73	12.22
ene-81	158.60	15.60	143.00	57.89	53.30	53.25	70.13	74.72	13.34	9.43
feb-81	241.00	51.64	189.36	50.70	99.66	99.55	71.10	74.12	22.08	23.60
mar-81	206.10	34.52	171.58	56.87	81.88	81.79	71.45	73.68	17.98	16.13
abr-81	193.70	29.05	164.65	57.31	74.95	74.87	71.56	73.33	16.68	18.18
may-81	127.30	6.62	120.68	59.06	30.98	30.95	70.23	72.82	10.32	11.44
jun-81	184.20	25.09	159.11	52.43	69.41	69.33	70.20	72.39	16.02	24.27
jul-81	107.30	2.69	104.61	50.61	14.91	14.89	68.39	71.73	9.16	18.91
ago-81	109.10	2.98	106.12	54.22	16.42	16.40	66.68	70.90	9.00	12.45
sep-81	117.90	4.58	113.32	54.36	23.62	23.59	65.27	69.97	9.65	9.03
oct-81	162.50	16.93	145.57	58.20	55.87	55.81	64.96	69.15	13.30	9.11
nov-81	132.70	7.94	124.76	56.46	35.06	35.03	63.98	68.29	10.65	7.00
dic-81	298.70	84.51	214.19	57.40	124.49	124.36	65.96	67.91	27.51	13.41
ene-82	148.60	12.39	136.21	55.35	46.51	46.46	65.32	67.48	12.09	8.64
feb-82	137.60	9.22	128.38	52.10	38.68	38.64	64.44	66.98	11.30	9.47
mar-82	101.20	1.82	99.38	57.91	9.68	9.67	62.65	66.27	7.78	13.11
abr-82	181.70	24.09	157.61	55.48	67.91	67.84	62.82	65.70	15.09	14.50
may-82	235.50	48.79	186.71	57.07	97.01	96.91	63.94	65.41	20.44	18.45
jun-82	134.10	8.29	125.81	54.27	36.11	36.07	63.02	65.02	10.70	18.04
jul-82	131.90	7.73	124.17	50.97	34.47	34.43	62.09	64.53	10.70	25.80



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

---

ago-82	124.70	6.02	118.68	52.04	28.98	28.95	61.00	63.95	9.96	18.35
sep-82	143.90	10.99	132.91	54.02	43.21	43.17	60.41	63.37	11.47	14.44
oct-82	133.00	8.01	124.99	56.49	35.29	35.25	59.59	62.75	10.29	12.15
nov-82	177.50	22.44	155.06	56.72	65.36	65.29	59.78	62.26	14.35	14.91
dic-82	162.40	16.89	145.51	59.34	55.81	55.75	59.64	61.83	12.70	18.07
ene-83	145.40	11.42	133.98	58.02	44.28	44.23	59.14	61.38	11.19	45.80
feb-83	195.00	29.60	165.40	53.38	75.70	75.62	59.68	61.10	16.23	30.48
mar-83	229.20	45.59	183.61	60.08	93.91	93.81	60.80	61.05	19.26	19.89
abr-83	106.10	2.51	103.59	57.50	13.89	13.88	59.26	60.76	7.82	12.52
may-83	299.80	85.19	214.61	58.05	124.91	124.78	61.41	60.86	27.09	22.18
jun-83	108.50	2.88	105.62	55.03	15.92	15.90	59.92	60.71	8.18	18.39
jul-83	131.60	7.66	123.94	55.00	34.24	34.20	59.07	60.44	10.11	17.57
ago-83	64.40	0.27	64.13	54.15	0.00	0.00	57.14	59.90	4.92	13.07
sep-83	190.50	27.69	162.81	51.78	73.11	73.03	57.66	59.53	15.78	19.82
oct-83	166.60	18.37	148.23	54.30	58.53	58.47	57.68	59.22	13.27	18.47
nov-83	154.40	14.21	140.19	57.42	50.49	50.44	57.45	58.93	11.88	14.41
dic-83	193.60	29.00	164.60	55.87	74.90	74.82	58.02	58.78	15.75	14.79
ene-84	96.80	1.29	95.51	55.67	5.81	5.81	56.30	58.37	7.04	11.37
feb-84	254.80	59.03	195.77	50.17	106.07	105.96	57.93	58.30	22.49	19.91
mar-84	191.80	28.24	163.56	56.95	73.86	73.78	58.45	58.32	15.47	20.00



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

• **CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO CHICO.**

MES	P	Pe	Inf.	ET	Sw <sub>ly,excess</sub>	Wseep	Wrchrg	Qgw	Q	Qafor.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m3/s)	(m3/s)
abr-83	279.64	163.24	116.40	137.63	15.60	15.32	117.00	28.00	57.71	8.21
may-83	279.75	163.33	116.41	137.99	15.61	15.33	113.67	36.15	59.10	7.28
jun-83	292.11	174.20	117.90	129.71	17.10	16.79	110.49	43.23	65.78	5.27
jul-83	257.34	143.88	113.46	132.63	12.66	12.43	107.28	49.32	55.06	9.44
ago-83	54.06	4.31	49.75	117.70	0.00	0.00	103.76	54.50	0.00	5.33
sep-83	74.22	11.87	62.35	104.58	0.00	0.00	100.36	58.87	6.99	4.23
oct-83	1.38	6.12	0.00	106.67	0.00	0.00	97.07	62.50	0.00	2.53
nov-83	2.05	5.77	0.00	109.13	0.00	0.00	93.89	65.49	0.00	1.86
dic-83	32.83	0.20	32.63	114.83	0.00	0.00	90.81	67.90	0.00	1.70
ene-84	7.72	3.32	4.40	125.44	0.00	0.00	87.83	69.79	0.00	1.66
feb-84	275.73	159.82	115.91	112.95	15.11	14.83	85.44	71.28	68.21	6.04
mar-84	191.06	88.92	102.14	137.25	1.34	1.32	82.68	72.37	37.25	12.72
abr-84	73.13	11.39	61.74	125.91	0.00	0.00	79.97	73.09	5.49	6.88
may-84	12.32	1.88	10.44	123.47	0.00	0.00	77.35	73.50	0.00	4.03
jun-84	4.58	4.58	0.00	108.77	0.00	0.00	74.81	73.62	0.00	3.26
jul-84	0.94	6.35	0.00	100.73	0.00	0.00	72.36	73.50	0.00	2.01
ago-84	0.21	6.75	0.00	103.20	0.00	0.00	69.99	73.17	0.00	0.49
sep-84	0.45	6.62	0.00	104.01	0.00	0.00	67.69	72.65	0.00	0.34
oct-84	0.48	6.60	0.00	108.35	0.00	0.00	65.47	71.96	0.00	0.42
nov-84	5.85	4.04	1.82	111.76	0.00	0.00	63.33	71.14	0.00	0.39
dic-84	115.87	34.61	81.26	122.15	0.00	0.00	61.25	70.20	17.07	0.96
ene-85	60.79	6.50	54.28	118.36	0.00	0.00	59.24	69.16	3.13	1.21



