



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

BALANCE DE AGUA SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANÁS-ASTURIAS

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Carlos Ramón Collado Sandino

Tutor

Ing. José Adrián Ordoñez

Asesor

Ing. Miguel Blanco Chávez

Managua, Junio 2015



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA UNI-
RUPAP**

Managua, 17 de Febrero de 2015

Dr. Ing. Oscar Isaac Gutiérrez Somarriba.
Decano Facultad Tecnológica de la construcción (FTC)
Su despacho.

Estimado ing. Gutiérrez.

Reciba fraternos saludos de mi parte y deseo existo en sus funciones.

Al mismo tiempo le comunico que he revisado el trabajo monográfico titulado:
"Balance de Agua Superficial en la Cuenca Apanas-Asturias" trabajo
presentado por el Br: Carlos Ramón Collado Sandino.

Este trabajo es de gran importancia académica en el área de la hidrología que
servirá como documento de referencia bibliográfica para estudiante e ingeniero de
la carrera de ingeniería civil.

Considero que este trabajo está completo conforme a los objetivos planteados y
que llena todos los requisitos para ser defendido ante el honorable jurado
examinador que usted nombre.

Sin más al respecto me despido de usted.

Atentamente.



Ing. José Adrián Ordoñez

CC. Archivo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.572
Managua, agosto 22 del 2012

Bachiller
CARLOS RAMON COLLADO SANDINO
Presente

Estimado Bachiller:

Es de mi agrado informarle que el PROTOCOLO de su Tema Monográfico titulado "**BALANCE DE AGUA SUPERFICIAL EN LA CUENCA DEL EMBALSE APANAS-JINOTEGA**", ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo le comunico estar totalmente de acuerdo, de que el Ing. JOSE ADRIAN ORDOÑEZ, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presente concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el 20 de febrero de 2013.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano



CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
DIOGS*mary



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 01244
Managua, diciembre 16 del 2014.

Bachiller
CARLOS RAMON COLLADO SANDINO.
Presente

Estimado Bachiller:

En atención a su carta de solicitud de PRORROGA, para finalizar su trabajo Monográfico titulado "BALANCE DE AGUA SUPERFICIAL EN LA CUENCA DEL EMBALSE APANAS - ASTURIAS". Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberá presentar concluida su Tesis debidamente revisada por el tutor guía el 30 de marzo del 2015.

Esperando de usted puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,



DR. ING. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
Decano

CC: Tutor
Archivo-Consecutivo

DEDICATORIA

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

A MI MADRE, AUXILIADORA SANDINO QUE HA SIDO MI EJEMPLO DE LUCHA CONSTANTE Y PERSEVERANCIA, QUE SIN ESTOS VALORES JAMAS HUBIERA LLEGADO HASTA AQUÍ.

A MIS QUERIDOS HIJOS, RESNICK, CARLOS, LISMARLIN E INGRID QUE SON MIS PUNTOS DE APOYO PARA SEGUIR LUCHANDO POR ELLOS.

A MI COMPAÑERA DE VIDA JOHANNA CAROLINA RUEDA BALDODANO POR SU INVALUABLE APOYO INCONDICIONAL.

A MI GRAN FAMILIA QUE DIOS LO MANTENGA UNIDOS A PESAR DE TODAS ADVERSIDAD Y DIFERENCIA.

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO AL INGENIERO JOSÉ ANDRIAN ORDOÑEZ POR SU VALIOSA COLABORACIÓN EN EL ASESORAMIENTO Y ORIENTACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE ESTUDIO.

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

AL MAESTRO EN HIDROLOGIA MIGUEL BLANCO POR CONFIAR EN MIS CAPACIDADES PARA REALIZAR ESTE ESTUDIO.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO EN EL ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS DE INETER POR SU VALIOSO APOYO.

RESUMEN

En este estudio se estimó el balance de agua superficial en las cuencas que drenan al Lago Apanás-Asturias para contabilizar los aportes de los escurrimientos y que son de gran utilidad para el aprovechamiento hidroeléctrico del embalse.

Para el cálculo del balance hídrico se aplicó el modelo hidrológico de Aportaciones y Crecidas (CHAC) que permite calibrar las condiciones reales de una cuenca a partir de datos observados y mediante transferencia mensual de agua del ciclo hidrológico considerando el suelo y acuífero.

La calibración de la cuenca del río Jiguina se realizó para obtener parámetros físicos de calibración (humedad de suelo, infiltraciones, almacenamiento, capacidad de campo, etc.) para luego extrapolarlo en cuenca no aforada (donde no existen mediciones de caudales) tomando en cuenta la geología, el suelo y el régimen de precipitación en el área de estudio.

El estudio de balance de agua permitió contabilizar el volumen de escurrimiento en la cuenca y plantear a los operadores del embalse nueva estrategia de planificación del recurso hídrico; más aun cuando existen periodos prologados de sequía 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.

INDICE

CAPITULO-I: GENERALIDADES	X
1.1. Introducción.....	- 1 -
1.2 Antecedentes.....	- 3 -
1.3 Justificación	- 4 -
CAPITULO-II: OBJETIVOS	- 5 -
2.1 Objetivos.....	- 6 -
2.1.1 Objetivo general	- 6 -
2.1.2 Objetivos específicos	- 6 -
CAPITULO-III: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	- 7 -
3.1 Posición Geográfica	- 8 -
3.2 División Política Administrativa	- 9 -
3.3 Caracterización General de la Cuenca	- 11 -
3.3.1 Aspectos Hidrológicos	- 11 -
3.3.2 Hidrografía	- 12 -
3.3.3 Drenaje.....	- 13 -
3.3.4 Descripción Meteorológica de la Cuenca.....	- 17 -
CAPITULO-IV: MARCO TEÓRICO	- 19 -
4.1 Balance de Agua en la Hidrología.....	- 20 -
4.2 Característica Geomorfométrica.....	- 23 -
4.2.1 Delimitación Fisiográfica de la Cuenca.....	- 23 -
4.2.2 Caracterización Hidrográfica de las Cuencas	- 24 -
4.3 Caracterización Hidrológica y Climática	- 29 -
4.3.1 Análisis de Consistencia de Series Tiempos	- 29 -
4.3.2 Caracterización Climática.....	- 30 -
2.4 Calculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas (CHAC).....	- 31 -
4.4.1. Balance Hídrico a través Modelo de Teméz	- 32 -
4.4.2 Calculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP)	- 33 -
4.4.3 Calibración del Modelo.....	- 35 -
4.4.4 Evaluación del Modelo	- 36 -
4.4.5 Simulación del Modelo	- 39 -
CAPITULO-V: DISEÑO METODOLÓGICO	- 40 -

5.1	Calculo Balance Hídrico Superficial.....	- 41 -
5.1.1	Selección de Estaciones Meteorológicas.....	- 41 -
5.1.2	Cálculo de la Precipitación Media Áreal	- 43 -
5.1.3	Cálculo de la Evapotranspiración Potencial.....	- 48 -
5.1.4	Hidrometría.....	- 49 -
5.1.5	Caracterización Climática.....	- 51 -
5.1.6	Calibración de Cuenca Apanás-Asturias.....	- 57 -
5.1.7	Simulación Hidrológica en Cuenca no Aforada.....	- 62 -
CAPITULO-VI: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....		- 64 -
6.1.	Predicción Permanencia de los Caudales Medios Mensuales.....	- 65 -
6.2.	Aportaciones Medias Mensuales en la Cuenca Apanás-Asturias	- 68 -
6.3	Balance Hídrico Superficial Apanás-Asturias.....	- 69 -
6.4.	Regionalización de la Cuenca Apanás-Asturias	- 73 -
6.4.1	Correlaciones de las Variables Climatológica e Hidrológica.....	- 74 -
CAPITULO-VII: CONCLUSIONES		- 79 -
7.	CONCLUSIONES.....	- 80 -
CAPITULO-VIII: RECOMENDACIONES.....		- 82 -
8.	RECOMENDACIONES.....	- 83 -
CAPITULO-IX: REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA.....		- 84 -
9.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	- 85 -
CAPITULO-X: ANEXOS.....		- 86 -

CAPITULO-I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

El Ordenamiento Ambiental de un Territorio, se define como un proceso de gestión integrado, manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales: agua, suelo, y los ecosistemas vinculantes, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de la población de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales y la de su propia subsistencia y futuras. Otro concepto define que la gestión integrada de una cuenca implica tomar decisiones y manejar los recursos hídricos para varios usos de forma tal que se consideren las necesidades y deseos de diferentes usuarios del agua que comprenda la gestión del agua superficial y subterránea en un sentido cualitativo, cuantitativo y ecológico desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en las necesidades y requerimientos de la sociedad.

El balance de agua es un elemento integrador en la política de planificación de los recursos hídricos de un país, ya que a partir de esta se puede destinar sus distribución en los múltiples usos del agua (riego, abastecimiento de agua, potenciales hidroeléctricos, etc.).

En términos generales, para estudiar el comportamiento de una cuenca hidrográfica es necesario contabilizar el escurrimiento mediante las entradas y salidas físicas en el área de captación, evaluando los elementos que integran el ciclo hidrológico y sus procesos en la cuenca.

