

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

"BALANCE DE AGUA SUPERFICIAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO MAYALES"

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. José Lenin Chavarría Cruz

Tutor

M.Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

Managua, Marzo 2019

DEDICATORIA

A NUESTRO SEÑOR JESUCRISTO, QUE DESDE SIEMPRE ME HA DADO FUERZA Y VOLUNTAD PARA SEGUIR ADELANTE EN LA VIDA.

A MI MADRE, CLARIZA CRUZ; POR SER LA AMIGA Y COMPAÑERA QUE ME HA AYUDADO A CRECER, GRACIAS POR ESTAR SIEMPRE CONMIGO EN TODO MOMENTO. GRACIAS POR LA PACIENCIA QUE HAS TENIDO PARA ENSEÑARME, POR EL AMOR QUE ME DAS, POR TUS CUIDADOS EN EL TIEMPO QUE HEMOS VIVIDO JUNTOS, POR LOS REGAÑOS QUE ME MERECIA Y QUE NO ENTENDÍA. GRACIAS MAMÁ POR ESTAR AL PENDIENTE DURANTE TODA ESTA ETAPA.

A **MODESTO JARQUÍN**, QUE HA SIDO UN PADRE PARA MI Y UN EJEMPLO A SEGUIR.

A MI ESPOSA YARA OSAMY E HIJO CAMILO ALEJANDRO CHAVARRIA, LAS RAZONES DE MOTIVACION Y SUPERACION PARA BRINDARLE UN FUTURO MEJOR.

BR. JOSÉ LENIN CHAVARRIA CRUZ

AGRADECIMIENTOS

DESEO HACER MI AGRADECIMIENTO A LAS SIGUIENTES PERSONAS, QUE DIERON SUS APORTES, PARA QUE ESTE ESTUDIO FUERA POSIBLE.

AL INGENIERO ISAÍAS MONTOYA BLANCO, MI MENTOR Y AMIGO POR SU SINCERA AMISTAD Y DARME LA OPORTUNIDAD DE SUPERARME PROFESIONALMENTE DURANTE LA ETAPA DE MI VIDA.

AL MI TUTOR, M.Sc. ING. RICARDO JAVIER FAJARDO, POR SU GRAN APOYO Y PACIENCIA AL GUIARME EN LA ELABORACION DE ESTA NVESTIGACION.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO EN EL ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS, DE INETER POR SU VALIOSO APOYO, EN ESPECIAL A LOS ING. MARLON SIRIAS Y MARISOL ARAGON.

AL INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES, POR SER MI SEGUNDO HOGAR Y BRINDARME APOYO CON LA INFORMACION NECESARIA PARA REALIZAR ESTE ESTUDIO.

BR. JOSÉ LENIN CHAVARRIA CRUZ

RESUMEN

En este estudio se estimó el balance de agua superficial en la subcuenca del río Mayales a fin de contabilizar los aportes de escurrimientos que son de gran utilidad para el aprovechamiento del recurso en la subcuenca.

El estudio del balance hídrico¹ se basa en la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido por nosotros como ecuación de la continuidad. Esta establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada.

El estudio de balance de agua permitió contabilizar el volumen de escurrimiento en la cuenca y establecer recomendaciones que puedan servir de lineamiento para realizar proyectos futuros para el aprovechamiento del recurso hídrico que acontecen en la subcuenca; y más aún cuando existen periodos prologados de seguía en la zona e impacto del cambio climático a nivel regional.

Los balances hídricos a nivel mensual en Nicaragua son muy poco estudiados, y con este trabajo se pretendió desarrollar una metodología para estimar los volúmenes de agua en las cuencas hidrológicas de nuestro país que dispone de poca información hidrométrica (mediciones de caudales), y además que sirva de consulta a los estudiantes e ingenieros para estudios posteriores.

El presente estudio contempla tres enfoques importantes que tienen influencia en la unidad hidrológica:

El primero, consiste en la caracterización hidrológica de la cuenca, esto con el fin de determinar los parámetros fisiográficos como pendiente, tiempos de

¹ Métodos y cálculos del balance hídricos, Instituto de hidrología de España, UNESCO, 1981

concentración, cobertura y uso de los suelos, áreas de drenajes, longitudes de los ríos entre otro, todo esto para conocer la respuesta de la cuenca ante el régimen de precipitación que inciden en ella.

Un segundo enfoque, es el análisis de las componentes del balance hídrico, donde se requirió realizar un diagnóstico previó de la información climatológica existente para el cual se recopiló información disponible de 40 años de registro histórico e información actual, para el periodo determinado de 1971-2012, de los cuales se utilizaron los parámetros de precipitación, temperatura, evaporación, humedad relativa.

Se realizó análisis de la información hidrometeorológica aplicando métodos estadísticos como las dobles acumulaciones para determinar la consistencia y calidad de la información hidrometeorológica utilizada en el estudio de balance.

Y un tercer enfoque, es el cálculo de las principales variables del Balance hídrico, se procedió a aplicar la ecuación del Balance Hídrico aplicando la Metodología de la UNESCO a través del modelo hidrológico de Teméz mediante el uso de la herramienta "Calculo de Aportaciones y Avenidas" (CHAC). Además, se elaboró la cartografía temática del estudio. Todos los cálculos se realizaron en las 8 unidades hidrológica que se dividió el área de estudio.

Es importante mencionar que los resultados del presente estudio, son un primer esfuerzo para realizar la evaluación del recurso hídrico, el potencial hídrico, y aprovechamiento sostenible en el tiempo y poder atender las diversas demandas actuales y futuras, así como las implicaciones ambientales de éstos, son elementos necesarios para elaborar los instrumentos de la gestión y la planificación territorial del Recurso Hídrico en la subcuenca del río Mayales.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

Para estudiar el comportamiento de una cuenca hidrográfica, es necesario entender cómo se comportan los elementos que integran el ciclo hidrológico, sus procesos de transformación respecto al tiempo, vinculados de forma directa con el crecimiento demográfico de la población, sus actividades productivas, socioeconómica; partiendo de la necesidad elemental de realizar el manejo integral de la cuenca, en función de la sostenibilidad hídrica como parte de la conservación del medio ambiente.

El conocimiento de los volúmenes de agua que genera una cuenca, es importante en la medida en que constituye un dato clave en la ordenanza del territorio y su planificación; es por esta razón que se han ideado métodos orientados al cálculo de la disponibilidad de agua en este espacio territorial denominado unidad hidrológica.

El **balance hídrico** de una cuenca es un instrumento de gestión para la planificación del uso racional y conservación del recurso agua, que involucra acciones y medidas, a través de procesos técnicos y sociales de carácter participativo y de forma integral, de todos los actores del sector, principalmente en los niveles locales y gubernamentales.

Con respecto a la hidrología superficial de la subcuenca del río Mayales, se identificaron y delimitaron las principales unidades hidrológicas tributarias de acuerdo a la extensión territorial de las unidades hidrológicas. Las características físicas de las unidades hidrológicas, permiten conocer la variación espacial de los aspectos que definen su régimen hidrológico. Estas características dependen de la morfología tales como: área, factor de forma, red de drenaje, entre otras.

La subcuenca del río Mayales tiene un área de 1,055.5 km², siendo éste un tributario de suma importancia del lago de Nicaragua o Cocibolca. La red de drenaje está compuesta por tributarios entre los que se mencionan los ríos: El Pirre, Cuapa, Cuisalá, Las Delicias, Apompuá y el Carca y además por pequeñas corrientes intermitentes. El río tributario principal de la subcuenca es el Mayales, con una longitud de 83.33 km y nace en las faldas del cerro El Parlamento, con elevaciones máximas y mínimas de 660 msnm y 31.1 msnm desembocando al lago de Nicaragua o Cocibolca.

La subcuenca presenta gran demanda agrícola, pero esto no de manera controlada para racionalizar bien el recurso y no agotarlo; en vista de esta problemática se decidió realizar este estudio, el cual consiste en la realización de un balance hídrico superficial en la subcuenca del rio Mayales para el período de 1970 a 2012, este balance será una herramienta primordial para tomar decisiones y planificar el aprovechamiento del recurso hídrico superficial dentro de la subcuenca.

Con la elaboración de este estudio se obtuvo el balance hídrico de oferta, así como la disponibilidad a nivel superficial en la subcuenca del río Mayales que abarca territorialmente a los municipios de Juigalpa, Comalapa y San Francisco de Cuapa.

1.2. Antecedentes

En agosto de 1988 se llevó a cabo en Panamá el primer taller sobre balance hídrico en Centroamérica y México, promovido por la UNESCO, para lo cual los delegados de cada país se comprometieron a promover en sus respectivos países el balance hídrico nacional. En Nicaragua la Asamblea Nacional aprobó en el año 2007 la Ley General de Aguas Nacionales (Ley 620 Normas Jurídicas del agua), la cual mandata a organismos estatales a hacer el cálculo del balance hídrico de las cuencas y subcuencas del país, con el objetivo de hacer una planificación y gestión integral de los recursos hídricos.

En el año 2008 el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) realizó un primer esfuerzo en realizar un balance hídrico superficial a nivel nacional en las 21 cuencas hidrográficas de Nicaragua (documento preliminar, aún no oficializado), para conocer una mejor la distribución espacial del recurso hídrico a nivel nacional.

Para el año 2013 el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales en conjunto con el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), realizaron balance hídrico en la cuenca del río Estero Real, dando como resultado, cuando los períodos son normales, una oferta hídrica estimada anualmente en **1,319** millones de metros cúbicos (MMC).

En el año 2015 se realizó balance hídrico la subcuenca de Apanás-Asturias cómo parte del trabajo monográfico de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), donde se estimó una oferta hídrica de los volúmenes de agua que drenan al embalse, estimada anualmente en 301 MMC.

En lo que respecta al área de la subcuenca del río Mayales hasta la fecha, aún no se han efectuados estudios de balances hídricos, por lo que se plantea la necesidad de iniciarlos, contribuyendo con ello al cumplimiento de la ley para el

aprovechamiento de las poblaciones que se asientan en la subcuenca del río Mayales.

1.3. Justificación

El agua es un recurso natural que debe estar protegido y administrado de forma responsable. Su acceso permanente y continuo es un derecho intrínsecamente vinculado a la vida. El proveer suministro para el consumo de las personas representa una máxima prioridad nacional. (Ley del agua Cap. I, arto 13, sección "d").

Donde la planificación hídrica es considerada también como instrumento de gestión; son de carácter obligatorio por ser fundamental para la más eficaz, productiva y racional gestión del agua, la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.

Se tiene el conocimiento de que existen algunos estudios (aún no publicados) en los que se ha realizado estimaciones de disponibilidad de agua; pero con el inconveniente de que se han efectuado para áreas muy extensas (cuencas principales) además de ser únicamente una relación entre la precipitación y el escurrimiento superficial por lo que estos no detallan a nivel de balance hídrico donde se expresen las entradas y salidas.

Desde el punto de vista hidrográfico la subcuenca del río Mayales pertenece a la cuenca del río San Juan (No. 69); drenando sus aguas al lago Cocibolca y administrativamente abarca a los municipios de Comalapa, San Francisco de Cuapa y Juigalpa, los cuales presentan un alto déficit de disponibilidad de agua hasta el punto que el municipio de Juigalpa se abastece de agua del Lago Cocibolca; esta situación crea la necesidad de conocer la disponibilidad del recurso hídrico en toda la subcuenca para una mejor distribución y manejo del recurso.

Debido a que no existen estudios hidrológicos realizados en esta zona se ha considerado la necesidad de desarrollar la tesis de investigación del balance hídrico superficial en la subcuenca del sistema hídrico del río Mayales, debido que los resultados obtenidos de esta valoración cuantitativa y espacial, permitirá establecer recomendaciones que puedan servir de lineamiento para realizar proyectos futuros para el aprovechamiento del recurso hídrico que acontecen dentro de subcuenca.

Así mismo el balance hídrico es la base para la ejecución de proyectos hidráulicos, ambientales destinados a la utilización racional, control y distribución del agua; además ayuda a cuantificar y prevenir las consecuencias derivadas de la intervención del hombre en las condiciones naturales de los ríos, lagos, lagunas, etc.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar el balance hídrico superficial de la subcuenca del río Mayales, para cuantificar el potencial hídrico de la subcuenca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Delimitar el área de la subcuenca del río Mayales.
- Elaborar caracterización hidrográfica de la subcuenca.
- Analizar los registros de datos hidrometeorológicos de las estaciones que se encuentran en la subcuenca.
- Estimar los componentes del balance hídrico superficial de la subcuenca.
- Determinar cuantitativamente la relación precipitación-escorrentía, así mismo su distribución espacial y temporal en la subcuenca.

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

2.1. Macrolocalización

La subcuenca del río Mayales pertenece al departamento de Chontales (98% de superficie de la subcuenca), drena sus aguas al lago Cocibolca. Tiene una superficie de 1,055.5 Km² y es una subcuenca intermunicipal, compartida principalmente por los municipios San Francisco de Cuapa, Juigalpa, Comalapa, en proporción menor La Libertad y San Pedro de Lóvago y el municipio de Camoapa del departamento de Boaco. Los municipios de Juigalpa, Comalapa y San Francisco de Cuapa cubren el 93.77% del área total de la subcuenca.

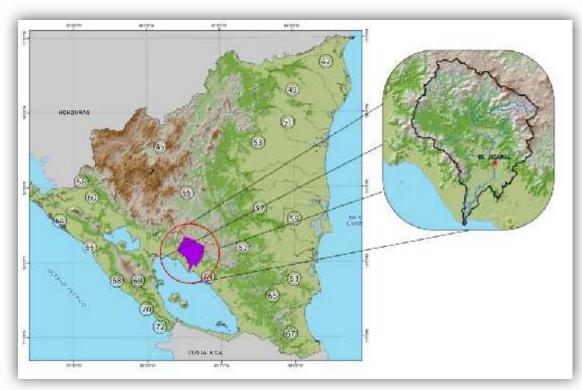


Figura No 1. Localización hidrográfica de la subcuenca del río Mayales

Fuente: Elaboración propia

2.2. División política administrativa

La subcuenca del Río Mayales contiene en su mayoría a los Municipios de Juigalpa, Comalapa y San Francisco de Cuapa en cuanto a sus superficies territoriales, en la figura N° 2 se muestra el grado de incidencia de estos municipios dentro de la subcuenca. Se logra apreciar que el municipio que tiene mayor incidencia en la subcuenca es Juigalpa con 542.80 Km², representando esto el 75 % de su superficie total municipal, el Municipio de Comalapa está contenido con 266.09 Km² significando el 41 % y finalmente el Municipio de San Francisco de Cuapa con un área de 178.30 Km² representando el 64 % de su área total municipal. Ver gráfico No 1.

Los Municipios colindantes como: Camoapa, La Libertad, San Pedro de Lóvago, Acoyapa, comprenden 21.38km² equivalente a un 6% del área de la subcuenca.

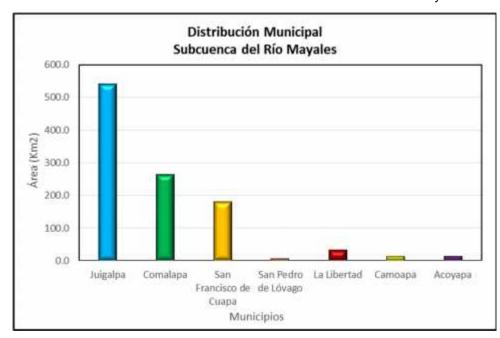


Gráfico No. 1. División Política Administrativa de la subcuenca Mayales

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico No 2, se muestra la distribución en porcentaje dentro de la subcuenca, el municipio de Juigalpa abarca el 51.4 % de la subcuenca, el municipio de

Comalapa representa un 25.1 % y San Francisco de Cuapa el 17% del área total de la subcuenca. Ver cuadro No 1.

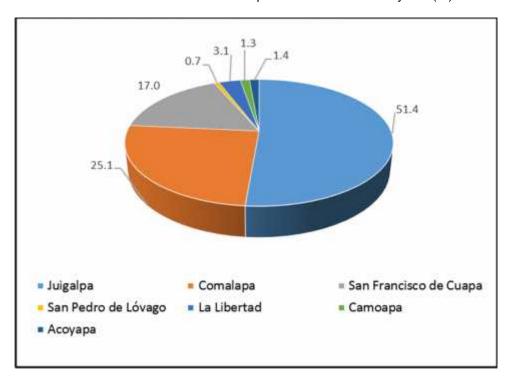


Gráfico No. 2. Distribución municipal de la subcuenca Mayales (%)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 1 Área municipal en subcuenca del río Mayales

Código Municipal	Municipio	Área en subcuenca (Km²)	% Área municipal en subcuenca
6510	Juigalpa	542.2	51.4
6505	Comalapa	265.0	25.1
6507	San Francisco de Cuapa	180.0	17.0
6530	San Pedro de Lóvago	7.0	0.7
6515	La Libertad	33.0	3.1
5015	Camoapa	13.9	1.3
6535	Acoyapa	14.5	1.4
	Total	1055.5	100.0

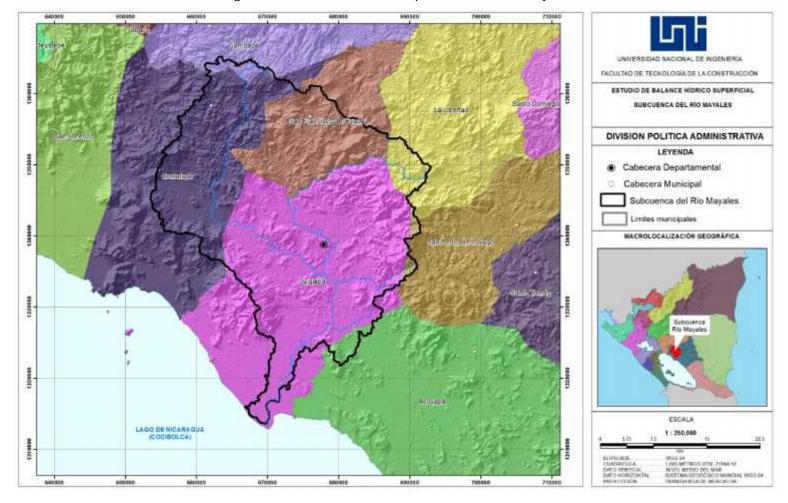


Figura No. 2. Distribución municipal de subcuenca Mayales

Fuente: Elaboración propia

2.3. Clima

De acuerdo al sistema de Köppen Modificado ¹(Enriqueta García, 1988), en la subcuenca del río Mayales se presentan los siguientes tipos de climas:

AW₁, AW₂: Clima caliente y sub-húmedo con lluvia en verano; este clima predomina en toda la región del pacifico y en la mayor parte de la región norte; se caracterizan por presentar una estación seca (Noviembre-Abril) y otra lluviosa (Mayo-Octubre). La precipitación varía desde un mínimo de 600 mm hasta un máximo de 2000 mm y una temperatura media anual entre los 18°C y 30°C. Ver figura N° 3.

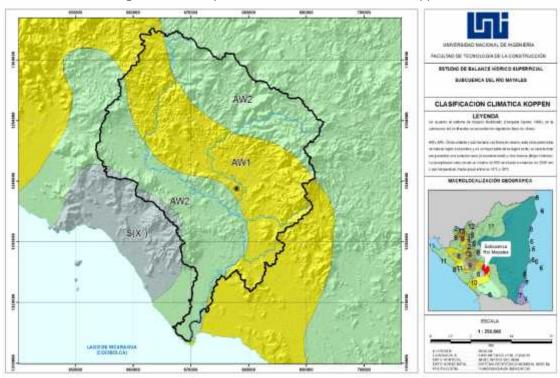


Figura No. 3. Mapa de clasificación Climática de Köppen

Fuente: Elaboración propia. Datos facilitado por INETER

¹ Clasificación Climática de Köppen Modificado, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

⁽INETER) - Dirección General de Meteorología.

2.4. Hidrografía

2.4.1. Área de la subcuenca

La subcuenca del río Mayales tiene un área de 1,055.5 km², siendo un tributario de suma importancia del Lago de Nicaragua (Lago Cocibolca).

2.4.2. Red hídrica

La red de drenaje está compuesta por tributarios entre los que se mencionan los ríos: El Pirre, Cuapa, Cuisalá, Las Delicias, Apompuá y el Carca y está compuesto por corrientes de tipo efímeras e intermitentes. En la figura No. 3 se muestra la ubicación hidrográfica de la subcuenca del río Mayales la cual forma parte de la cuenca del río San Juan (No. 69).

2.5. Relieve

Topográficamente la subcuenca presenta grandes elevaciones y un relieve montañoso y accidentado. En ella se localizan cerros y filas de gran importancia, los que sirven de parteaguas natural o divisor topográfico común entre las cuencas. Entre los cerros importantes están: El Oluma a 770 msnm, La Mica con 695 msnm, El Portillo que alcanza una elevación de 683 msnm, Mesas del Arrayán con 645 msnm, Hato Grande con 658 msnm, Los Andes con 747msnm y Loma Larga con 614 msnm.

El relieve es de gran importancia ya que condiciona los procesos de infiltración, escurrimiento superficial y humedad del suelo, en la figura N° 4 se muestran las características del relieve, tomando en cuenta la pendiente media que es de 0.007 m/m, se expresa que las condiciones del relieve es de suave ha moderado.

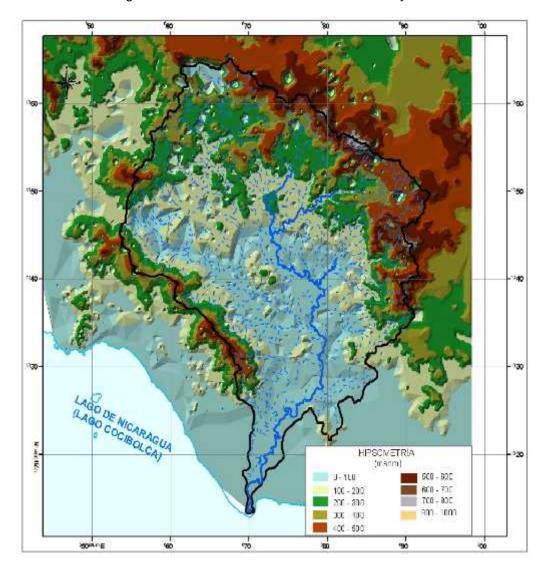


Figura No 4. Relieve de la subcuenca del río Mayales

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

La finalidad del cálculo del balance hídrico es determinar la cantidad de agua que interviene en el ciclo hidrológico dentro de una zona (cuencas o subcuencas) de interés.

Para el caso en particular, el objetivo principal del estudio, es la determinación de los valores medios mensuales y anuales de precipitación, caudal y evaporación por métodos independientes de la subcuenca del río Mayales.

Para facilitar la comprensión del proceso, en el cual intervienen cada uno de los parámetros componentes del balance hídrico, se explica a continuación el concepto básico sobre el ciclo hidrológico y sus componentes.

3.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico comprende una serie de procesos continuos e interdependientes, de movimiento y transferencia de agua en la tierra, el océano, cuerpos de agua y en la atmósfera.

Por ser un ciclo, no tiene punto de partida, sin embargo, para explicarlo, se puede iniciar por la evaporación que se produce en el océano, en lagos, embalses, y todo tipo de cuerpos de agua, y la evapotranspiración de las plantas, la cual es la combinación del agua que se pierde por evaporación en el suelo y la transpiración en el material vegetal.

Esta evaporación y evapotranspiración, son producidas por la energía suministrada por el sol e influenciadas por las condiciones climáticas e hídricas de temperatura, radiación, viento y humedad. De esta forma, el agua cambia de un estado líquido a un estado gaseoso.

El agua en forma de vapor pasa a la atmósfera, y en este ascenso, pierde calor y se produce el proceso de condensación, alrededor de núcleos de condensación (los cuales pueden ser partículas de polvo que flotan en el aire), creando pequeñas gotas de agua.

Estas pequeñas gotas de agua, crean nubes, y en su circulación se van uniendo entre ellas, creando gotas más grandes, las cuales, por su peso, se precipitan finalmente en forma de lluvia, (nieve o granizo en otras regiones de la Tierra).

Parte de la precipitación es interceptada por la vegetación, otra parte cae al suelo y dependiendo de las condiciones de cobertura del suelo, del tipo de suelo y la pendiente del terreno, esta agua puede quedar estancada, escurrir superficialmente o infiltrarse. El agua que escurre superficialmente corre hacia los cuerpos de agua y finalmente al mar.

Una parte del agua que se infiltra es retenida por el suelo, cuya capacidad de retención depende de su textura y estructura (porosidad); por otra parte el agua infiltrada se convierte también en escorrentía superficial al ser saturada la capacidad de almacenamiento del suelo; otra parte se convierte en flujo subsuperficial, y por último otra parte percola, hacia capas inferiores produciendo la recarga de las aguas subterráneas. El agua que se infiltra, viaja lentamente y llega a alimentar a ríos y manantiales, y finalmente al mar.



Figura N°. 5: Ciclo del agua o Hidrológico

Fuente: Servicio Geológico Norteamérica (USGS)

3.2. Características geomorformológicas

Entre las características hidrográficas que afectan la respuesta de la cuenca y de los cuales se puede obtener una idea cuantitativa del grado de influencia que estas representan, se pueden mencionar: área de drenaje, perímetro de la cuenca, factor de forma, pendiente de la cuenca, densidad de drenaje, entre otros².

3.2.1. Delimitación fisiográfica de la subcuenca

Las delimitaciones de las subcuencas se basan en seguir las cotas de mayor altura considerándola como condición de frontera, y cerrando la subcuenca en el punto de control hidrológico que generalmente se establecen en las estaciones

²German Monselve Sáenz, 2^{da} edición - Hidrología en la Ingeniería

15

hidrométricas y/o confluencias de ríos y lagos. Estas unidades hidrológicas se delimitaron y codificaron bajo la metodología Pfafstetter³

Este procedimiento de la delimitación del parte agua se realizó aplicando técnica de Sistema de Información Geográficas (SIG), con la finalidad de estimar las superficies de las cuencas, así como las longitudes de los ríos, la información de salida son mapas temáticos que representan las cartográficas (carreteras, casas, ríos, lagos, etc.) del sitio.

3.2.2. Caracterización hidrológica de las subcuencas

La característica de la cuenca es un insumo que se utiliza en el estudio hidrológico que incluyen el sistema de drenaje, área de la cuenca, longitud del canal, patrón de drenaje, forma de la cuenca, la pendiente de la cuenca y el canal, rugosidad de la sección transversal, el tiempo de llegada de la crecida, y no menos importante la cobertura y tipo de suelo, todos estos factores influyen en el comportamiento y distribución del escurrimiento.