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

feb-85	98.51	24.21	74.30	109.58	0.00	0.00	57.30	68.03	14.06	1.97
mar-85	116.85	35.23	81.62	129.39	0.00	0.00	55.42	66.83	15.50	3.77
abr-85	71.68	10.76	60.92	120.52	0.00	0.00	53.60	65.57	4.76	2.55
may-85	42.89	1.56	41.34	107.81	0.00	0.00	51.85	64.26	0.16	1.90
jun-85	10.05	2.53	7.52	99.92	0.00	0.00	50.15	62.92	0.00	1.16
jul-85	0.22	6.74	0.00	93.10	0.00	0.00	48.50	61.55	0.00	0.80
ago-85	0.06	6.84	0.00	104.39	0.00	0.00	46.91	60.16	0.00	0.80
sep-85	0.21	6.75	0.00	102.26	0.00	0.00	45.38	58.75	0.00	0.80
oct-85	0.26	6.72	0.00	104.53	0.00	0.00	43.89	57.34	0.00	0.80
nov-85	0.00	0.00	0.00	107.84	0.00	0.00	42.45	55.92	0.00	0.80
dic-85	40.46	1.12	39.34	116.13	0.00	0.00	41.06	54.50	0.00	1.12
ene-86	324.60	203.18	121.41	116.71	20.61	20.24	40.37	53.16	80.40	3.49
feb-86	57.72	5.46	52.26	113.13	0.00	0.00	39.05	51.82	0.32	2.20
mar-86	74.94	12.19	62.75	130.93	0.00	0.00	37.77	50.48	1.16	1.53
abr-86	102.89	26.73	76.16	122.02	0.00	0.00	36.53	49.15	9.83	3.23
may-86	7.31	3.47	3.84	120.15	0.00	0.00	35.33	47.84	0.00	1.67
jun-86	0.92	6.36	0.00	102.59	0.00	0.00	34.18	46.54	0.00	0.32
jul-86	5.03	4.38	0.65	102.32	0.00	0.00	33.06	45.26	0.00	0.32
ago-86	1.61	6.00	0.00	111.98	0.00	0.00	31.97	43.99	0.00	0.32
sep-86	0.13	6.80	0.00	103.23	0.00	0.00	30.92	42.75	0.00	0.43
oct-86	6.42	3.81	2.60	111.27	0.00	0.00	29.91	41.53	0.00	0.40
nov-86	0.30	6.70	0.00	115.98	0.00	0.00	28.93	40.33	0.00	0.32
dic-86	8.94	2.89	6.05	124.86	0.00	0.00	27.98	39.15	0.00	0.32
ene-87	111.18	31.69	79.49	135.21	0.00	0.00	27.06	38.00	7.91	0.76
feb-87	376.21	250.19	126.03	121.52	25.23	24.76	26.99	36.95	93.84	5.68
mar-87	156.31	62.35	93.96	148.43	0.00	0.00	26.10	35.92	18.38	10.42



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

abr-87	155.45	61.72	93.73	137.49	0.00	0.00	25.25	34.91	19.84	7.72
may-87	49.88	3.14	46.74	131.18	0.00	0.00	24.42	33.91	0.00	9.06
jun-87	0.86	6.39	0.00	115.83	0.00	0.00	23.62	32.93	0.00	1.69
jul-87	1.96	5.82	0.00	114.05	0.00	0.00	22.85	31.97	0.00	1.00
ago-87	23.45	0.12	23.32	107.80	0.00	0.00	22.10	31.03	0.00	0.66
sep-87	1.95	5.83	0.00	98.42	0.00	0.00	21.37	30.11	0.00	0.61
oct-87	3.31	5.16	0.00	124.01	0.00	0.00	20.67	29.21	0.00	0.69
nov-87	4.46	4.63	0.00	121.77	0.00	0.00	19.99	28.34	0.00	0.57
dic-87	13.41	1.60	11.81	134.50	0.00	0.00	19.34	27.48	0.00	0.48
ene-88	11.75	2.03	9.72	130.41	0.00	0.00	18.70	26.64	0.00	0.91
feb-88	145.36	54.44	90.92	124.09	0.00	0.00	18.09	25.83	17.59	3.08
mar-88	42.63	1.51	41.13	129.03	0.00	0.00	17.50	25.04	0.00	1.92
abr-88	88.81	18.93	69.88	132.74	0.00	0.00	16.92	24.27	0.00	3.81
may-88	41.52	1.30	40.21	131.97	0.00	0.00	16.37	23.51	0.00	2.17
jun-88	0.52	6.58	0.00	104.93	0.00	0.00	15.83	22.78	0.00	0.72
jul-88	1.54	6.03	0.00	103.88	0.00	0.00	15.31	22.07	0.00	0.54
ago-88	0.70	6.48	0.00	102.44	0.00	0.00	14.81	21.38	0.00	0.54
sep-88	10.51	2.39	8.12	101.34	0.00	0.00	14.33	20.71	0.00	0.52
oct-88	0.00	0.00	0.00	110.96	0.00	0.00	13.86	20.06	0.00	0.51
nov-88	4.03	4.82	0.00	110.58	0.00	0.00	13.40	19.42	0.00	0.50
dic-88	11.54	2.09	9.45	122.52	0.00	0.00	12.96	18.81	0.00	0.50
ene-89	325.39	203.89	121.49	131.02	20.69	20.31	13.20	18.28	72.14	2.96
feb-89	215.61	108.74	106.87	106.89	6.07	5.96	12.97	17.77	40.74	11.16
mar-89	184.30	83.60	100.70	127.47	0.00	0.00	12.54	17.27	27.31	6.65
abr-89	93.78	21.58	72.19	120.59	0.00	0.00	12.13	16.78	2.00	6.91
may-89	5.71	4.10	1.62	116.40	0.00	0.00	11.73	16.30	0.00	2.18



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

jun-89	3.59	5.03	0.00	95.91	0.00	0.00	11.35	15.83	0.00	1.26
jul-89	0.65	6.51	0.00	99.75	0.00	0.00	10.98	15.37	0.00	0.86
ago-89	0.13	6.80	0.00	99.25	0.00	0.00	10.62	14.92	0.00	0.92
sep-89	10.59	2.36	8.23	101.28	0.00	0.00	10.27	14.47	0.00	0.71
oct-89	3.05	5.28	0.00	110.44	0.00	0.00	9.93	14.04	0.00	0.81
nov-89	0.09	6.82	0.00	114.50	0.00	0.00	9.61	13.62	0.00	0.79
dic-89	5.26	4.28	0.98	123.32	0.00	0.00	9.29	13.21	0.00	0.73

• **CUENCA PERTENECIENTE AL RÍO PAQUISHAPA.**

MES	P	Pe	Inf.	ET	Sw <sub>ly,excess</sub>	Wseep	Wrchrg	Qgw	Q	Qafor.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m3/s)	(m3/s)
ene-65	43.41	8.79	34.62	54.24	0.00	0.00	34.00	50.00	2.22	4.28
feb-65	32.04	12.45	19.59	49.14	0.00	0.00	32.89	47.18	1.97	3.54
mar-65	14.56	19.58	0.00	52.18	0.00	0.00	31.81	44.65	1.23	2.18
abr-65	140.31	1.81	138.50	51.92	45.35	44.08	32.21	42.60	6.16	6.33
may-65	67.35	3.32	64.03	52.50	0.00	0.00	31.15	40.71	2.73	8.03
jun-65	83.72	1.15	82.56	47.40	0.00	0.00	30.13	38.97	3.54	13.81
jul-65	56.53	5.44	51.09	50.50	0.00	0.00	29.14	37.35	2.26	9.24
ago-65	20.59	16.90	3.69	47.25	0.00	0.00	28.19	35.84	1.21	5.39
sep-65	28.46	13.76	14.69	51.54	0.00	0.00	27.26	34.43	1.16	5.72
oct-65	32.84	12.17	20.67	55.24	0.00	0.00	26.37	33.10	1.06	3.03
nov-65	75.68	2.07	73.61	53.42	0.00	0.00	25.51	31.85	2.60	3.16
dic-65	82.14	1.31	80.83	57.46	0.00	0.00	24.67	30.67	2.63	3.23
ene-66	39.40	10.00	29.39	55.04	0.00	0.00	23.86	29.55	1.11	5.48
feb-66	58.37	5.04	53.33	49.13	0.00	0.00	23.08	28.48	1.98	3.28