La evaluación del recurso hídrico, su disponibilidad, aprovechamiento sostenible en el tiempo y forma para 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 Cuenca del Lago de Apanás-Asturias.

El presente trabajo está orientado a la necesidad de obtener los caudales medios mensuales en cuencas no aforadas, mediante el proceso de calibración y simulación del método lluvias escurrimientos para periodos con amplia

variaciones temporales, y que sirva de base para la evaluación de la disponibilidad hídrica en la cuenca.

Bajo este enfoque se pretende estimar las aportaciones superficiales de las diferentes cuencas hidrográficas que drenan al Lago de Apanás-Asturias, y que tienen gran importancia para su aprovechamiento hidroeléctrico.

1.2 Antecedentes

No existen estudios hidrológicos llevados a cabo recientemente en el área de estudio que esté dirigido específicamente al presente tema de balance hídrico que podrían usar como referencia o base. Sin embargo, durante la presente investigación se tomó la oportunidad de reseñar algunos estudios relacionados con documentos técnicos y tesis orientadas al ordenamiento territorial de la cuenca con el fin que el lector conozca, compare y documente los procedimientos aplicados y los resultados obtenidos.

Los documentos más consultados comprenden:

- ❖ Estudio del Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hídrica: Apanás –Asturias (2007-2008).
- ❖ Identificación de Áreas Sensibles Ambientalmente, en las sub-cuencas y Micro-cuenca de Apanás-Asturias (Marzo, 2010).
- ❖ Diagnóstico analítico de la toma de decisiones de pequeños productores agrícolas en un contexto de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático en la cuenca de Apanás-Asturias, Nicaragua (tesis, 2009).

Sin embargo se han realizados balances hídricos superficiales a nivel nacional aplicando el modelo hidrológico CHAC en las diferentes cuencas hidrológicas del país, en la que podemos mencionar:

- ❖ Estudio Hidrológico en la Cuenca de los ríos Karawala en El Tortuguero y Wapi en Salto Mollejón (Enero 2008).
- ❖ Balance Hidrico integrado en la cuenca del río Estero Real (Mayo 2013).
- ❖ Balance Hidrico Superficial en la cuenca del río Mico en el sitio La Tranca (Marzo 2014).

1.3 Justificación

Proporcionar una herramienta para la planificación del uso del recurso hídrico con la finalidad de asegurar la recuperación, conservación, protección y manejo de la cuenca de Apanás-Asturias que garantice la operación de las Plantas Centroamérica y Santa Bárbara, sin menoscabar los diferentes usos del mismo por los otros usuarios en el área de los Embalses Apanás–Asturias, orientados tales objetivos a los planes de manejo ambiental de la cuenca, asegurando la sostenibilidad del uso del recurso hídrico con el propósito de garantizar la viabilidad de las inversiones hidroeléctricas que se realicen en la cuenca, y que tiene su impacto en la economía nacional.

CAPITULO-II: OBJETIVOS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Estimar balance de agua superficial a nivel mensual para contabilizar los aportes del escurrimiento en las cuencas que drenan al Lago Apanás-Asturias.

2.1.2 Objetivos específicos

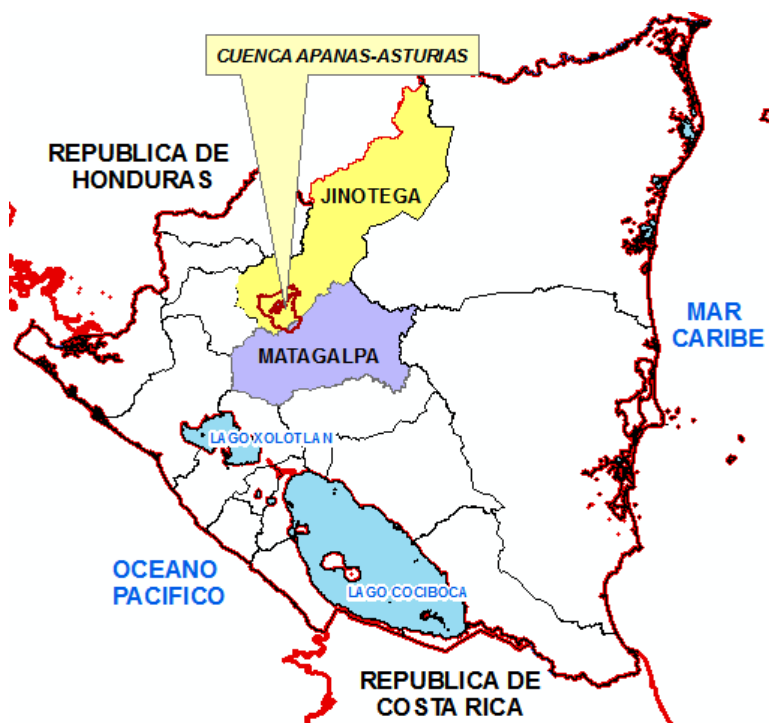
- 1.- Caracterizar los parámetros fisiográficos de las cuencas hidrológicas que drenan al embalse Apanás-Asturias.
- 2.- Analizar las consistencias de las series históricas (caudales, precipitaciones, temperaturas, humedad relativa, etc.) que tienen influencia en la cuenca.
- 3.- Describir las características climáticas en la zona de estudio (curva de variación estacional, periodos secos y húmedos, tendencias, etc.).
- 4.- Calibrar las series históricas para las subcuencas de los ríos Jiguina y San Gabriel para la obtención de los parámetros físicos del suelo (infiltraciones, humedades máximas, capacidad de campo, almacenamientos, etc.).
- 5.- Simular los caudales medios mensuales en las cuencas no aforadas a partir de la extrapolación de los parámetros de calibración del modelo hidrológico CHAC en el río Jiguina.
- 6.- Estimar las aportaciones superficiales de las cuencas que drenan al Embalse de Apanás-Asturias.
- 7.-Regionalizar la cuenca Apanás-Asturias para la elaboración de Mapas de Isolineas climática e hidrológica.

CAPITULO-III: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Posición Geográfica

La cuenca de Apanás-Asturias se ubica entre los paralelos $13^{\circ}01'12''$ y $13^{\circ}19'27''$ de Latitud Norte y entre los meridianos $85^{\circ}49'50''$ y $86^{\circ}06'47''$ de Longitud Oeste, en el departamento de Jinotega en una zona de baja densidad poblacional. Por su ubicación geográfica y con una elevación media de 1038 m.s.n.m la cuenca comprende valle intermontañoso, así como terreno semi plano lo que favorece a la zona de recarga del lago artificial Apanás-Asturias.

Figura N° 1 Macro localización del área de estudio



3.2 División Política Administrativa

Dentro de la cuenca se encuentran localizados los municipios de los departamentos de Matagalpa y Jinotega, que puede ser constatado en el cuadro N° 1.

Cuadro N° 1_División Política Administrativa de la cuenca de Apanás-Asturias

Departamento	No.	Municipio	Área (Km ²) Municipio	Subcuenca	Área (Km ²) Subcuenca	Área Parcial (Km ²) Munic. en Subcuenca	% Área Municipal
Matagalpa	1	El Tuma-La Dalia	647.524	Río Jiguina	183.35	0.51	0.09
	2	Matagalpa	643.628	Río Jiguina	183.35	46.094	7.84
Jinotega	3	Jinotega	878.938	Río Asturias	30.475	30.475	5.18
				Río Jinotega	37.718	37.718	6.42
				Río Mancotal	37.165	37.165	6.32
				Río Jiguina	183.35	136.746	23.26
				Río San Gabriel	79.768	23.135	3.94
				Río Cuyalí	22.061	22.061	3.75
				Río El Arenal	17.26	14.008	2.38
Jinotega	4	Santa Maria de Pantasma	550.376	Río Sisle	24.105	22.946	3.90
				Cluster Apanás	155.926	151.691	25.81
				Río El Arenal	17.26	3.252	0.55
				Cluster Apanás	155.926	4.236	0.72
				Río San Gabriel	79.768	56.633	9.63
Jinotega	5	San Rafael de Norte	239.654	Río Sisle	24.105	1.159	0.20

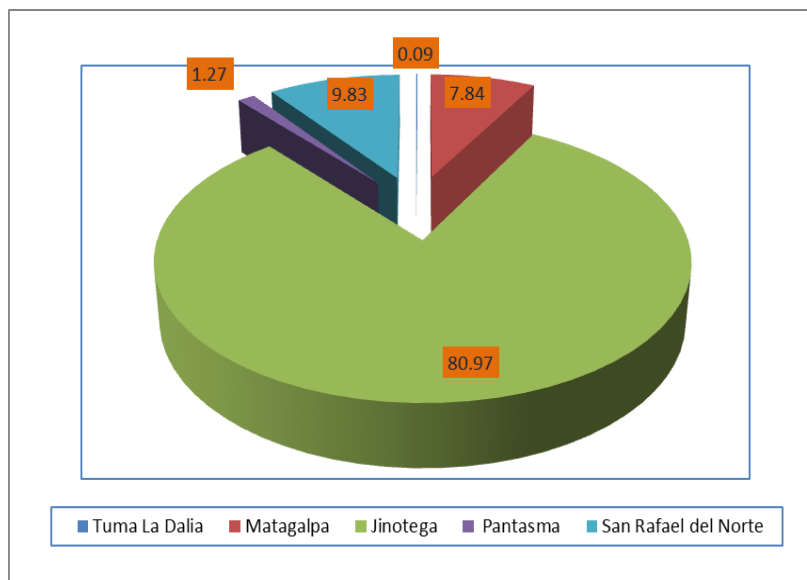
En el departamento de Matagalpa se encuentra los municipios de El Tuma- La Dalia, y Matagalpa, abarca una área muy reducida 46.604 km² dentro la cuenca de Apanás, la Dalia representa apenas del 0.1%.