Con los mapas topográficos 1:50,000⁴ se digitalizó las redes de ríos, superficies de las cuencas, curvas de niveles, etc., que serán insumos para la estimación de las características fisiográficas (área de drenaje, pendiente, tiempo de concentración, factor de forma, etc.) para cada unidad hidrológica que forma la subcuenca del río Mayales, los resultados obtenidos darán un indicativo de las influencias de estos parámetros en la cantidad y distribución de escurrimiento.

Los mapas temáticos climatológicos de isolíneas como: temperatura, lluvia, coeficiente de escorrentía, caudales específicos, subcuencas, etc, se elaboraron con el software de Sistema de Información Geográfica ArcGis versión 10.0.

⁴ Mapas topográficos escala 1:50,000 – Edición 1988, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

³ Metodología oficial del INETER, Desarrollada en Brasil, por el Dr. Otto Pfafstetter en 1989.

3.3. Balance de agua en la hidrología

El estudio del balance hídrico se basa en la aplicación del principio de

conservación de masas, también conocido como ecuación de la continuidad. Esta

establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de

tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la

variación del volumen de agua almacenada.

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 garantice su disponibilidad tanto en cantidad como en

calidad.

El modelo del balance hídrico se basa en la ecuación de conservación de masa:

ENTRADAS - SALIDAS = CAMBIO DE ALMACENAMIENTO

En el modelo del balance hídrico utilizado en este estudio considera las siguientes

entradas:

Precipitación.

Importaciones superficiales de otra cuenca.

Las salidas consideradas son las siguientes:

Evapotranspiración real.

Escurrimiento superficial.

Infiltración.

17

El balance hídrico superficial para la unidad de estudio, se realizará partiendo del concepto de conservación de masa, aplicando la Metodología de Témez, que a continuación se detalla.

3.3.1. Metodología de Témez

La conceptualización del modelo Témez (1977) se presenta en la Figura N°. 6; es un modelo de reservorios en el cual se reproducen los procesos esenciales del transporte de agua en las diferentes fases del ciclo hidrológico. En este modelo el sistema se divide en dos zonas, en la primera, la lluvia se almacena en forma de humedad y en ella, dependiendo del estado de humedad, de la capacidad máxima de almacenamiento y de la evapotranspiración potencial se origina un excedente que pasa a la segunda zona. Este excedente consta de dos componentes: la escorrentía superficial y la infiltración que se almacena en el acuífero (Estrela, 1997⁵).

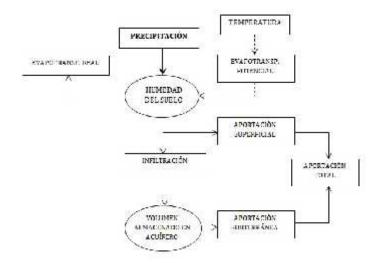


Figura N° 6. Esquema del modelo hidrológico de Témez

(Fuente: Elaboración propia)

18

⁵ Estrela, T., 1992. Metodología y recomendaciones para la evaluación de recursos hídricos. Centro de estudios hidrográficos.- Madrid: Centro de estudios y experimentación de obras públicas, Gabinete de formación y documentación.

El modelo parte de la precipitación (P), una parte de ella se pierde por evapotranspiración (E) y la otra constituye el excedente (T) que se infiltra o escurre. El volumen infiltrado (I) alimenta el acuífero, apareciendo más tarde en la red de drenaje, el resto escurre sobre la superficie por los diferentes conductos de drenaje (S).

A continuación, se describen las variables de la Ecuación de Balance Hídrico en el modelo Témez:

$$P = E + I + R + V$$

Donde:

P = Precipitación

E = Evapotranspiración real

I = Infiltración

R = Escorrentía

V= Cambio en el almacenamiento

El cambio en el almacenamiento se considera despreciable cuando el periodo de análisis es superior a 20 años.

Los datos de infiltración y escurrimiento superficial se han generado por medio de la simulación del modelo Aportación-Escorrentía de Témez.

3.3.2. Cálculo de las variables del modelo de Témez

3.3.2.1. Análisis de consistencia de las series de tiempo de datos Hidrometeorológicos

Recopilada la información hidrometeorológica (lluvia, humedad relativa, temperatura, caudal, etc.) en series de tiempos a niveles mensuales, se analiza la consistencia y la homogeneidad de los registros históricos de los datos; para identificar, estimar y eliminar los saltos (cambios en la tendencia de la serie).

El análisis de consistencia para el periodo de registros de los datos de las estaciones es evaluado por medio del método de doble acumulación o doble masa, que es una técnica para valorar el comportamiento de una serie temporal en función de otra serie de referencia; una línea recta indica una buena tendencia de la serie de los datos.

También se realizó relleno de los registros de datos a niveles mensuales de los parámetros climatológicos a partir de un modelo de regresión bivariado 6 con estandarización previa mensual de las series de datos (CORMUL⁷).

3.3.2.2. Estimación de la precipitación media (p)

Para la obtención de la precipitación media, se realizó a partir de los valores obtenidos del análisis de consistencia y relleno de datos de las estaciones seleccionadas, para un periodo de 41 años (1970–2012).

3.3.2.3. Análisis de la precipitación media áreal (PMA)

Debido que el comportamiento de la precipitación en una cuenca no es homogénea es necesario estimar la distribución áreal en el área de estudio. En este estudio se aplicó el método de los polígonos de Thiessen, debido que la distribución áreal de la lluvia, el modelo hidrológico aplicado requiere de establecer los pesos de influencia por cada estación meteorológica. Para el trazado de los polígonos se utilizó el programa ArcGis versión 10.0.

3.3.2.4. Estimación de la Evapotranspiración Potencial (ETP)

Para obtener la evapotranspiración potencial (ETP), se aplica la metodología de Hargreaves (1969), este método utiliza valores medios de las variables

_

⁶ Es una técnica estadística destinada a averiguar si dos variables tienen relación entre sí.

⁷ Correlación Múltiple

climatológicas de temperatura y humedad relativa, así como la latitud del área de estudio; se considera que este método es adecuado y fue adaptado para zonas de Clima Tropical y a las condiciones climáticas de nuestro país.

ETP=0.0023*
$$(T_{media}+17.8)(T_{max}-T_{min})^{0.5}R_{a}$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial diaria, mm/día

T_{media}: Temperatura media diaria,°C

Ra: Radiación solar extraterrestre, en mm/día.

T_{max}: Temperatura diaria máxima

T_{min}: Temperatura diaria mínima

3.3.2.5. Estimación de la Evapotranspiración Real (ETR)

Para el cálculo de la evapotranspiración real se estima partiendo del cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP), utilizando la fórmula de Thornthwaite, basado en los parámetros de coeficiente de corrección por latitud (horas sol) e Índice de calor anual.

$$ER_i = min (H_{i-1} + Pi - Ti, ETP_i)$$

Donde:

P_i: Precipitación; mes (i). mm

H_{i-1}: Humedad antecedente; mes (i-1). mm

ETP_i: Evapotranspiración potencial; mes (i). mm

ETR_i: Evapotranspiración real; mes (i). mm

3.3.2.6. Estimación del escurrimiento superficial

En la cuenca no existen registros de caudales continuos, debido a esto el caudal se determina aplicando métodos indirectos. Para este estudio se utilizó el

programa Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas (CHAC). El programa CHAC integra al modelo hidrológico de Témez, que requiere de información de entrada, datos de precipitación, evapotranspiración potencial, parámetros de suelo como humedad inicial e infiltración.

3.3.2.7. Estimación de la infiltración (I)

La infiltración (I), es calculada a través del modelo Témez como diferencia entre el excedente (T) y el escurrimiento superficial (R).

Sin embargo, es importante mencionar que esta variable, se debe validar con los muestreos de pruebas de infiltración que sean representativas del área de estudio, con el fin de determinar las características hidrogeológicas considerando los límites de las unidades de los diferentes estratos de suelos.

Estimadas las variables en la ecuación el balance hídrico superficial, se procede al cálculo de la disponibilidad del recurso hídrico en la subcuenca.

3.3.2.8. Calibración del modelo hidrológico

El modelo que ha sido seleccionado, debe ser calibrado para la cuenca de aplicación, hay dos criterios de calibración: los resultados del modelo deben corresponder con las observaciones registradas, y los valores estimados para los parámetros deben ser consistentes con las características de la cuenca.

La calibración es la etapa del proceso de modelación en la que se consigue que el modelo reproduzca el funcionamiento del sistema observado. Además, la calibración se utiliza para dar valores numéricos a aquellos parámetros sobre los que se dispone de pocos o ningún dato. El grado de ajuste entre los valores simulados por el modelo y los observados en la realidad se mide mediante la utilización de una función o criterio objetivo.

Los criterios seguidos para elegir el conjunto óptimo de parámetros han sido los siguientes:

- Visualización gráfica del año medio simulado y observado.
- Visualización gráfica de los ajustes año a año.
- Visualización gráfica de la correlación a nivel anual entre aportación histórica y simulada.
- Valores de funciones objetivo matemáticas de apoyo (errores medios relativos y cuadráticos).

Los parámetros de entrada para la calibración de una cuenca son: evapotranspiración potencial mensual, precipitación media áreal, y caudales medios mensuales. Conceptualmente este apartado facilita al ajuste del modelo mediante la calibración de los parámetros Humedad máxima (Hmax), Coeficiente de descarga (C), Infiltración máxima (Imax), Rama de descarga al acuífero (), apoyándose en evaluación de errores y en la comparación visual y la comparación visual de los hidrogramas observados y simulados. Bajo el epígrafe de Calibración, CHAC permite llevar a cabo dos procesos básicos en la aplicación de modelos para el cálculo de aportaciones son:

- Calibración: Ajuste de los parámetros del modelo durante un periodo por comprobación entre valores simulados y los caudales reales medidos en estaciones de aforos. Comprobación de la capacidad descriptiva del modelo.
- Validación: Comprobación de la capacidad predictiva del modelo aplicando los parámetros de la calibración durante un periodo no empleado por esta.

3.3.2.9. Evaluación del modelo

Una vez que, por medio del proceso de calibración, se han obtenido los mejores valores para los parámetros del modelo, se hace necesario evaluar los resultados,

a fin de determinar si responden a las necesidades. Las respuestas pueden ser insatisfactorias debido a que el modelo proporciona estimados imperfectos de las cantidades hidrológicas necesitadas o porque los resultados del modelo no proporcionan información relevante para los decisores.

La imperfección de los resultados puede tener origen en una variedad de causas. Las fuentes de problemas se describen a continuación:

- Ærrores en los datos usados en la calibración.
 Æl uso de periodo de información que no representa suficientemente.
 Los procesos físicos necesarios para calibrar.
 Inadecuada o mala representación; por el modelo, de los procesos físicos
- Resultados insuficientes para la toma de decisiones.

desarrollados en la cuenca.

Existen criterios estadísticos para la evaluación del modelo, el uso regular de criterio estadístico puede proporcionar amplia información a los usuarios sobre qué tan apropiados es un modelo para satisfacer sus requerimientos, bajo las condiciones hidrológicas en cuestión. Destacan el hecho de que, aunque el uso del modelo es profuso, son pocos los resultados de la simulación que presentan acompañado de criterios estadísticos.

Existen numerosos criterios estadísticos para evaluar la precisión numérica de los resultados de la simulación. El criterio más utilizado es el coeficiente de Nash-Sutcliffe, R², (Clarke, R.T.1973; Jame, D.L. y Burges, S.J. 1982⁸).

El índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe-NSE (1970) es un estadístico normalizado que determina la magnitud relativa de la varianza residual ("ruido") en comparación con la variación de los datos de medición ("información"), este

_

⁸ Clarke, R.T.1973; Jame, D.L. y Burges, S.J. 1982. The analysis of hydrological time series

índice fue empleado como criterio para evaluar el poder reproductivo del modelo hidrológico⁹, adoptando la interpretación recomendada por la literatura (Moriasi et. al, 2007¹⁰).

El coeficiente de Nash-Sutcliffe se define de la siguiente forma:

$$E^{2} \times 1Z - \frac{fQ_{o} \times Q_{c} \times A}{fQ_{o} \times Q_{m} \times A}$$

Dónde:

 Q_0 = caudal observado al intervalo de tiempo.

Q_c= caudal calculado (simulado) al intervalo de tiempo.

Q_m= media de los caudales observados para el periodo de análisis.

3.3.2.10. Simulación del modelo

Una vez calibrado y validado el modelo de evaluación de recursos, se pasa a la simulación con los parámetros ajustados previamente cuyo fin puede ser:

Completar y ampliar las series de registros históricos de caudales.

) Simular los recursos hídricos en cuencas no aforados.

Predicción de caudales considerando series meteorológicas dadas.

En base a las características físicas calibrados (Hmax, C, Imax,), y los parámetros climatológicos como Evapotranspiración Potencial y precipitación áreal, se obtienen las aportaciones en las principales unidades hidrológicas que conforman la subcuenca del río Mayales.

⁹ Stehr, Alejandra, Debels, Patrick, Arumi, José Luis, Alcayaga, Hernán, Romero, Francisco, Modelación de la respuesta hidrológica al cambio climático: experiencias de dos cuencas de la zona centro-sur de Chile. Tecnología y Ciencias del Agua, 2010

¹⁰ Moriasi, D.N., et al. (2007) Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations.

CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Caracterización climática e hidrológica

La delimitación del área de estudio: se realizó haciendo uso de las hojas cartográficas a escala 1:50,000 de Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) trazando la línea divisora de aguas superficiales mediante la digitalización de la cuenca en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Incluyendo descripción administrativa del área de estudio, aspectos hidrológicos, hidrografía y climática.

4.2. Análisis de información hidrometeorológico

Para el análisis de la información hidrometeorológica, se siguieron un proceso del cual se puede destacar los siguientes:

® Selección y Preparación de la información hidrometeorológica: Se solicitó la información hidrometeorológica al INETER para disponer de los registros de caudales, precipitación, temperatura.

En el cuadro N° 2, se detalla las estaciones meteorológicas utilizadas:

Cuadro N°. 2. Estaciones meteorológicas utilizadas en subcuenca del río Mayales

N°	Codigo	Nombre	Tipo	Elevacion	Longitud Oeste	Latitud Norte
1	61021	La Libertad	Meteorologica Ordinaria (HMO)	467	85°10'36"	12°12'30"
2	69024	Lovago	Pluviométrica (PV)	90	85°10'00"	12°00'00"
3	69034	Juigalpa	Meteorologica Principal (HMP)	90	85°22'00"	12°06'00"
4	69053	La Palma	Pluviométrica (PV)	160	85°15'48"	12°01'54"
5	69055	Cuapa	Pluviométrica (PV)	325	85°23'12"	12°16'18"
6	69057	San Esteban	Pluviométrica (PV)	340	85°28'54"	12°07'54"
7	69073	Puerto Diaz	Pluviométrica (PV)	50	85°30'39"	11°57'54"
8	69083	Guapinolapa	Meteorologica Ordinaria (HMO)	50	85°28'57"	11°59'09"
9	69119	Tecolostote	Pluviométrica (PV)	100	85°38'30"	12°15'18"
10	69134	Plantel Altamira	Pluviométrica (PV)	160	85°15'30"	12°07'05"

- Realizar análisis de la calidad de la información hidrometeorológica: Los datos de las estaciones hidrométricas y climatológicas, fueron analizados y completados, mediante la aplicación de métodos estadísticos, en dependencia del número de datos inexistentes y del tipo de variable en estudio.
- Relleno de datos faltantes de precipitación: esto se realizó mediante la aplicación del software Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas (C.H.A.C), que ha sido desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, con metodología propia, con el fin de proporcionar una herramienta útil de trabajo aplicado a la hidrología.

4.3. Calculo de las principales variables del balance hídrico

- ® Calculo de la evapotranspiración potencial (ETP) y la precipitación media áreal (PMA) de la subcuenca: estos se estimaron aplicando las diversas metodologías explicadas marco teórico.
- ® Estimación del escurrimiento superficial: Se calculó la relación precipitación-escorrentía para la subcuenca en estudio, mediante la aplicación de la ecuación del balance hídrico superficial, como representación numérica de lo que ocurre en el ciclo hidrológico.

4.4. Aplicación de la ecuación de balance hídrico

® Calcular el balance hídrico superficial de la subcuenca en estudio: La representación espacial de los parámetros que intervienen en el balance hídrico superficial, se elaboró mediante la utilización de un programa que facilita el manejo de la información espacial.

4.5. Presentación de los resultados

® Se elaboró un documento, donde se presentaron los resultados finales del estudio, mapas representativos de cada de las variables que intervienen en el comportamiento del balance, conclusiones del estudio y anexos.

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Caracterización general de la cuenca

5.1.1. Caracterización de los suelos

5.1.1.1. Tipo de suelo¹¹

Analizando lo información expresada en el mapa de Uso y Tipo de Suelos edición 2015, en la subcuenca se encuentran diferentes órdenes de suelo tales como los Andisoles, Vertisoles, Molisoles, Inseptisoles y Entisoles.

A nivel de Ordenes de Suelo, en la subcuenca del río Mayales predominan los órdenes de Molisoles bajo el suborden de los Udolls abarcando un 35.4% del área total de la subcuenca y los Inceptisoles bajo el suborden de Ustepts con 37.2 % seguido de los Alfisoles con el suborden de Ustalfs representando un 14.9 % del área total de la subcuenca.

Cuadro No. 3. Distribución de área por orden y suborden de suelo en la subcuenca mayales

Orden	Suborden	AREA (KM ²⁾	%
Afloramiento rocoso	Afloramiento rocoso	2.42	0.2
Ultisol (H)	Udults (HC)	30.97	2.9
Molisol (I)	Udolls (IG)	373.47	35.4
Molisol (I)	Ustolls (IH)	2.87	0.3
Alfisol (J)	Ustalfs (JC)	157.41	14.9
Alfisol (J)	Udalfs (JE)	8.8	0.8
Inceptisol (K)	Ustepts (KE)	392.98	37.2
Entisol (L)	Orthents (LE)	86.59	8.2
		1,055.50	100

¹¹ Uso y tipo de suelo Nicaragua realizado por Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente (MARENA), Ministerio de Agricultura (MAG) e Instituto Nicaragüense Forestal (INAFOR), año 2015

Los suelos de orden Molisol (Del Latín Mollis= Suave) se caracterizan por estar enriquecidos con alto contenido de materia orgánica, tiene alta fertilidad natural, son suelos suaves, bien estructurados, no son duros ni masivos cuando están secos. Dentro de este se encuentra el suborden Udolls.

Udolls: Definido por el régimen de humedad del suelo Údico (Latin udus= húmedo), permanecen secos menos de 90 días consecutivos en años normales durante el periodo lluvioso, esto los hace cultivables ya que no presentan déficit de agua en el suelo durante el desarrollo del cultivo.

Los suelos de orden Inceptisol (Del Latín Inceptum= incipiente de poco desarrollo), se caracterizan por ser suelos que no han alcanzado desarrollar caracteres diagnósticos de otros ordenes, pero presentan evidencia de ser suelos jovenes o de poco desarrollo, es decir que se han desarrollado de materiales geológicos recientes y presentan un horizonte cámbico que guarda estrecha relación con el material del que se ha originado. Dentro de este se encuentran los subórdenes Aquepts y Ustepts.

Ustepts: Definido por el régimen de humedad del suelo Ústico (Latín ustus= seco) permanecen secos por más de 90 días consecutivos en años normales, lo que hace difícil que sean cultivados en régimen de secano.

En la figura N°. 7, se observan los órdenes y subórdenes al igual que el porcentaje de área de suelos dentro de toda la unidad hidrográfica.

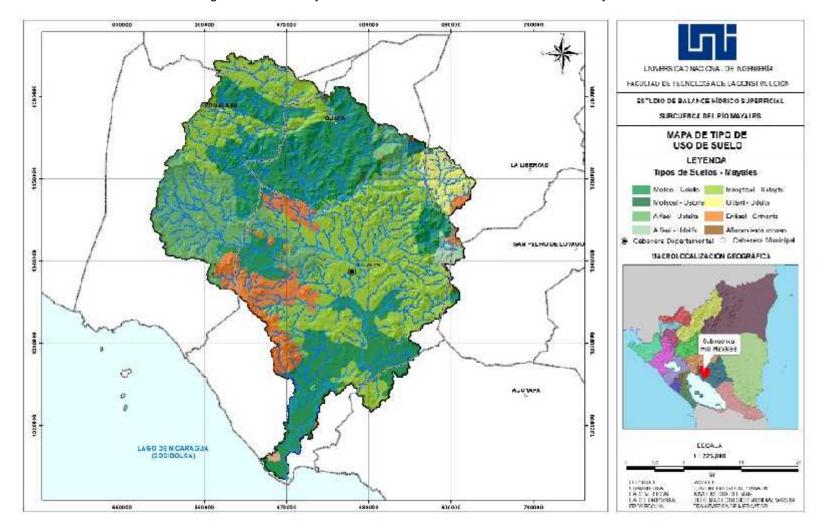


Figura N° 7. Orden y suborden del suelo en la subcuenca del río Mayales

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2. Uso de suelo¹²

El uso del suelo en la zona es variado; existen áreas de bosques Latifoliados¹³ tanto densos como ralos, pastizales, tacotales y humedales, sin embargo la cobertura que predomina son los pastos y los bosques latifoliados ralos.

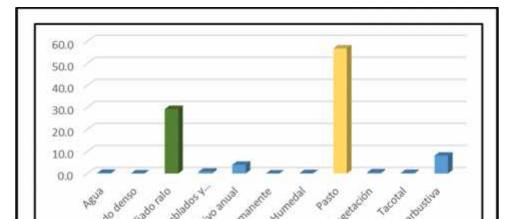
Los pastos abarcan el 56.8% del área total de la subcuenca y seguidos de los bosques latifoliados con un 29.3% respectivamente y en menor porcentaje la vegetación arbustiva con un 8% del área total de la subcuenca. Ver cuadro No. 4 y gráfica No 3 donde se describe los usos y cobertura de los suelos en la subcuenca. En la figura No. 8 se muestra el mapa de uso del suelo en la subcuenca Mayales.

Cuadro N° 4. Cobertura y uso de la tierra en la subcuenca del río mayales

Uso	Área (Km²)	%
Agua	3.126	0.3
Bosque latifoliados denso	0.280	0.0
Bosque latifoliados ralo	308.757	29.3
Ciudades, poblados y	8.597	0.8
caseríos	0.591	0.6
Cultivo anual	41.584	3.9
Humedal	1.369	0.1
Pasto	599.445	56.8
Suelo sin vegetación	4.995	0.5
Tacotal	2.316	0.2
Vegetación arbustiva	85.073	8.1
Suma	1055.5	100.0

¹² Uso y tipo de suelo Nicaragua realizado por Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente (MARENA), Ministerio de Agricultura (MAG) e Instituto Nicaragüense Forestal (INAFOR), año 2015.

¹³ Bosque Latifolíados: Son arboles de hojas anchas de 5 m de altura y 20 cm de diámetros.



Gráfica No 3. Cobertura de usos de suelos subcuenca Mayales

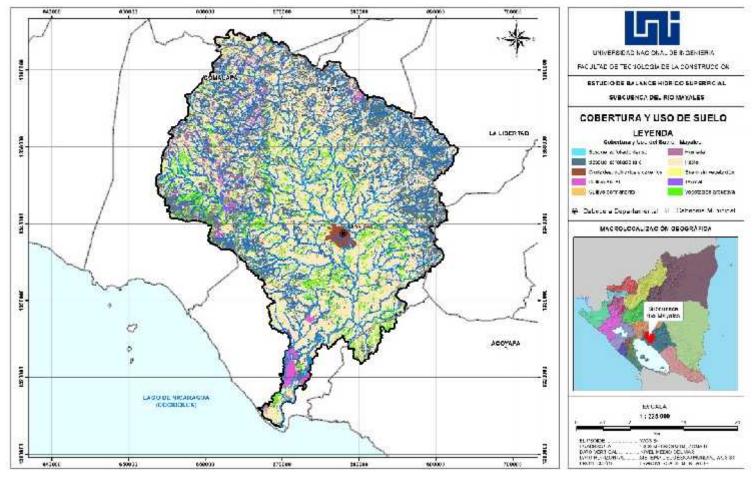


Figura No 8. Uso de suelo en la subcuenca del río Mayales

5.1.1.3. Conflicto de uso de suelo

Los mapas de conflictos de uso de suelo son muy importante, debido a que nos permite evaluar el grado o nivel de uso de aprovechamiento que se le da al suelo, este se genera a partir de la comparación de los usos adecuado o potencial con el uso actual, dando como resultados conocer aquellas áreas o zonas donde los usos actuales son inadecuados o incorrectos; ocasionando daños severos a los suelo y desperdiciando lo que verdaderamente estos suelos son aptos (producción, medioambiente, evitar erosión entre otros).

En el caso de la subcuenca de río Mayales, esta situación es alarmante, según el mapa de conflicto de usos del suelo; el 65% de la subcuenca es **sobreutilizados**, es decir presentan zonas donde se degrada constante y progresivamente el potencial natural del suelo para sostener actividades productivas y preservar los recursos naturales. Ver cuadro N° 5 y grafica No 4.

El 29 % de la subcuenca es **subutilizado**, es decir son aprovechados por debajo de su uso potencial. Al final se puede decir que el 94% de la subcuenca no tiene el uso adecuado de sus suelos, factor que afecta considerablemente a los recursos naturales entre ello el nuestro preciado recurso agua. Ver figura No 9, donde se muestra el mapa de conflicto de usos del suelo en la subcuenca.

Cuadro N° 5. Categoría de conflicto de los usos de suelos subcuenca Mayales

Categoría	Área (Km²)	%
Adecuado (A)	43.43	4.12
Subutilizado (S)	314.50	29.80
Sobreutilizado (X)	688.12	65.21
No Aplica (N)	9.18	0.87
Total	1055.23	100

Conflicto de Uso del Suelo (%)
Subcuenca Mayales

70.00
60.00
(%)
40.00
10.00
10.00
Adecuado (A) Subutilizado (S) Sobreutilizado (X) No Applica (N)
Categoria

Gráfica No 4. Categoría de conflicto de los usos de suelos subcuenca Mayales

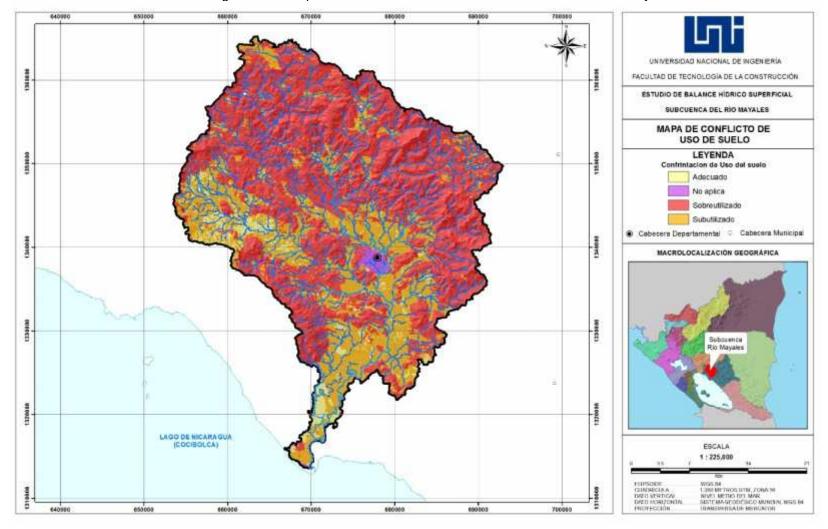


Figura No 9. Mapa de conflicto de usos del suelo – Subcuenca del río Mayales

5.1.2. Caracterización climática

El periodo de análisis es de 1970 a 2012 para un periodo de análisis de 41 años y como se mencionó en el capítulo de metodología, se utilizaron 10 estaciones meteorológicas, de ellas 1 estación principal (HMP) las cuales registran todas las variables climáticas (precipitación, temperaturas, humedad relativa, radiación, evaporación, entre otras), 2 estaciones ordinarias (precipitación y temperatura) y 7 estaciones pluviométricas (precipitación).