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

mar-66	87.92	0.78	87.14	53.55	0.00	0.00	22.32	27.47	2.90	9.25
abr-66	55.52	5.67	49.86	51.31	0.00	0.00	21.59	26.50	1.69	8.09
may-66	43.21	8.85	34.36	54.63	0.00	0.00	20.88	25.57	1.07	3.44
jun-66	8.43	22.53	0.00	49.30	0.00	0.00	20.20	24.69	0.29	2.59
jul-66	33.34	12.00	21.34	49.57	0.00	0.00	19.54	23.84	0.91	3.26
ago-66	37.67	10.55	27.12	51.75	0.00	0.00	18.90	23.03	0.90	7.27
sep-66	23.85	15.56	8.29	49.89	0.00	0.00	18.28	22.24	0.55	4.05
oct-66	54.53	5.89	48.64	53.31	0.00	0.00	17.68	21.49	1.33	4.83
nov-66	49.01	7.25	41.76	53.55	0.00	0.00	17.10	20.77	1.09	3.05
dic-66	27.04	14.30	12.74	54.25	0.00	0.00	16.54	20.07	0.33	2.19
ene-67	50.71	6.82	43.89	55.23	0.00	0.00	15.99	19.40	1.01	2.87
feb-67	82.92	1.23	81.69	49.08	0.00	0.00	15.47	18.75	2.50	5.59
mar-67	80.01	1.54	78.47	54.20	0.00	0.00	14.96	18.13	2.11	4.43
abr-67	60.42	4.61	55.81	52.37	0.00	0.00	14.47	17.53	1.40	9.73
may-67	54.88	5.81	49.06	53.39	0.00	0.00	14.00	16.94	1.12	9.03
jun-67	80.16	1.52	78.63	46.64	0.00	0.00	13.54	16.38	2.38	7.85
jul-67	73.13	2.42	70.71	48.03	0.00	0.00	13.10	15.84	2.01	5.88
ago-67	35.34	11.32	24.03	48.03	0.00	0.00	12.67	15.32	0.65	6.62
sep-67	29.09	13.53	15.56	49.74	0.00	0.00	12.25	14.81	0.36	4.51
oct-67	57.48	5.23	52.25	52.99	0.00	0.00	11.85	14.33	1.11	4.33
nov-67	23.78	15.59	8.19	55.51	0.00	0.00	11.46	13.85	0.00	4.26
dic-67	16.58	18.66	0.00	56.03	0.00	0.00	11.09	13.40	0.00	4.46
ene-68	48.30	7.44	40.87	54.19	0.00	0.00	10.72	12.96	0.67	5.86
feb-68	65.66	3.62	62.04	49.85	0.00	0.00	10.37	12.53	1.48	3.65
mar-68	160.43	4.62	155.81	52.12	62.66	60.92	12.03	12.45	5.81	6.84
abr-68	50.54	6.86	43.67	54.09	0.00	0.00	11.63	12.31	0.72	5.10



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

may-68	31.37	12.69	18.68	52.06	0.00	0.00	11.25	12.14	0.19	4.09
jun-68	34.26	11.68	22.58	48.06	0.00	0.00	10.88	11.93	0.46	6.70
jul-68	75.09	2.15	72.95	46.52	0.00	0.00	10.53	11.70	1.97	11.60
ago-68	25.54	14.88	10.66	51.12	0.00	0.00	10.18	11.45	0.04	4.81
sep-68	55.19	5.74	49.45	51.14	0.00	0.00	9.85	11.19	0.97	6.03
oct-68	56.06	5.54	50.52	53.88	0.00	0.00	9.52	10.91	0.86	5.10
nov-68	25.47	14.91	10.56	54.05	0.00	0.00	9.21	10.63	0.00	3.95
dic-68	32.03	12.46	19.57	55.86	0.00	0.00	8.91	10.35	0.00	4.35
ene-69	72.37	2.53	69.85	54.46	0.00	0.00	8.62	10.06	1.41	5.66
feb-69	124.29	0.47	123.82	50.39	30.67	29.82	9.31	9.94	3.91	5.54
mar-69	85.98	0.94	85.03	56.71	0.00	0.00	9.01	9.79	1.85	3.91
abr-69	111.13	0.02	111.11	55.50	17.96	17.46	9.28	9.70	3.03	5.11
may-69	27.51	14.12	13.39	55.40	0.00	0.00	8.98	9.58	0.00	4.98
jun-69	40.65	9.62	31.03	51.32	0.00	0.00	8.69	9.44	0.39	6.20
jul-69	30.58	12.98	17.60	48.76	0.00	0.00	8.40	9.27	0.19	5.92
ago-69	65.56	3.63	61.93	46.78	0.00	0.00	8.13	9.08	1.46	5.16
sep-69	51.33	6.66	44.67	51.06	0.00	0.00	7.86	8.88	0.73	4.11
oct-69	48.90	7.28	41.62	53.51	0.00	0.00	7.60	8.67	0.53	5.14
nov-69	89.81	0.64	89.17	52.21	0.00	0.00	7.35	8.45	2.16	4.98
dic-69	85.00	1.03	83.97	53.50	0.00	0.00	7.11	8.23	1.89	5.22
ene-70	108.96	0.00	108.96	54.83	15.81	15.37	7.38	8.09	2.88	5.17
feb-70	154.33	3.64	150.68	49.03	57.53	55.93	8.97	8.24	5.43	7.09
mar-70	92.29	0.48	91.82	54.88	0.00	0.00	8.68	8.31	2.14	4.54
abr-70	51.40	6.65	44.75	51.81	0.00	0.00	8.40	8.32	0.68	5.22
may-70	121.82	0.34	121.48	54.28	28.33	27.54	9.02	8.44	3.54	5.87
jun-70	77.04	1.89	75.15	50.12	0.00	0.00	8.73	8.49	1.73	5.64





**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

jul-70	41.97	9.22	32.75	50.66	0.00	0.00	8.44	8.48	0.42	5.59
ago-70	42.94	8.93	34.01	47.92	0.00	0.00	8.16	8.43	0.57	5.64
sep-70	65.67	3.61	62.06	49.55	0.00	0.00	7.90	8.34	1.30	4.59
oct-70	98.76	0.16	98.60	52.58	5.45	5.30	7.81	8.25	2.53	4.53
nov-70	86.89	0.87	86.02	51.59	0.00	0.00	7.56	8.14	2.05	5.58
dic-70	94.61	0.35	94.26	53.46	1.11	1.08	7.34	8.01	2.30	4.92
ene-71	106.58	0.00	106.58	54.19	13.43	13.05	7.53	7.93	2.80	5.02
feb-71	145.33	2.40	142.93	46.58	49.78	48.40	8.87	8.08	5.07	5.00
mar-71	202.09	13.92	188.17	51.39	95.02	92.37	11.61	8.66	8.03	4.32
abr-71	68.37	3.15	65.21	51.20	0.00	0.00	11.23	9.09	1.36	7.16
may-71	46.81	7.84	38.97	53.56	0.00	0.00	10.86	9.38	0.49	4.15
jun-71	76.54	1.96	74.58	49.75	0.00	0.00	10.50	9.56	1.78	4.29
jul-71	77.70	1.81	75.88	50.99	0.00	0.00	10.16	9.66	1.77	7.36
ago-71	51.11	6.72	44.40	49.64	0.00	0.00	9.83	9.69	0.83	4.45
sep-71	54.67	5.86	48.81	48.94	0.00	0.00	9.50	9.66	0.99	8.42
oct-71	93.42	0.41	93.01	52.51	0.00	0.00	9.19	9.58	2.36	6.31
nov-71	32.40	12.33	20.07	52.31	0.00	0.00	8.89	9.47	0.09	4.44
dic-71	72.26	2.55	69.71	53.65	0.00	0.00	8.60	9.32	1.41	3.69
ene-72	89.93	0.63	89.30	51.12	0.00	0.00	8.32	9.16	2.25	5.02
feb-72	104.84	0.02	104.82	46.14	11.67	11.35	8.42	9.04	3.14	4.98
mar-72	145.51	2.42	143.08	51.91	49.93	48.55	9.73	9.15	4.88	4.30
abr-72	80.16	1.52	78.63	52.33	0.00	0.00	9.41	9.19	1.79	3.67
may-72	43.95	8.64	35.31	52.96	0.00	0.00	9.10	9.18	0.41	4.36
jun-72	48.59	7.36	41.23	50.23	0.00	0.00	8.81	9.12	0.69	5.80
jul-72	60.99	4.50	56.49	49.62	0.00	0.00	8.52	9.02	1.15	7.20
ago-72	14.19	19.75	0.00	52.54	0.00	0.00	8.24	8.89	0.00	4.42