El departamento de Jinotega, administrativamente la cuenca esta integrados por los municipios de Jinotega, Santa María de Pantasma, y San Rafael del Norte, estas regiones tienen un área de influencia dentro de la cuenca de 541.22 km², representando casi toda la extensión del área de drenaje del mismo (588 km²).

Individualmente estos municipios se distribuyen administrativamente como se describe en la figura N° 2, observándose que el municipio de Jinotega representa

el 81% de área dentro de la cuenca, seguido de San Rafael de Norte con 10%, Matagalpa con 7.93%, Pantasma con 1%, y Tuma La Dalia con 0.08%.

Figura Nº 2_División Política Administrativa de la cuenca de Apanás-Asturias



3.3 Caracterización General de la Cuenca

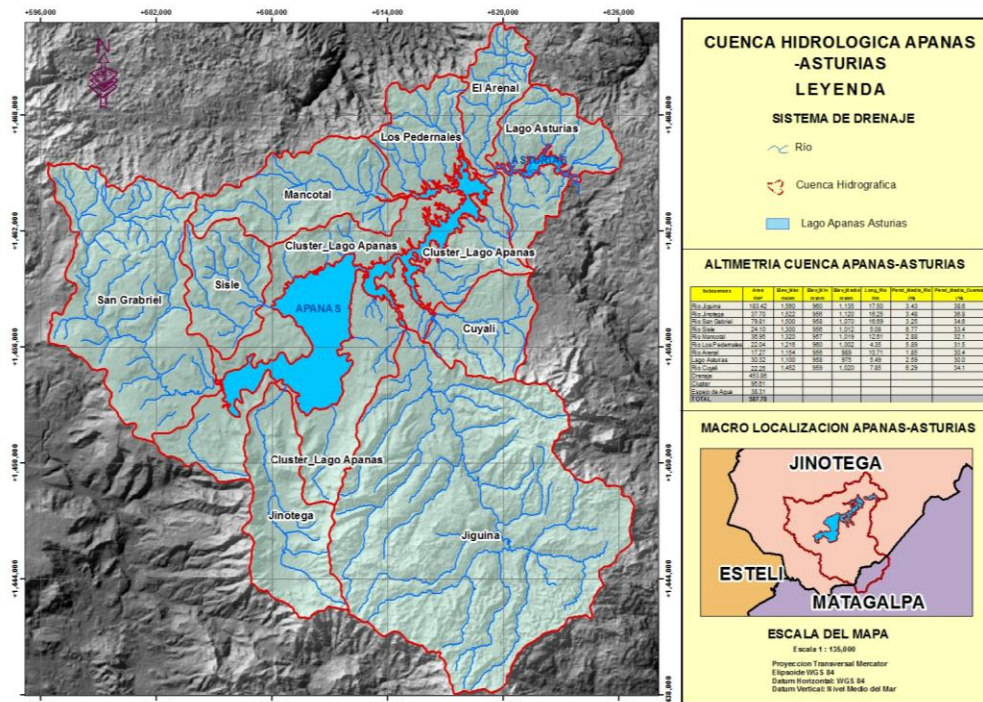
3.3.1 Aspectos Hidrológicos

La cuenca de Apanás-Asturias se encuentra localizada en la cuenca hidrológica número 55 (según PHCA, 1975), comprendiendo la parte alta de la cuenca del Río Tuma en el Río Grande de Matagalpa, drenando al Lago Xolotlán a través del Río Viejo de forma turbinada, sus ríos drenan de forma permanente (con excepción del Río Jinotega) en diferentes direcciones hacia el Lago.

El patrón de drenaje es de tipo dendrítico, dada la existencia de litologías de permeabilidad relativamente alta y topografía fuertemente ondulada acentuados en la parte alta y media de la cuenca, con formaciones de ríos con altas densidad de drenaje, y según la clasificación de Hortón los ríos son superiores al tercer orden.

A continuación se presenta el sistema de drenaje de la cuenca de Apanás-Asturias

Figura N° 3_Hidrografía Cuenca Apanás-Asturias



3.3.2 Hidrografía

Se calcularon los principales variables geomorfológicos que tienen incidencia en el comportamiento del escurrimiento en la cuenca; como son área de drenaje, perímetro, altitud, coeficiente de compacidad o índice de gravelius, tiempo de concentración, factor de forma, pendiente media del río, etc.

Las caracterizaciones fisiográficas de las subcuencas de Apanás-Asturias, fueron estimado a partir de los mapas cartográficos escala 1/50 000, publicados por INETER (edición 1982).

A continuación se muestra en el cuadro N° 2 la hidrografía de las subcuencas de Apanás-Asturias.

Cuadro N° 2_Hidrografía Cuenca Apanás-Asturias

Subcuencas	Area Km ²	Elev_Máx msnm	Elev_Min msnm	Elev_Media msnm	Long_Río Km	Pend_Media_Río (%)	Pend_Media_Cuenca (%)
Río Jiguina	183.42	1,560	960	1,260	17.50	3.43	38.6
Río Jinotega	37.70	1,522	956	1,239	16.25	3.48	36.8
Río San Gabriel	79.81	1,500	958	1,229	16.69	3.25	34.6
Río Sisle	24.10	1,300	956	1,128	5.08	6.77	33.4
Río Mancotal	36.95	1,320	957	1,139	12.61	2.88	32.1
Río Los Pedemales	22.04	1,216	960	1,088	4.35	5.89	31.5
Río Arenal	17.27	1,154	956	1,055	10.71	1.85	30.4
Lago Asturias	30.32	1,100	958	1,029	5.49	2.59	30.0
Río Cuyali	22.25	1,452	959	1,206	7.85	6.29	34.1
Drenaje	453.86						
Cluster	95.61						
Espejo de Agua	38.31						
TOTAL	587.78						

3.3.3 Drenaje

El embalse de Apanás-Asturias está ubicado en el centro del Valle de Apanás. Tiene una extensión de 588 km² incluyendo el espejo de agua que recibe las aportaciones de los ríos Jiguina, Jinotega, San Gabriel, Sisle, Mancotal, Arenal, y de una red de tributarios menores que se han agrupado como “cluster”, además del trasvase de las aguas provenientes del Lago de Asturias formado por la presa El Dorado en el Río Tuma.

3.3.3.1 Subcuencas del río Jiguina

La subcuenca del río Jiguina es la más extensa (183.45 km²), abarcando un 33% del área de drenaje de toda la cuenca de Apanás. Está conformado por la confluencia de los ríos Arenal y Sajonia, que nacen entre las formaciones geomorfológicas de la montaña La Galia (1638 msnm) y el Cerro Frío (1408 msnm), atravesando el valle de Datanlí y los Robles hasta su desembocadura en el lago a los 960 msnm.

El curso principal de río es aproximadamente 27 km, y recibe las aguas de varios quebradas como El Chile, La Parranda, La Sultana, Las Camelias, Las Mercedes, Dantalí, El Salto y La Bastilla.

Por su topografía montañosa y fuertemente escarpada, tiene pendientes mayores al 50% en la parte alta de la cuenca, y onduladas en la parte media de 15-30 %.

La elevación media es de 1135 m.s.n.m, y el tiempo de concentración de la cuenca de 3.20 horas (Basso, 1972), se estima un caudal medio anual de 4.35 m³/seg.

3.3.3.2 Subcuenca San Gabriel

Esta subcuenca es la segunda más extensa, con aproximadamente 79.768 Km² de área de drenaje. El río nace de tres ramales principales ubicados en el cerro Las Mercedes (1215 msnm), el Valle El Pencal (1326 msnm) y el Cerro de Agua (1377 msnm). En su recorrido pasa por los poblados Molino Rojo, El Achiote, Sabana de En medio y San Gabriel, donde es interceptado por la carretera y continúa por las localidades de Los Encuentros, El Molino, La Flor, San Ramón y Francisco Ruiz, hasta su desembocadura en el Lago de Apanás, en la localidad de La Esperanza.

El río tiene un recorrido de 22.81 km, con una diferencia de nivel de 480 m entre su nacimiento y la desembocadura en el lago a los 960 msnm y sus principales tributarios son los ríos Potrerillos, San Gabriel, El Garrapatero y Sasle, su elevación media es de 1070 msnm.

El tiempo de concentración de la cuenca es de 2.92 horas, un caudal medio anual de 1.15 m³/seg.