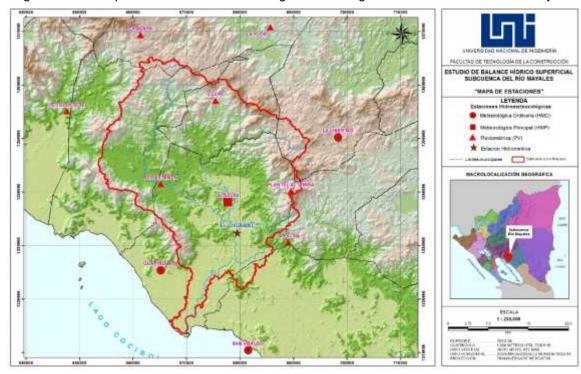


Figura No 10. Mapa de estaciones meteorológica e hidrológica en la subcuenca del río Mayales

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.1. Régimen de precipitación

La distribución de la precipitación interanual presenta importantes variaciones espaciales y temporales que son el resultado de complejas interacciones entre la circulación general de la atmósfera, los sistemas meteorológicos, la orografía, la orientación y forma de las costas, así como las influencias de los flujos de humedad provenientes del Mar Caribe y el Océano Pacífico.

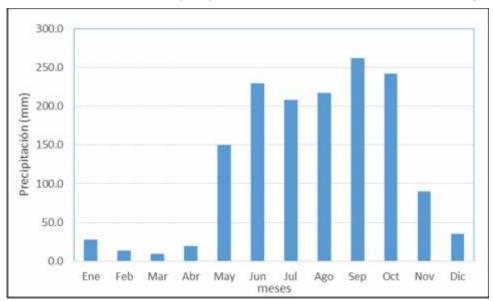
Del análisis de los datos se observó que la precipitación anual de la Subcuenca es de 1502.7 mm, la marcha mensual de la precipitación refleja que el máximo de precipitación ocurre en septiembre (261.7 mm), y el mínimo en marzo (9.69 mm). Se observa que la precipitación tiene un comportamiento bimodal, ya que se registra un máximo de 229.21 mm en junio, cuando se establece el periodo lluvioso local, posteriormente la precipitación disminuye hasta alcanzar un mínimo relativo de 217.37 mm en agosto, a partir de este valor la precipitación se incrementa hasta alcanzar el máximo mencionado en septiembre y luego disminuir en los meses siguientes.

Cuadro No 6. Precipitación media mensual en la subcuenca del rio mayales

		Esta	ciones	meteor	ológica	s - Sub	cuenca	del Rí	o May	ales			
Nombre	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
Camoapa	160.0	210.2	181.2	181.5	204.1	175.5	78.3	36.7	29.6	17.0	11.0	19.4	1304.3
La Flor	133.8	259.5	338.0	293.4	253.1	230.3	138.4	83.9	64.0	39.8	21.6	19.7	1875.4
La Libertad	133.3	243.6	274.6	213.2	210.2	192.4	110.3	78.5	67.8	35.9	24.4	29.5	1613.5
Lóvago	154.2	262.8	202.5	232.1	263.9	250.2	103.2	37.8	28.9	9.7	7.1	22.0	1574.3
Juigalpa	150.7	198.1	135.3	165.4	230.9	212.8	65.0	15.1	9.6	4.4	2.8	12.0	1202.0
La Palma	154.1	203.7	181.6	204.2	249.5	228.9	80.1	20.9	18.5	6.7	5.0	16.8	1370.1
Cuapa	144.0	218.5	224.2	208.5	253.4	216.8	76.0	49.9	40.8	18.7	10.9	23.0	1484.6
San Esteban	130.6	184.2	139.1	147.0	249.4	224.9	78.0	19.8	12.4	3.9	3.4	11.5	1204.0
Puerto Díaz	169.3	227.6	196.0	268.7	318.2	324.9	82.5	17.7	12.6	6.7	6.3	18.3	1648.6
Guapinolapa	166.3	231.4	184.4	213.7	308.2	322.5	92.5	14.6	9.3	2.6	9.4	17.9	1572.8
Tecolostote	147.4	281.9	229.0	263.4	338.8	284.5	82.9	11.2	8.8	2.3	4.9	25.6	1680.8
Promedio	149.4	229.2	207.8	217.4	261.8	242.2	89.7	35.1	27.5	13.4	9.7	19.6	1502.8

En la gráfica No 5, se muestra el comportamiento medio mensual de las lluvias en la subcuenca Mayales. En el análisis del comportamiento de la precipitación se observa que durante el período lluvioso (mayo-octubre) el acumulado es de 1307.7 mm, lo que representa el 87% del total anual que es de 1502.8 mm; durante el primer sub período de lluvia (mayo-julio) el promedio es de 586.4 mm, que corresponde al 39% del total anual y en el segundo sub período de lluvia

(agosto- octubre) el promedio es de 721.3 mm, equivalente al 48% del total anual. Durante el período seco (noviembre –abril) el promedio es de 195.0 mm lo que corresponde al 13% del total anual de precipitación.



Gráfica No 5. Distribución de la precipitación media anual – subcuenca del río Mayales

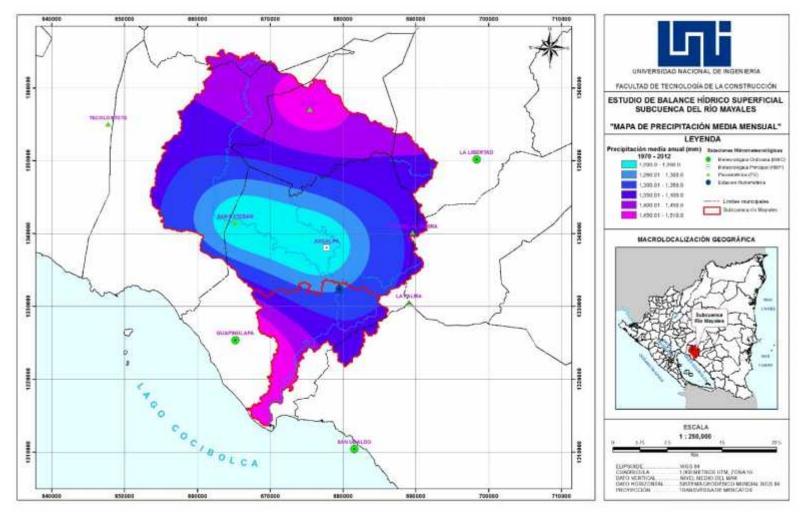


Figura No 11. Mapa de distribución espacial de los valores promedios anuales de precipitación

5.1.2.2. Régimen térmico

La Temperatura media del aire en la subcuenca representado por la estación de Juigalpa es de 26.7 °C, la temperatura media más elevada en Juigalpa ocurre entre abril y mayo, con valores que oscilan entre 28.5 °C y 28.1 °C, coincidiendo con el final del período seco.

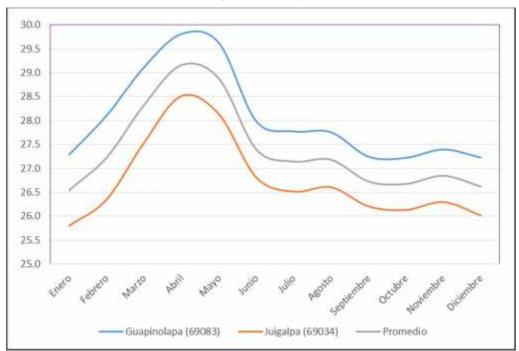
En los meses de septiembre y octubre ocurre una disminución significativa de la temperatura media, alcanzando valores de 26.1 °C, en ambos meses, debido a que estos son los más lluviosos del año en los cuales predominan grandes mantos nubosos que atenúan la radiación solar directa, lo que reduce significativamente el calentamiento de las masas de aire junto al suelo originando una disminución de la temperatura ambiente. No obstante, la fluctuación anual de la temperatura media durante todo el año se considera estable, ya que las fluctuaciones de la temperatura media anual entre el mes más cálido y el mes más frío, presenta una fluctuación de 2.8 °C. Ver cuadro N° 7 y gráfica No 6.

Al considerar la estación de Guapinolapa (69083), esta presenta un aumento de la temperatura media de 1.3 grados; la razón de dicho aumento se debe a que la estación está muy cerca a la costa del Lago Cocibolca, el cual por efecto de evaporación de la lámina de agua presenta una mayor evaporación aumentando así la temperatura media del aire en la parte baja de cuenca del río Mayales.

Cuadro N° 7. Comportamiento de la Temperatura media del aíre (°C) - Subcuenca del Río Mayales

Comportamiento de la Temperatura media del aíre (°C) - Subcuenca del Río Mayales														
Estación Código Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Agosto Sept Oct Nov Dic Media														
Juigalpa	69034	25.8	26.3	27.5	28.5	28.1	26.8	26.5	26.6	26.1	26.1	26.3	26	26.7
Guapinolapa	69083	27.3	28.1	29.1	29.8	29.6	28	27.8	27.8	27.2	27.2	27.4	27.2	28
Promedio 26.5 27.2 28.3 29.2 28.9 27.4 27.1 27.2 26.7 26.8 26.6 27.										27.4				

Gráfica No 6. Comportamiento de la temperatura media del aire (°C) subcuenca del río Mayales (1971 – 2012)



5.1.2.3. Humedad relativa

El comportamiento medio anual de la humedad relativa, muestra que los valores máximos de humedad en el lugar se presentan en septiembre con un valor de 83.8 %; produciéndose una disminución en los meses de julio y agosto, para aumentar nuevamente en septiembre y octubre, coincidiendo con los meses más lluviosos del año. Los valores mínimos de la humedad relativa ocurren entre los meses de marzo y abril con valores de 67.1 %, coincidiendo con el periodo de mayor cantidad de radiación solar y por ende la temperatura del aire aumenta y la humedad relativa disminuye. (Ver gráfica No. 7 y Cuadro No. 8)

Cuadro No 8. Humedad relativa media mensual – Período 1970 – 2012

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Media	Ī
Media	73.0	70.4	67.1	67.1	73.7	81.6	81.4	81.9	83.8	83.4	78.7	75.6	76.3	

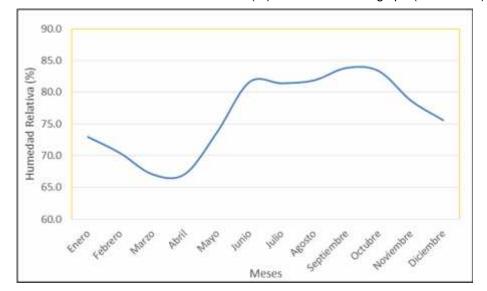


Gráfico 7. Humedad relativa media anual (%) – Estación de Juigalpa (1971-2012)

5.3.1 Caracterización hidrológica

La subcuenca del río Mayales, se encuentra localizada en la cuenca hidrológica número 69 (según PHCA, 1970), comprendiendo la parte media de la cuenca del Río San Juan, drenando al Lago Cocibolca.

Con respecto a la hidrología de los municipios, se identificaron y delimitaron las principales unidades hidrológicas tributarias de la subcuenca del río Mayales. Las características físicas de las unidades, permiten conocer la variación espacial de los aspectos que definen su régimen hidrológico. Estas características dependen de la morfología tales como: área, factor de forma, red de drenaje, entre otras.

Uno de los principales parámetros considerados para realizar estudios hidrológicos es precisamente los adoptados en la caracterización física de la subcuenca del río Mayales; siendo uno de los aspectos más importantes dentro de la valoración los parámetros geomorfológicos de la forma de la subcuenca, a continuación, se detalla los principales indicadores de la subcuenca hidrográfica tales como:

a) Área de la cuenca

La subcuenca del río Mayales tiene un área de **1,055.5 km²**, siendo un tributario de suma importancia del Lago de Nicaragua (Lago Cocibolca), la red de drenaje está compuesta por tributarios entre los que se mencionan los ríos: El Pirre, Cuapa, Cuisalá, Las Delicias, Apompuá y el Carca y está compuesto por corrientes de tipo efímeras e intermitentes la cual se muestra en la figura No. 12 Red de drenaje.

b) Longitud

El río principal Mayales cuya longitud es de 83.33 km, tiene su nacimiento en las faldas del cerro El Parlamento donde las elevaciones máximas y mínimas, son de 660 msnm y 31.1 msnm desembocando al Lago de Nicaragua.

c) Densidad de drenaje

La densidad de drenaje es de 1.18 Km/km2, este valor modular indica que existe un buen drenaje, probable presencia de ríos permanentes dentro de la subcuenca. Valores altos de este parámetro indican que las precipitaciones influirán inmediatamente sobre la descarga de los ríos (tiempo de concentración cortos).

La baja densidad de drenaje es favorecida en regiones donde el material del subsuelo es altamente resistente bajo una cubierta de vegetación muy densa y de relieve plano.

d) Elevaciones

Según las elevaciones máximas y mínimas la subcuenca del río Mayales la pendiente media es 0.007 m/m lo que genera un tiempo de concentración de 6.89 hrs, siendo este un indicativo de que el escurrimiento superficial será del tipo moderada a rápida.

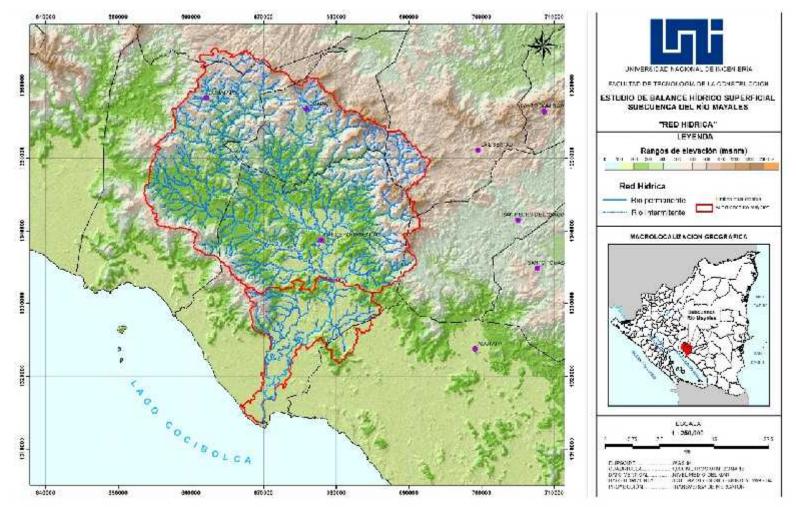


Figura No 12. Red de drenaje subcuenca del río Mayales

e) Forma de la cuenca

Al determinar el parámetro de Índice de Gravelius, éste nos indica de forma genérica que si la cuenca es igual a uno (lg= 1) todas las aguas se concentrarán al mismo tiempo, lo que generaría inundación del tipo rápida. Según el valor de lg= 1.50 para la subcuenca del río Mayales este nos indica que las inundaciones estarían caracterizadas en una secuencia de media a lenta.

f) Coeficiente de masividad

El coeficiente de masividad de 0.23 m/Km² es bajo valor característicos en cuencas muy montañosas, en este caso se caracteriza por presentar sectores montañosos en la parte alta y media de la cuenca.

g) Geomorfología de la subcuenca

Topográficamente, es una región con grandes elevaciones y un relieve montañoso y accidentado. En la subcuenca se localizan cerros y filas de gran importancia, estos sirven de parteagua natural o divisor topográfico común entre las cuencas, mencionándose entre estos el cerro Oluma a 770 msnm, cerro La Mica con 695 msnm, cerro El Portillo que alcanza una elevación de 683 msnm, Mesas del Arrayán 645 msnm, Hato Grande 658 msnm, Los Andes con 747msnm, Loma Larga 614 msnm.

h) Relieve

El relieve es de gran importancia ya que condiciona los procesos de infiltración, escurrimiento superficial y humedad del suelo, en la figura No 13, se muestran las características del relieve, tomando en cuenta la pendiente media que es de 0.009 m/m, se expresa que las condiciones del relieve son de suave a moderado.

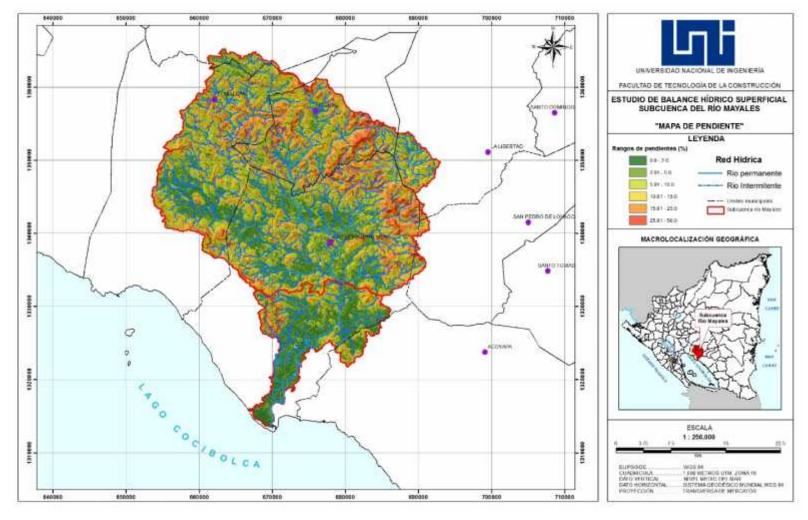


Figura No 13. Característica del relieve subcuenca del río Mayales

A continuación, se presenta en el cuadro No.9 un resumen de los principales parámetros fisiográficos calculados a partir de la hoja topográfica 1: 50,000 que contiene a la subcuenca del río mayales donde se destacan su forma, densidad de drenaje, pendiente de río y el tiempo de concentración.

Cuadro No 9. Parámetros Fisiográficos e Hidrológicos subcuenca del río Mayales

Parámetros fisiográficos	Mayales	Clasificación
Área (km²):	1055.5	
Perímetro (km):	185.2	-
Longitud del río principal (km):	83.33	Largo
Elevación máxima (msnm):	660	
Elevación mínima:	31,1	-
Elevación media (msnm):	242.77	Moderada
Ancho cuenca (km):	35.56	-
Coeficiente de forma Kf1:	0.15	Ligeramente achatada
Coeficiente de compacidad Kc ² :	1,5	De oval redonda a oval
		alongada
Índice de alargamiento 13:	2.3	Moderadamente alargada
Coeficiente de masividad Km	0.23	Muy Montañosa
Orden de río:	5	Alto
Densidad de drenaje (km/km²):	1.18	Baja
Número de escurrimientos:	798	Alto
Ríos de primer orden	409	-
Pendiente del cauce principal %:	0.75	Fuerte
Frecuencia de ríos /km²	0.76	-
Tiempo de concentración PHCA ¹⁴ Tc (hr):	6.89	Escurrimiento superficial moderado

5.3.1.1 Unidades hidrológicas tributarias

Para la delimitación de las unidades hidrológicas (UH) del río Mayales, se aplicó la metodología de Pfafstetter, creada por el Dr. Otto Pfafstetter en Brasil en el año 1989 y difundida por la Dra. Kristine Verdin a partir del año 1997, a través del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Actualmente esta metodología ha sido adoptada por el INETER para la delimitación de las unidades hidrológicas del País. Para la cuenca del río Mayales

-

¹⁴Programa Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA)

se han delimitados ocho unidades para un nivel seis que se muestran en el cuadro No 10 y en la figura No 14 la distribución de las mismas.

Cuadro No 10. Unidades hidrológicas de la subcuenca del río mayales

Unidades Hidrológicas	Códigos Pfafstetter - Nivel 6
Río Mayales (parte baja)	69-952561
Río Las Delicias	69-952562
Río Mayales (parte media)	69-952563
Río Apompuá	69-952564
Río Cuisalá (parte baja)	69-952565
Río Mayales (parte Alta)	69-952566
Río Cuisalá (parte media)	69-952567
Río Cuisalá (parte alta)	69-952569

Figura No 14. Distribución de las unidades hidrológicas de la Cuenca del rio Mayales



A continuación, se describen cada una de estas unidades hidrológicas, y sus principales parámetros fisiográficos.

Río Mayales (parte baja) - (69-952561)

Se encuentra en la parte baja de la cuenca del río Mayales, esta unidad drena todas las aguas provenientes de las otras unidades hacia el lago Cocibolca; representa el 10.31 % del área total con una superficie de 101.17 km².

La longitud del cauce principal es de 30.35 km, con una densidad de drenaje de 1.14, de acuerdo a los parámetros que describen la forma la unidad es Oval alargada, con una pendiente media del 9.1 % y un tiempo de repuesta es de 2.17 horas.

| Río Las Delicias - (69-952562)

La unidad representa el 3.94 % del área total, con una superficie de drenaje de 41.46 km2, el río principal del mismo nombre con una longitud de 9.11 km nace en las cercanías del cerro Atalaya hasta drenar sus aguas al río Mayales.

Según los factores que describen la forma la unidad es redonda a oval, con una pendiente media del 9.20 % considerada como un relieve fuertemente inclinado, la densidad de drenaje es de 0.74 ríos por km² con un sistema de drenaje dendrítico y un tiempo de respuesta de 0.74 horas.

Río Mayales (parte media) - (69-952563)

La superficie de drenaje de esta unidad es de 20.09 km², representado el porcentaje mínimo del área total con el 1.90%. La longitud del río principal es de 8.39 km, en esta unidad transitan las aguas provenientes de las unidades hidrológicas de los ríos Cuisalá (parte alta, media y baja), río Mayales (parte alta) y río Apompuá.

| Río Apompuá – (69-952564)

Esta unidad representa el 5.07 % del área total con una superficie de drenaje de 53.74 km2, el río principal con una longitud de 18.33 km nace a una elevación aproximada de 398 msnm hasta drenar sus aguas al rio Mayales.

De acuerdo al índice de compacidad la unidad tiene forma redonda a oval, con una pendiente media del 15.6 % considerada como un relieve moderadamente empinado; el tipo de drenaje se caracteriza por ser del tipo detrítico, con un tiempo de respuesta de 1.15 horas.

Río Cuisalá (parte baja) – (69-952565)

La superficie de drenaje de esta unidad es de 92.36 km², representado el 8.72% del área total. Se caracteriza por ser una intercuenca, debido que transita a través del río principal las aguas de las unidades tributarias de los ríos Cuisalá (parte a media y baja) hasta evacuar sus aguas al rio Mayales.

La pendiente media de la UH es de 13.3 % considerado como un relieve accidentado medio, con una densidad de drenaje es de 1.26 ríos por km² y un tiempo de repuesta de 1.73 horas.

Río Mayales (parte alta) - (69-952566)

Esta unidad hidrológica es muy importante, porque es la de mayor aportación al río principal representado el 38.68 % del área total con un área de drenaje de 409.67 km2. En esta unidad se encuentran las mayores elevaciones de la cuenca del río Mayales, encontrándose entre estos Los Cerros El Cafetal con 951 msnm, Monte Cristo 958 msnm y Peña de Tumbe con 980 msnm.

De acuerdo al índice de compacidad la unidad tiene forma oval, con una pendiente media del 20.9 % considerada como un relieve accidentado; el tipo de drenaje se caracteriza por ser del tipo detrítico, con una densidad de drenaje de 1.23 por km² y un tiempo de respuesta de 2.98 horas.

| Río Cuisalá (parte media) - (69-952567)

La superficie de drenaje de esta unidad es de 130.10 km2, representado el 12.28 % del área total. Se caracteriza por ser una intercuenca, debido que transita a través del río principal las aguas de las unidades tributarias de los ríos Cuisalá (parte alta) hacia la unidad aguas abajo siendo esta Cuisalá (parte baja).

La pendiente media de la UH es de 13.10 % considerado como un relieve accidentado medio, con una densidad de drenaje es de 1.12 ríos por km² y un tiempo de repuesta de 1.64 horas.

Río Cuisalá (parte alta) – (69-952569)

Esta unidad se caracteriza por ser una cuenca de cabecera, donde se origina la naciente de del rio principal. Tiene un área de drenaje de 202.24 km², correspondiendo al 19.09 % del área total de la cuenca del río Mayales.

De acuerdo al índice de compacidad la unidad tiene forma oval alargada, con una pendiente media del 19.3 % considerada como un relieve accidentado; el tipo de drenaje se caracteriza por ser del tipo detrítico, con una densidad de drenaje de 1.15 por km² y un tiempo de respuesta de 1.97 horas.

En el siguiente cuadro resumen se presentan los parámetros fisiográficos más relevantes de las unidades hidrológicas antes descritas.

Cuadro No 11. Parámetros fisiográficos de las unidades hidrológicas subcuenca del río Mayales

				U	NIDAD	ES HID	ROLO	GICA	S NIVE	- 6				
Río	Códigos (UH)	L Km	P Km	A Km²	Li Km	Hmax m	Hmin m	Tc Hrs	Dd Km/Km ²	Kc	Ff	Smedia(río) m/m	Smedia(UH) %	Coeficiente de Compacidad GRAVELIUS (Km/Km2)
Río Mayales (parte baja)	69-952561	30.35	74.32	109.17	124.86	639	28	2.17	1.14	1.99	0.12	0.020	9.1	1.99
Río Las Delicias	69-952562	9.11	34.10	41.76	32.86	313	46	0.74	0.79	1.48	0.50	0.029	9.2	1.48
Río Mayales (parte media)	69-952563	8.39	25.92	20.09	26.00	332	45	0.66	1.29	1.62	0.29	0.034	9.4	1.62
Río Apompuá	69-952564	18.33	37.46	53.74	61.82	760	54	1.15	1.15	1.43	0.16	0.039	15.6	1.43
Cuisalá (parte baja)	69-952565	24.71	49.99	92.36	116.59	642	49	1.73	1.26	1.46	0.15	0.024	13.3	1.46
Río Mayales (parte Alta)	69-952566	45.95	112.09	409.67	502.53	979	49	2.98	1.23	1.55	0.19	0.020	20.9	1.55
Cuisalá (parte media)	69-952567	22.81	63.54	130.10	145.60	624	92	1.64	1.12	1.56	0.25	0.023	13.1	1.56
Cuisalá (parte alta)	69-952569	30.08	77.52	202.24	233.41	979	49	1.83	1.15	1.53	0.22	0.031	19.3	1.53
	de ríos	Tc = Tie	mpo de o	concer	ntración (Pl	Ff = F	actor fo	orma		_				
	P = Perímetro de la cue Hmax = Altura máxima							Dd = Densidad de drenaje Smedia = Pendiente media del cauce						
	L = Longitud	del río pri	ı Hmin = /	Altura m	ínima	Kc = Co	eficiente	de co	mpasidad					

5.4 Calculo del balance hídrico superficial

Como se mencionó en la metodología, se aplicó el modelo de Témez el cual establece el balance de cuenca bajo condiciones naturales, es decir no se considera extracciones ni los distintos usos en la cuenca; por esta razón solo se determinan las variables que influyen directamente en la ecuación del balance hídrico como lo son la precipitación media áreal, evapotranspiración real, el escurrimiento superficial y la infiltración o recarga al acuífero.