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

sep-72	36.14	11.05	25.09	49.76	0.00	0.00	7.97	8.74	0.29	16.05
oct-72	48.10	7.49	40.61	57.31	0.00	0.00	7.71	8.57	0.32	2.90
nov-72	137.83	1.55	136.28	55.00	43.13	41.93	8.83	8.61	4.31	3.92
dic-72	53.30	6.18	47.12	56.36	0.00	0.00	8.54	8.60	0.54	4.62
ene-73	51.33	6.66	44.67	55.62	0.00	0.00	8.26	8.54	0.51	5.63
feb-73	253.77	30.93	222.85	49.28	129.70	126.09	12.12	9.13	11.34	5.65
mar-73	66.77	3.42	63.35	56.58	0.00	0.00	11.72	9.56	1.07	6.25
abr-73	103.70	0.04	103.66	53.79	10.51	10.22	11.68	9.91	2.78	3.46
may-73	69.27	3.01	66.26	52.24	0.00	0.00	11.29	10.14	1.40	5.20
jun-73	56.53	5.44	51.09	49.13	0.00	0.00	10.92	10.27	1.07	6.71
jul-73	65.59	3.63	61.96	50.06	0.00	0.00	10.56	10.32	1.37	7.49
ago-73	74.87	2.18	72.70	48.63	0.00	0.00	10.22	10.30	1.80	5.01
sep-73	33.99	11.77	22.22	49.68	0.00	0.00	9.88	10.23	0.29	4.74
oct-73	82.00	1.32	80.68	54.80	0.00	0.00	9.56	10.12	1.79	3.90
nov-73	36.73	10.86	25.87	52.10	0.00	0.00	9.25	9.98	0.25	4.27
dic-73	97.57	0.21	97.36	51.79	4.21	4.09	9.08	9.83	2.59	5.65
ene-74	56.17	5.52	50.65	52.66	0.00	0.00	8.78	9.65	0.87	4.73
feb-74	151.53	3.23	148.30	45.57	55.15	53.61	10.25	9.75	5.51	8.96
mar-74	141.17	1.91	139.26	53.42	46.11	44.83	11.38	10.02	4.62	4.66
abr-74	52.36	6.41	45.95	53.05	0.00	0.00	11.01	10.18	0.74	4.02
may-74	30.26	13.10	17.16	52.14	0.00	0.00	10.65	10.26	0.07	4.98
jun-74	56.02	5.55	50.47	50.55	0.00	0.00	10.30	10.27	0.99	4.77
jul-74	76.54	1.96	74.59	47.13	0.00	0.00	9.96	10.22	1.93	6.03
ago-74	18.65	17.74	0.91	51.38	0.00	0.00	9.64	10.12	0.00	5.39
sep-74	59.15	4.88	54.27	48.46	0.00	0.00	9.32	9.99	1.18	5.07
oct-74	120.32	0.27	120.05	55.90	26.90	26.15	9.87	9.97	3.46	3.78



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

nov-74	126.46	0.60	125.86	53.97	32.71	31.80	10.59	10.07	3.86	3.02
dic-74	94.16	0.37	93.79	53.89	0.64	0.62	10.26	10.10	2.35	2.49
ene-75	41.96	9.22	32.74	52.35	0.00	0.00	9.93	10.07	0.41	4.24
feb-75	191.88	11.24	180.64	47.53	87.49	85.05	12.39	10.46	7.70	3.66
mar-75	82.04	1.32	80.72	55.74	0.00	0.00	11.98	10.71	1.78	2.78
abr-75	92.25	0.48	91.77	53.27	0.00	0.00	11.59	10.85	2.33	2.57
may-75	83.98	1.13	82.86	54.36	0.00	0.00	11.21	10.91	1.93	4.21
jun-75	132.88	1.09	131.79	49.09	38.64	37.57	12.07	11.10	4.45	11.89
jul-75	74.22	2.26	71.96	47.77	0.00	0.00	11.68	11.20	1.85	7.53
ago-75	86.53	0.90	85.64	48.61	0.00	0.00	11.30	11.21	2.32	8.69
sep-75	28.90	13.60	15.31	49.50	0.00	0.00	10.93	11.17	0.19	3.62
oct-75	102.88	0.05	102.83	52.27	9.68	9.41	10.88	11.12	2.86	3.13
nov-75	67.81	3.25	64.56	53.71	0.00	0.00	10.52	11.02	1.31	2.74
dic-75	36.53	10.92	25.61	52.94	0.00	0.00	10.17	10.88	0.25	1.52
ene-76	91.65	0.52	91.14	52.57	0.00	0.00	9.84	10.71	2.33	2.12
feb-76	135.87	1.36	134.51	44.89	41.36	40.21	10.84	10.73	4.78	2.64
mar-76	160.49	4.63	155.86	54.55	62.71	60.97	12.48	11.02	5.64	2.92
abr-76	110.00	0.01	109.99	52.40	16.84	16.37	12.61	11.28	3.19	7.22
may-76	49.89	7.03	42.87	54.14	0.00	0.00	12.19	11.43	0.66	5.49
jun-76	72.16	2.56	69.60	49.08	0.00	0.00	11.79	11.49	1.72	9.32
jul-76	72.81	2.47	70.34	49.28	0.00	0.00	11.41	11.48	1.74	14.08
ago-76	40.72	9.60	31.13	49.73	0.00	0.00	11.03	11.40	0.56	11.68
sep-76	11.72	20.92	0.00	53.53	0.00	0.00	10.67	11.28	0.00	5.09
oct-76	47.54	7.64	39.90	55.16	0.00	0.00	10.32	11.13	0.52	2.49
nov-76	58.18	5.08	53.10	54.51	0.00	0.00	9.98	10.94	0.91	3.41
dic-76	54.58	5.88	48.70	56.65	0.00	0.00	9.66	10.73	0.67	4.36