3.3.3.3 Subcuenca Jinotega

Esta cuenca tiene especial importancia ya que en su trayectoria de aproximadamente 16 Km, bordea la cabecera departamental de Jinotega, pasando por las localidades de Valle La Tejera, San Antonio, La Trinchera, Boca del Monte, Portillo de Apanás, Llano Grande, hasta su desembocadura en el Lago. El río nace en la comunidad de Las Pilas (1555 msnm) y su cabecera se localiza en la Montaña El Paraíso (1567 msnm).

Con una área de drenaje estimada en 37.72 Km² y un caudal medio de 0.15 m³/s, la elevación media es de 1,120 m.s.n.m s y su tiempo de concentración es

de 1.72 horas, respectivamente. Sus principales tributarios son los ríos Ducualí y Flor de Pino.

3.3.3.4 Subcuenca Mancotal

El río nace en el Cerro de Agua (1377 msnm), ubicado al Norte de la Cuenca, en la comarca del mismo nombre. Se alimenta de pequeños riachuelos en su recorrido por el cerro La Rinconada (1228m), valle El Yanke (1190msnm), cerro El Jalacate (1210 msnm) y los poblados Mancotal, San Gregorio hasta su desembocadura en el Lago de Apanás cerca de la comarca de Tomayunca (1025 msnm), alcanzando una longitud aproximada de 14.27 Km.

Esta subcuenca de 37.17 Km² de extensión, posee elevación media de 1019 msnm, con un índice de compacidad de Gravelius es de 1.53 y tiempo de concentración de 1.90 horas.

3.3.3.5 Subcuenca Cuyalí

El río tiene su nacimiento en los cerros donde está emplazado el poblado de Corinto Finca (1042 m.s.n.m), durante su recorrido que tiene un longitud de 7.83 km, y pasa por las comarcas de San Pedro de Boculmay, Venecia, y Cuyalí, el parte agua de la cuenca está limitada por los cerros de Bonetilla (1308 m.s.n.m), El Gobierno (1523 m.s.n.m), entre otros.

El río posee una pendiente media de 6.69%, y en la parte alta de la cuenca la pendiente oscilan entre 35 al 50 % característico de cuenca de montaña, y eso obedece que el tiempo de concentración de la cuenca sea relativamente bajo de 0.83 horas.

3.3.3.6 Subcuenca Sisle

La subcuenca posee la contribución de dos ríos principales, como es San Antonio y Sisle, el río Sisle tiene un recorrido de 8.89 km a todo lo largo de la cuenca, pasando por los poblados de La Esperanza, El Espino, San Francisco, Lugar de Yucapuca, y La Concepción, el río tiene su confluencia con San Antonio agua debajo de la comunidad de La Concepción.

El parte agua se encuentra bien definido por los cerros de: Cerro Yucapuca (1235.9 msnm), Cerro Mata Caña (1161 msnm), Cerro La Rinconada (1228 msnm), y Cerro La Mina (1133.4 msnm).

3.3.3.7 Subcuenca Arenal

La subcuenca El Arenal tiene una área de drenaje de 17.26 km² y posee una forma alargada (ancho promedio de la cuenca es 2.5 km), los afluentes principales son quebradas de pequeñas longitudes menores a 3 km.

En su recorrido de 10.14 km el río pasa por los poblados El Diamante, Mancotal, entre otras comunidades.

3.3.3.8 Subcuenca Asturias

El sistema de drenaje de la subcuenca es de tipo dendrítico desaguardo al Lago de Asturias, la cuenca recibe aportaciones del Río Tuma en el Dorado, estimándose un caudal medio anual de 1.34 m³/seg.

3.3.3.9 Subcuenca Los Pedernales

El drenaje de la cuenca es de tipo dendrítico con una aportación de 22 km² y de forma irregular, con elevación máxima 1056 m.s.n.m y mínima de 605 m.s.n.m, El recorrido del río principal es de 5 kilómetros con un perfil longitudinal del 8%, y una pendiente media de la cuenca del 31.5%.

3.3.4 Descripción Meteorológica de la Cuenca

Las zonas montañosas que bordean la cuenca condicionan en mayor o menor grado las cantidades de precipitaciones, debido a esta condición existe alta variabilidad espacial y temporal de la lluvia, caracterizándose diferentes microclimas.

Los sistemas meteorológicos predominantes definen claramente tres condiciones climáticas con particularidades bien definidas: la época de lluvias, que se extiende de Mayo a Octubre caracterizada por alta cantidad de humedad proveniente del Mar Caribe, la época seca en los meses de Enero a Abril lo cual predomina aire seco con características tropicales, y los frentes fríos que se presentan en los meses de Noviembre y Diciembre.

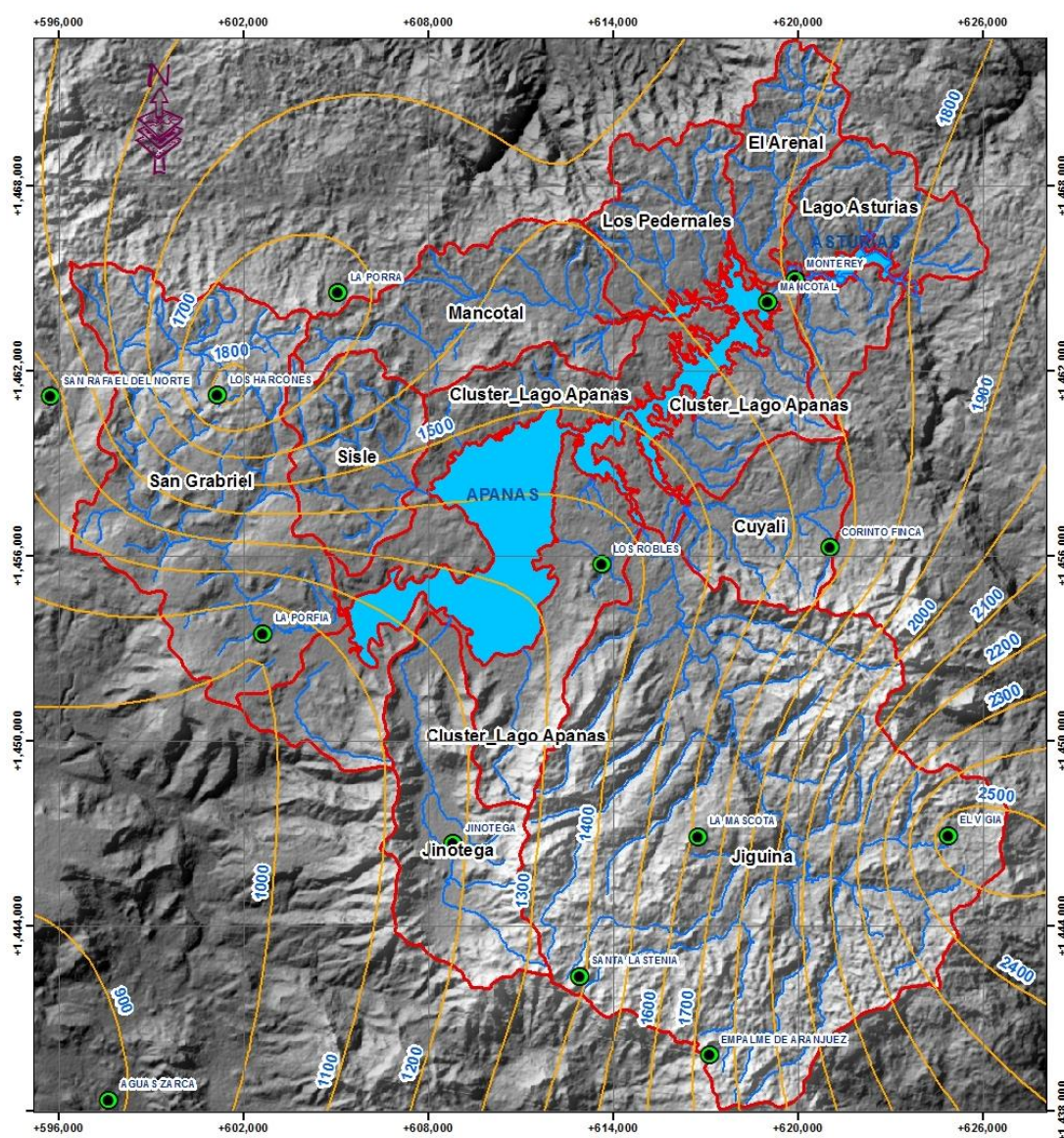
La temperatura media anual considerado en el periodo de 1970 a 2013 registradas en 6 estaciones climatológicas (véase cuadro N° 7) es de 20.7 °C y oscilan entre los 17.5 y 24.8 °C. En los meses de Marzo y Abril se presentan los valores más altos, en Noviembre y Diciembre los valores más fríos. En la parte del valle se presentan la humedad relativa más alta 86.8% en promedio debido a la masa de agua del Lago de Apanás-Asturias.

La precipitación media anual para el periodo de 1970 a 2013 registradas en 19 estaciones meteorológicas localizadas dentro y fuera de la cuenca es de 1,645 mm/anales. En la figura N° 4 se muestran las isoyetas medias anuales,

observándose valores más altos en la parte alta de la cuenca del río Jiguina en el sitio conocido como El Vigía con valores promedios de 2,500 mm/anuales.