Se trata de un modelo agregado de simulación continua de pocos parámetros y de paso mensual. Simula los principales procesos de transferencia de agua en el ciclo hidrológico considerando dos almacenamientos, suelo y acuífero.

5.4.1 Análisis de consistencia y relleno de datos hidrometeorológicos

Análisis de consistencia de las series de tiempos

Se recopilaron los datos hidrometeorológicos de las estaciones localizados dentro y cercanas a la subcuenca del río Mayales, seleccionado las estaciones que estuvieran influencia climática. Todos los registros de datos se recopilaron en forma de series mensuales, compilando los parámetros climatológicos de temperatura, humedad relativa, evaporación, lluvia, etc., así como los datos de caudales observados.

Se realizó tratamiento de consistencia y homogeneidad de las series de datos hidrometeorológicos que sirvió para corroborar la calidad de la información, así como el cálculo de la precipitación áreal de las subcuencas, considerándose un total de 10 estaciones meteorológicas (véase cuadro No. 12) tomando como criterio aquellas estaciones que tuvieran características similares en cuanto a: cota topográfica, cercanía entre estaciones, precipitaciones medias similares, etc.

Cuadro No 12. Estaciones meteorológicas seleccionada

Código	Nombre	Tipo	Elevación	Longitud Oeste	Latitud Norte
55039	La Flor	PV	360	85°17'30"	12°23'42"
61021	La Libertad	HMO	467	85°10'36"	12°12'30"
69024	Lóvago	PV	90	85°10'00"	12°00'00"
69034	Juigalpa	HMP	90	85°22'00"	12°06'00"
69053	La Palma	PV	160	85°15'48"	12°01'54"
69055	Cuapa	PV	325	85°23'12"	12°16'18"
69057	San Esteban	PV	340	85°28'54"	12°07'54"
69083	Guapinolapa	HMO	50	85°28'57"	11°59'09"
69119	Tecolostote	PV	100	85°38'30"	12°15'18"
69134	Plantel Altamira	PV	160	85°15'30"	12°07'05"

El análisis de confiabilidad para el periodo de registros de los datos de las estaciones son evaluados por medio del método de doble acumulación, que es una técnica para valorar la consistencia de una serie temporal en función de otra serie de referencia, y una buena tendencia refleja una línea recta (ver figura No 15), y quiere decir que la estación es consistente, sin grandes dispersiones y errores sistemáticos¹⁵

| Section | Sect

Figura No 15. Análisis de consistencia de precipitaciones medias mensuales

¹⁵ Naciones Unidas-1969, Manual de instrucciones de hidrometría publicación numero 49

Relleno y extensión de las series de precipitación

El objetivo principal de los rellenos, es completar los registros de las series con datos faltantes o vacíos, aprovechando datos de precipitación y caudal con otras estaciones que estén disponibles sobre periodos más largos.

El relleno y la extensión de las series de precipitaciones, en el periodo común 1971 hasta el 2012; se llevó a cabo mediante la aplicación del modelo hidrológico de regresión lineal múltiple incluido en el software "Calculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas (CHAC)".

En el completado de datos se aplicó varias corridas con el modelo CHAC, que logro el completado de los datos hasta que todas las estaciones quedaran con valores de precipitaciones medias mensuales, los valores de correlación múltiple que dejaron como definitivos fueron: Coeficiente de priorización P=0.51, Exponente de priorización a=0.10, el umbral mínimo de 0.51 del coeficiente de priorización está en el límite de los aceptables (El Balance Hídrico Integrado y Dinámico en el Salvador, Diciembre 2005).

Es importante mencionar que los datos completados son de calidad y con registros bastante extenso (40 años), estableciendo el periodo de 1970/71-2011/12, organizándose en forma de año hidrológico mayo-abril. Los valores de la precipitación media anual rellenada con el CHAC, anduvieron en el orden de la Isoyetas Medias Anual 2002, elaborado por la dirección de meteorología, INETER.

5.4.2 Cálculo de la precipitación media áreal

De los métodos que existen para cuantificar el volumen de precipitación dos de las más conocidos son: el de las Isoyetas y Polígono de Thiessen (Aparicio, 1997).

La herramienta permite estimar la precipitación áreal a nivel mensual utilizando ls pesos de cada estación con influencia en la subcuenca; en otras palabras se utiliza el método de Thiessen para calcular la precipitación media áreal.

Actualmente existe el software de ArcGis 10, con el módulo de análisis espacial, se puede utilizar métodos para cuantificar los pesos o el grado de influencia de cada estación dentro del área de estudio, como se describe a continuación.

Cuadro No 13. Precipitación áreal (método de Thiessen)

Nombre	Tipo	Área de influencia (Km²)	Longitud Oeste	Latitud Norte	P Anual (mm)	Peso (%)
La Libertad	НМО	47.0	85°10'36"	12°12'30"	1613.5	4.4
Juigalpa	HMP	264.0	85°22'00"	12°06'00"	1202.0	25
La Palma	PV	95.0	85°15'48"	12°01'54"	1370.1	9
Cuapa	PV	277.5	85°23'12"	12°16'18"	1484.6	26.3
San Esteban	PV	248.0	85°28'54"	12°07'54"	1204.0	23.5
Puerto Díaz	PV	7.0	85°30'39"	11°57'54"	1648.6	0.7
Guapinolapa	НМО	78.0	85°28'57"	11°59'09"	1572.8	7.4
Tecolostote	PV	39.0	85°38'30"	12°15'18"	1680.8	3.7
		1055.5			1336.7.0	100.0

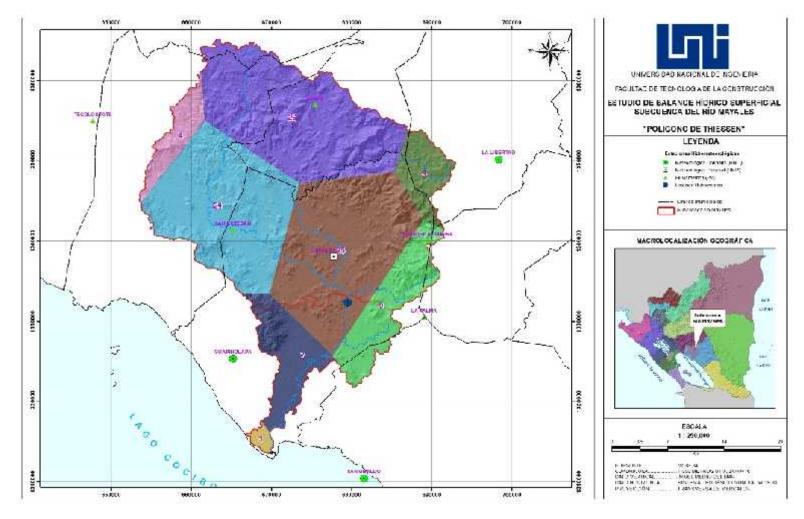


Figura No 16. Polígono de Thiessen en la subcuenca río Mayales

El cálculo áreal de la precipitación se realiza en el software "CHAC", donde los datos de entrada son los pesos determinados en Sistema de Información Geográfico (SIG) anteriormente descrito y los registros de las precipitaciones media mensual de las estaciones consideradas en el análisis de la estimación áreal.

La ventaja de realizarlo con este software, es que permite calcular una precipitación áreal mensual para cada mes de todos los años de registro (1970 – 2012).

En el cuadro No 14, se presentan los valores de precipitación áreal mensual del registro de la serie, obteniéndose como resultado para la subcuenca de Mayales tiene una precipitación media anual de 1,352.2 mm/anual. Los valores mínimos los presentó durante el período seco.

Cuadro No 14. Precipitación áreal mensual de la subcuenca de Mayales

Mayo	Junio	Julio	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Suma
143.1	206.5	176.3	181.4	245.7	219.1	76.3	30.3	23.2	10.4	6.9	16.9	1336.7

5.4.3 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración es la conjunción de dos procesos: la evaporación y la transpiración. La transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas transfieren agua a la atmósfera, toman agua del suelo a través de sus raíces, una pequeña parte es para su nutrición y el resto lo transmite.

Como es difícil medir ambos procesos por separados, además en la mayor parte de los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a las atmósferas, se calculan conjuntamente bajo el concepto mixto de evapotranspiración, exceptuando la evaporación de los cuerpos de agua, que se estudia por separado.

Existen numerosas fórmulas, teóricas o semiempíricas, y procedimiento de cálculo para estimar la evapotranspiración potencial considerando parámetros climáticos, agrícolas e hidrológicos. En este estudio se utilizó la fórmula de **Hargreaves (1966)** que mejor se ajusta a estos datos principalmente para clima trópico húmedo.

Para el cálculo de la ETP se utilizó la estación principal de Juigalpa (69034), ya que es la única con influencia en la subcuenca que registra las variables de temperatura media, humedad, radiación; las cuales son variables de entrada para estimar la ETP por el método de Hargreaves.

Los resultados de la evapotranspiración potencial de la cuenca dieron como resultado 1,880.4 mm/anuales, con valores máximos en el período seco, en los meses de marzo y abril con 196.5 y 203.7 mm respectivamente. La evapotranspiración empieza a disminuir cuando inicia el período lluvioso, presentando su valor mínimo en septiembre con 126.0 mm. Ver cuadro No 15 y gráfico No. 8.

Al comparar la ETP con los valores de evaporación de pana registrada por la estación de Juigalpa, estos presentan una pequeña variación, sin embargo, nos da una idea del que el cálculo de ETP presentan la misma tendencia.

Cuadro No 15. Evaporación potencial media mensual (mm) por el Método de Hargreaves

	Estación de Juigalpa 1970/1971 -2011/2012												
Mayo Junio Julio Agosto Sep Oct Nov Dic Enero Febrero Marzo Abril Anual													
186.1	186.1 144.7 147.3 143.9 126.0 129.1 138.9 151.0 157.6 155.6 196.5 203.7 1,880.4												



Grafica No 8. Comportamiento de ETP (mm) (Hargreaves) y Evaporación de Tanque (mm)

5.4.4 Hidrometría

En la subcuenca del río Mayales, se han instalado y operado un (1) estación hidrométrica (medidor de caudal) a partir del año 1970. La estación Mayales en Jícaral forma parte de la Red Hidrométrica Nacional de Instituto Nicaragüense Estudios Territoriales (INETER), ubicada en el lugar conocido como el Jícaral en el Municipio de Juigalpa, Departamento de Chontales. Se localiza entre las coordenadas 12º 02 54" Latitud Norte. y 85º 20 54".

La estación es de tipo limnigráfica, en el cuadro No 16, se muestra el registro de caudales medios mensuales del período de 1970 hasta el 2009, observándose inconsistencia y no homogeneidad en la serie de datos, por lo que hace necesario el relleno de caudales con estaciones hidrológica homogéneas.

Cuadro No 16. Registro de caudales medios en el período 1970 -2012

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
1970												
1971	4.62	1.92	1.15	0.884	0.645	0.335	4.5	0		76.8	5.23	2.5
1972	2.45	0.781	0.145	0	0.463	4.24	6.35	6.56	3.98	2.38	2.38	1.29
1973	0.312	0.016	0	0	0.003	2.52					12.3	4.01
1974	1.7	0.681	0.305	0.254	0.306	1.62	2.46	6.83	9.68		0.761	0.703
1975	1.56	0.872	0.204	0.095	0.051	0.284	0.983	8.34	58.6	38.4	22.7	3.97
1976	1.09	0.558	0.326	0.233	0.325	10.2	8.36	11.7	1.82	7.37	1.16	1.13
1977	0.286	0.107	0.028	0.001	1.98	15.1	5.17	1.33	8.34	3.71	1.45	0.277
1978	0.076	0	0	0	14.4	14.6	9.22	8.24		51.8	2.34	2.16
1979	0.381	0.162	0.046	0					42.7	14.7		
1980					9.34	19.6	8.13	11.2	41.6	64.1	67.4	6.05
1981	2.87	1.28	0.386	0.009	0.03	29	10.6				3.64	1.89
1982	0.859	0.545	0.186	0.073	0.11			4.6	5.54	1.69	1.94	0.777
1983	0.49	0.18	0.029	0.029	0.001	1.48	3.09	5.38	18.5	7.4	3.83	0.772
1984	0.236	0.076	0	0	0	0.238	1.85	3.28	50.3	7.8	1.41	0.972
1985	1.24	0.278	0.13		0.003	0.163	2.38	4.12	7.45	8.12		
1986	0.575	0.231	0	0	5.27	62.5	73.7		12.5	8.89	3.34	1.12
1987	0.352	0.161	0.083	0	0	0.185	13.2	28.4				
1988												3.72
1989	3.62	3.44	3.76	3.78	3.78	5.8	3.96	4.76	46.1	21.3	7.23	6.13
1991					5.07	3.66	11.6	16.6	3.47	9.86		
1992						0.338						
1993		0.299	0.337	0.362	0.381	0.381	0.386	5.54	7.64			
1996										94.8	53.5	7.06
1997	2.3	1.63	0.979	0.6	0.469	7.21	6.12	2.52	5.37	24.9	2.8	1.59
1998	0.94	0.925	0.886	0.878	0.301	1	1.79	5.17	18.3	56.3		
1999							7.7	4.69	71.8	84.3	19.6	2.98
2000	1.82	1.06	0.916	0.872	1.28	5.42	6.69	7.69	20.5			
2001						2.65	7.36	7.53	15.5	8.19	6.01	0.644
2002	0.546	0.498	0.419	0.398	1.97	4.8	16.9	5.33	24.1	12	3.72	1.1
2003	0.66	0.354	0.176	0.063					5.13	16.8	6.77	1.46
2004	1.12	0.505	0.294	0.175		3.67	5.59	3.8	6.21	12.4	5.49	2.55
2005	1.68				35.2	39.3	33	114	77.1		14.3	4.82
2006	2.84	2.8	1.31		0.834	2.3	5.29	2.12	3.06	3.77	1.21	0.744
2007	0.507	0.307	0.206	0.16		1.45	3.57	26.8		50.5	18.7	7.27
2008	3.69	0.663	0.131	0.096	0.296	4.06	13.3	12.8	61.8	152	7.31	2.72
2009	1.55	0.911	0.911	0.968	0.988	2.93	6.62	12.2	7.05	3.63	5.94	1.61
2010	0.795	0.792	0.906	1.04			13.3	64.8				
2011									10.2	40.1	11.2	2.31
2012					0.222	6.51	7.09	13.7	10.1	18.2	7.05	1.79
Prom	1.42	0.76	0.49	0.41	2.99	8.18	9.69	13.67	22.57	31.11	10.37	2.54

El relleno de datos de la serie hidrológica se efectuó mediante la ejecución del CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas), este programa se basa en el principio de Correlación múltiple (CORMUL), que utiliza datos de series que presentan una alta correlación con la serie de datos que se quiere completar. Cuanto mayor sea el número de series, menor será la sensibilidad al error en una de ellas.

Este método ha sido implementado por el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) del CEDEX (Centro de Experimentación de Obras Públicas, Ministerio de Infraestructuras) en el modelo CHAC, con el nombre de CORMUL basado en el análisis de doble acumulación a través del método doble masa. Este método está incluido en el software de elaboración propia del CEDEX.

Para el relleno de datos, se tomaron estaciones homogéneas con la estación en estudio: Oyate en Paso de las Yeguas, Acoyapa en Santa Rosa, Viejo en la Lima, para un período desde 1975 hasta 2010. Se correlacionaron las series hidrológicas de la estación Mayales en Jícaral con las estaciones antes mencionadas.

Luego se realiza una Completación de los datos faltantes de las estaciones luego con el método de correlación múltiple con umbrales de priorización menores de r = 0.5 como umbral mínimo, para poder rellenar al máximo los espacios. Los datos sin completar que representan el 5% de los datos totales, se terminaron de rellenar con el criterio del valor anterior y posterior y la media aritmética.

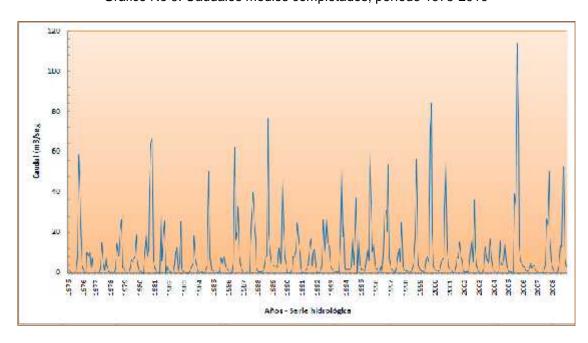


Gráfico No 9. Caudales medios completados, período 1975-2010

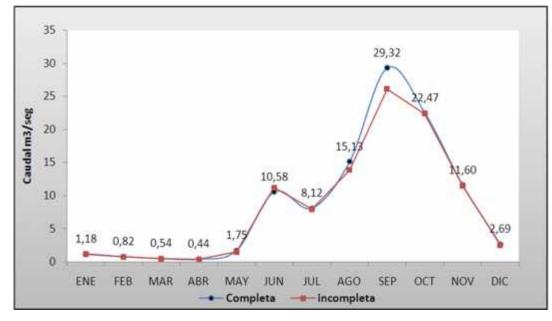


Gráfico No 10. Caudales medios Completados vs Incompletos

La importancia de los caudales observados radica que este nos facilita la calibración del modelo hidrológico, ya que se realiza el análisis estadístico de los caudales simulados versus caudales observados, permitiendo usar los parámetros una vez calibrado en las unidades hidrológicas sin mediciones de caudales que forman partes de la subcuenca del río Mayales.

5.4.5 Calibración de subcuenca Mayales –Punto control estación hidrométrica

Para la calibración de la subcuenca río Mayales se crearon tres archivos en el CHAC en formato txt. como son: La Precipitación media áreal de la cuenca, la evapotranspiración potencial, y los caudales medios mensuales, seleccionado el periodo del 1970/71-1990/91, estableciéndose en años hidrológicos (mayo-abril).

Para tener una mejor predicción de la distribución espacial de la lluvia en la cuenca se aplicó Thiessen Modificado, que consiste en multiplicar para cada estación el coeficiente de peso por cada valor de precipitación mensual de las series completadas y luego se suman todos los resultados de cada mes para obtener un único valor áreal para cada mes de cada año del período completado, distribuido en toda la cuenca.

El método de Thiessen Modificado intenta corregir las precipitaciones no sólo por el área de influencia de las estaciones meteorológicas sino combinándolo con el método de Isoyetas, el cual se considera como el más exacto, ya que toma en cuenta el efecto de relieve del terreno y la dirección del viento, entre otros factores.

En el cuadro Nº 17, se presentan los valores de coeficientes de Pesos de la Iluvia, así como las estaciones meteorológicas que tiene incidencia directa de la precipitación con respecto a la cuenca.

El área de drenaje considerada es con punto de control en la ubicación de la estación hidrológica de Mayales en el Jícaral, esto a razón de poder comparar los caudales simulados por el modelo y los registrados por la estación hidrométrica y así realizar la calibración del modelo hidrológico.

Cuadro No 17. Pesos Iluvias Thiessen

Nombre de Subcuenca	Área de influencia (Km²)	Nombre estación	Peso	
		La Libertad	0.05	
RIO		Juigalpa	0.27	
MAYALES	900 F	La Palma	0.05	
(Punto control Estación	890.5	Cuapa	0.31	
Hidrométrica)		San Esteban	0.27	
		Tecolostote	0.04	

En anexo-l se presenta la precipitación áreal de la subcuenca del río Mayales contabilizada en 1,336.5 milímetros anuales y que es un insumo para obtener los parámetros de calibración.

La evapotranspiración potencial de la cuenca se ha calculado para la estación de meteorológica Juigalpa (69034) y que se encuentra en la parte media de la subcuenca, el método de evapotranspiración potencial que se aplicó fue el método de Hargreaves que mejor se ajusta a nuestros datos, y realiza corrección por altura, duración de día, así como las variables climatológicas como humedad relativa y temperatura.

La evaporación potencial media anual fue estimada en 1,880.4 milímetros para le estación meteorológica de Juigalpa (69034) y que se muestran los resultados en anexo-II.

Se seleccionaron los caudales medios mensuales de la estación hidrométrica Mayales en Jícaral para el proceso de calibración de la cuenca se muestra en anexo-III.

Además de las informaciones hidrometeorológicos se necesitaron los parámetros físicos de la cuenca que son también datos de entrada al modelo, como son: capacidad de campo, infiltraciones del suelo, humedad máxima, flujo sub superficial, coeficiente de escorrentía, flujo en la zona saturada del suelo (flujo base), etc. Y que una vez calibrado se fijan los parámetros de calibración, para luego realizar el proceso de transformación de lluvia en escorrentía en las subcuenca no aforadas.

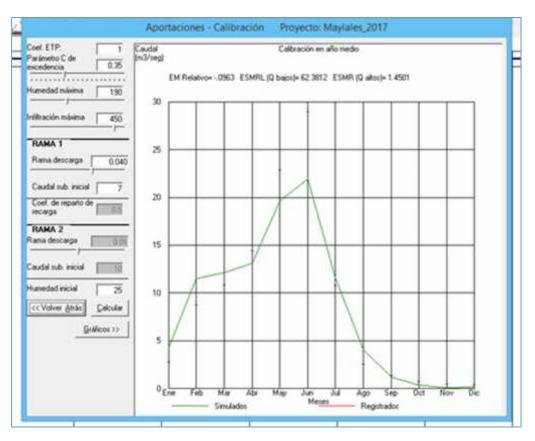
Luego de varias iteraciones con las series de tiempos mensuales (caudales, evaporación potencial y precipitación) se obtuvieron los parámetros físicos de la subcuenca del río Mayales durante el periodo de observación, y que se muestra en el cuadro No 18.

Cuadro No 18. Parámetros calibrados subcuenca río Mayales

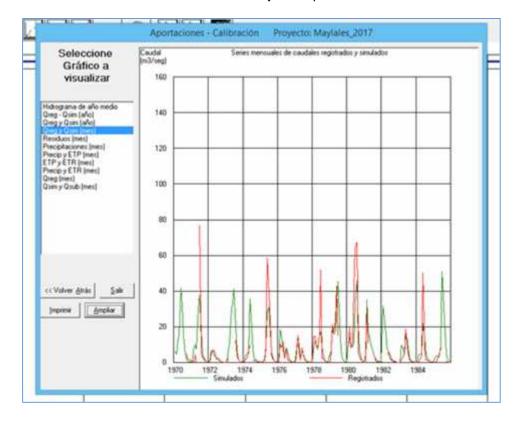
Parámetros	Valores	Unidad métrica
Coeficiente ETP	1	adimensional
Humedad Máxima (Hmax)	190	mm
Infiltración Máxima (Imax)	200	mm
Flujo en Zona no Saturada	0.006	dias ⁻¹
Flujo en zona saturada (Alfa)	0.04	dias ⁻¹
Humedad Inicial del suelo (Ho)	15	mm

La calibración de la subcuenca del río Mayales se muestra en la gráfica No 11

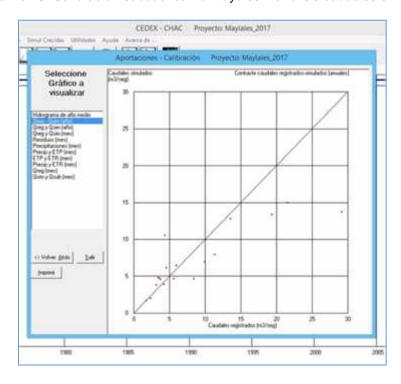
Gráfica No 11. Calibración subcuenca río Mayales - parámetros



Gráfica No 12. Calibración subcuenca río Mayales - punto control estación hidrométrica



Grafica No 13. Calibración subcuenca río Mayales – análisis caudales simulados



5.4.6 Validación del modelo (CHAC)

La evaluación del modelo hidrológico CHAC a partir de la calibración de las series históricas y simuladas se realizó a partir de los criterios estadísticos del coeficiente de Nash-Sutcliffe.

Se evaluó la calibración de las series de tiempos de caudales de 1971 a 1990, comparando los caudales simulados con los registrados por la estación de Mayales en Jícaral, con un área de drenaje de 890 km².

Como se explicó en el capítulo anterior, el criterio de Nash-Sutcliffe es uno de los más usados en Hidrología. Se define como:

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_{sim,i} - Q_{i})^{2}}{\sum_{i=1}^{n} (Q_{i} - \overline{Q})^{2}}$$

Y mide cuánto de la variabilidad de las observaciones es explicada por la simulación. Si la simulación es perfecta, E=1; si se intentase ajustar las observaciones con el valor promedio, entonces E=0. Algunos valores sugeridos para la toma de decisiones son resumidos en la siguiente tabla.

Cuadro No 19. Valores de referencia del criterio de Nash-Sutcliffe¹⁶

E	Ajuste
< 2	Insuficiente
0.2 - 0.4	Satisfactorio
0.4 - 0.6	Bueno
0.6 - 0.8	Muy Bueno
> 0.8	Excelente

-

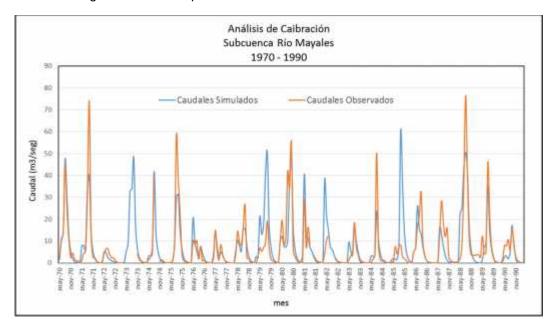
¹⁶ Molnar, P. (2011). "Calibration". Watershed Modelling, SS 2011. Institute of Environmental Engineering, Chair of Hydrology and Water Resources Management, ETH Zürich. Switzerland.