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

---

ene-77	78.63	1.70	76.93	55.02	0.00	0.00	9.34	10.50	1.66	2.00
feb-77	51.28	6.67	44.61	47.94	0.00	0.00	9.03	10.26	0.94	3.54
mar-77	59.97	4.70	55.27	55.97	0.00	0.00	8.74	10.01	0.87	6.37
abr-77	134.24	1.21	133.03	50.39	39.88	38.77	9.72	9.96	4.41	4.87
may-77	24.53	15.29	9.24	53.62	0.00	0.00	9.40	9.87	0.00	4.77
jun-77	65.71	3.61	62.10	48.03	0.00	0.00	9.10	9.74	1.44	7.56
jul-77	16.65	18.62	0.00	50.84	0.00	0.00	8.80	9.59	0.00	6.00
ago-77	45.11	8.31	36.80	51.36	0.00	0.00	8.51	9.41	0.53	5.91
sep-77	67.15	3.36	63.80	52.19	0.00	0.00	8.23	9.21	1.28	6.15
oct-77	55.44	5.68	49.76	57.50	0.00	0.00	7.96	9.01	0.59	4.95
nov-77	17.41	18.28	0.00	55.83	0.00	0.00	7.70	8.79	0.00	1.82
dic-77	48.36	7.42	40.94	56.02	0.00	0.00	7.45	8.57	0.39	1.90
ene-78	42.30	9.12	33.18	54.12	0.00	0.00	7.20	8.34	0.26	1.63
feb-78	68.23	3.18	65.05	52.97	0.00	0.00	6.97	8.12	1.23	2.39
mar-78	102.92	0.05	102.87	56.27	9.72	9.45	7.05	7.94	2.53	3.67
abr-78	149.58	2.96	146.62	52.96	53.47	51.98	8.52	8.04	4.99	3.92
may-78	89.13	0.69	88.44	53.73	0.00	0.00	8.24	8.07	2.05	4.12
jun-78	62.98	4.11	58.87	48.62	0.00	0.00	7.97	8.05	1.23	8.13
jul-78	46.45	7.94	38.51	51.09	0.00	0.00	7.71	8.00	0.52	7.39
ago-78	44.49	8.48	36.01	50.03	0.00	0.00	7.46	7.91	0.50	9.67
sep-78	60.86	4.52	56.34	52.21	0.00	0.00	7.21	7.79	0.97	5.18
oct-78	37.25	10.69	26.56	55.31	0.00	0.00	6.98	7.66	0.01	7.31



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

• **CUENCA PERTENECIENTE A LA QUEBRADA CHULCO.**

MES	P	Pe	Inf.	ET	Sw <sub>ly,excess</sub>	Wseep	Wrchrg	Qgw	Q	Qafor.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m3/s)	(m3/s)
ene-65	77.30	19.36	57.94	46.79	0.00	0.00	57.00	45.00	2.01	1.06
feb-65	49.93	6.10	43.83	42.40	0.00	0.00	55.13	46.67	1.28	0.76
mar-65	92.66	28.71	63.95	44.10	0.00	0.00	53.32	47.77	2.65	1.85
abr-65	212.92	123.32	89.60	44.14	0.00	0.00	51.58	48.39	7.21	3.26
may-65	154.61	74.23	80.38	44.96	0.00	0.00	49.88	48.64	4.92	5.04
jun-65	99.17	32.97	66.20	39.83	0.00	0.00	48.25	48.57	2.98	4.31
jul-65	71.91	16.36	55.55	44.44	0.00	0.00	46.67	48.26	1.95	2.28
ago-65	74.04	17.53	56.51	40.39	0.00	0.00	45.14	47.75	2.09	2.05
sep-65	112.47	42.14	70.32	46.78	0.00	0.00	43.66	47.07	3.28	2.59
oct-65	113.48	42.86	70.62	49.88	0.00	0.00	42.23	46.27	3.23	2.40
nov-65	125.43	51.58	73.85	48.21	0.00	0.00	40.84	45.38	3.69	3.25
dic-65	76.87	19.12	57.76	51.11	0.00	0.00	39.50	44.41	1.89	0.98
ene-66	112.16	41.93	70.24	46.96	0.00	0.00	38.21	43.39	3.19	2.75
feb-66	101.00	34.20	66.80	42.28	0.00	0.00	36.96	42.33	2.86	1.99
mar-66	112.26	42.00	70.27	45.95	0.00	0.00	35.74	41.24	3.17	1.62
abr-66	94.15	29.67	64.48	43.90	0.00	0.00	34.57	40.15	2.54	2.58
may-66	82.86	22.62	60.24	47.57	0.00	0.00	33.44	39.04	2.05	1.93
jun-66	66.47	13.50	52.97	43.83	0.00	0.00	32.34	37.94	1.57	1.57
jul-66	81.34	21.71	59.63	43.88	0.00	0.00	31.28	36.84	2.03	1.71
ago-66	62.26	11.42	50.83	46.16	0.00	0.00	30.26	35.76	1.34	1.96
sep-66	72.69	16.78	55.91	44.45	0.00	0.00	29.26	34.69	1.69	1.33
oct-66	66.46	13.50	52.96	46.74	0.00	0.00	28.31	33.64	1.41	1.76



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

nov-66	70.75	15.73	55.01	47.71	0.00	0.00	27.38	32.60	1.51	0.69
dic-66	64.34	12.44	51.90	47.71	0.00	0.00	26.48	31.60	1.28	0.51
ene-67	125.22	51.43	73.79	48.56	0.00	0.00	25.61	30.61	3.36	2.34
feb-67	119.10	46.92	72.18	42.10	0.00	0.00	24.77	29.65	3.25	2.34
mar-67	81.91	22.05	59.86	46.98	0.00	0.00	23.96	28.71	1.81	2.22
abr-67	96.12	30.95	65.17	44.34	0.00	0.00	23.17	27.80	2.34	2.34
may-67	98.04	32.22	65.82	46.15	0.00	0.00	22.41	26.91	2.35	2.58
jun-67	125.36	51.53	73.83	39.79	0.00	0.00	21.68	26.05	3.45	2.85
jul-67	146.91	68.10	78.81	41.52	0.00	0.00	20.97	25.21	4.20	3.89
ago-67	116.05	44.71	71.34	41.52	0.00	0.00	20.28	24.40	3.04	3.89
sep-67	52.06	6.93	45.13	44.14	0.00	0.00	19.62	23.61	0.81	1.50
oct-67	155.43	74.89	80.54	47.29	0.00	0.00	18.97	22.85	4.36	2.85
nov-67	55.28	8.26	47.02	51.52	0.00	0.00	18.35	22.11	0.72	1.24
dic-67	27.10	0.31	26.79	50.39	0.00	0.00	17.75	21.39	0.00	0.59
ene-68	103.36	35.80	67.56	47.59	0.00	0.00	17.17	20.69	2.38	1.16
feb-68	98.20	32.33	65.87	43.44	0.00	0.00	16.61	20.02	2.27	0.64
mar-68	197.05	109.59	87.47	43.87	0.00	0.00	16.06	19.37	5.97	2.46
abr-68	62.40	11.49	50.91	46.71	0.00	0.00	15.53	18.74	0.97	1.50
may-68	74.80	17.95	56.85	45.38	0.00	0.00	15.03	18.13	1.39	1.32
jun-68	116.76	45.22	71.54	42.46	0.00	0.00	14.53	17.53	2.90	2.10
jul-68	139.06	61.95	77.11	38.92	0.00	0.00	14.06	16.96	3.79	4.40
ago-68	70.34	15.52	54.82	45.44	0.00	0.00	13.60	16.41	1.20	2.22
sep-68	69.51	15.08	54.43	45.68	0.00	0.00	13.15	15.87	1.16	1.59
oct-68	149.91	70.47	79.43	48.29	0.00	0.00	12.72	15.35	3.97	2.58
nov-68	60.63	10.65	49.98	48.17	0.00	0.00	12.30	14.85	0.80	2.58
dic-68	23.40	0.04	23.35	49.29	0.00	0.00	11.90	14.36	0.00	0.41