Como se observa en el mapa de isoyetas las precipitaciones aumentan con orientación de Oeste a Este en la cuenca Apanás-Asturias, con alta variabilidad espacial y temporal de la lluvia estableciendo diferentes zonas climáticas, por ende variaciones estacionales de los regímenes de los caudales.

Figura N° 4_Isoyetas precipitaciones medias anuales



CAPITULO-IV: MARCO TEÓRICO

4.1 Balance de Agua en la Hidrología

La ecuación de continuidad es la base para realizar un balance hídrico; dicho balance se emplea generalmente para estimar la disponibilidad de agua en cuencas hidrológicas. Dentro de este balance, existen dos componentes fundamentales: el superficial y el subterráneo, ambos se encuentran fuertemente interconectados; el agua subterránea alimenta al agua superficial principalmente a través del llamado escurrimiento base y de los manantiales, y el agua superficial alimenta al acuífero a través de la infiltración o percolación hacia el suelo¹.

La ecuación de continuidad se expresa como:

$$\frac{dV}{dT} = E - S \quad (4.1)$$

Donde, la variación de volumen V , en el tiempo t , es función del gasto que entra E menos el gasto de sale S . En otras palabras, la variación de volumen es igual a las entradas menos las salidas, para un intervalo de tiempo específico.

Por tanto, el balance hídrico para cualquier masa de agua y cualquier intervalo de tiempo, en su forma más general, vendrá representado por la siguiente ecuación:

$$P + Q_{SI} + Q_{UI} - E - Q_{SO} - Q_{UO} - \Delta S - \nu = 0 \quad (4.2)$$

Dónde:

P: Precipitación al sistema (milímetros).

¹ IMTA-2003, citado balance hídrico de la cuenca de México

Q_{SI} : Entrada de agua superficial proveniente de otras cuencas (milímetros).

Q_{U_i} : Entrada de agua subterránea a la cuenca (milímetros).

E : Evaporación desde la superficie de la masa de agua (milímetros).

Q_{S_o} : Salidas de la corriente de agua superficiales (milímetros).

Q_{U_o} : Salidas de la corriente subterránea desde la cuenca (milímetros).

ΔS : Variación de volumen almacenado (milímetros).

μ : términos residuales (milímetros).

Un balance hidrogeológico (acuífero) puede escribirse empleando la ecuación siguiente:

$$I + R_I + E_S - E_T - S_m - B = \Delta V \quad (4.3)$$

Dónde:

I : Infiltración-recarga de agua de lluvia.

R_I : Recarga inducida: retornos de riego, fugas en los sistemas de agua de las zonas urbanas.

E_S : Entradas de agua al sistema por flujo lateral subterráneo proveniente de las fronteras de la zona de balance y por otros acuíferos.

E_T : Evapotranspiración de la zona saturada.

S_m : Salida de agua por manantiales (ríos, manantiales)

B : Extracción de agua subterránea por bombeo (pozos).

ΔV : Cambio en el volumen almacenado en el área y en el tiempo estipulando de balance.

En una cuenca de un río con una divisoria de cuencas bien definida, las aportaciones superficiales son prácticamente despreciables (suponiendo que no halla trasvases artificiales desde otras cuencas) y, por lo tanto, Q_{sl} , no figura en la ecuación del balance para una cuenca de un río. Por esto, la ecuación del balance para una cuenca de un río queda como sigue:

$$P - E - Q - \Delta S - \nu = 0 \quad (4.4)$$

Dónde:

P: Precipitación.

E_R : Evapotranspiración real.

Q: Esguerrimiento.

ΔS : Variación de volumen almacenado.

μ : Términos residuales (discrepancia).

El intercambio de agua subterránea con cuencas vecina se supone igual a cero.

Donde Q representa la descarga del río desde la cuenca.

Los balances hídricos para valores medios se calculan para un ciclo anual (años calendarios o años hidrológicos), aunque muy frecuente se utilizan para varios ciclos que puede ser a nivel mensual.

La determinación del balance hídrico para año medio se puede despreciar la variación del volumen de agua almacenada en la cuenca (ΔS), ya que este variable es difícil de medir y calcular. Para largos periodos (registros mayores de 20 años) los incrementos del agua almacenada, positivo y negativa, a escala anual, tienden a equilibrarse y su valor neto al final puede considerarse igual a cero. La situación contraria ocurre cuando se calculan los balances para periodos cortos ($\Delta S \neq 0$).

Cuando sea posible, para cerrar la ecuación del balance hídrico es esencial medir o calcular todos los elementos del balance, usando métodos independientes. Las medidas y determinaciones de los elementos del balance siempre tienden a errores, debido a las limitaciones tecnológicas. La ecuación de balance, por lo tanto, generalmente no establece un balance exacto, la inexactitud viene representada en la ecuación por un término residual (μ), que incluyen los errores en la determinación de los componentes considerados y los valores de los componentes que no se han tenido en cuenta en la ecuación utilizada. Un bajo valor de (μ) indica un ajuste aceptable de la mayoría de los componentes del balance (límite $\pm 10\%$)².

4.2 Característica Geomorfométrica

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 otros³

4.2.1 Delimitación Fisiográfica de la Cuenca

Las delimitaciones de las subcuencas se basan en seguir las cotas de mayor altura considerándola como frontera, y cerrando la subcuenca en el punto de control hidrológico que generalmente se establecen en las estaciones hidrométricas y/o confluencias de ríos y lagos.

Este procedimiento de la delimitación del parte agua se realizó aplicando técnica de Sistema de Información Geográfica (SIG), con la finalidad de estimar las

² Instituto de hidrología de España/UNESCO-1981-Guia internacional de Investigación Método Balance Hídrico.

³ German Monselvé Saenz, 2 edición-hidrología en la Ingeniería.

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.

4.2.2 Caracterización Hidrográfica de las Cuencas

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 1:50,000 que integran la cuenca de Apanás-Asturias 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 subcuenca, los resultados obtenidos darán un indicativo del influencias de estos parámetros en la cantidad y distribución de escurrimiento.

Se elaboraron en ArcGis 10 los mapas temáticos climatológicos de isoclinas como: temperatura, lluvia, coeficiente de escorrentía, caudales específicos, subcuencas, etc.

A continuación se describen las principales características geomorfológicas de la cuenca que condiciona su comportamiento hidrológico, como también exponer la terminología e índice con los cuales el hidrólogo define y analiza a una cuenca hidrográfica.

4.2.2.1 Cuenca Hidrológica

Es una unidad territorial formada por un río con sus afluentes y por un área recolectora de agua. En la cuenca están contenidos los recursos naturales básicos para múltiples actividades humanas, como agua, suelos, vegetación y fauna. Todos ellos mantienen continua y particular interacción con los aprovechamientos y desarrollo productivos del hombre (FAO, 1990).

La cuenca hidrológica es el área limitada por un contorno al interior de lo cual las aguas de lluvias que cae se dirigen hacia un mismo punto que es la parte más bajas del sistema (Jiménez, 1992).

Es la totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauce, tales que todo el escurrimiento originado por la lluvia en tal área es descargado a través de la única salida superficial (Campos Aranda, 1992).

4.2.2.2 Área de Drenaje

Es el área plana (proyección horizontal) incluida entre su divisoria topográfica, el área está formada por el relieve del terreno del sistema de drenaje de la cuenca.

4.2.2.2 Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc)

Es la relación entre el perímetro de la hoya y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual al área de la cuenca.

Tiene como límite inferior la unidad, indicando entonces que la cuenca es circular y conforme su valor crece indicará una mayor distorsión en su forma, es decir, se vuelve alargada o asimétrica.

$$K_c = \frac{0.28 * P}{A^{1/2}} \quad (4.5)$$

Dónde:

P: Perímetro de la hoya, en Kilometro (Km).

A: Área de drenaje de la hoya, kilómetros cuadrados (Km²).

4.2.2.3 Factor de Forma (K_f)

La forma de la cuenca definitivamente afecta las características de la descarga de la corriente, principalmente en los eventos de flujo máximo. En general, los escurrimientos de una cuenca de forma casi circular serán diferentes a los de otra, estrecha y alargada, de la misma área.

Un factor de forma bajo esta menos sujeta a creciente que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma.

El ancho medio, B, se obtiene cuando se divide el área por la longitud axial de la hoya.

$$K_f = \frac{B}{L} \quad (4.6)$$

$$B = \frac{A}{L} \quad (4.7)$$

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (4.8)$$

Dónde:

B: Ancho medio, en km.

L: Longitud axial de la hoya, en km.

A: Área de drenaje, en km².

4.2.2.4 Densidad de Drenaje (D_d)

Es la relación entre la longitud total del cursos del agua de la hoya y su área total, y sus variables se describa a continuación.

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (4.9)$$

Dónde:

D_d = Densidad de drenaje, en km/km².

L: Longitud total de las corrientes, en km.

A: Área total de la hoya, en km².

La densidad de drenaje toma valores entre 0.50 km/km² para hoyas con drenaje pobre hasta 3.50 km/km² para hoyas excepcionalmente bien drenadas.