Según los resultados estadísticos para las series el **coeficiente de Nash-Sutcliffe** (NSE) indican parámetros de interpretación del modelo dentro del rango **Bueno**, por lo que los parámetros utilizados se pueden usar para las unidades hidrológicas sin registro de aforo, que forman parte de la subcuenca del río Mayales. Ver cuadro No 20 y gráfica No 14.

Cuadro No 20. Resultado del estadístico método Nash-Sutcliffe (NSE)

Subcuenca Mayales				
NSE	0.53			
Suma Qs	48004.1547			
Suma Qo	87853.4131			
Qm	12.515			

Figura No 14. Comparación de Caudales Simulados vs Observados



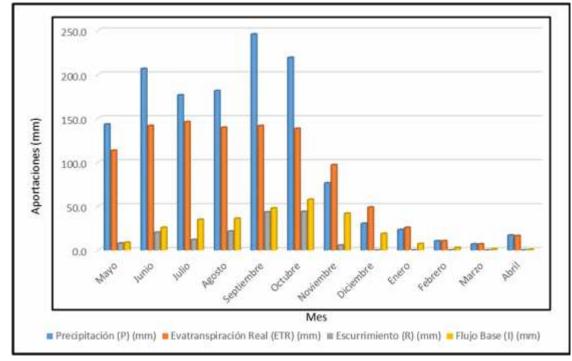
5.4.7 Simulación subcuenca río Mayales

Una vez calibrado los parámetros, se realiza la simulación considerando toda el área de drenaje de la subcuenca (hasta su desembocadura al lago de Nicaragua); utilizando los parámetros previamente calibrados. Esto con el objetivo de determinar la aportación total de la subcuenca hacia el lago de Nicaragua (Cocibolca). Ver cuadro No 21.

Cuadro No 21. Resultado de balance hídrico subcuenca río Mayales

	Unidad Hidrológica Río Mayales							
Mes	Precipitación (P) (mm)	Evapotranspiración Real (ETR) (mm)	Escurrimiento (R) (mm)	Flujo Base (I) (mm)	Discrepancia (mm)			
Mayo	143.1	113.3	7.9	8.7	13.2			
Junio	206.5	141.5	20.2	25.7	19.1			
Julio	176.3	145.9	11.9	34.8	-16.3			
Agosto	181.4	139.4	21.5	36	-15.5			
Sept	245.7	141.5	43.3	47.7	13.3			
Octubre	219.1	138.2	43.7	57.6	-20.4			
Nov	76.3	96.9	5.6	41.8	-68			
Dic	30.3	48.7	0	18.9	-37.3			
Enero	23.2	25.7	0	7.2	-9.7			
Febrero	10.4	10.4	0	2.8	-2.8			
Marzo	6.9	6.9	0	1.1	-1.1			
Abril	16.9	16.3	0.1	0.6	-0.1			
Anual (mm)	1336.1	1024.6	154.1	282.9	-125.5			
Anual (%)	100	76.7	11.5	21.2	-9.4			
Área (Km2)	1055.5							

La componente subterránea en este modelo, está implícita ya que son utilizadas algunas variables que lo ligan con el balance superficial como es el flujo base. Este lo determina el modelo y se obtiene de la diferencia entre el excedente de precipitación y la escorrentía superficial, en base la capacidad máxima de la infiltración y la humedad antecedente.



Gráfica No 15. Balance hídrico subcuenca río Mayales - 1970 -2012

5.4.8 Relación Precipitación – Escorrentía (Mapa de escorrentía)

El mapa de escorrentía determina la producción hídrica de la cuenca en base a la relación precipitación-escurrimiento. Si la cuenca presenta alta pluviosidad así también será el escurrimiento.

Dicho de otra manera, se estimó el potencial de escurrimiento en la cuenca en base a la cantidad de lluvia caída en determinada zona de la cuenca.

Como resultado de la determinación de los coeficientes de escorrentía, a través de la simulación para el sistema de la subcuenca del río Mayales, permite determinar la relación Lluvia – Escurrimiento basándonos en el método definido por Témez con el modelo hidrológico CHAC, representando las áreas donde se producen mayor porcentaje de escurrimiento en un mapa de Isolíneas para el período 1971-2012.

Como producto de la relación Lluvia – Escorrentía, resultó la ecuación de la escorrentía para períodos interanuales. Anexo VI, Mapa de escorrentía media anual.

$$E fmm AX 0.6526*P(mm) Z555.56$$

Dónde:

E (mm)= Escorrentía expresado en milímetros.

P (mm)= Precipitación expresado en milímetros.

El coeficiente de correlación entre la lluvia y el escurrimiento, se obtuvo de **R2 = 0.9157**, lo significa que es un coeficiente de determinación alto. Ver figura No 16.

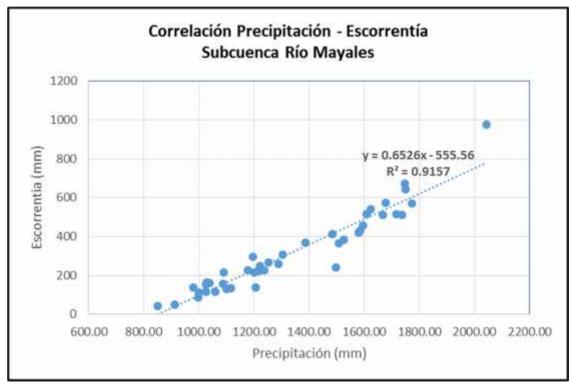


Figura No. 16. Correlación Escorrentía vs Precipitación Subcuenca río Mayales

5.4.9 Simulación hidrológica en subcuencas no aforada

Las generaciones de series de caudales en las subcuenca no aforada es el proceso de lluvia-escorrentía apoyándose en los parámetros calibrados descrito anteriormente, y utilizando para ello las series climáticas meteorológicas.

Además de los parámetros calibrados fue necesaria la precipitación áreal para cada subcuenca y la evaporación potencial. Se han seleccionados 8 unidades hidrológicas que forman parte de la subcuenca del río Mayales.

Después que se elige la estación climática más cercana a la cuenca en estudio en dependencia de su ubicación geográfica, altitud y régimen de precipitación se calcula la evaporación potencial considerando la mejor información respecto al máximo número de registros y la disponibilidad de datos actuales, el valor medio anual de la evaporación potencial para cada subcuenca se muestra en el cuadro Nº 22.

Cuadro No 22. Precipitación áreal y ETP área – unidades hidrológicas subcuenca Mayales

Nombre UH	Código UH	Área (Km²)	Precipitación Áreal (mm)	Evapotranspiración potencial (mm)
Río Mayales (parte baja)	69-952561	109.17	1641.7	1676.9
Río Las Delicias	69-952562	41.76	1370.2	1676.9
Río Mayales (parte media)	69-952563	20.09	1230.2	1676.9
Río Apompuá	69-952564	53.74	1292.6	1676.9
Río Cuisalá (parte baja)	69-952565	92.36	1228.76	1676.9
Río Mayales (parte Alta)	69-952566	409.99	1371.28	1676.9
Río Cuisalá (parte media)	69-952567	130.1	1251.7	1676.9
Río Cuisalá (parte alta)	69-952569	202.24	1434.2	1676.9

A continuación, se presentan de forma resumida las estadísticas de los caudales medios mensuales para cada sistema de río de las principales unidades hidrológicas que forman parte de la subcuenca del río Mayales (véase anexo-IV Series caudales simulados).

Cuadro No 23. Caudales medios Interanuales de unidades hidrológicas (subcuencas)

Río Mayales (baja) - 6	Río Mayales (baja) - 69 - 952561		Río Las Delicias - 69 - 952562		Río Mayales (media) 69 - 952563	
Mayo	0.61	Mayo	0.38	Mayo	0.19	
Junio	0.98	Junio	0.64	Junio	0.29	
Julio	0.43	Julio	0.70	Julio	0.21	
Agosto	1.10	Agosto	0.97	Agosto	0.30	
Septiembre	2.25	Septiembre	1.27	Septiembre	0.44	
Octubre	3.00	Octubre	1.34	Octubre	0.54	
Noviembre	0.28	Noviembre	0.62	Noviembre	0.23	
Diciembre	0.00	Diciembre	0.24	Diciembre	0.09	
Enero	0.00	Enero	0.09	Enero	0.04	
Febrero	0.00	Febrero	0.03	Febrero	0.01	
Marzo	0.00	Marzo	0.01	Marzo	0.00	
Abril	0.00	Abril	0.01	Abril	0.00	
Caudal Anual (m3/seg)	0.72	Caudal Anual (m3/seg)	0.53	Caudal Anual	0.20	
Area drenaje (Km2)	109	Area drenaje (Km2)	41.5	Area drenaje (Km2)	20.1	
Coeficiente escorrentia	0.44	Coeficiente escorrentia	Coeficiente escorrentia 0.33 Coeficiente escorrentia		0.34	

Cuadro No 24. Caudales medios Interanuales de unidades hidrológicas (subcuencas)

Río Apompuá 69 - 952564		Cuisalá (parte baja) 69 - 952565		Río Mayales (parte Alta) 69 - 952566	
Mayo	0.40	Mayo	0.48	Mayo	2.06
Junio	0.73	Junio	1.11	Junio	5.59
Julio	0.66	Julio	0.83	Julio	6.14
Agosto	0.96	Agosto	1.14	Agosto	7.02
Septiembre	1.32	Septiembre	2.08	Septiembre	9.98
Octubre	1.52	Octubre	2.68	Octubre	10.67
Noviembre	0.68	Noviembre	1.24	Noviembre	4.96
Diciembre	0.27	Diciembre	0.47	Diciembre	2.02
Enero	0.10	Enero	0.18	Enero	0.78
Febrero	0.04	Febrero	0.07	Febrero	0.30
Marzo	0.02	Marzo	0.03	Marzo	0.11
Abril	0.01	Abril	0.01	Abril	0.11
Caudal Anual (m3/seg)	0.56	Caudal Anual (m3/seg)	0.86	Caudal Anual (m3/seg)	4.14
Area drenaje (Km2)	53	Area drenaje (Km2)	92	Area drenaje (Km2)	408.9
Coeficiente escorrentia	0.38	Coeficiente escorrentia	0.4	Coeficiente escorrentia	0.34

Cuadro No 25. Caudales medios Interanuales de unidades hidrológicas (subcuencas)

Cuisalá (parte media)	69 - 952567	Cuisalá (parte alta) 6	9 - 952569
Mayo	0.48	Mayo	1.04
Junio	1.45	Junio	3.02
Julio	1.19	Julio	3.59
Agosto	1.63	Agosto	4.17
Septiembre	3.47	Septiembre	6.49
Octubre	4.21	Octubre	6.52
Noviembre	2.12	Noviembre	2.88
Diciembre	0.72	Diciembre	1.15
Enero	0.28	Enero	0.44
Febrero	0.11	Febrero	0.17
Marzo	0.04	Marzo	0.07
Abril	0.01	Abril	0.09
Caudal Anual (m3/seg)	1.31	Caudal Anual (m3/seg)	2.47
Area drenaje (Km2)	129.2	Area drenaje (Km2)	201.9
Coeficiente escorrentia	0.35	Coeficiente escorrentia	0.33

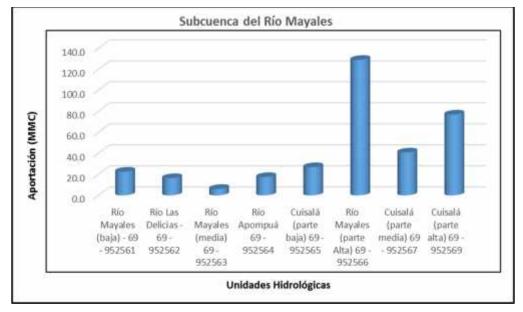
La aportación total expresada en millones de metros cúbicos (MMC) de la subcuenca del río Mayales es de **335.4 MMC**¹⁷, esto producto de sumatoria de las aportaciones de las unidades hidrológicas que forman parte esta unidad. En el cuadro 26 y en la gráfica 17 se muestran las aportaciones de cada una de las unidades hidrológicas.

Cuadro No 26. Aportación en volumen de las unidades hidrológicas

Mes / Unidad	Río Mayales (baja) - 69 - 952561	Río Las Delicias - 69 - 952562	Río Mayales (media) 69 - 952563	Río Apompuá 69 - 952564	Cuisalá (parte baja) 69 - 952565	Río Mayales (parte Alta) 69 - 952566	Cuisalá (parte media) 69 - 952567	Cuisalá (parte alta) 69 - 952569
	Volumen m ³	Volumen m ³	Volumen m ³	Volumen m ³	Volumen m ³	Volumen m ³	Volumen m ³	Volumen m ³
Mayo	1593462.9	996068.6	484457.1	1031245.7	1256502.9	5338902.9	1255885.7	2682720.0
Junio	2545097.1	1665051.4	753531.4	1885988.6	2876502.9	14491131.4	3756548.6	7835245.7
Julio	1120731.4	1802674.3	549874.3	1703314.3	2142720.0	15909325.7	3082628.6	9308365.7
Agosto	2852434.3	2521645.7	775748.6	2483382.9	2962285.7	18206331.4	4212617.1	10798765.7
Septiembre	5843725.7	3296160.0	1137394.3	3423291.4	5383954.3	25858902.9	8983748.6	16819611.4
Octubre	7771062.9	3482537.1	1397211.4	3945394.3	6954582.9	27668982.9	10916640.0	16891200.0
Noviembre	720822.9	1599634.3	601097.1	1753302.9	3206057.1	12863108.6	5484548.6	7458788.6
Diciembre	0.0	610354.3	244388.6	709714.3	1220708.6	5237691.4	1868091.4	2993142.9
Enero	0.0	235131.4	93188.6	269074.3	470262.9	2011268.6	717737.1	1152822.9
Febrero	0.0	90102.9	34560.0	104297.1	177120.0	768960.0	273394.3	441257.1
Marzo	3085.7	33325.7	10491.4	38880.0	69120.0	293142.9	102445.7	170948.6
Abril	0.0	17897.1	3085.7	16045.7	27154.3	272777.1	38262.9	224640.0
Anual (m ³)	22450422.9	16350582.9	6085028.6	17363931.4	26746971.4	128920525.7	40692548.6	76777508.6
Anual MMC	22.5	16.4	6.1	17.4	26.7	128.9	40.7	76.8

77

¹⁷ Millones de metros cúbicos (MMC)



Gráfica No 17. Aportaciones de unidades hidrológicas (Millones de metros cúbicos MMC)

5.4.10 Resultado del balance hídrico superficial

Posterior al análisis de cada uno de los parámetros, se realizó la aplicación de la ecuación del balance hídrico superficial de cada uno de los sistemas principales que forman parte de la subcuenca del río Mayales; en anexo se presenta los resultados de las 8 unidades hidrológica que forman parte de la cuenca.

El modelo hidrológico CHAC permite conocer el estado mensual y anual del balance de agua en las ocho (8) subcuenca en las que dividió la zona de estudio, así como el balance para toda la cuenca.

Como se mencionó anteriormente, el flujo base (infiltración) está implícito en el modelo lo que nos permite determinar las aportaciones subterránea hacia el río en período seco (estiaje).

A continuación, se presentan los resultados de balance hídrico superficial para las unidades hidrológicas en estudio considerando las variables de precipitación,

evapotranspiración real, escurrimiento y flujo base, además de la discrepancia o cierre del balance.

Cuadro No 27. Balance hídrico superficial unidad hidrológica río Mayales (parte baja) UH 69-925261								
Mes	Precipitación (P) (mm)	Evatranspiración Real (ETR) (mm)	Escurrimiento	Flujo Base (I) (mm)	Discrepancia (mm)			
Mayo	161.75	107.69	20.47	14.58	19			
Junio	221.72	142.21	32.69	33.34	13.5			
Julio	170.15	140.11	14.39	40.13	-24.5			
Agosto	199.7	134.72	36.64	42.16	-13.8			
Septiembre	285.79	141.79	75.06	58.63	10.3			
Octubre	290.72	142.39	99.81	75.99	-27.5			
Noviembre	84.54	110.54	9.26	56.97	-92.2			
Diciembre	14.74	47.23	0	25.46	-57.9			
Enero	9.4	10.31	0	9.76	-10.7			
Febrero	3.13	3.13	0	3.73	-3.7			
Marzo	7.47	6.9	0.04	1.59	-1.1			
Abril	16.14	16.25	0	0.75	-0.9			
Anual (mm)	1465.3	1003.3	288.4	363.1	-189.4			
Anual (%)	100	68.5	19.7	24.8	-12.9			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 28. Balance hídrico superficial unidad hidrológica río Las Delicias (69 - 952562)							
Mes	Precipitación (P) (mm)	Evatranspiración Real (ETR) (mm)	Escurrimiento (R) (mm)	Flujo Base (I) (mm)	Discrepancia (mm)		
Mayo	154.1	106.3	15.6	18	14.2		
Junio	203.7	134.7	23.5	32.7	12.9		
Julio	181.6	141.8	20.9	39.9	-21		
Agosto	204.2	139.7	43.1	41.9	-20.5		
Septiembre	249.5	137.3	58.7	52.5	1		
Octubre	228.9	137.3	56.8	60.6	-25.8		
Noviembre	80.1	95.7	9.4	44.6	-69.6		
Diciembre	20.9	43.3	0	20.6	-43		
Enero	18.5	20	0	7.9	-9.4		
Febrero	6.7	6.7	0	3	-3		
Marzo	5	5	0	1.1	-1.1		
Abril	16.8	16.4	0	0.6	-0.2		
Anual (mm)	1370.1	984.3	228.1	323.5	-165.8		
Anual (%)	100	71.8	16.6	23.6	-12.1		

Cuadro No 29. Balance hídrico superficial unidad hidrológica río Mayales - Parte media (69 -952563) Precipitación (P) Evatranspiración Escurrimiento Flujo Base (I) Discrepancia Mes (mm) Real (ETR) (mm) (R) (mm) (mm) (mm) Mayo 151.25 113.96 10.23 23.51 3.55 Junio 199.02 136.80 20.50 31.98 9.73 Julio 143.15 134.74 6.28 32.02 -29.89 24.07 -10.44 172.03 128.44 29.96 Agosto Septiembre 234.05 138.95 37.05 42.17 15.87 Octubre 215.55 134.72 44.66 52.66 -16.50 Noviembre 67.60 90.47 3.52 38.34 -64.74 Diciembre 16.08 33.22 0.00 17.02 -34.16 Enero 11.13 11.54 0.00 6.49 -6.90 Febrero 4.79 4.79 0.00 2.41 -2.41 Marzo 3.16 3.16 0.00 0.73 -0.73 Abril 12.78 12.71 0.00 0.21 -0.14 1230.6 943.5 146.3 277.5 -136.8 Anual (mm) Anual (%) 100.0 76.7 11.9 22.6 -11.1

Cuadro No 30. Balance hídrico superficial unidad hidrológica río Apompuá (69 - 952564)							
	Precipitación (P)		<u> </u>	Fluio Base (I)	Discrepancia		
Mes	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(mm)	(mm)		
Mayo	152.51	112.00	11.82	15.42	13.27		
Junio	201.11	137.73	20.07	29.75	13.56		
Julio	160.26	139.41	10.68	34.32	-24.13		
Agosto	186.38	135.52	31.12	34.48	-14.74		
Septiembre	240.92	138.91	43.98	46.44	11.59		
Octubre	221.51	136.80	47.78	56.44	-19.51		
Noviembre	73.18	93.80	5.07	41.24	-66.94		
Diciembre	18.24	37.80	0.00	18.75	-38.31		
Enero	14.42	15.32	0.00	7.11	-8.01		
Febrero	5.65	5.65	0.00	2.76	-2.76		
Marzo	3.99	3.99	0.00	1.03	-1.03		
Abril	14.59	14.49	0.00	0.42	-0.33		
Anual (mm)	1292.8	971.4	170.5	288.2	-137.3		
Anual (%)	100.0	75.1	13.2	22.3	-10.6		

Cuadro No 31. Balance hídrico superficial unidad hidrológica río Cuisalá - Parte Baja (69 -952565) Precipitación (P) Evatranspiración Escurrimiento Flujo Base (I) Discrepancia Mes (mm) Real (ETR) (mm) (R) (mm) (mm) (mm) Mayo 143.73 113.36 7.74 11.38 11.25 Junio 194.87 138.26 18.73 25.05 12.84 Julio 140.23 133.83 4.98 27.63 -26.21 Agosto 161.42 122.79 18.70 26.38 -6.45 Septiembre 243.69 140.67 41.10 40.83 21.09 Octubre 225.32 135.39 51.56 54.27 -15.89 Noviembre 72.13 91.22 8.10 40.69 -67.88 Diciembre 16.93 34.11 0.00 18.58 -35.76 Enero 10.71 12.51 0.00 7.16 -8.96 4.07 4.07 0.00 2.70 -2.70 Febrero Marzo 3.48 3.48 0.00 1.05 -1.05 Abril 12.20 12.17 0.00 0.41 -0.38 1228.8 941.9 150.9 256.1 -120.1 Anual (mm) Anual (%) 100.0 76.7 12.3 20.8 -9.8

Cuadro No	Cuadro No 32. Balance hídrico superficial unidad hidrológica río Mayales - Parte Alta (69 -952566)												
Mes	Precipitación (P) (mm)	Evatranspiración Real (ETR) (mm)	Escurrimiento (R) (mm)	Flujo Base (I) (mm)	Discrepancia (mm)								
Mayo	143.73	112.43	8.82	9.46	13.02								
Junio	211.40	141.18	22.50	27.12	20.61								
Julio	190.30	149.36	16.03	38.44	-13.53								
Agosto	187.31	144.44	21.77	40.57	-19.47								
Septiembre	237.98	141.76	38.91	49.63	7.69								
Octubre	212.34	139.65	38.04	56.70	-22.04								
Noviembre	77.15	99.04	3.89	40.15	-65.93								
Diciembre	38.25	56.30	0.00	17.93	-35.99								
Enero	30.43	31.94	0.00	6.89	-8.40								
Febrero	14.51	14.51	0.00	2.63	-2.63								
Marzo	9.15	9.15	0.00	1.00	-1.00								
Abril	18.73	17.36	0.18	0.75	0.44								
Anual (mm)	1371.3	1057.1	150.1	291.3	-127.2								
Anual (%)	100.0	77.1	10.9	21.2	-9.3								

Cuadro No 33. Balance hídrico superficial unidad hidrológica río Cuisalá - Parte Media (69 -952567) Evatranspiración Escurrimiento Flujo Base (I) Discrepancia Precipitación (P) Mes Real (ETR) (mm) (R) (mm) (mm) (mm) (mm) Mayo 132.28 110.23 4.81 8.79 8.44 Junio 194.00 136.98 18.14 22.57 16.32 Julio 148.06 134.43 5.72 27.68 -19.77 Agosto 158.61 122.86 18.40 27.25 -9.90 Septiembre 258.30 138.78 54.36 42.99 22.17 Octubre 230.87 134.00 61.12 57.17 -21.42 Noviembre -69.49 78.47 88.52 16.18 43.25 Diciembre 18.90 37.74 0.00 20.24 -39.08 0.00 7.78 Enero 12.03 15.83 -11.58 3.74 0.00 2.96 Febrero 3.74 -2.96 Marzo 3.51 3.51 0.00 1.11 -1.11 Abril 12.94 12.93 0.00 0.41 -0.40 262.2 1251.7 939.5 178.7 -128.8 Anual (mm) 100.0 75.1 14.3 20.9 -10.3 Anual (%)

Cuadro No	Cuadro No 34. Balance hídrico superficial unidad hidrológica río Cuisalá - Parte Alta (69 -952569)												
Mes	Precipitación (P) (mm)	Evatranspiración Real (ETR) (mm)		Flujo Base (I) (mm)	Discrepancia (mm)								
Mayo	140.84	111.52	8.54	10.07	10.71								
Junio	217.49	141.90	26.53	27.80	21.26								
Julio	201.82	148.75	23.56	40.98	-11.47								
Agosto	199.05	143.49	29.86	45.02	-19.32								
Septiembre	263.40	142.71	59.99	56.64	4.06								
Octubre	227.80	139.37	52.04	65.08	-28.70								
Noviembre	77.43	100.10	5.51	46.21	-74.39								
Diciembre	36.73	57.76	0.00	20.75	-41.79								
Enero	28.94	32.10	0.00	7.99	-11.15								
Febrero	12.59	12.59	0.00	3.06	-3.06								
Marzo	8.05	8.05	0.00	1.19	-1.19								
Abril	20.23	17.72	0.52	1.04	0.96								
Anual (mm)	1434.4	1056.1	206.5	325.8	-154.1								
Anual (%)	100.0	73.6	14.4	22.7	-10.7								

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- 1. La precipitación media anual de la subcuenca es de 1,502.7 mm, el máximo de precipitación ocurre en el mes de septiembre (261.7 mm), y el mínimo en el mes de marzo (9.69 mm), tiene un comportamiento bimodal, ya que se registra un máximo de 229.21 mm en junio, cuando se establece el periodo lluvioso local, posteriormente la precipitación disminuye hasta alcanzar un mínimo relativo de 217.37 mm en agosto; y la Temperatura Media del Aire en la subcuenca representado por la estación de Juigalpa es de 26.7 °C, con una temperatura maxima entre abril y mayo, con valores que oscilan entre 28.5 °C y 28.1 °C, coincidiendo con el final del período seco.
- 2. La subcuenca del río Mayales tiene un área de 1,055.5 km² y una longitud del río principal de 83.3 km, siendo un tributario de suma importancia del Lago de Nicaragua (Lago Cocibolca), la red de drenaje está compuesta por tributarios entre los que se mencionan los ríos: El Pirre, Cuapa, Cuisalá, Las Delicias, Apompuá y el Carca y está compuesto por corrientes de tipo efímeras e intermitentes.
- 3. La subcuenca del río Mayales presenta buena oferta hídrica de los volúmenes de agua que drenan hacia el lago de Nicaragua (Cocibolca), estimada anualmente en 363.4 millones de metros cúbicos (MMC). La mayoría de las variables que integran la ecuación de balance se estimó con una precisión conveniente y aceptada, por lo tanto, las variables presentan valores muy cercanos a la realidad, reflejando un valor de cierre del balance de agua aceptable del ±12%.

- Las unidades hidrológicas de los ríos Cuisalá (parte alta) y río Mayales (parte alta) son las unidades que mayor aportan a la subcuenca con 76 y 128.9 MMC respectivamente.
- 5. Un factor que preocupa, según el mapa de conflicto de usos del suelo; el 65% de la subcuenca es **sobreutilizados**, es decir presentan zonas donde se degrada constante y progresivamente el potencial natural del suelo para sostener actividades productivas y preservar los recursos naturales. El 29 % de la subcuenca es **subutilizado**, es decir son aprovechados por debajo de su uso potencial. Al final podemos deducir que el 94% de la subcuenca no tiene el uso adecuado del suelo, factor que afecta considerablemente a los recursos naturales entre ello el nuestro preciado recurso agua.