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

ene-69	73.26	17.09	56.16	47.69	0.00	0.00	11.51	13.89	1.20	0.70
feb-69	107.16	38.42	68.75	43.81	0.00	0.00	11.13	13.44	2.44	1.79
mar-69	116.64	45.13	71.51	48.93	0.00	0.00	10.77	13.00	2.66	1.32
abr-69	204.49	115.99	88.49	47.45	0.00	0.00	10.41	12.57	6.04	4.58
may-69	71.64	16.21	55.43	47.61	0.00	0.00	10.07	12.16	1.11	1.79
jun-69	136.85	60.25	76.61	44.21	0.00	0.00	9.74	11.76	3.48	3.27
jul-69	65.82	13.18	52.65	41.77	0.00	0.00	9.42	11.38	1.03	2.58
ago-69	115.19	44.09	71.10	40.72	0.00	0.00	9.11	11.00	2.74	2.98
sep-69	90.89	27.58	63.31	45.94	0.00	0.00	8.81	10.64	1.76	2.22
oct-69	92.38	28.53	63.85	47.74	0.00	0.00	8.53	10.29	1.77	1.32
nov-69	158.01	76.97	81.04	46.12	0.00	0.00	8.25	9.96	4.21	2.58
dic-69	141.80	64.09	77.72	46.19	0.00	0.00	7.98	9.63	3.58	3.27
ene-70	111.75	41.63	70.12	47.43	0.00	0.00	7.71	9.31	2.44	2.46
feb-70	185.85	100.04	85.81	41.37	0.00	0.00	7.46	9.01	5.37	4.23
mar-70	123.20	49.93	73.27	46.96	0.00	0.00	7.22	8.71	2.85	2.71
abr-70	138.47	61.50	76.98	44.05	0.00	0.00	6.98	8.43	3.48	3.27
may-70	130.24	55.19	75.04	48.41	0.00	0.00	6.75	8.15	3.07	2.98
jun-70	114.60	43.66	70.94	43.81	0.00	0.00	6.53	7.88	2.59	3.89
jul-70	100.88	34.12	66.76	45.69	0.00	0.00	6.32	7.63	2.05	2.22
ago-70	102.20	35.01	67.19	42.23	0.00	0.00	6.11	7.38	2.17	3.42
sep-70	92.86	28.84	64.02	44.74	0.00	0.00	5.91	7.13	1.78	2.46
oct-70	158.57	77.43	81.14	46.66	0.00	0.00	5.71	6.90	4.15	2.22
nov-70	115.78	44.51	71.27	45.86	0.00	0.00	5.53	6.67	2.56	1.99
dic-70	93.95	29.54	64.41	47.05	0.00	0.00	5.35	6.46	1.75	2.34
ene-71	102.47	35.20	67.28	46.82	0.00	0.00	5.17	6.24	2.05	1.99
feb-71	161.49	79.80	81.69	39.27	0.00	0.00	5.00	6.04	4.40	2.71



**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

mar-71	236.75	144.35	92.40	43.29	2.70	2.70	4.93	5.86	7.27	4.77
abr-71	86.39	24.76	61.63	43.96	0.00	0.00	4.76	5.68	1.54	3.12
may-71	73.93	17.47	56.47	47.73	0.00	0.00	4.61	5.50	1.04	1.99
jun-71	112.41	42.10	70.31	44.47	0.00	0.00	4.46	5.33	2.44	3.73
jul-71	93.88	29.50	64.39	45.54	0.00	0.00	4.31	5.16	1.76	3.89
ago-71	112.49	42.16	70.33	44.62	0.00	0.00	4.17	5.00	2.43	3.89
sep-71	110.36	40.65	69.71	43.60	0.00	0.00	4.03	4.84	2.38	4.23
oct-71	111.70	41.60	70.10	47.16	0.00	0.00	3.90	4.68	2.35	2.85
nov-71	60.20	10.45	49.75	47.18	0.00	0.00	3.77	4.53	0.59	1.59
dic-71	61.30	10.97	50.33	47.31	0.00	0.00	3.65	4.39	0.62	2.22
ene-72	136.47	59.95	76.52	43.12	0.00	0.00	3.53	4.25	3.33	31.32
feb-72	82.18	22.21	59.97	39.39	0.00	0.00	3.41	4.11	1.46	2.46
mar-72	227.43	136.07	91.36	43.96	1.66	1.66	3.36	3.99	6.85	2.98
abr-72	103.44	35.86	67.59	45.20	0.00	0.00	3.25	3.86	2.07	4.40
may-72	95.25	30.39	64.87	45.59	0.00	0.00	3.14	3.74	1.77	2.58
jun-72	141.31	63.70	77.61	43.52	0.00	0.00	3.04	3.63	3.49	4.23
jul-72	121.67	48.80	72.87	42.05	0.00	0.00	2.94	3.51	2.79	5.76
ago-72	43.94	4.00	39.95	46.72	0.00	0.00	2.84	3.40	0.10	2.58
sep-72	72.99	16.95	56.04	43.54	0.00	0.00	2.75	3.30	1.05	2.98
oct-72	34.95	1.57	33.39	52.08	0.00	0.00	2.66	3.19	0.00	2.98
nov-72	178.18	93.59	84.60	49.43	0.00	0.00	2.57	3.09	4.77	2.71
dic-72	110.30	40.61	69.69	49.60	0.00	0.00	2.49	2.99	2.21	3.12
ene-73	100.45	33.83	66.62	47.98	0.00	0.00	2.40	2.89	1.89	2.85
feb-73	97.76	32.03	65.72	42.35	0.00	0.00	2.33	2.80	1.91	3.73
mar-73	75.50	18.34	57.16	48.95	0.00	0.00	2.25	2.71	1.01	3.42
abr-73	153.66	73.47	80.19	45.86	0.00	0.00	2.18	2.62	3.89	5.76





**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E IMPLEMENTACION EN EL LABORATORIO VIRTUAL DE  
HIDROLOGIA (HYDROVLAB)**

Autor: Ángel Tenechagua Ayora

may-73	128.31	53.74	74.57	44.49	0.00	0.00	2.10	2.54	2.96	4.23
jun-73	70.76	15.74	55.02	42.54	0.00	0.00	2.04	2.45	0.98	2.85
jul-73	119.12	46.93	72.19	44.29	0.00	0.00	1.97	2.37	2.63	2.10
ago-73	122.89	49.70	73.19	42.77	0.00	0.00	1.90	2.30	2.80	4.58
sep-73	131.46	56.12	75.34	44.13	0.00	0.00	1.84	2.22	3.08	4.77
oct-73	44.24	4.09	40.15	49.70	0.00	0.00	1.78	2.15	0.02	2.85
nov-73	85.41	24.16	61.25	47.14	0.00	0.00	1.72	2.08	1.37	4.23
dic-73	108.25	39.17	69.08	46.10	0.00	0.00	1.67	2.01	2.19	2.10
ene-74	51.79	6.82	44.97	45.47	0.00	0.00	1.61	1.95	0.32	1.77
feb-74	136.31	59.82	76.48	37.48	0.00	0.00	1.56	1.88	3.40	2.70
mar-74	108.31	39.21	69.09	45.22	0.00	0.00	1.51	1.82	2.20	2.06
abr-74	112.01	41.82	70.19	45.65	0.00	0.00	1.46	1.76	2.33	3.57
may-74	120.71	48.10	72.62	44.39	0.00	0.00	1.41	1.70	2.67	5.97
jun-74	123.43	50.10	73.33	45.06	0.00	0.00	1.36	1.65	2.75	5.15
jul-74	153.54	73.37	80.17	40.58	0.00	0.00	1.32	1.59	3.98	6.87
ago-74	98.40	32.46	65.94	46.22	0.00	0.00	1.28	1.54	1.82	5.15
sep-74	165.41	83.00	82.41	43.88	0.00	0.00	1.23	1.49	4.36	4.96
oct-74	145.32	66.84	78.48	50.90	0.00	0.00	1.19	1.44	3.44	5.97
nov-74	148.23	69.14	79.09	49.61	0.00	0.00	1.16	1.39	3.58	4.96
dic-74	89.69	26.82	62.87	48.32	0.00	0.00	1.12	1.35	1.47	4.77

# ANEXO IV

---

MANUAL DE B. H. (HYDROLAB)



# MANUAL DEL USUARIO CÁLCULO DE BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

*Preparado por:*

Angel Antonio Tenechagua Ayora.