4.2.2.5 Pendiente de la cuenca (S_c)

Esta característica controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo que se lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de la hoya.

La pendiente de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento, la humedad del suelo y la contribución del agua subterráneas al flujo de los cauces. Es uno de los factores físicos que controla el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.

Para la estimación de la pendiente de la cuenca es usual utilizar la ecuación de J.W. ALVORD y se describe a continuación.

$$S_c = \frac{D * L}{A} \quad (4.10)$$

Dónde:

S_c : Pendiente promedio de la cuenca, adimensional.

D: Intervalo o desnivel constante entre curva de nivel, en km.

L: Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en Km.

A: Área o tamaño de la cuenca, en km^2 .

4.3 Caracterización Hidrológica y Climática

4.3.1 Análisis de Consistencia de Series Históricas

El primer paso consiste en realizar un tratamiento, análisis y obtención de resultados de series de datos hidrológicos y climatológicos.

Se recopilarán las informaciones hidrometeorológicas (lluvias, humedad relativa, temperatura, caudales medios, etc.) en series históricas a niveles mensuales. Antes de ser procesados se analizarán las consistencias y la homogeneidad de los registros históricos de los datos.

El método de consistencia y homogeneidad permite identificar, estimar y eliminar los saltos así como tendencia tanto en la media como en la desviación estándar de la series.

El análisis de consistencia 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, y quiere decir que la estación es consistente.

También se realizó rellenos de los registros de datos a niveles mensuales de los parámetros climatológicos en base a las estaciones meteorológicas de referencias que tienen influencias en la zona de estudio.

4.3.2 Caracterización Climática

Con el fin de determinar las características temporales a largo plazo de la lluvia se seleccionaron varias estaciones de acuerdo a sus ubicaciones geográficas, tratando de cubrir el área de influencia de la cuenca en estudio.

El objetivo del análisis es determinar las características generativas de las series tales como épocas secas y húmedas, posibles ciclos inter-anual y multianual y tendencias.

Los cambios de temperatura están directamente relacionados con la altura; y es uno de los factores ambientales que define el régimen climático.

Las estaciones seleccionadas (representativa para la respectiva zona de interés: Cuenca 55) se analizará sus estadísticas de las series históricas en cuanto a su promedio, desviación estándar, coeficiente de asimetrías para evaluar las similitudes hidrológicas entre ellas.

La distribución espacial de las lluvias estacionales y anuales (Thiessen modificado) se utilizó el programa Surfer_Versión 8, creando un formato estándar en Excel donde incluyen las coordenadas de las estaciones meteorológicas, códigos, sus elevaciones, registros mensuales y anuales de precipitaciones para cada estación.

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 los efectos orográficos (montaña) de relieve del terreno y la dirección del viento, entre otros factores.

2.4 Calculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas (CHAC)

Los modelos son herramientas usadas por los técnicos en un esfuerzo por tratar de entender y reproducir fenómenos del mundo real; la modelización implica planteamientos matemáticos y físicos que en algunos casos llegan a ser muy sofisticados, en la actualidad estos se ven un poco simplificados mediante el uso de computadoras. Un modelo es una representación o simplificación de la realidad que puede ser manipulado para mejorar la visión de ésta, su objetivo es analizar un sistema complejo y real a menor escala y costo.

La aplicación del programa Calculo Hidrometeorológico de Aportaciones Y Crecidas (CHAC), ha sido desarrollada por el Centro de Estudios Hidrográficos del Cedex en España con metodologías propias con el fin de proporcionar una herramienta útil para el desarrollo de trabajos hidrológicos dentro del Master de Hidrológica del Cedex. Se trata de una aplicación desarrollada en Visual Basic para Ms Windows, con subrutinas de cálculo en Fortran 77, de fácil manejo a través de una interfaz gráfica.

El modelo hidrológico CHAC consiste en un proceso de balance de transporte de agua en las diferentes fases del ciclo hidrológico, basado en el principio de continuidad o conservación de la masa y regulado por leyes específicas de reparto y transformación de volúmenes de agua; divide al terreno en dos zonas: la superior la supone no saturada en cuyos poros coexisten el agua y el aire, la inferior (acuífero) saturada de agua y conectada a la red de drenaje. 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)⁴.

⁴ Teméz, 1977-citado en Cedex-España (2004)

4.4.1. Balance Hídrico a través Modelo de Teméz

Para llevar a cabo la transformación de precipitaciones en escorrentías, CHAC aplica en el apartado de cálculo de aportaciones el modelo de Teméz. 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.

El presente Balance Hidrológico, se basa en lo expuesto por Custodio y Llamas en el Libro "HIDROLOGIA SUBTERRANEA", en el cual se describe el método de Thornthwaite; sin embargo, para el cálculo de la evapotranspiración potencial se usó el método de Hargreaves, el cual proporciona valores más adaptados a las condiciones climáticas de nuestro país. A continuación se describen las variables de la Ecuación de Balance Hídrico⁵.

$$P = E + I + R + \Delta V \quad (4.11)$$

Estas variables son las siguientes:

P = Precipitación.

E = Evapotranspiración Real

I = Infiltración.

R = Escorrentía

ΔV = Cambio en el almacenamiento.

El cambio en el almacenamiento se considera despreciable, ya que el período de análisis es bastante largo.

⁵ Custodio-1995, Hidrología subterránea

Los términos R e I, son calculados en el método como la variable Q, de manera que: $Q = I + R$

Los datos de precipitación, evapotranspiración potencial y escurrimiento superficial se han generado por medio del modelo Aportación-Escorrentía TEMEZ.

4.4.2 Calculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP)

Se considera como evapotranspiración potencial o del cultivo de referencia a la tasa máxima a la que se podría evapotranspirar agua bajo condiciones óptimas de suministro con el suelo existente. Accediendo al menú ETP dentro de la opción de Cálculo de Aportaciones, el programa permite el cálculo de la evapotranspiración potencial por tres métodos diferentes, dos de ellos experimentales (Thornthwaite, y Blaney-Criddle) y un tercero físicamente basado (Penman Monteith).

Puesto que cada metodología se basa en unos parámetros y datos meteorológicos, el programa requerirá unos ficheros de datos de entrada diferentes, así:

- Para la selección del método de Thornthwaite aparecerá activo el parámetro de Temperatura.
- Si la opción de cálculo de la ETP escogida es alguna de las otras dos opciones, aparecerán activos los parámetros de “Humedad”, “Horas Sol” y “Velocidad del Viento”. En el caso de Blaney-Criddle la humedad es la media de las mínimas diarias, mientras que para Penman Monteith es la media de las medias diarias.

Sin embargo para este estudio se utilizó la fórmula de Hargreaves (1956), que permite calcular el uso consuntivo mensual, en función de la temperatura media, la humedad relativa media al medio día y la duración del día dependiente de la latitud.

Últimamente (1966) su autor ha introducido factores adicionales de corrección de la fórmula y una tabla que incluyen coeficientes para tener en cuenta el efecto del cultivo⁶.

Los coeficientes de cultivo (K), son datos muy valiosos que se usa para determinar la posible área de riego de un proyecto, de una finca, etc. Sobre la base de un volumen disponible de agua en el suelo⁷.

En unidades métricas y con temperatura en °c, la fórmula se expresa:

$$E_i = 17.37 * K * d * T * (1 - 0.01H_n) \quad (4.12)$$

Dónde:

- K: es un coeficiente empírico de cultivo.
- d: es un coeficiente mensual de duración del día.
- T: es la temperatura media mensual (°c).
- H_n: es la humedad relativa media, al medio día (%).

El coeficiente “d” está relacionado con el porcentaje de hora de luz “P” de Blaney-Cridle (1950).

$$d = 0.12 * P \quad (4.13)$$

⁶ Estimación De Los Usos Consuntivos De Agua Y Requerimientos De Riego Con Fines De Formulación Y Diseño De Proyecto.

⁷ Manual de Uso Consultivo del Agua Para Los Principales Cultivos de los Andes Centrales Peruanos.

4.4.3 Calibración del Modelo

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 modelización 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 H_{max} , C , I_{max} , α y coeficiente de cultivo, 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.

4.4.4 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:

- Errores en los datos usados en la calibración.
- El uso de periodo de información que no representa suficientemente (longitud de registros pequeños).
- Los procesos físicos necesarios para calibrar.

- Inadecuada o mala representación; por el modelo, de los procesos físicos desarrollados en la cuenca.
- Resultados insuficientes para la toma de decisiones.

Existen criterios estadísticos para la evaluación del modelo, Martinec, J y Rango, A (1989) afirman que el uso regular de criterio estadístico puede proporcionar amplia información a los usuarios sobre qué tan apropiado 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, R^2 , (Clark, R.T.1973; Jame, D.L. y Burges, S.J. 1982).

Clark, R.T. (1973) afirma que este único criterio es insuficiente ya que es posible encontrar valores de este coeficiente cercanos a la unidad, que indicaría la máxima precisión posible, para resultados de simulación evidentemente inaceptables.