6.2 RECOMENDACIONES

- Mejorar la calidad de la información base (estaciones climáticas) tanto en su distribución espacial como temporal, esto nos permitirá una menor incertidumbre en los resultados del balance hídrico.
- 2. Inventariar las demandas de agua en la subcuenca para contabilizar las extracciones superficiales y subterráneas.
- 3. Instalar estaciones hidrométricas tomando en cuenta los aspectos hidrológico e hidráulico a fin de ampliar la red de vigilancia hidrológica y obtener la variación del comportamiento de nivel de los ríos principales de la cuenca, para estudios posteriores.
- 4. Fomentar el uso sostenible de los recursos hídricos y suelo en la cuenca.
- 5. Prevenir la deforestación en las áreas más vulnerables.
- 6. Promover el ordenamiento territorial en la subcuenca.
- 7. Debido a la alta variabilidad de los regímenes de escurrimientos se recomienda realizar mediciones de caudales (aforos) con la mayor frecuencia posible.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejandro Delgadillo Santander y Ada Moreno Barrios, Morfométricos de Cuencas.
- Aparicio, Francisco Javier. 1992. Fundamentos de Hidrología de Superficie, Editorial Limusas.
- CEDEX. 2013. "Manual del usuario CHAC" (Cálculo Hidrometeorológico De Aportaciones y Crecidas), CEDEX. Madrid, 76 pp. Página web: http://hercules.cedex.es/Chac.
- Farias de Reyes, Marina. 2005. Apuntes de Hidrología, Universidad de Piura, Perú.
- J INETER. 2007. Mapas Topográficos WGS84 de los japoneses. esc. 1:50,000.
- INETER. 2010. Atlas Climático de Nicaragua.
- J Instituto de Hidrología de España UNESCO.1981. Método de Cálculo del Balance Hídrico, Madrid España.
-) Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) Web: www.ineter.gob.ni
- Linley, Kohler y Paulus. 1988. Hidrología para Ingenieros, Impresiones Editoriales S.A. de C.V. México.
- Máximo Villón Béjar. 2001. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Hidrología Estadística, Cartago Costa Rica, pág. 420.
- Máximo Villón Béjar. 2002. Hidrología, plaza edición: Lima Perú, 2^{da} edición.
- Moreno Ayestas, Sandra. 1994. Apuntes de hidrología de superficie. Printart editores, Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.

- Naciones Unidad, Programa Para el Desarrollo Organización Meteorológica Mundial.1969. Manual de Instrucciones de Hidrometría, publicación número 49, San José-Costa Rica, pág. 296.
-) Organización Meteorológica Mundial (OMM). 1994. Guía de prácticas hidrológicas, Publicación No. 168, 5^{ta} edición.
- German Monselve Sáenz, 2da edición Hidrología en la Ingeniería
- Metodología oficial del INETER, Desarrollada en Brasil, por el Dr. Otto Pfafstetter en 1989.
- Moriasi, D.N., et al. (2007) Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations.
- Clarke, R.T.1973; Jame, D.L. y Burges, S.J. 1982. The analysis of hydrological time series
- Stehr, Alejandra, Debels, Patrick, Arumi, José Luis, Alcayaga, Hernán, Romero, Francisco, Modelación de la respuesta hidrológica al cambio climático: experiencias de dos cuencas de la zona centro-sur de Chile. Tecnología y Ciencias del Agua, 2010

INDICE

CAPIT	JLO I: GENERALIDADES	. 1
1.1.	Introducción	. 1
1.2.	Antecedentes	. 3
1.3.	Justificación	. 4
1.4.	Objetivos	. 5
1.4.1.	Objetivo general	. 5
1.4.2.	Objetivos específicos	. 5
CAPIT	JLO II: DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	. 6
2.1.	Macrolocalización	. 6
2.2.	División política administrativa	. 7
2.3.	Clima	10
2.4.	Hidrografía	11
2.4.1.	Área de la subcuenca	11
2.4.2.	Red hídrica	11
2.5.	Relieve	11
CAPIT	JLO III: MARCO TEÓRICO	13
3.1.	Ciclo hidrológico	13
3.2.1.	Delimitación fisiográfica de la subcuenca	15
3.2.2.	Caracterización hidrológica de las subcuencas	16
3.3.	Balance de agua en la hidrología	17
3.3.1.	Metodología de Témez	18
3.3.2.	Cálculo de las variables del modelo de Témez	19
3.3.2.1.	Análisis de consistencia de datos Hidrometeorológicos	19
3.3.2.2.	Estimación de la precipitación media (p)	20
3.3.2.3.	Análisis de la precipitación media áreal (PMA)	20
3.3.2.4.	Estimación de la Evapotranspiración Potencial (ETP)	20
3.3.2.5.	Estimación de la Evapotranspiración Real (ETR)	21
3.3.2.6.	Estimación del escurrimiento superficial	21
3.3.2.7.		
	Estimación de la infiltración (I)	22

3.3.2.9.	Evaluación del modelo	23
3.3.2.10	0.Simulación del modelo	25
CAPITU	JLO IV: DISEÑO METODOLÓGICO	26
4.1.	Caracterización climática e hidrológica	26
4.2.	Análisis de información hidrometeorológico	26
4.3.	Calculo de las principales variables del balance hídrico	27
4.4.	Aplicación de la ecuación de balance hídrico	. 27
4.5.	Presentación de los resultados	28
CAPIT	JLO V: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	29
5.1.	Caracterización general de la cuenca	29
5.1.1.	Caracterización de los suelos	29
5.1.1.1.	Tipo de suelo	29
5.1.1.2.	Uso de suelo	32
5.1.1.3.	Conflicto de uso de suelo	35
5.1.2.	Caracterización climática	. 38
5.1.2.1.	Régimen de precipitación	. 38
5.1.2.2.	Régimen térmico	42
5.1.2.3.	Humedad relativa	43
5.3.1	Caracterización hidrológica	44
5.3.1.1	Unidades hidrológicas tributarias	49
5.4	Calculo del balance hídrico superficial	55
5.4.1	Análisis de consistencia y relleno de datos hidrometeorológicos	55
5.4.2	Cálculo de la precipitación media áreal	57
5.4.3	Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP)	60
5.4.4	Hidrometría	62
5.4.5	Calibración de subcuenca Mayales	65
5.4.6	Validación del modelo (CHAC)	70
5.4.7	Simulación subcuenca río Mayales	71
5.4.8	Relación Precipitación – Escorrentía (Mapa de escorrentía)	73
5.4.9	Simulación hidrológica en subcuencas no aforada	75
5.4.10	Resultado del balance hídrico superficial	78

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
6.1 CONCLUSIONES	83
6.2 RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86

ANEXOS

ANEXO I. PRECIPITACIÓN AREAL SUBCUENCA RÍO MAYALES

	T.			Subcue	nca del río N	Mayales - Pr	ecipitacion	áreal media	mensua		ı	ı	ı
	Area	1055.5 Km2						D	4070 2017				
A # a	Parámetro		icio (mm)	A	Com	0-4	Neu	Periodo	1970 - 2012		Max	Abu	Cuma
Año 1970/71	May 131.00	Jun 129.10	Jul 238.90	Ago 214.20	Sep 394.40	Oct 234.10	Nov 82.40	Dic 65.20	Ene 58.10	Feb 17.50	Mar 7.90	Abr	Suma 1584.20
1970/71	44.30	218.70	167.50	146.50	352.70	308.20	35.90	48.50	48.30	13.20	2.20	11.40 1.00	1387.00
1972/73	120.80	187.10	141.30	91.90	125.40	71.70	108.40	42.20	8.60	11.30	0.90	2.80	912.40
1973/74	125.20	192.70	199.70	340.70	287.90	340.00	85.60	17.70	40.50	4.90	17.40	15.20	1667.50
1974/75	81.30	171.10	132.00	155.10	392.20	110.10	24.40	46.90	48.30	8.80	4.50	3.70	1178.40
1975/76	58.40	75.40	137.60	215.90	328.90	276.40	124.80	32.40	24.90	7.20	10.50	12.20	1304.60
1976/77	80.40	302.50	115.10	144.10	80.20	207.10	52.20	39.30	3.40	5.20	0.90	7.50	1037.90
1977/78	181.50	248.20	98.80	91.60	180.60	83.30	101.60	10.20	17.00	0.60	10.00	1.40	1024.80
1978/79	201.60	207.30	157.10	143.10	253.80	211.90	51.80	57.30	26.10	4.00	16.10	168.20	1498.30
1979/80	69.60	302.60	170.40	243.70	350.10	348.50	96.80	62.50	18.60	6.80	8.30	0.40	1678.30
1980/81	238.30	200.10	135.00	180.30	198.30	353.40	343.30	13.90	0.90	19.30	12.20	22.10	1717.10
1981/82	174.60	386.50	83.80	209.40	137.30	153.30	62.90	19.30	27.00	15.10	8.70	9.50	1287.40
1982/83	390.50	212.80	175.40	76.80	175.10	75.80	40.20	25.40	8.80	3.50	6.10	5.50	1195.90
1983/84	14.40	233.10	104.70	140.30	260.70	151.40	67.00	35.50	14.20	5.20	1.50	0.30	1028.30
1984/85	51.00	170.80	124.00	144.10	307.20	110.30	39.50	41.50	7.50	11.40	10.50	8.90	1026.70
1985/86	140.10	130.80	122.00	122.30	206.90	453.20	242.90	39.00	13.30	7.80	5.00	0.30	1483.60
1986/87	193.70	171.40	311.50	182.20	190.20	114.90	60.60	15.10	5.30	0.40	3.10	2.80	1251.20
1987/88	71.50	125.40	275.50	186.50	129.80	90.40	18.20	21.10	34.50	12.60	0.90	12.60	979.00
1988/89	107.10	312.30	256.90	339.00	341.10	275.60	21.50	25.40	32.80	25.60	9.60	0.90	1747.80
1989/90	79.50	139.50	202.20	191.90	348.70	125.30	81.20	11.50	22.60	10.30	6.70	2.50	1221.90
1990/91	129.40	155.70	136.80	102.30	179.10	261.80	74.20	36.20	11.60	13.40	2.90	11.60	1115.00
1991/92	213.80	168.10	125.80	109.90	88.00	200.30	28.50	35.70	12.80	4.30	9.60	2.50	999.30
1992/93	71.30	125.60	241.70	93.20	257.50	149.60	41.00	47.30	30.80	4.40	1.70	24.00	1088.10
1993/94	335.70	163.50	184.70	198.40	321.00	188.50	76.70	27.00	27.70	21.10	4.30	30.70	1579.30
1994/95	100.80	124.40	103.70	86.20	207.50	203.00	64.60	22.70	12.60	10.90	15.30	45.00	996.70
1995/96	87.30	248.00	150.50	298.00	388.50	331.10	67.10	25.80	14.90	4.80	6.60	1.50	1624.10
1996/97	190.90	140.90	288.70	276.30	268.10	251.20	210.50	15.80	44.20	16.50	6.70	27.30	1737.10
1997/98	27.10	289.30	175.80	116.20	145.60	258.70	60.70	6.40	3.80	0.00	0.60	5.00	1089.20
1998/99 1999/00	88.30 127.10	195.90 146.30	94.60 152.30	239.70 148.90	201.80 313.50	497.60 224.90	147.10 52.10	63.10 4.40	36.30 23.10	9.30 12.70	5.50 6.50	16.20 5.00	1595.40 1216.80
2000/01	139.50	169.70	162.90	135.60	346.50	142.60		21.10	-	26.10	2.90	3.00	1200.90
2000/01	176.10	127.00	186.80	117.30	210.30	140.90	41.00 20.00	14.90	10.00 28.90	17.50	3.60	15.20	1058.50
2001/02	189.90	298.80	178.80	105.30	217.50	136.00	50.60	16.00	11.50	7.50	13.70	12.30	1237.90
2002/03	170.30	424.70	196.80	103.30	216.60	184.40	71.40	30.10	40.20	25.00	31.30	7.40	1506.90
2003/04	204.00	157.00	134.20	98.00	190.80	199.90	69.30	24.00	10.10	0.60	1.00	11.90	1100.80
2005/06	180.30	314.00	226.40	227.80	269.80	379.30	74.60	15.40	59.80	13.20	5.10	8.20	1773.90
2006/07	68.20	181.60	139.40	82.20	120.50	118.50	43.10	34.80	16.60	6.60	8.90	30.60	851.00
2007/08	103.60	117.30	178.10	291.30	333.30	393.80	126.50	19.50	35.30	3.80	1.60	3.20	1607.30
2008/09	234.20	270.40	211.60	232.60	321.20	396.30	11.60	30.80	18.50	13.20	4.60	5.60	1750.60
2009/10	218.80	162.50	194.80	171.70	120.50	154.30	39.90	28.80	1.10	1.50	1.10	109.80	1204.80
2010/11	297.40	280.30	257.20	608.50	410.90	93.40	40.30	20.60	15.00	15.20	1.90	3.20	2043.90
2011/12	102.60	293.80	332.30	211.00	149.70	201.20	52.10	61.50	48.50	18.90	10.80	42.90	1525.30
Promedio	143.13	206.48	176.27	181.40	245.71	219.10	76.29	30.28	23.19	10.41	6.89	16.94	1336.07

ANEXO II: EVAPORACIÓN POTENCIAL ESTACIÓN METEOROLÓGICA JUIGALPA (69034)

				S	Subcuenca	del río Maya	les - ETP n	nedia mens	ua				
	Area	1055.5 Km2	2										
	Parámetro	Evapotrans	spiración Po	otencial (mn	<u>n)</u>			Periodo	1970 - 2012				
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
1970/71	199.92	194.21	196.36	194.22	183.16	170.45	145.95	146.03	146.75	146.39	170.68	178.96	2,073.1
1971/72	190.58	184.35	189.63	193.95	182.07	177.21	154.68	146.66	149.53	143.35	169.74	182.53	2,064.3
1972/73	196.62	180.13	196.25	195.29	186.52	180.52	162.96	153.01	152.32	147.05	177.59	187.44	2,115.7
1973/74	197.09	191.33	196.81	199.02	188.07	183.85	160.52	143.70	152.85	144.38	171.90	178.17	2,107.7
1974/75	194.94	189.49	192.56	196.91	187.20	179.03	153.86	147.08	150.23	144.00	169.61	178.13	2,083.0
1975/76	194.76	189.12	196.59	204.40	192.86	186.85	163.20	143.99	147.10	143.02	172.73	183.62	2,118.2
1976/77	191.95	185.92	196.09	194.40	183.57	182.45	155.55	153.28	147.20	148.41	175.76	188.62	2,103.2
1977/78	198.80	194.67	193.43	196.45	186.09	180.11	157.98	151.75	149.93	142.58	170.87	179.47	2,102.1
1978/79	197.44	188.08	191.38	199.88	187.44	183.07	159.99	150.22	147.88	145.65	172.60	184.92	2,108.6
1979/80	194.94	192.02	199.32	200.33	185.94	181.17	156.20	148.41	150.96	141.28	163.74	171.99	2,086.3
1980/81	188.20	187.72	190.93	192.78	181.36	178.45	160.99	141.75	137.59	141.21	181.83	199.18	2,082.0
1981/82 1982/83	208.81 198.68	188.73	191.68	191.27	179.42	174.96	150.40	147.73	150.23	147.35	164.11	180.55	2,075.2
1983/84	185.31	191.06 191.09	191.25 193.19	192.70 194.01	184.40 183.72	177.27 179.44	151.79 161.86	146.40 153.52	146.48 147.87	144.61 145.69	170.02 166.69	174.90 171.69	2,069.6 2,074.1
1984/85	184.87	182.17	185.61	189.39	182.04	175.47	149.36	143.41	141.01	139.51	163.01	171.52	2,074.1
1985/86	185.67	184.45	191.98	190.52	180.06	176.05	154.13	149.00	147.15	147.40	168.76	177.35	2,052.5
1986/87	184.40	187.07	190.93	191.91	183.03	177.67	156.25	147.42	142.56	138.94	167.49	167.29	2,035.0
1987/88	189.09	186.24	193.43	193.64	184.98	178.39	155.59	148.69	149.92	143.47	161.93	176.03	2,061.4
1988/89	188.87	188.47	192.12	198.54	186.58	179.85	156.96	147.08	148.56	141.01	159.55	172.90	2,060.5
1989/90	185.05	183.34	186.95	193.48	184.22	176.35	156.65	144.07	146.82	140.04	166.87	178.31	2,042.1
1990/91	192.67	185.82	190.68	191.10	182.52	178.08	157.19	147.42	150.96	143.88	166.05	179.85	2,066.2
1991/92	189.56	191.01	197.71	197.65	184.09	177.38	154.91	148.43	145.70	141.63	164.60	173.18	2,065.9
1992/93	182.67	184.55	190.93	189.82	184.14	181.63	159.41	148.09	148.50	142.26	165.56	180.24	2,057.8
1993/94	198.31	191.76	193.98	195.88	185.07	180.93	161.08	150.45	151.99	146.97	170.58	181.43	2,108.4
1994/95	195.33	188.56	194.41	198.21	188.35	186.43	166.09	153.43	154.41	146.90	179.79	184.74	2,136.6
1995/96	199.20	196.82	200.55	203.78	191.11	188.37	163.94	156.84	152.28	150.10	168.49	178.31	2,149.8
1996/97	196.48	191.21	195.81	198.08	189.39	183.91	161.72	152.92	154.18	151.77	176.28	186.52	2,138.3
1997/98	196.11	190.63	196.50	199.09	188.46	183.27	162.44	152.47	156.14	151.92	172.61	179.78	2,129.4
1998/99	193.34	188.69	193.69	198.98	186.79	185.81	162.60	152.39	156.04	151.08	172.22	179.86	2,121.5
1999/00	191.94	186.12	190.25	196.32	185.50	180.98	156.48	148.71	147.54	143.68	170.22	186.93	2,084.7
2000/01	198.36	188.47	193.54	193.21	185.07	176.27	156.61	149.43	151.23	150.39	169.36	177.54	2,089.5
2001/02	189.84	188.14	193.87	198.54	190.25	184.25	157.27	154.81	153.36	150.77	172.51	182.65	2,116.3
2002/03	197.95	194.51	199.21	198.65	189.58	183.83	159.71	152.15	150.95	148.76	173.74	184.16	2,133.2
2003/04	197.45	191.58	197.14	196.54	188.21	185.17	161.35	148.09	150.95	151.79	171.63	180.45	2,120.4
2004/05	197.06	189.74	196.39	197.77	187.63	182.86	160.35	152.10	153.33	147.02	179.51	185.33	2,129.1
2005/06	199.25	195.76	200.84	204.76	191.34	184.71	161.49	155.89	156.68	152.36	176.65	195.33	2,175.1
2006/07	198.38	192.92	200.11	202.87	184.98	184.50	155.94	151.81	150.91	148.29	170.76	184.35	2,125.8
2007/08	195.69	190.58	196.69	199.88	187.01	184.11	155.90	146.75	148.90	145.26	171.63	174.52	2,096.9
2008/09	190.91	188.47	195.51	200.79	191.77	186.24	153.88	147.76	152.34	146.72	170.12	183.56	2,108.0
2009/10	201.82	195.23	198.15	199.43	188.97	183.78	162.81	155.16	150.95	147.34	166.50	184.55	2,134.7
2010/11	199.23	192.79	199.50	199.69	187.44	179.81	155.55	140.02	151.65	148.68	169.46	178.46	2,102.3
2011/12	195.69	192.49	197.88	199.75	190.18	180.93	158.34	151.41	152.63	151.11	170.74	183.56	2,124.7
Prom	194.12	189.42	194.52	196.76	186.20	181.00	157.86	149.28	149.87	146.05	170.34	180.69	2096.11

ANEXO III: CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTACION MAYALES EN JICARAL (69-08-01)

						4							
							EESTUDIOS T amades (med						
				-	in taka de danc		caudal Squido	ent. Cessual sep					
					Cataolia		YALES EN EL J	W ADAL					
					Calaboo		02'54" N	E-POVIL					
							5° 20' 54" W						
							:40 marm						
							LOF						
							70 - 2012						
(Taxton)	STATE OF THE PARTY	Transaction .	100	CARRA	#2.01			ALC:	966	and the	9.650	PARG	Cascata
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
1970/71	S/D	9.55	7.75 4.50	14,75	45,11	24.39	10.95	2.65	4.61	1.86	1.15 0.15	0.88	8.94
1971/72 1972/73	0.44	1.18	6.35	5.11	30.32	74.10	13.34	1.29	2.45	0.78	0.00	0.00	9.13
	0.47	4.26	6.35 S/D	6.55	3.97	2.39 S/D	2.38	4.01	0.32	0.02		0.00	2.33
1973/74	S/D	2.52		29.13	S/D		S/D		1.70	0.68	0.31	0.25	1.58
1974/75	0.31	1.62	2.46	6.83	S/D	S/D	SAD	0.70	1.56	0.87	0.20	0.10	1.63
1975/76	0.05	0.28	0.98	8.34	58.60	38.40	22.70	4.00	1.09	0.56	0.33	0.23	11.30
1976/77	0.33	10.20	8.40	10.20	1.82	7.37	1.16	1.13	0.29	0.11	0.03	0.01	3.42
1977/78	1.98	15.10	5.17	1.33	8.34	3.72	1.45	0.28	0.08	0.00	0.00	0.00	3.12
1978/79	4.01	14.60	9.23	8.26	16.22	26.60	2.34	2.15	0.38	0.16	0.05	0.05	7.14
1979/80	2.90	6.90	5.32	7.02	8.80	19.20	6.91	1.92	1.00	0.41	0.10	0.01	5.04
1980/81	10.00	19.60	8.13	11.20	41.60	34.10	55.40	6.03	2.87	1.28	0.39	0.01	19.38
1981/82	0.03	29.00	7.13	16.42	8.06	S/D	3.64	1,89	0.86	0.55	0.19	0.07	7,68
1982/83	4.80	10.40	12.50	SAD	5.56	25,60	1.94	0.78	0.49	0.18	0.03	0.03	5.66
1983/84	0.00	1.48	3.09	5.39	18.50	7.39	3,83	0.77	0.24	80.0	0.00	0.00	3,40
1984/85	0.00	0.24	1.85	3.40	50.30	7.81	1.41	0.97	1.24	0.28	0.22	0.05	5.65
1985/86	0.92	0.16	7.46	4.12	7.A7	8.14	2.70	2.10	1,10	0.23	0.00	0.00	2.87
1986/87	5.27	6.50	16.50	21.60	32.50	8.90	3.33	1.12	0.35	0.16	0.08	0.00	12.69
1987/88	0.00	0.19	13.30	28.40	18.15	18.01	15.90	2.40	1.10	0.40	0.43	0.42	10.65
1988/89	0.80	2.10	7,52	35.70	76.60	38.90	10.40	3.72	3.61	3.44	3.74	3.77	11.90
1989/90	2.60	12.30	4.10	4.77	46,10	21.30	7.23	3.00	0.03	0.02	0.02	0.01	8,46
1990/91	1.93	8.00	7.80	10.70	6.03	15.60	9.50	2.31	0.03	0.03	0.02	0.02	6.73
1991/92	1.80	3.66	11.60	16,60	3.47	9.86	11.82	3.20	0.02	0.02	0.01	1.40	5.29
1992/93	3.56	26.30	9.60	13,40	27.60	14.50	13.50	4.00	2.10	1.40	0.34	0.36	9.72
1993/94	0.38	0.38	0.39	14.40	S/D	17.70	23,30	1.80	1.60	1,71	1.80	1.10	5.87
1994/95	2.80	18,10	4.10	22,10	37.30	S/D	16.90	4.15	1.42	2.21	1,42	0.62	10.10
1995/96	5.31	12.30	6.10	59.50	34.20	10.20	14.30	4.30	S/D	S/D	S/D	S/D	18.28
1996/97	S/D	S/D	8.10	SAD	31.00	20.30	53.50	7.06	2.30	1,63	0.98	0.60	13.94
1997/98	0,47	3.53	10.10	11.90	5.37	24.90	2.80	1.59	0.94	0.93	0.89	0.10	5.29
1998/99	0.50	1.00	1.79	5.16	18.30	56.40	11.20	3.52	1.35	1.00	0.90	0.50	8.47
1999/00	0.90	6.58	7.69	4.68	71.80	84.40	19.60	2.98	1.82	1.06	0.92	0.87	16.94
2000/01	1.29	5.43	6.45	7,68	31.80	55.20	12.50	3.00	1.60	1.30	1.57	0.25	10.67
2001/02	0.40	3.68	7.36	7.53	15.50	8.19	6.01	1.80	0.55	0.50	0.66	0.40	4.38
2002/03	1.97	10.20	16.90	5.32	36.10	12,00	3.73	1,10	0.66	0.35	0.18	0.06	7.38
2003/04	S/D	S/D	S/D	S/D	5.13	16.70	6.77	1.46	1.12	0.50	0.30	0.18	4.02
2004/05	0.99	15.80	5,58	3.81	6.20	15.10	5.50	2.55	0.80	0.40	0.40	0.20	4.78
2005/06	S/D	39.30	33.00	113.90	77.10	13.00	5.50	4.82	2.84	2.80	1.31	1.00	26.78
2006/07	0.83	2.30	5.29	2.11	3.06	3.76	1.21	0.75	0.51	0.31	0.21	0.10	1.70
2007/08	0.60	1.15	3.57	26.80	22.90	50.60	17.80	6.10	2.53	0.66	0,13	0.10	11,08
2008/09	0.30	4.06	13.30	12.80	51.60	52.70	7.32	2.71	1.55	0.91	0.91	0.97	12.43
2009/10	0.99	2.93	6.61	12.20	7.05	3,63	5.94	S/D	0.79	0.79	0.91	0.45	3.84
2010/11	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.98	0.20	0.04	0.39	0.40
2011/12	1.53	6.50	7.20	SAD	26,60	40.10	11.20	3,02	1.00	0.60	0.40	0.30	8.95
Prom	1.71	8.19	7,80	15.65	26.21	24.09	10.95	2.64	1.27	0.77	0,53	0.39	8.07
Max	10.00	39.30	33.00	113.90	77.10	84.40	55.40	7.06	4.61	3.44	3.74	3.77	26.78
Min	0.00	0.16	0.39	1.33	1.82	2.39	1.16	0,28	0.02	0.00	0.00	0.00	0.40