Ph.D. Fernando Rodrigo Oñate Valdivieso



*Funciones de distribución de probabilidad es una herramienta de cálculo del:*

Laboratorio Virtual de Hidrología  
[www.hydrovlab.utpl.edu.ec/](http://www.hydrovlab.utpl.edu.ec/)

Ecuador - 2011



Hydrovlab

Laboratorio Virtual Hidrología

## ÍNDICE

<u>BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICOS</u> .....	2
<u>1 SECCIÓN DE INGRESO DE DATOS</u> .....	5
<u>1.1 CARGAR ARCHIVO DE TEXTO</u> .....	5
<u>1.2 INGRESO DE VARIABLES INVOLUCRADS</u> .....	7
<u>2 SECCIÓN DE RESULTADOS</u> .....	8
<u>2.1 Resultados estadísticos</u> .....	8
<u>2.2 Resultados mostrados graficamente</u> .....	8
<u>2.3 Visualización de Datos y Resultados</u> .....	9
<u>3 EJEMPLO DE APLICACIÓN</u> .....	10



## Disclaimer

Este programa ha sido desarrollado con fines investigativos, y su confiabilidad está aún en proceso de evaluación. El uso y aplicación del mismo queda bajo absoluta responsabilidad del usuario.

El autor no se hace responsable de la mala aplicación que se le dé a la presente herramienta y/o por perjuicios directos o indirectos que se deriven del uso inadecuado de la misma.

Si durante la utilización de la herramienta "Balance Hídrico de Cuencas Hidrográficas" surgen inconvenientes, por favor informe sobre el problema a: [angeltenechagua@gmail.com](mailto:angeltenechagua@gmail.com) o [fronate.v@gmail.com](mailto:fronate.v@gmail.com).



## BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Es un programa que permite aplicar la ecuación de Balance Hídrico en Cuencas Hidrográficas para así conocer las disponibilidades hídricas de cada una de ellas a partir de una Ecuación General.

$$Q_t = P_t - ETR_t + Qe_t + Qgw_{t-1}$$

Esta aplicación se encuentra dentro de la sección "SIMULACION" → "Balance Hídrico" → "Calculo de Balance Hídrico" en el laboratorio virtual de hidrología (HYDROVLAB).

Figura 1. Página principal de la Herramienta Balance Hídrico de Cuencas Hidrográficas

BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS  
[DESCARGAR MANUAL](#)

DATOS DE ENTRADA

**RUTA DEL ARCHIVO :**  
 No se ha seleccionado ningún archivo

Área (ha)	<input type="text"/>	Tiempo Inf. (Hr)	<input type="text"/>
CN. (adi.)	<input type="text"/>	zt (Hr)	<input type="text"/>
Dens. Aparente (gr/cc)	<input type="text"/>	ágw (días)	<input type="text"/>
Capacidad Campo (%)	<input type="text"/>	αgw (adi.)	<input type="text"/>
Profundidad (m)	<input type="text"/>	Fl. Retorno_ini (mm)	<input type="text"/>
		Recarga_ini (mm)	<input type="text"/>

RESULTADOS

R2 =  BIAS =   
EF =  CD =   
RMSE =  Vertabla =

**BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)

TIEMPO (meses)



## **SECCIÓN DE INGRESO DE DATOS**

### **CARGAR ARCHIVO DE TEXTO**

El archivo para el ingreso de datos es de extensión “.txt” el cual debe contener 4 columnas, donde la primera contiene las fechas, en la segunda las precipitaciones, en la tercera las Evapotranspiraciones y en la última el caudal aforado,

En la figura 2 se muestra un archivo de texto con datos de caudales para ingresar en la herramienta cálculo de balance hídrico de cuencas hidrográficas.

**Figura 2.** Formato de datos en un archivo de texto “.txt”

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
ene-82	128.73	45.69	0.60	
feb-82	40.06	43.29	0.64	
mar-82	52.86	48.15	0.34	
abr-82	113.74	46.57	0.87	
may-82	143.66	49.54	0.79	
jun-82	32.96	47.54	0.81	
jul-82	89.65	42.50	0.38	
ago-82	53.78	44.67	0.53	
sep-82	106.44	47.83	0.38	
oct-82	172.72	48.43	0.08	
nov-82	109.67	47.75	0.03	
dic-82	110.49	50.59	0.09	
ene-83	100.40	49.08	1.18	
feb-83	89.82	44.75	0.93	
mar-83	186.10	49.91	0.71	
abr-83	219.16	48.21	2.57	
may-83	89.96	48.57	1.18	
jun-83	37.97	45.90	0.53	
jul-83	95.77	45.14	0.29	
ago-83	40.00	45.97	0.45	
sep-83	27.29	44.93	0.43	
oct-83	137.88	47.74	1.24	
nov-83	49.61	51.81	0.04	
dic-83	112.76	48.70	0.28	
ene-84	72.02	46.42	0.77	
feb-84	139.49	41.81	2.13	
mar-84	129.25	46.56	1.52	

**Tabla 1.** Descripción de los datos en el archivo txt.

COLUMNA	DATO	FORMATO	UNIDAD	EJEMPLO
1	Año	Texto		ene-93
Tabulación				
2	Precipitación de cada mes	Real o Entero	mm	156
Tabulación				
3	Evapotranspiración de cada mes	Real o Entero	mm	45.15
Tabulación				
4	Caudal aforado	Real o Entero	m <sup>3</sup> /s	3.59



Una vez que se tenga listo el archivo de datos, se procede a cargarlo en la herramienta **Cálculo de Balance Hídrico de Cuencas Hidrográficas** esto se realiza mediante los siguientes pasos.

1. Primero se examina la ubicación del archivo, para ello se hace click en el botón **Examinar** para buscar la ruta del archivo.

RUTA DEL ARCHIVO :  
C:\Users\USUARIO\Anc

2. Ubicado el archivo, se hace click en el botón:

En la parte superior del botón CARGAR ARCHIVO DE TEXTO, se muestra un mensaje el cual nos indica si el archivo se cargo exitosamente o no.

En las figuras 3, 4 y 5 se muestran los posibles mensajes que se pueden dar al momento de cargar un archivo de datos.

**Figura 3.** Mensaje de un archivo que fue cargado correctamente

RUTA DEL ARCHIVO :  
  
Archivo cargado con éxito

**Figura 4.** Mensaje cuando se hace click directamente en el botón CARGAR ARCHIVO DE TEXTO, sin examinar ningún archivo.

RUTA DEL ARCHIVO :  
  
Seleccione un archivo para realizar los cálculos

**Figura 5.** Mensaje cuando se carga un archivo que no es de extensión ".txt"

RUTA DEL ARCHIVO :  
  
Error!!!...La extensión del archivo debe ser .txt





## INGRESO DE VARIABLES INVOLUCRADAS

Los datos que se le ingresan posteriormente son variables que pueden ser obtenidas mediante ensayos previos o a su vez se las puede calibrar mediante varias iteraciones buscando la mejor correspondencia posible.

**Figura 6.** Ingreso de variables involucradas

Área (ha)	<input type="text"/>	Tiempo Inf. (Hr)	<input type="text"/>
CN. (adi.)	<input type="text"/>	$\Delta t$ (Hr)	<input type="text"/>
Dens. Aparente (gr/cc)	<input type="text"/>	$\partial_{gw}$ (días)	<input type="text"/>
Capacidad Campo (%)	<input type="text"/>	$\alpha_{gw}$ (adi.)	<input type="text"/>
Profundidad (m)	<input type="text"/>	Fl. Retorno_ ini (mm)	<input type="text"/>
		Recarga_ ini. (mm)	<input type="text"/>

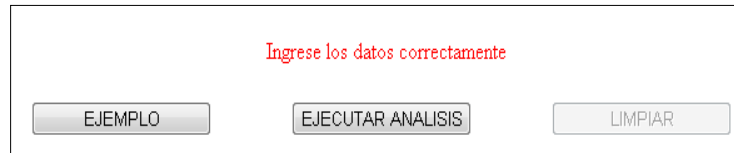
### Simbología:

<b>Área</b> .....	Área de la cuenca de estudio
<b>Tiempo Inf.</b> .....	Tiempo de infiltración.
<b>CN</b> .....	Numero de la Curva.
<b><math>\Delta t</math></b> .....	Es el paso del tiempo.
<b>Dens. Aparente...</b>	Densidad aparente del Suelo.
<b><math>\partial_{gw}</math></b> .....	Tiempo de retraso o tiempo del desagüe del las formaciones geológicas.
<b>Capacidad Campo</b>	Capacidad de Campo.
<b><math>\alpha_{gw}</math></b> .....	Índice indirecto de la contestación del flujo de aguas subterráneas a los cambios en la recarga.
<b>Profundidad</b> .....	Profundidad
<b>Fl. Retorno_ ini</b> .....	Es el flujo de retorno en el dia i
<b>Recarga_ ini</b> .....	Es la cantidad de recarga que entra en el acuífero en el dia i.