Martínez, J y Rango, A (1989) utilizaron solamente tres criterios: el coeficiente de Nash-Sutcliffe, el “coeficiente de beneficio de medias diarias”, y la desviación del volumen de escorrentía. Concluyen que el uso de un número limitado de criterios puede proporcionar suficientes posibilidades de evaluación, y debe tenerse cuidado de agregar al análisis criterios que no contribuyan con alguna nueva inferencia sobre el funcionamiento del modelo.

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 índice fue empleado como criterio para evaluar el poder reproductivo del modelo

hidrológico (Debels, 2010), adoptando la interpretación recomendada por la literatura (Moriasi et. al, 2007).

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

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Q_o - Q_c)^2}{\sum (Q_o - Q_m)^2} \quad (4.14)$$

Dónde:

Q_o = Es el caudal observado al intervalo de tiempo.

Q_c =Es el caudal calculado al intervalo de tiempo.

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

Razón RMSE- desviación estándar de las observaciones (RSR) es una versión estandarizada del RMSE (Legates & McCabe, 1999); se calcula como el cociente entre el RMSE y la desviación estándar de los datos observados, y se interpreta basados en los criterios establecidos por Moriasi et. al. (2007).

$$RSR = \frac{RMSE}{DESVEST_{OBS}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i^{observado} - Q_i^{simulado})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i^{observado} - Q_i^{promedio})^2}} \quad (4.15)$$

4.4.5 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 calibradas (H_{max} , C , I_{max} , α), y los parámetros climatológicos como Evapotranspiración Potencial y precipitación áreal, se obtienen las aportaciones en la cuenca no aforada.

CAPITULO-V: DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 Calculo Balance Hídrico Superficial

La ecuación de continuidad es la base para realizar un balance hídrico, dicho balance se emplea generalmente para estimar la disponibilidad de agua en cuencas hidrológicas. Dentro de este balance, existen dos componentes fundamentales: el superficial y subterráneo, ambos se encuentra fuertemente interconectado, el agua subterránea alimenta al agua superficial principalmente a través del llamado flujo base y de los manantiales, y el agua superficial alimenta al acuífero a través de la infiltración o percolación profunda hacia el suelo.

5.1.1 Selección de Estaciones Meteorológicas

La selección de estaciones climatológicas se utiliza para obtener una descripción espacial de diferentes variables que inciden en la producción o consumo de agua en la zona de estudio. Aunque algunas estaciones producen información pluvial, temperatura y evaporación, es común encontrar varias estaciones solo registran una de esta variables climatológicas.

Los registros utilizados para la selección de estaciones meteorológicas, según se describe en este apartado, son la lluvia y serán utilizados en la cuantificación del volumen de precipitaciones.

El procedimiento en el siguiente:

1. Se ubican todas las estaciones meteorológicas dentro y en el entorno cercano de la cuenca, como se muestra en la figura N° 4 en donde todos los puntos representan las estaciones climatológicas.
2. Se descartan las estaciones meteorológicas que no tiene influencia en la cuenca, apoyándose con el polígono de Thiessen.

3. Se eliminan las estaciones climatológicas que no cumplen con el periodo en común, se recomienda un registro por los menos de 25 años. Sin embargo, el rango puede ser menor si existen pocas estaciones en la zona de estudio.

4. Finalmente, se discriminan las estaciones que presentan alguna inconsistencia en cuanto a su información como se describe a continuación.

5.1.2 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).

El método de las isoyetas es más preciso pero tiene la desventaja de que se tiene que calcular las isoyetas para cada evento o para la precipitación acumulada de acuerdo con el intervalo de tiempo de interés. El método consiste en obtener curva con igual lámina de precipitación, para luego interpolar curvas intermedias y obtener las áreas entre esas dos curvas a las que se le asocia la lámina de precipitación de las isoyetas que envuelven.

El método de los polígonos de Thiessen es más sencillo de aplicar, pues consiste en obtener el área de influencia de cada una de las estaciones climatológicas. Al dividir el área parcial del polígono entre el área total de la cuenca se obtiene el factor de ponderación que multiplicado por la lámina de lluvia registrada en la estación correspondiente permite el cálculo de aportación de cada estación meteorológica.

Actualmente existe el software de ArcGis 10, con el módulo de análisis espacial, se puede utilizar métodos para cuantificar el volumen de precipitación, como se describe a continuación.

Con este sistema, se grafican los puntos que representan las estaciones meteorológicas, cada uno de estos puntos tiene un registro con los datos de precipitación mensual y anual, a partir de esos registros se hace una interpolación espacial obteniéndose un archivo parecido a una malla o retícula rectangular (también conocido como archivo de tipo grid.) una vez generado este archivo se puede obtener el cálculo en cada una de la celda de la malla. El

usuario define las características de la malla, que generalmente esta descrita por el tamaño de la celda rectangular y la extensión se hace coincidir, en este caso, con los límites de la cuenca.

Los archivos digitales de los mapas de lluvias obtenidos son similares a un modelo digital del terreno, con la única diferencia de que la elevación no es topográfica sino de precipitación acumulada.

Las ventajas de utilizar estos sistemas son: una mejor descripción espacial de la distribución de lluvia, al obtener cada celda un valor de precipitación, el cálculo del volumen de lluvia se hace de manera sencilla a partir de la lámina de precipitación sobre un área conocida equivalente al tamaño de la retícula y por lo tanto el cálculo de volumen de precipitación con esta opción es más rápido que los polígonos de Thiessen.

5.1.2.1 Análisis de Consistencia de Las Series de Tiempos

Se recopilaron los datos hidrometeorológicas de las estaciones localizados dentro y cercanas a la cuenca de Apanás-Asturias, seleccionando las estaciones que estuvieran influencia climática en la cuenca. 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.

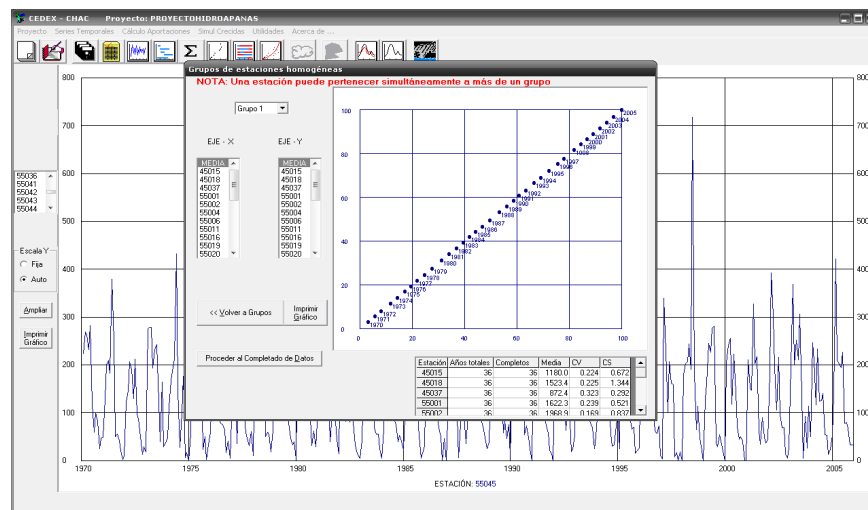
Se realizó tratamiento de consistencia y homogeneidad de las series de datos hidrometeorológicas que sirvió para corroborar la calidad de la información así como el cálculo de la precipitación areal de las subcuencas, considerándose un total de 19 estaciones meteorológicas (véase cuadro N° 3) seleccionadas a partir del método de Thiessen; creando tres grupos homogéneos tomando como criterio aquellas estaciones que tuviera características similares en cuantos: cota topográfica, cercanía entre estaciones, precipitaciones medias similares, etc.

Cuadro N° 3_Homogeneidad meteorologica

ESTACIONES	GRUPO_1 (800-1200)	GRUPO_2 (1200-1600)	GRUPO_3 (1600-2500)
SAN SEBASTIA YALI	45015		
LA PORFIA	55043		
AGUA ZARCA	69058		
ZAPOTE ORIENTAL	69196		
LAS PRADERAS		45018	
LOS ROBLES		55006	
JINOTEGA		55020	
LA MASCOTA		55045	
SANTA LASTENIA		55067	
SAN RAFAEL NORTE		69021	
CORINTO_FINCA			55001
HACIENDA SN FRANCISCO			55002
CARATERO			55004
MANCOTAL			55019
LOS HARCONES			55041
EL VIGIA			55042
LA PORRA			55044
EMPLAME ARANJUEZ			55051
MONTEREY			55052

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 N° 5), y quiere decir que la estación es consistente, sin grandes dispersiones y errores sistemáticos⁸

Figura N° 5_Análisis consistencia de precipitaciones medias mensuales



⁸ Naciones Unidas-1969,Manual de instrucciones de hidrometría publicación número 49

5.1.2.2 Relleno y Extensión de las Series Precipitación y Caudal

El objetivo principal de los rellenos fue extender el periodo base, 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 1970 hasta el 2013; se llevó a cabo mediante la aplicación del modelo hidrológico de regresión lineal múltiple “Calculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecida (CHAC)”.

A continuación se muestran las estaciones meteorológicas que fueron seleccionadas para el relleno y extensión de las series de precipitaciones.