ANEXO IV: SERIES DE CAUDALES SIMULADOS EN LA SUBCUENCA MAYALES

						audal líquido (n rámetro: cauda						,	
				1		Mayales (parte	•	25261					
					Tip	o: Caudales Sir	nulados						
						Años: 1970 - 2	2012						
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
1970/71	3.97	2.15	1.54	1.21	2.1	1.3	0.74	0.36	0.14	0.05	0.02	0.01	1.13
1971/72	0	1.37	1.68	2.2	7.62	6.91	2.29	0.88	0.34	0.13	0.05	0.02	1.96
1972/73	0.21	0.75	0.51	0.2	0.08	0.27	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0	0.2
1973/74	0	0.79	1.36	4.68	6.45	12.57	2.83	1.12	0.43	0.16	0.06	0.02	2.54
1974/75	0.01	0.8	0.65	0.92	7.01	2.71	1.28	0.49	0.19	0.07	0.03	0.01	1.18
1975/76	0	0	0.02	2.44	11.92	7.85	3.52	1.6	0.61	0.24	0.09	0.03	2.36
1976/77	0.01	2.51	1.29	0.74	0.4	1.21	0.72	0.28	0.11	0.04	0.02	0.01	0.61
1977/78	1.46	1.03	0.51	0.2	1.39	0.86	0.38	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0.51
1978/79	1	0.86	0.74	0.53	2.19	6.25	1.93	0.74	0.28	0.11	0.04	0.08	1.23
1979/80	0.07	5.02	2.12	3.13	6.47	13.17	2.84	1.13	0.43	0.17	0.06	0.02	2.89
1980/81	1.23	3.17	1.95	2.43	2.82	5.34	8.25	2.38	0.91	0.35	0.13	0.05	2.42
1981/82	0.87	11.07	2.93	3.68	3.42	2.97	1.39	0.53	0.2	0.08	0.03	0.01	2.26
1982/83	8.54	2.5	1.36	0.62	1.5	0.93	0.42	0.16	0.06	0.02	0.01	0	1.34
1983/84	0	0.66	0.48	0.19	3.16	3.81	1.59	0.62	0.24	0.09	0.03	0.01	0.91
1984/85	0.01	0.14	0.13	0.23	1.13	0.8	0.38	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0.25
1985/86	0	0	0.15	0.46	3.71	8	2.77	1.27	0.49	0.19	0.07	0.03	1.43
1986/87	4.18	1.67	2	1.02	0.39	0.21	0.12	0.04	0.02	0.01	0	0	0.8
1987/88	0	0.99	3.18	2.03	2.31	2.66	1.28	0.5	0.19	0.07	0.03	0.01	1.1
1988/89	0.39	3.65	2.45	6.81	3.18	7.69	2.26	0.89	0.34	0.13	0.05	0.02	2.32
1989/90	0.01	0.11	0.82	1.11	5.77	3.04	1.42	0.54	0.21	0.08	0.03	0.01	1.1
1990/91	0.01	0.58	0.59	0.51	2.22	4.2	1.65	0.65	0.25	0.1	0.04	0.01	0.9
1991/92	1.62	1.06	0.51	0.33	0.73	6.27	1.82	0.72	0.28	0.11	0.04	0.02	1.13
1992/93	0.01	0.2	1.12	0.69	3.15	2.03	1.02	0.39	0.15	0.06	0.02	0.01	0.74
1993/94	7.67	3.89	2.89	2.71	3.94	3.1	1.44	0.55	0.21	0.08	0.03	0.01	2.21
1994/95	0.15	0.19	0.11	0.04	0.29	2.91	1.25	0.5	0.19	0.07	0.03	0.01	0.48
1995/96	0.05	0.66	1.06	4.15	4.68	11.91	2.64	1.01	0.39	0.15	0.06	0.02	2.23
1996/97	0.05	0.61	2.7	3.01	5.87	5	8.35	2.41	0.92	0.35	0.14	0.05	2.46
1997/98	0.02	1.35	0.88	0.4	1.68	4.55	2.21	1.05	0.4	0.15	0.06	0.02	1.07
1998/99	0.01	0.74	0.91	2.66	3.44	15.35	3.37	1.52	0.58	0.22	0.09	0.03	2.41
1999/00	0.39	1.35	2.6	3.76	13.64	11.51	3.11	1.31	0.5	0.19	0.07	0.03	3.21
2000/01	0.08	0.57	0.46	0.21	3.77	2.53	1.27	0.52	0.2	0.08	0.29	0.24	0.85
2001/02	0.09	0.04	0.7	0.52	1.16	1.35	0.74	0.28	0.11	0.04	0.02	0.01	0.42
2002/03	1.69	2.53	1.25	0.54	1.84	1.17	0.57	0.22	0.08	0.03	0.01	0	0.83
2003/04	0.03	9.48	2.39	1.18	2.17	3.66	1.59	0.65	0.25	0.1	0.04	0.01	1.79
2004/05	1.02	1.31	1.11	0.6	0.95	2.97	1.3	0.5	0.19	0.07	0.03	0.01	0.84
2005/06	1.66	5.62	2.88	4.51	4.82	11.38	2.73	1.11	0.43	0.16	0.06	0.02	2.95
2006/07	0.03	1.48	1.61	0.92	0.96	0.59	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0	0.5
2007/08	1.79	1.91	1.74	7.69	10.36	21.99	4.95	2.13	0.82	0.31	0.12	0.05	4.49
2008/09	1.73	2.43	3.87	7.53	8.56	11.95	2.87	1.1	0.42	0.16	0.06	0.02	3.39
2009/10	0.43	1.45	1.39	0.93	0.52	0.36	0.21	0.08	0.03	0.01	0	0	0.45
2010/11	3.71	5.44	5.76	16.62	18.56	4.38	1.98	0.79	0.3	0.12	0.04	0.02	4.81
2011/12	0.01	1.17	6.39	5.07	2.32	4.08	1.61	0.62	0.24	0.09	0.04	0.01	1.81
Suma	44.21	83.30	68.79	99.41	168.65	221.79	83.55	32.12	12.31	4.70	2.06	0.94	68.51
Promedio (m3/seg)	1.05	1.98	1.64	2.37	4.02	5.28	1.99	0.76	0.29	0.11	0.05	0.02	1.63
Escorrentia (mm)	35.04	66.03	54.53	78.80	133.68	175.80	66.23	25.46	9.76	3.73	1.63	0.75	651.43
Minimo	0.00	0.00	0.02	0.04	0.08	0.21	0.12	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.20
Maximo	8.54	11.07	6.39	16.62	18.56	21.99	8.35	2.41	0.92	0.35	0.29	0.24	4.81

Parámetro: caudal líquido

Estación: Unidad Hidrológica Río Las Delicias (69 -952562)

Tipo: Caudales Simulados

Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
1970/71	3.32	1.55	1.22	1.44	3.84	1.19	0.63	0.29	0.11	0.04	0.02	0.01	1.14
1971/72	0	0.42	0.52	0.44	1.85	2.51	0.81	0.31	0.12	0.05	0.02	0.01	0.59
1972/73	0.25	0.74	0.59	0.32	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0	0	0	0.18
1973/74	0	0.78	0.59	3.73	2.52	6.16	1.32	0.58	0.22	0.09	0.03	0.01	1.34
1974/75	0.13	0.21	0.19	0.1	2.43	0.79	0.37	0.14	0.05	0.02	0.01	0	0.37
1975/76	0	0	0	0.03	2.66	3.09	1.2	0.55	0.21	0.08	0.03	0.01	0.66
1976/77	0	0.52	0.42	0.29	0.34	1.48	0.58	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0.33
1977/78	0.15	0.31	0.31	0.18	0.37	0.24	0.1	0.04	0.01	0.01	0	0	0.14
1978/79	0.42	0.43	0.24	0.44	0.57	1.55	0.59	0.23	0.09	0.03	0.01	0.05	0.39
1979/80	0.05	1.03	3.76	2.34	2.28	7.32	4.89	1.19	0.46	0.17	0.07	0.03	1.97
1980/81	0.45	0.27	0.23	0.28	0.34	0.78	1.29	0.55	0.21	0.08	0.03	0.01	0.38
1981/82	0.4	1.41	0.7	1.05	0.55	0.36	0.35	0.2	0.08	0.03	0.01	0	0.43
1982/83	2.15	0.84	0.76	0.39	0.46	0.27	0.1	0.04	0.02	0.01	0	0	0.42
1983/84	0	0.62	0.33	0.18	0.17	0.15	0.2	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0.15
1984/85	0	0.33	0.24	0.33	1.8	0.93	0.45	0.17	0.07	0.03	0.01	0	0.36
1985/86	0.13	0.11	0.21	0.22	0.15	1.35	0.56	0.24	0.09	0.04	0.01	0.01	0.26
1986/87	0.97	1.37	1.64	0.99	0.7	0.46	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0	0.54
1987/88	0	0	0.55	0.88	0.43	0.26	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0	0.2
1988/89	0	1.42	1.53	3.28	7.21	4.04	1.13	0.43	0.17	0.06	0.02	0.01	1.61
1989/90	0	0	0.13	0.46	2.12	0.82	0.38	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0.35
1990/91	0.78	1.01	0.62	0.52	0.28	0.43	0.26	0.1	0.04	0.01	0.01	0	0.34
1991/92	0.59	0.7	0.37	0.27	0.16	0.08	0.05	0.02	0.01	0	0	0	0.19
1992/93	0	0.12	0.82	0.49	1.64	0.64	0.27	0.11	0.04	0.02	0.01	0	0.35
1993/94	1.78	1.14	0.64	0.45	2.69	0.99	0.47	0.18	0.07	0.03	0.01	0.06	0.71
1994/95	0.06	0.02	0.01	0	0.5	0.57	0.31	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0.14
1995/96	0	1.38	1.18	1.98	2.01	2.32	0.85	0.34	0.13	0.05	0.02	0.01	0.86
1996/97	0.3	0.47	0.37	2.44	0.99	2.59	1.83	0.74	0.28	0.11	0.04	0.02	0.85
1997/98	0.01	1.44	0.95	0.54	0.57	0.57	0.31	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0.38
1998/99	0	0.4	0.25	0.13	0.2	0.61	0.39	0.18	0.07	0.03	0.01	0	0.19
1999/00	0.04	0.18	0.47	0.29	0.7	1.25	0.54	0.21	0.08	0.03	0.01	0	0.32
2000/01	0	0.4	0.28	0.15	0.73	0.45	0.22	0.08	0.03	0.01	0	0	0.2
2001/02	0.25	0.18	0.15	0.1	1.28	0.81	0.4	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0.29
2002/03	1.54	2.85	1.4	0.65	0.52	0.36	0.18	0.07	0.03	0.01	0	0	0.63
2003/04	0	1.25	2.15	1.41	2.77	1.2	0.63	0.28	0.11	0.04	0.02	0.01	0.82
2004/05	0.03	0.26	0.27	0.2	0.29	0.44	0.26	0.1	0.04	0.01	0.01	0	0.16
2005/06	1.16	0.46	0.19	0.66	0.78	2.15	0.77	0.33	0.13	0.05	0.02	0.01	0.56
2006/07	0	0.09	0.08	0.03	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0.02
2007/08	0	0	0.1	0.88	0.73	2.6	0.85	0.38	0.14	0.06	0.02	0.01	0.48
2008/09	0.43	0.75	0.61	0.66	1.97	1.27	0.58	0.22	0.08	0.03	0.01	0	0.55
2009/10	0.09	0.27	0.76	0.51	0.26	0.15	0.09	0.03	0.01	0	0	0	0.18
2010/11	0.65	0.77	0.83	10.24	2.43	1.45	0.65	0.25	0.1	0.04	0.01	0.01	1.45
2011/12	0.01	0.48	2.55	0.89	0.97	1.69	0.65	0.25	0.1	0.04	0.01	0.01	0.64
Suma	16.14	26.98	29.21	40.86	53.41	56.43	25.92	9.89	3.81	1.46	0.54	0.29	22.12
Promedio (m3/seg	0.38	0.64	0.70	0.97	1.27	1.34	0.62	0.24	0.09	0.03	0.01	0.01	0.53
Escorrentia (mm)	33.60	56.17	60.81	85.07	111.20	117.48	53.96	20.59	7.93	3.04	1.12	0.60	551.59
Minimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Maximo	3.32	2.85	3.76	10.24	7.21	7.32	4.89	1.19	0.46	0.17	0.07	0.06	1.97

Parámetro: caudal líquido

Estación: Unidad Hidrológica Río Mayales - Parte media (69 -952563)

Tipo: Caudales Simulados

					A	nos: 19/0	- 2012						
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
1970/71	3.27	1.28	0.61	0.39	0.56	0.31	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0	0.56
1971/72	0	0.16	0.15	0.11	0.54	0.65	0.28	0.11	0.04	0.02	0.01	0	0.17
1972/73	0.02	0.18	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0.03
1973/74	0.01	0.11	0.24	1	1.12	1.68	0.5	0.21	0.08	0.03	0.01	0	0.42
1974/75	0	0.03	0.04	0.03	0.74	0.3	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0	0.11
1975/76	0	0	0	0.13	0.66	0.82	0.37	0.17	0.06	0.02	0.01	0	0.19
1976/77	0	0.23	0.14	0.07	0.05	0.29	0.16	0.06	0.02	0.01	0	0	0.09
1977/78	0.11	0.16	0.09	0.04	0.14	0.1	0.06	0.03	0.01	0	0	0	0.06
1978/79	0.18	0.22	0.13	0.07	0.25	0.43	0.21	0.08	0.03	0.01	0	0.01	0.13
1979/80	0.01	0.65	0.33	0.29	1.03	1.75	0.54	0.24	0.09	0.04	0.01	0.01	0.41
1980/81	0.16	0.46	0.26	0.27	0.29	0.45	0.79	0.31	0.12	0.05	0.02	0.01	0.27
1981/82	0.11	0.76	0.29	0.32	0.21	0.15	0.08	0.03	0.01	0	0	0	0.16
1982/83	1.06	0.57	0.33	0.16	0.22	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0	0	0.21
1983/84	0	0.22	0.13	0.08	0.31	0.25	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0	0.1
1984/85	0	0.13	0.1	0.08	0.62	0.38	0.19	0.07	0.03	0.01	0	0	0.14
1985/86	0.09	0.08	0.06	0.1	0.21	1.07	0.44	0.21	0.08	0.03	0.01	0	0.2
1986/87	0.19	0.26	0.23	0.13	0.08	0.06	0.04	0.01	0.01	0	0	0	0.08
1987/88	0	0	0.12	0.14	0.08	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0.03
1988/89	0	0.76	0.74	1.48	1.3	1.36	0.44	0.17	0.07	0.02	0.01	0	0.53
1989/90	0	0	0.1	0.19	0.79	0.33	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0	0.14
1990/91	0.04	0.05	0.03	0.04	0.07	0.5	0.22	0.09	0.03	0.01	0	0	0.09
1991/92	0.25	0.27	0.15	0.1	0.07	0.25	0.14	0.05	0.02	0.01	0	0	0.11
1992/93	0.25	0.01	0.27	0.15	0.73	0.35	0.17	0.06	0.02	0.01	0	0	0.15
1993/94	0.64	0.39	0.26	0.15	0.23	0.22	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0	0.17
1994/95	0.02	0.02	0.01	0.13	0.06	0.09	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0.03
1995/96	0	0.21	0.22	0.32	0.58	1.1	0.37	0.14	0.05	0.02	0.01	0	0.25
1996/97	0.05	0.1	0.11	0.57	0.53	0.51	0.7	0.29	0.11	0.04	0.02	0.01	0.25
1997/98	0	0.28	0.18	0.08	0.05	0.2	0.12	0.05	0.02	0.01	0.02	0	0.08
1998/99	0	0.08	0.07	0.18	0.3	2.02	0.62	0.28	0.11	0.04	0.02	0.01	0.31
1999/00	0.03	0.14	0.11	0.06	0.46	0.43	0.21	0.08	0.03	0.01	0.02	0.01	0.13
2000/01	0.06	0.08	0.05	0.02	0.67	0.43	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0	0.11
2001/02	0.13	0.12	0.07	0.02	0.11	0.15	0.09	0.03	0.01	0.01	0	0	0.06
2002/03	0.25	0.78	0.35	0.16	0.28	0.16	0.06	0.02	0.01	0	0	0	0.17
2002/03	0.23	1.25	0.33	0.10	0.28	0.10	0.00	0.02	0.01	0.01	0	0	0.17
2003/04	0.02	0.14	0.40	0.23	0.09	0.33	0.18	0.07	0.03	0.01	0	0	0.24
2004/03	0.17	0.14	0.07	0.03	0.03	1.19	0.36	0.02	0.01	0.02	0.01	0	0.03
2005/00	0.21	0.43	0.33	0.47	0.03	0.02	0.30	0.14	0.03	0.02	0.01	0	0.03
2007/08	0.01	0.13	0.11	0.46	0.03	2.03	0.01	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0.03
2007/08	0.13	0.02	0.1	0.46	1.23	1.1	0.39	0.25	0.09	0.03	0.01	0	0.32
2008/09	0.13	0.27	0.2	0.29	0.05	0.02	0.39	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0.32
2009/10	0.42	0.2	0.17	3.28	1.91	0.02	0.01	0.01	0.05	0.02	0.01	0	0.06
2010/11	0.42	0.77	0.78	0.65	0.37	0.75	0.33	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0.69
	7.85	12.21	8.91	12.57	18.43	22.64	9.74	3.96	1.51		0.17		8.20
Suma	0.19	0.29	0.21		0.44		0.23	0.09	0.04	0.56		0.05	0.20
Promedio (m3/seg)				0.30	79.22	0.54 97.32	41.87	17.02		0.01	0.00	0.00	423.83
Escorrentia (mm) Minimo	33.74 0.00	52.48 0.00	38.30 0.00	54.03 0.00	0.02	97.32	0.00	0.00	6.49 0.00	2.41 0.00	0.73	0.21	0.03
Maximo	3.27	1.28	0.00	3.28	1.91	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
IVIdXIIIIU	3.27	1.20	0.78	3.20	1.91	2.03	0.79	0.51	0.12	0.05	0.02	0.01	0.09

Parámetro: caudal líquido

Estación: Unidad Hidrológica Río Apompuá (69 -952564)

Tipo: Caudales Simulados

Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
1970/71	3.36	1.42	1.04	1.12	2.75	1.15	0.58	0.25	0.1	0.04	0.01	0.01	0.99
1971/72	0	0.47	0.5	0.4	1.79	2.32	0.88	0.34	0.13	0.05	0.02	0.01	0.58
1972/73	0.14	0.64	0.47	0.23	0.09	0.03	0.01	0.01	0	0	0	0	0.14
1973/74	0.01	0.55	0.69	3.56	3.1	5.93	1.51	0.65	0.25	0.1	0.04	0.01	1.37
1974/75	0.04	0.13	0.15	0.1	2.43	0.88	0.41	0.16	0.06	0.02	0.01	0	0.37
1975/76	0	0	0	0.16	2.4	2.93	1.23	0.57	0.22	0.08	0.03	0.01	0.64
1976/77	0	0.64	0.42	0.25	0.22	1.17	0.54	0.21	0.08	0.03	0.01	0	0.3
1977/78	0.25	0.41	0.26	0.11	0.4	0.28	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0	0.16
1978/79	0.5	0.56	0.32	0.31	0.64	1.44	0.64	0.24	0.09	0.04	0.01	0.03	0.4
1979/80	0.03	1.53	2.19	1.78	3	6.77	3.16	1.17	0.45	0.17	0.07	0.03	1.69
1980/81	0.49	0.62	0.47	0.51	0.57	1.06	1.86	0.76	0.29	0.11	0.04	0.02	0.57
1981/82	0.38	1.9	0.81	1.04	0.61	0.42	0.26	0.12	0.04	0.02	0.01	0	0.47
1982/83	2.77	1.3	0.91	0.45	0.58	0.34	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0	0.55
1983/84	0	0.67	0.38	0.22	0.48	0.43	0.25	0.11	0.04	0.02	0.01	0	0.22
1984/85	0	0.38	0.28	0.3	1.89	1.07	0.53	0.2	0.08	0.03	0.01	0	0.4
1985/86	0.21	0.18	0.19	0.26	0.34	2.23	0.92	0.43	0.16	0.06	0.02	0.01	0.42
1986/87	0.79	1.11	1.19	0.71	0.46	0.3	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0	0.4
1987/88	0	0	0.47	0.65	0.36	0.16	0.07	0.03	0.01	0	0	0	0.15
1988/89	0	1.91	1.95	4.03	5.83	4.36	1.32	0.51	0.19	0.07	0.03	0.01	1.69
1989/90	0	0.01	0.21	0.54	2.36	0.95	0.43	0.17	0.06	0.02	0.01	0	0.4
1990/91	0.4	0.51	0.33	0.27	0.19	0.88	0.46	0.18	0.07	0.03	0.01	0	0.28
1991/92	0.71	0.8	0.43	0.3	0.18	0.32	0.22	0.08	0.03	0.01	0	0	0.26
1992/93	0	0.07	0.86	0.45	1.93	0.84	0.39	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0.4
1993/94	1.93	1.21	0.75	0.46	1.61	0.94	0.46	0.18	0.07	0.03	0.01	0	0.64
1994/95	0.01	0.01	0	0	0.33	0.43	0.25	0.1	0.04	0.01	0.01	0	0.1
1995/96	0	1.02	0.97	1.53	2.03	2.98	1.02	0.39	0.15	0.06	0.02	0.01	0.85
1996/97	0.22	0.39	0.35	2.16	1.35	2.12	2.13	0.87	0.33	0.13	0.05	0.02	0.84
1997/98	0.01	1.18	0.75	0.39	0.31	0.55	0.32	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0.31
1998/99	0	0.33	0.24	0.29	0.5	2.9	1.16	0.55	0.21	0.08	0.03	0.01	0.53
1999/00	0.06	0.3	0.37	0.23	1.06	1.32	0.62	0.24	0.09	0.03	0.01	0.01	0.36
2000/01	0.02	0.26	0.2	0.1	1.35	0.66	0.3	0.12	0.04	0.02	0.01	0	0.26
2001/02	0.33	0.26	0.17	0.1	0.76	0.69	0.37	0.14	0.05	0.02	0.01	0	0.24
2002/03	1.18	2.76	1.29	0.61	0.7	0.41	0.17	0.06	0.02	0.01	0	0	0.6
2003/04	0	2.46	1.75	1.05	1.88	1.25	0.64	0.27	0.1	0.04	0.02	0.01	0.79
2004/05	0.21	0.3	0.21	0.12	0.27	0.34	0.2	0.08	0.03	0.01	0	0	0.15
2005/06	0.91	0.74	0.51	0.96	0.92	2.88	0.94	0.38	0.14	0.06	0.02	0.01	0.71
2006/07	0.01	0.22	0.18	0.08	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0.05
2007/08	0	0	0.17	1.16	1.41	4.45	1.27	0.56	0.21	0.08	0.03	0.01	0.78
2008/09	0.43	0.83	0.64	0.8	2.91	2.29	0.91	0.35	0.13	0.05	0.02	0.01	0.78
2009/10	0.3	0.42	0.6	0.41	0.2	0.11	0.06	0.02	0.01	0	0	0.01	0.18
2010/11	0.98	1.51	1.36	10.63	4.15	1.95	0.87	0.33	0.13	0.05	0.02	0.01	1.83
2011/12	0.03	0.55	2.57	1.41	1.08	1.37	0.64	0.24	0.09	0.04	0.01	0.01	0.67
Suma	16.71	30.56	27.60	40.24	55.47	63.93	28.41	11.50	4.36	1.69	0.63	0.26	23.52
Promedio (m3/seg	0.40	0.73	0.66	0.96	1.32	1.52	0.68	0.27	0.10	0.04	0.02	0.01	0.56
Escorrentia (mm)	27.24	49.82	44.99	65.60	90.43	104.22	46.31	18.75	7.11	2.76	1.03	0.42	458.67
Minimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Maximo	3.36	2.76	2.57	10.63	5.83	6.77	3.16	1.17	0.45	0.17	0.07	0.03	1.83

Parámetro: caudal líquido

Estación: Unidad Hidrológica Río Cuisalá - Parte Baja (69 -952565)

Tipo: Caudales Simulados

A1100, 1970 - 2012													
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
1970/71	3.43	1.43	0.97	1.14	4.19	3.8	1.65	0.7	0.27	0.1	0.04	0.02	1.48
1971/72	0.01	0.68	0.67	0.47	3.37	3.84	1.49	0.57	0.22	0.08	0.03	0.01	0.95
1972/73	0.02	0.69	0.48	0.19	0.07	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0.12
1973/74	0.03	0.48	0.97	3.38	5	6.42	2.08	0.85	0.33	0.12	0.05	0.02	1.64
1974/75	0.01	0.3	0.31	0.22	3.02	1.31	0.6	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0.51
1975/76	0	0	0.06	0.73	3.57	3.69	1.6	0.68	0.26	0.1	0.04	0.01	0.9
1976/77	0.01	2.05	0.93	0.46	0.23	1.51	0.78	0.3	0.11	0.04	0.02	0.01	0.54
1977/78	0.42	0.75	0.46	0.17	0.45	0.34	0.16	0.08	0.03	0.01	0	0	0.24
1978/79	0.43	0.84	0.53	0.27	1.7	2.03	0.99	0.38	0.15	0.06	0.02	0.01	0.62
1979/80	0	2.61	1.16	1.56	6.25	7.74	2.21	0.9	0.35	0.13	0.05	0.02	1.92
1980/81	0.58	1.76	0.94	0.73	0.76	2.86	5.78	1.76	0.68	0.26	0.1	0.04	1.35
1981/82	0.39	3.68	1.3	0.91	0.6	0.44	0.26	0.1	0.04	0.01	0.01	0	0.64
1982/83	3.25	1.72	0.96	0.43	0.58	0.39	0.15	0.06	0.02	0.01	0	0	0.63
1983/84	0	0.66	0.46	0.22	2.12	1.56	0.8	0.31	0.12	0.04	0.02	0.01	0.53
1984/85	0	0.27	0.25	0.16	2.2	1.22	0.59	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0.42
1985/86	0.44	0.41	0.22	0.17	1.73	11.46	6.84	2.13	0.82	0.31	0.12	0.05	2.06
1986/87	0.82	0.83	0.88	0.52	0.75	0.56	0.27	0.1	0.04	0.02	0.01	0	0.4
1987/88	0	0.08	0.62	0.58	0.38	0.19	0.07	0.03	0.01	0	0	0	0.17
1988/89	0	2.71	2.59	5.38	5.78	5.18	1.87	0.72	0.27	0.11	0.04	0.02	2.05
1989/90	0.01	0	0.42	0.82	3.36	1.83	0.9	0.35	0.13	0.05	0.02	0.01	0.66
1990/91	0.04	0.08	0.06	0.17	0.77	2.84	1.16	0.44	0.17	0.07	0.02	0.01	0.49
1991/92	0.81	0.71	0.37	0.15	0.15	1.12	0.64	0.25	0.09	0.04	0.01	0.01	0.36
1992/93	0	0.07	0.9	0.56	2.08	1.27	0.64	0.24	0.09	0.04	0.01	0.01	0.49
1993/94	3.22	1.56	1.12	0.66	0.94	1.09	0.61	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0.8
1994/95	0.03	0.04	0.02	0.01	0.29	0.42	0.26	0.1	0.04	0.01	0.01	0	0.1
1995/96	0.03	1.02	0.83	1.31	2.99	4.96	1.68	0.64	0.25	0.09	0.04	0.01	1.15
1996/97	0.2	0.35	0.77	1.31	1.9	1.54	2.32	1.08	0.41	0.16	0.06	0.02	0.84
1997/98	0.01	0.35	0.3	0.13	0.33	1.5	0.78	0.3	0.12	0.04	0.02	0.01	0.32
1998/99	0.01	0.58	0.42	0.74	1.18	9.85	3.23	1.44	0.55	0.21	0.08	0.03	1.53
1999/00	0.13	0.47	0.49	0.48	1.82	1.79	0.9	0.35	0.13	0.05	0.02	0.01	0.55
2000/01	0.13	0.47	0.43	0.48	2.77	1.75	0.66	0.35	0.13	0.03	0.02	0.01	0.52
2001/02	0.37	0.37	0.48	0.12	0.42	0.44	0.00	0.23	0.04	0.04	0.01	0.01	0.24
2002/03	0.53	2.18	1.13	0.51	1.2	0.75	0.23	0.03	0.04	0.01	0.01	0	0.57
2002/03	0.32	6.31	2.07	0.98	1.33	1.35	0.33	0.13	0.03	0.02	0.01	0.01	1.13
2003/04	0.52	0.59	0.31	0.98	0.71	0.91	0.71	0.27	0.08	0.04	0.02	0.01	0.35
2004/03	0.6	2.21	1.69	2.21	1.99	5.88	1.74	0.2	0.08	0.03	0.01	0.01	1.45
2005/06	0.01	0.58	0.58	0.31	0.21	0.14	0.05	0.07	0.26	0.1	0.04	0.01	0.16
	0.01	0.58	0.32	2.25	4.54	9.33	2.62	1.17	0.01	0.17	0.07	0.03	1.75
2007/08													
2008/09	0.58	1.38	1.27	1.65	3.9	5.6	1.81	0.69	0.27	0.1	0.04	0.01	1.44
2009/10	1 66	0.84	0.53	0.29	0.17	0.11	0.05	0.02	0.01			0.02	0.25
2010/11	1.66	3.71	2.56	12.2	9.92	3	1.34	0.51	0.2	0.08	0.03	0.01	2.94 0.87
2011/12	0.02	0.84	3.08	2.99	1.52	1.04	0.55	0.21	0.08	0.03	0.01	0	
Suma	20.36	46.61	34.72	48.00	87.24	112.69	51.95	19.78	7.62	2.87	1.12	0.44	36.13
Promedio (m3/seg	0.48	1.11	0.83	1.14	2.08	2.68	1.24	0.47	0.18	0.07	0.03	0.01	0.86
Escorrentia (mm)	19.12	43.77	32.61	45.08	81.93	105.83	48.79	18.58	7.16	2.70	1.05	0.41	407.02
Minimo	0.00	0.00	0.02	0.01	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
Maximo	3.43	6.31	3.08	12.20	9.92	11.46	6.84	2.13	0.82	0.31	0.12	0.05	2.94