En la siguiente figura se muestra el mensaje que se pueden dar al momento de no ingresar ninguno o que falte algún dato.

**Figura 7.** Mensaje cuando todas las variables involucradas no son ingresadas



## ***SECCIÓN DE RESULTADOS***

### **Resultados estadísticos.**

En la figura 9, se muestra los resultados estadísticos que se obtiene cuando se hace click en el botón ejecutar análisis.

**Figura 8.** Resultados estadísticos

R2 =	BIAS =
EF =	CD =
RMSE =	Ver tabla

### **Simbología:**

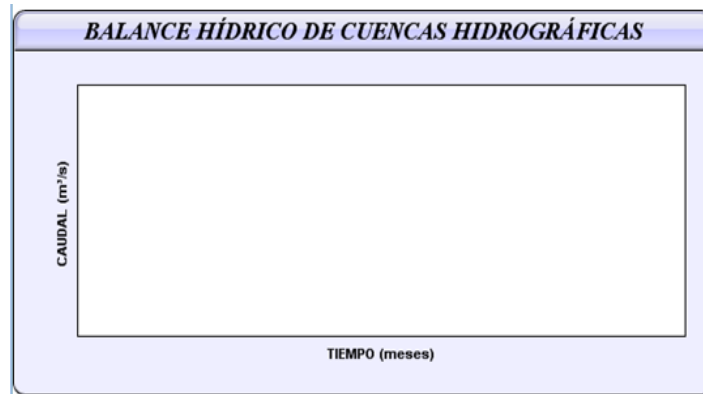
<b>R2</b>	Coeficiente de Correlación
<b>EF</b>	Coeficiente de eficiencia de Nash & Sutcliffe
<b>RSME</b>	Error cuadrático medio
<b>BIAS</b>	Error medio
<b>CD</b>	Coeficiente de determinación

### **Resultados de manera grafica.**

Ya cargado los datos de tipo txt. e ingresado todas las variables involucradas procedemos hacer click en el botón ejecutar análisis, donde automáticamente se generará la grafica en la que se muestra en el eje de las abcisas las fechas correspondientes a cada dato. Y en el eje de las ordenadas los datos calculados y los aforados.



**Figura 9.** Visualización grafica del caudales calculados y aforados



### Visualización de Datos y Resultados

Para visualizar todos los resultados que han sido utilizados para lo obtención del caudal, nos ubicamos “RESULTADOS” y pulsamos el Link “[Ver Tabla](#)” donde podemos visualizar una tabla de 12 columna por n filas dependiendo de los datos ingresados inicialmente.

**Figura 10.** TABLA DE DATOS Y RESULTADOS

TABLA DE RESULTADOS				
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN				
BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS				
MES	P	ET	Pe	Infil.
.				

Aceptar

### Simbología:

<b>Mes</b>	Mes al que corresponde el cálculo
<b>P.</b>	Precipitación.
<b>ET.</b>	Evapotranspiración.
<b>Pe</b>	Precipitación Efectiva.
<b>Inf.</b>	Infiltración.
<b>Swly</b>	Contenido de humedad



<b>Wseep</b>	Es la cantidad total de agua que recorre y termina en el fondo del perfil de la tierra.
<b>Wrchrg</b>	Es la cantidad de recarga que entra en el acuífero.
<b>Qgw.</b>	Es el flujo de retorno.
<b>Q<sub>t</sub>.</b>	Caudal calculado en mm.
<b>Q<sub>t</sub>.</b>	Caudal calculado en m <sup>3</sup> /s.
<b>Qaforado.</b>	Caudal aforado.

### ***EJEMPLO DE APLICACIÓN***

Esta herramienta cuenta con un ejemplo práctico con el cual se podrá entender de mejor manera su aplicación. Para lo cual se siguirá lo siguiente.

1. Primeramente se procede a cargar los datos de entrada, para ello hacemos click en el botón.



2. Por defecto el programa carga los Datos iniciales como son los que corresponden a las fechas, precipitaciones, evapotranspiración y las demas variables involucradas

**Figura 117.** Ejemplo práctico.

Área (ha)	<input type="text" value="5508.80"/>	Tiempo Inf. (Hr)	<input type="text" value="4"/>
CN. (adi)	<input type="text" value="70.19"/>	Δt (Hr)	<input type="text" value="24"/>
Dens. Aparente (gr/cc)	<input type="text" value="1.30"/>	∂gw (días)	<input type="text" value="30"/>
Capacidad Campo (%)	<input type="text" value="23"/>	αgw (adi)	<input type="text" value="0.15"/>
Profundidad (m)	<input type="text" value="0.30"/>	Fl. Retorno_ini (mm)	<input type="text" value="10"/>
		Recarga_ini. (mm)	<input type="text" value="75"/>

Ejemplo cargado...

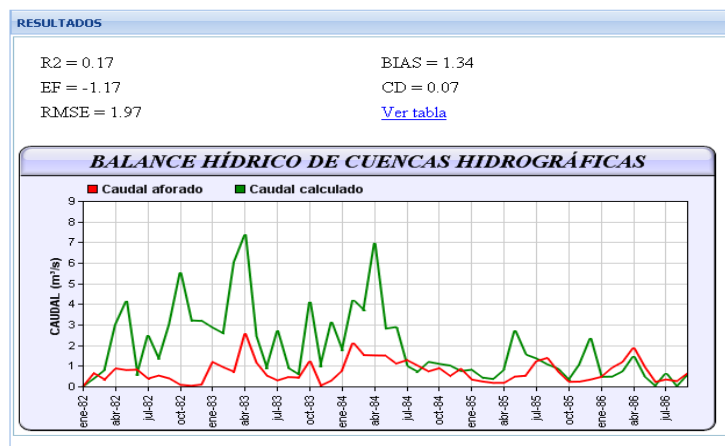
3. Para ejecutar el análisis hacemos click en el botón.





4. Los resultados se muestran a continuación.

**Figura12.** Ejemplo práctico, resultados estadísticos y graficamente.



5. Finalmente para ver los demás resultados pulsamos el link [“Ver Tabla”](#).

**Figura 13.** Ejemplo práctico, Tabla de resultados.

**TABLA DE RESULTADOS**

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

BALANCE HÍDRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

MES	P (mm)	ET (mm)	Pe (mm)	Infil. (mm)
ene-82	128.73	45.69	53.40	75.33
feb-82	40.06	43.29	2.70	37.35
mar-82	52.86	48.15	7.03	45.83
abr-82	113.74	46.57	42.47	71.28
may-82	143.66	49.54	64.81	78.85
jun-82	32.96	47.54	1.09	31.87
jul-82	89.65	42.50	26.34	63.31
ago-82	53.78	44.67	7.40	46.38
sep-82	106.44	47.83	37.37	69.07
oct-82	172.72	48.43	88.20	84.52
nov-82	109.67	47.75	39.61	70.07