Parámetro: caudal líquido

Estación: Unidad Hidrológica Río Mayales - Parte Alta (69 -952566)

Tipo: Caudales Simulados

Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
1970/71	3.56	1.92	7.37	7.36	18.62	9.94	4.94	2.09	0.85	0.33	0.12	0.05	4.76
1971/72	0.02	3.97	4.63	3.31	13.12	17.46	6.66	2.55	0.98	0.37	0.14	0.05	4.44
1972/73	0.55	2.79	3.52	2.11	1.32	0.78	0.63	0.45	0.17	0.07	0.03	0.01	1.04
1973/74	0.32	2.16	4.48	15.69	15.24	22.36	8.58	3.74	1.43	0.55	0.21	0.08	6.24
1974/75	0.03	1.3	1.82	2.49	18.07	6.87	3.11	1.19	0.46	0.17	0.07	0.03	2.97
1975/76	0.01	0	0.44	4.81	11.57	13.77	7.88	3.79	1.45	0.56	0.21	0.08	3.71
1976/77	0.03	6.89	4.2	2.96	1.62	1.94	1.35	0.52	0.2	0.08	0.03	0.01	1.65
1977/78	2.04	7.24	4.01	1.74	3.37	2.18	1.05	0.54	0.21	0.08	0.03	0.01	1.87
1978/79	4.87	6.88	6.26	4.25	5.72	6.42	3.39	1.3	0.5	0.19	0.07	2.57	3.54
1979/80	1.85	11.13	5.81	5.15	12.84	19.69	7.25	2.89	1.11	0.42	0.16	0.06	5.7
1980/81	5.4	7.96	6.2	6.82	8.66	20.06	23.97	8.08	3.09	1.18	0.45	0.17	7.67
1981/82	1.53	19.85	6.67	8.16	4.82	3.48	1.91	0.73	0.28	0.11	0.04	0.02	3.97
1982/83	20.55	13.88	10.68	5.36	4.89	2.75	1.05	0.4	0.15	0.06	0.02	0.01	4.98
1983/84	0	4.37	3.03	2.46	7.8	5.09	2.53	0.97	0.37	0.14	0.05	0.02	2.24
1984/85	0.01	2.25	2.25	2.36	12.43	5.72	2.59	0.99	0.38	0.15	0.06	0.02	2.43
1985/86	0.26	0.95	1.39	1.63	2.98	14.98	7.83	3.82	1.46	0.56	0.21	0.08	3.01
1986/87	1.62	3.1	17.06	11.32	8.1	4.83	2.3	0.88	0.34	0.13	0.05	0.02	4.15
1987/88	0.01	0.09	9.79	8.49	5.12	2.73	1.23	0.47	0.18	0.07	0.03	0.01	2.35
1988/89	0.19	10.31	13.91	22.39	18.6	19.86	7.54	2.89	1.11	0.42	0.16	0.06	8.12
1989/90	0.02	1.24	4.08	4.23	16.42	6.38	2.73	1.05	0.4	0.15	0.06	0.02	3.07
1990/91	0.32	0.88	1.68	1.16	2.15	8.16	4.32	1.87	0.72	0.27	0.11	0.04	1.81
1991/92	3.33	5.38	4.35	2.97	1.52	3.95	2.45	0.94	0.36	0.14	0.05	0.02	2.12
1992/93	0.01	0.1	6.29	3.91	9.3	6.4	3.24	1.24	0.47	0.18	0.07	0.03	2.6
1993/94	9.08	5.68	6.38	7.73	16.33	10.59	5.22	2.13	0.82	0.31	0.12	0.05	5.37
1994/95	0.12	0.31	0.55	0.43	2.48	4.82	2.76	1.06	0.4	0.15	0.06	0.02	1.1
1995/96	0.01	4.05	4.11	9.16	24.63	25.25	8.58	3.41	1.3	0.5	0.19	0.07	6.77
1996/97	2.24	2	10.9	16.69	17.43	16.72	13.07	5.89	2.26	0.86	0.33	0.13	7.38
1997/98	0.05	11.97	8.74	5.08	2.54	5.9	3.22	1.23	0.47	0.18	0.07	0.03	3.29
1998/99	0.02	2.23	1.71	7.33	7.11	34.42	10.23	4.76	1.87	0.72	0.27	0.11	5.9
1999/00	0.31	1	1.22	1.29	13.48	11.62	5.31	2.03	0.78	0.3	0.11	0.04	3.12
2000/01	0.43	1.93	2.94	2.43	14.43	7.39	3.61	1.38	0.53	0.2	0.08	0.03	2.95
2001/02	1.84	1.79	2.17	1.6	3.12	2.96	1.61	0.62	0.24	0.09	0.03	0.01	1.34
2002/03	1.77	9.56	7.95	4.38	5.6	3.34	1.44	0.55	0.21	0.08	0.03	0.01	2.91
2003/04	1.14	20.52	11.62	5.89	4.23	4.26	2.4	0.92	0.35	0.14	0.05	0.02	4.3
2004/05	3.52	4.3	3.16	1.74	2.25	4.73	2.74	1.05	0.4	0.15	0.06	0.02	2.01
2005/06	0.96	13.62	11.8	10.27	14.15	26.48	8.87	3.8	1.45	0.56	0.21	0.08	7.69
2006/07	0.03	1.84	2.12	1.19	0.6	0.53	0.34	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0.57
2007/08	0.05	0.43	2.62	8.38	17.92	28.41	10.88	5	1.91	0.73	0.28	0.11	6.39
2008/09	4.51	11.45	10.43	12.23	19.93	33.09	9.16	3.51	1.34	0.51	0.2	0.08	8.87
2009/10	3.62	3.91	5.42	5.7	3.48	2.71	1.58	0.61	0.23	0.09	0.03	0.07	2.29
2010/11	10.26	13.41	15.52	49.85	37.29	11.4	4.88	1.87	0.72	0.27	0.1	0.04	12.13
2011/12	0.02	10.17	18.51	12.51	7.73	7.92	4	1.53	0.59	0.22	0.09	0.03	5.28
Suma	86.51	234.81	257.79	295.01	419.01	448.34	208.43	84.87	32.59	12.46	4.75	4.42	174.10
Promedio (m3/seg)	2.06	5.59	6.14	7.02	9.98	10.67	4.96	2.02	0.78	0.30	0.11	0.11	4.15
Escorrentia (mm)	18.28	49.62	54.47	62.34	88.54	94.73	44.04	17.93	6.89	2.63	1.00	0.93	441.40
Minimo	0.00	0.00	0.44	0.43	0.60	0.53	0.34	0.13	0.05	0.02	0.01	0.00	0.57
Maximo	20.55	20.52	18.51	49.85	37.29	34.42	23.97	8.08	3.09	1.18	0.45	2.57	12.13

Parámetro: caudal líquido

Estación: Unidad Hidrológica Río Cuisalá - Parte Media (69 -952567)

Tipo: Caudales Simulados

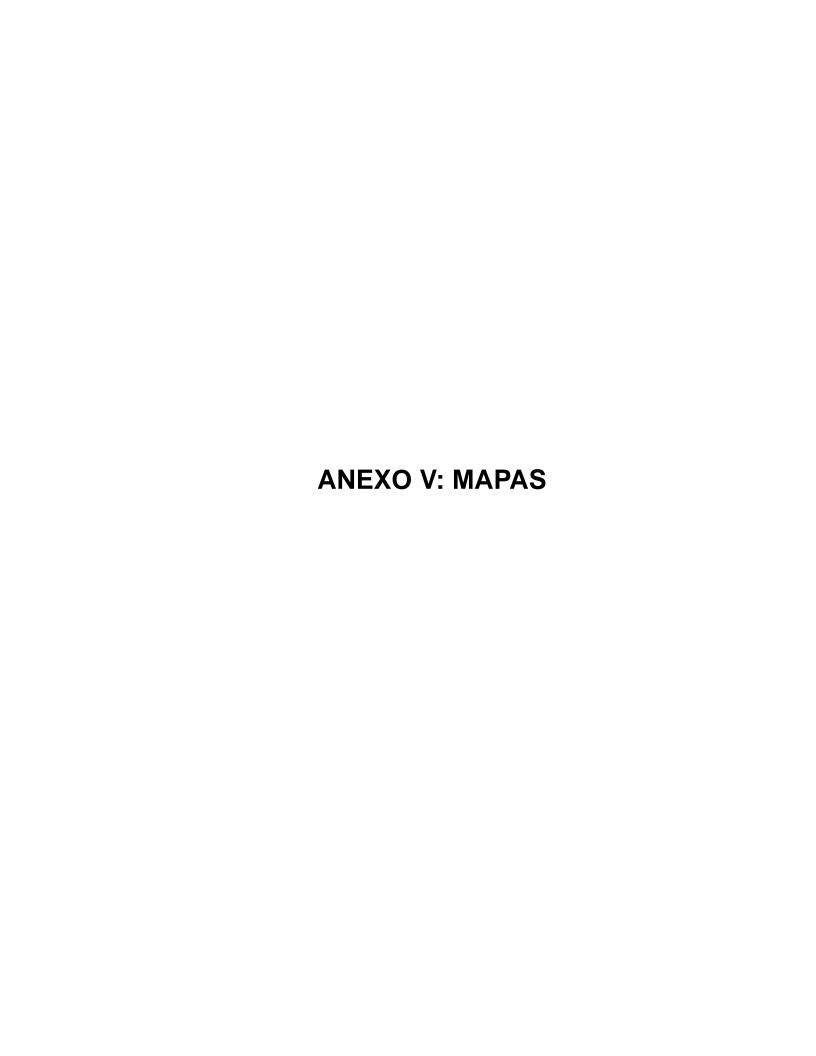
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
1970/71	3.38	1.44	1.22	2.48	13.03	13.38	3.53	1.49	0.57	0.22	0.08	0.03	3.4
1971/72	0.01	0.96	1.09	0.91	6.95	7.39	2.49	0.96	0.37	0.14	0.05	0.02	1.78
1972/73	0.01	0.75	0.58	0.24	0.14	0.08	0.03	0.01	0	0	0	0	0.15
1973/74	0.04	1.02	1.44	4.53	7.09	7.79	2.75	1.12	0.43	0.16	0.06	0.02	2.2
1974/75	0.05	0.82	0.71	0.44	4.78	1.86	0.82	0.31	0.12	0.05	0.02	0.01	0.83
1975/76	0	0	0.37	0.99	5.79	5.34	2.23	0.92	0.35	0.13	0.05	0.02	1.35
1976/77	0.02	5.32	1.84	0.99	0.5	3.17	1.37	0.52	0.2	0.08	0.03	0.01	1.17
1977/78	0.25	1.37	0.82	0.38	0.35	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0	0	0.29
1978/79	0.1	1.25	0.85	0.52	4.09	3.24	1.54	0.59	0.23	0.09	0.03	0.01	1.05
1979/80	0	2.26	1.68	5.14	12.34	11.47	3.83	1.74	0.68	0.26	0.1	0.04	3.3
1980/81	0.47	0.98	0.61	0.31	0.33	6.41	11.69	2.89	1.11	0.42	0.16	0.06	2.12
1981/82	0.38	4.32	1.62	0.7	0.39	0.35	0.23	0.09	0.03	0.01	0	0	0.68
1982/83	1.6	1.1	0.64	0.31	0.2	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0	0	0.34
1983/84	0	0.92	0.64	0.27	3.33	2.25	1.14	0.44	0.17	0.06	0.02	0.01	0.77
1984/85	0	0.11	0.21	0.14	2.64	1.27	0.52	0.2	0.08	0.03	0.01	0	0.43
1985/86	0.87	0.81	0.42	0.16	2.9	26.67	19.81	3.81	1.47	0.56	0.22	0.08	4.82
1986/87	0.9	1.02	1.53	1	3.12	1.59	0.71	0.27	0.1	0.04	0.02	0.01	0.86
1987/88	0	0.64	1.29	1	0.74	0.41	0.16	0.06	0.02	0.01	0	0	0.36
1988/89	0	3.06	3.22	6.23	12.8	6.28	2.52	0.97	0.37	0.14	0.05	0.02	2.97
1989/90	0.01	0	0.58	1.57	5.14	3.84	2.06	0.94	0.36	0.14	0.05	0.02	1.23
1990/91	0.04	0.32	0.27	0.32	1.23	3.64	1.57	0.6	0.23	0.09	0.03	0.01	0.7
1991/92	0.52	0.42	0.16	0.06	0.06	0.53	0.41	0.16	0.06	0.02	0.01	0	0.2
1992/93	0.01	0.22	1.04	0.68	1.07	0.89	0.45	0.17	0.07	0.03	0.01	0	0.39
1993/94	4.41	2.09	1.6	1.01	2.58	2.43	1.23	0.47	0.18	0.07	0.03	0.01	1.34
1994/95	0	0.22	0.21	0.08	1.1	1.28	0.72	0.28	0.11	0.04	0.02	0.01	0.34
1995/96	0	2.34	1.29	2.92	6.73	6.97	2.53	1	0.38	0.15	0.06	0.02	2.03
1996/97	0.5	0.73	1.78	1.24	2.02	1.74	2.19	1.14	0.44	0.17	0.06	0.02	1
1997/98	0.01	0.1	0.16	0.11	1.2	3.71	1.59	0.62	0.24	0.09	0.03	0.01	0.66
1998/99	0.01	1.21	0.78	0.66	1.07	11.8	4.57	2.02	0.78	0.3	0.11	0.04	1.95
1999/00	0.15	0.33	0.84	1.23	1.74	1.65	0.89	0.34	0.13	0.05	0.02	0.01	0.62
2000/01	0.34	0.41	0.49	0.41	3.7	2.13	1.06	0.41	0.16	0.06	0.02	0.01	0.77
2001/02	0.58	0.56	1.63	0.99	1.13	0.75	0.33	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0.51
2002/03	0.27	2.43	1.5	0.73	1.58	1.78	0.96	0.37	0.14	0.05	0.02	0.01	0.82
2003/04	0.88	8.78	3.59	1.76	2.91	2.03	1.03	0.39	0.15	0.06	0.02	0.01	1.8
2004/05	0.49	0.58	0.37	0.17	1.6	2.4	1.22	0.47	0.18	0.07	0.03	0.01	0.63
2005/06	0.55	2.47	2.37	3.15	3.29	8.18	2.49	0.97	0.37	0.14	0.05	0.02	2.01
2006/07	0.01	0.5	0.55	0.29	0.25	0.24	0.13	0.05	0.02	0.01	0	0	0.17
2007/08	0	0	0.14	2.75	6.83	9.22	3.45	1.58	0.6	0.23	0.09	0.03	2.08
2008/09	0.75	2.19	2.18	2.05	3.08	7.55	2.37	0.91	0.35	0.13	0.05	0.02	1.8
2009/10	1.36	1	0.57	0.31	0.25	0.17	0.08	0.03	0.01	0	0	0.01	0.32
2010/11	1.37	4.51	3.14	15.71	13.73	3.58	1.48	0.57	0.22	0.08	0.03	0.01	3.7
2011/12	0.01	1.31	3.93	3.32	1.77	1.07	0.55	0.21	0.08	0.03	0.01	0	1.03
Suma	20.35	60.87	49.95	68.26	145.57	176.89	88.87	30.27	11.63	4.43	1.66	0.62	54.97
Promedio (m3/seg)	0.48	1.45	1.19	1.63	3.47	4.21	2.12	0.72	0.28	0.11	0.04	0.01	1.31
Escorrentia (mm)	13.61	40.71	33.40	45.65	97.35	118.29	59.43	20.24	7.78	2.96	1.11	0.41	440.94
Minimo	0.00	0.00	0.14	0.06	0.06	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
Maximo	4.41	8.78	3.93	15.71	13.73	26.67	19.81	3.81	1.47	0.56	0.22	0.08	4.82

Parámetro: caudal líquido

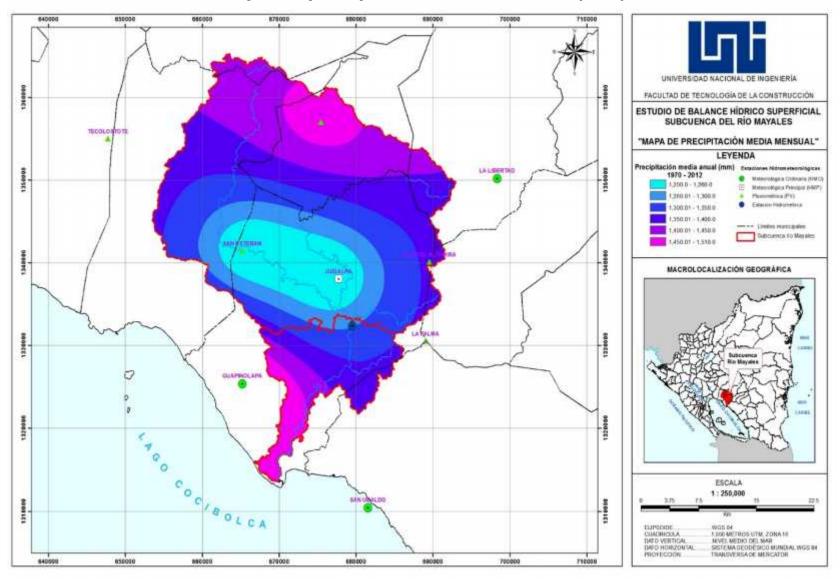
Estación: Unidad Hidrológica Río Cuisalá - Parte Alta (69 -952569)

Tipo: Caudales Simulados

AIIO3. 1310 - 2012													
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
1970/71	3.27	1.69	4.13	4.39	14.41	8.61	3.68	1.53	0.61	0.23	0.09	0.03	3.56
1971/72	0.01	1.95	2.35	2.24	9.21	12.42	3.99	1.53	0.58	0.22	0.09	0.03	2.89
1972/73	0.12	0.66	1.11	0.71	0.75	0.54	0.38	0.25	0.09	0.04	0.01	0.01	0.39
1973/74	0.13	1.07	2.15	8.14	7.1	10.38	3.85	1.58	0.6	0.23	0.09	0.03	2.95
1974/75	0.01	0.86	0.87	1.39	12.39	3.72	1.61	0.62	0.24	0.09	0.03	0.01	1.82
1975/76	0.01	0	0.51	2.02	7.66	8.16	4.56	2.17	0.83	0.32	0.12	0.05	2.2
1976/77	0.02	5.59	2.79	1.81	0.94	0.88	0.6	0.23	0.09	0.03	0.01	0	1.08
1977/78	0.93	4.66	2.38	1.18	1.29	0.83	0.32	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0.98
1978/79	1.18	2.8	3.32	2.3	4.49	4.51	2.2	0.84	0.32	0.12	0.05	2.52	2.05
1979/80	1.43	4.61	3.91	5.83	9.36	10.09	4.12	1.82	0.72	0.28	0.11	0.04	3.53
1980/81	2.59	2.32	1.59	1.75	2.93	13.11	14.05	4.33	1.66	0.63	0.24	0.09	3.78
1981/82	0.65	10.89	3.17	3.01	2.62	2.27	1.23	0.47	0.18	0.07	0.03	0.01	2.05
1982/83	9.84	7.26	5.99	2.95	1.86	1	0.38	0.15	0.06	0.02	0.01	0	2.46
1983/84	0	2.4	1.62	1.07	3.2	2.33	1.19	0.45	0.17	0.07	0.03	0.01	1.04
1984/85	0	0.53	0.67	0.77	4.31	2.03	0.79	0.3	0.12	0.04	0.02	0.01	0.8
1985/86	0.01	0.18	0.28	0.19	0.8	9.99	6.99	3.03	1.16	0.44	0.17	0.07	1.94
1986/87	0.98	1.31	12.09	7.96	5.51	2.79	1.2	0.46	0.18	0.07	0.03	0.01	2.72
1987/88	0	0.27	6.19	4.47	3.07	1.61	0.66	0.25	0.1	0.04	0.01	0.01	1.39
1988/89	0.13	4.92	7.08	10.69	13.13	10.79	4.02	1.54	0.59	0.23	0.09	0.03	4.44
1989/90	0.01	1.09	2.8	3.45	11.04	3.88	1.77	0.72	0.28	0.11	0.04	0.02	2.1
1990/91	0.14	1.22	1.63	0.96	1.43	3.82	1.93	0.75	0.29	0.11	0.04	0.02	1.03
1991/92	1.12	1.85	1.35	0.67	0.26	1.11	0.81	0.31	0.12	0.05	0.02	0.01	0.64
1992/93	0	0.11	2.15	1.65	2.38	2.12	1.14	0.44	0.17	0.06	0.02	0.01	0.85
1993/94	4.44	3.45	3.77	5.68	14.26	7.38	3.59	1.57	0.6	0.23	0.09	0.03	3.76
1994/95	0.01	0.68	0.7	0.41	2.94	6.17	2.63	1.01	0.39	0.15	0.06	0.02	1.26
1995/96	0.01	1.7	1.54	10	22.49	16.59	5.31	2.24	0.86	0.33	0.13	0.05	5.1
1996/97	1.86	1.25	9.64	8.95	12.5	12.34	7.18	3.2	1.22	0.47	0.18	0.07	4.91
1997/98	0.03	8.01	5.44	3.16	1.79	4.78	2.18	0.83	0.32	0.12	0.05	0.02	2.23
1998/99	0.01	0.97	0.84	4.93	4.61	19.25	5.12	2.34	0.93	0.36	0.14	0.05	3.3
1999/00	0.2	0.23	0.59	0.82	9.82	8.5	3.39	1.33	0.51	0.19	0.07	0.03	2.14
2000/01	0.22	1.15	2.14	1.98	7.87	3.91	1.89	0.72	0.28	0.11	0.04	0.02	1.69
2001/02	0.63	0.67	1.79	1.3	2.95	1.94	0.93	0.36	0.14	0.05	0.02	0.01	0.9
2002/03	0.6	5.33	4.08	2.49	2.61	2.27	1.22	0.47	0.18	0.07	0.03	0.01	1.61
2003/04	0.9	10.12	5.5	2.81	2.77	3.08	1.64	0.63	0.24	0.09	0.04	0.01	2.32
2004/05	1.19	1.23	1.05	0.61	1.37	3.07	1.68	0.67	0.26	0.1	0.04	0.01	0.94
2005/06	0.49	7.74	7.73	6.4	11.98	16.2	4.81	1.96	0.75	0.29	0.11	0.04	4.87
2006/07	0.02	0.83	0.85	0.51	0.44	0.68	0.47	0.18	0.07	0.03	0.01	0	0.34
2007/08	0.14	0.25	1.12	6.08	11.76	13.72	5.71	2.63	1.01	0.39	0.15	0.06	3.58
2008/09	3.49	7.44	6.97	7.86	12.8	22.38	5.14	1.97	0.75	0.29	0.11	0.04	5.77
2009/10	1.42	1.99	3.99	4.53	2.87	3.05	1.63	0.62	0.73	0.09	0.03	0.11	1.71
2010/11	5.22	6.7	10.53	30.35	22.28	5.74	2.31	0.89	0.34	0.13	0.05	0.02	7.05
2011/12	0.01	8.98	12.43	6.51	4.29	5.66	2.56	0.99	0.38	0.14	0.06	0.02	3.5
Suma	43.47	126.96	150.83	174.98	272.54	273.70	120.86	48.50	18.68	7.15	2.77	3.64	103.67
Promedio (m3/seg)	1.04	3.02	3.59	4.17	6.49	6.52	2.88	1.15	0.44	0.17	0.07	0.09	2.47
Escorrentia (mm)	18.60	54.33	64.55	74.88	116.63	117.13	51.72	20.75	7.99	3.06	1.19	1.56	532.38
Minimo	0.00	0.00	0.28	0.19	0.26	0.54	0.32	0.12	0.05	0.02	0.01	0.00	0.34
													7.05
Maximo	9.84	10.89	12.43	30.35	22.49	22.38	14.05	4.33	1.66	0.63	0.24	2.52	



Mapa de precipitación media anual (mm)



Mapa de escorrentía media Anual (mm)