Cuadro Nº 4_ Interanuales de lluvias de las estaciones meteorológicas

Código	Nombre de Estación	Tipo	Latitud Norte	Longitud Oeste	Periodo Rango	Registros Años	Elevación m.s.n.m	Promedio mm-años
45015	SAN SEBASTIAN YALI	PV	86° 11' 00	13° 18' 18	1969-1987, 1991-2011	38	880	1,185
45018	LAS PRADERAS	PV	85° 56' 48	13° 20' 54	1970-2012	42	415	1,522
55001	CORINTO FINCA	PV	85° 53' 00	13° 10' 17	1952-2012	60	1070	1,610
55002	HACIENDA SAN FRANCISCO	PV	85° 52' 00	12° 57' 06	1955-2001	46	790	1,965
55004	CARATERO	PV	85° 45' 12	13° 09' 18	1952-2012	60	960	2,246
55006	LOS ROBLES	PV	85° 57' 06	13° 10' 00	1953-2012	59	990	1,339
55019	MANCOTAL	HMO	85° 54' 06	13° 14' 36	1962-1997	35	950	1,613
55020	JINOTEGA	PV	85° 59' 48	13° 05' 06	1955-2013	58	1032	1,196
55041	LOS HARCONES	PV	86° 04' 00	13° 13' 00	1971-2012	41	1320	1,857
55042	EL VIGIA	PV	85° 50' 54	13° 05' 12	1972-2010	38	1280	2,566
55043	LA PORFIA	PV	86° 03' 12	13° 08' 48	1971-2011	40	970	1,020
55044	LA PORRA	PV	85° 59' 12	13° 15' 12	1971-2011	40	1020	1,742
55045	LAMASCOTA	PV	85° 55' 24	13° 05' 12	1972-2011	39	1350	1,622
55051	EMPALME DE ARANJUEZ	PV	85° 55' 12	13° 01' 21	1972-2012	40	1380	1,746
55052	MONTEREY	HMP	85° 53' 36	13° 15' 00	1975-2012	37	980	1,750
55067	SANTALASTENIA	PV	85° 57' 32	13° 02' 45	1969-2012	43	1240	1,392
69021	SAN RAFAEL DEL NORTE	HMP	86° 07' 00	13° 13' 00	1955-2012	57	1078	1,270
69058	AGUAS ZARCA	PV	86° 06' 00	13° 00' 36	1969-1987	18	600	847
69196	ZAPOTE ORIENTAL	PV	86° 09' 20	13° 09' 05	1995-2012	17	900	1,054

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 (43 años), estableciendo el periodo de 1970/71-2012/13, 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.

El modelo referido, involucra una regresión múltiple entre grupos de estaciones, considerando la relación entre meses concurrentes y retrasados, por auto correlación en cada estación.

La aplicación del modelo consiste en definir grupos de estaciones homogéneas, dependiendo de su ubicación geográfica y altura relativa. La calidad de relleno de las relaciones múltiples se define por los coeficientes de determinación mensuales referidas a los tres grupos homogéneos presentado en el acápite 3.5.2.1.

Para el relleno de las series de caudales se recopiló los datos de las estaciones de los ríos Jiguina y San Gabriel, además de las estaciones hidrométricas circundante a la cuenca de Apanás-Asturias como se presenta en el cuadro N° 5.

Cuadro N° 5_ Interanuales de caudales en las estaciones hidrométricas

Codigo	Estacion	Rio	Tipo	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevacion m.s.n.m	Area Km ²	Caudal Promedio			Periodo	Registros años
								m ³ /s-años	l/s-km ²	mm/años		
55-02-01	Jiguina	Jiguina	LGF	13° 09' 35"	85° 55' 47"	962	173.82	4.31	24.80	786.1	1971-2012	42
55-02-02	Tuma	Yasica	LGF	13° 03' 54"	85° 44' 42"	320	300.00	8.34	27.80	1,114.0	1952-2012	61
55-02-03	Tuma	Los Encuentros	LGF	13° 03' 42"	85° 44' 36"	313	600.00	15.05	25.08	1,175.8	1969-2012	44
55-03-01	San Gabriel	Tomatoya	LGF	13° 03' 39"	86° 03' 39"	980	60.25	1.24	20.58	693.0	1972-2012	41

5.1.3 Cálculo de la Evapotranspiración Potencial

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

Las estaciones meteorológicas climáticas que se tomaron en cuenta se mencionan en el cuadro N° 6 para el cálculo de la evaporación potencial en la cuenca Apanás-Asturias.

La evaporación potencial anda en el orden de los 1,000 hasta 1,300 milímetros anuales típico de un bosque tropical húmedo.

Cuadro N° 6_Evaporación potencial por el Método de Hargreaves

CÓDIGO	NOMBRE DE ESTACIÓN	TIPO	Latitud Norte	Longitud Oeste	Periodo Rango	Registros Años	Elevación m.s.n.m	EVP mm
55006	LOS ROBLES	HMO	13° 10' 00"	85° 57' 06"	1955-1992	37	990	1,224
55019	MANCOTAL	HMO	13° 14' 36"	85° 54' 06"	1962-1997	35	950	1,210
55020	JINOTEGA	HMP	13° 04' 48"	85° 52' 24"	1970-2014	44	1,032	1,319
55043	LA PORFIA	HMO	13° 08' 48"	86° 03' 12"	1971-2011	40	970	1,308
55045	LA MASCOTA	HMO	13° 05' 12"	85° 55' 24"	1972-2011	39	1,350	1,003

simbología EVP: Evaporacion Potencial

5.1.4 Hidrometría

En la cuenca de Apanás-Asturias, se han instalado y operado 2 estaciones hidrométricas (medidor de caudal) a partir del año 1,970 y para el año 2013 se construyeron 2 estaciones limnimétricas (medidor de nivel), perteneciente a la Red Hidrométrica Nacional de Instituto Nicaragüense Estudios Territoriales (INETER).

Las estaciones limnigráficas y limnimétricas localizadas en la cuenca Apanás-Asturias se describen a continuación:

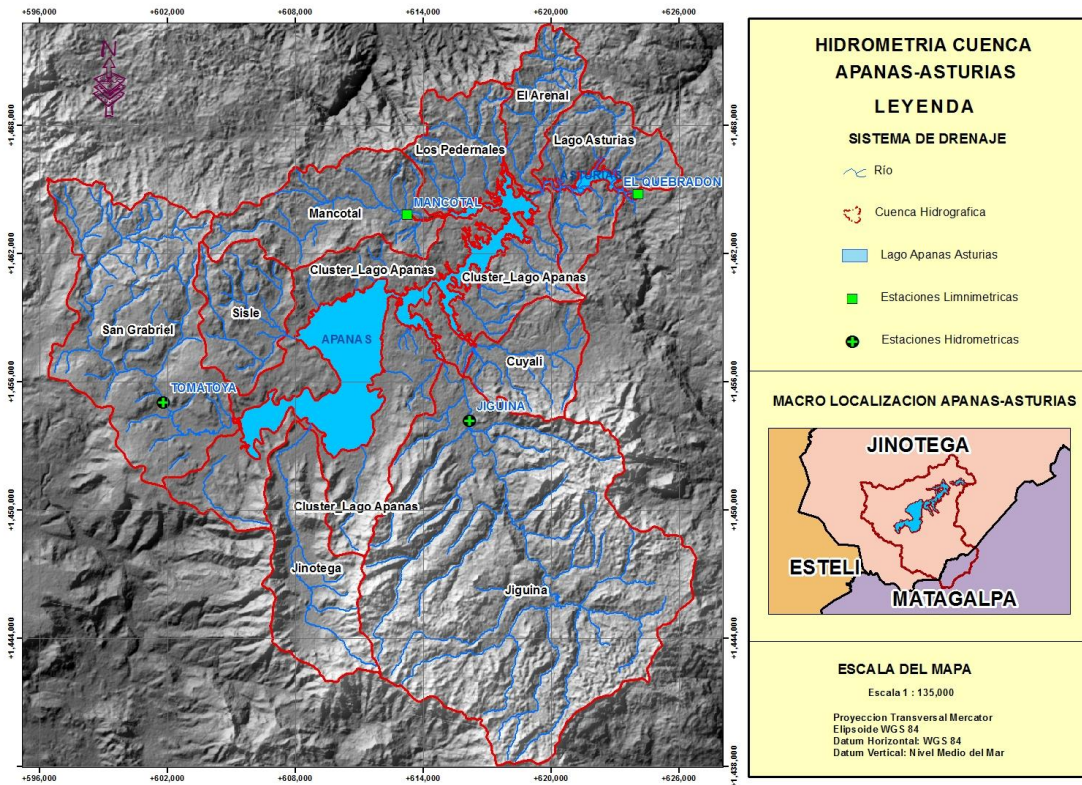
- Estación hidrométrica Jiguina en el río Jiguina (55-02-01).
- Estación hidrométrica Tomatoya en río San Gabriel (55-03-01).
- Estación Limnimétrica Tomayunca en río Mancotal (55-03-22).
- Estación Limnimétrica El Dorado en el río Quebrando (55-08-02).

En la figura 7 se muestra la localización de la hidrometría en la cuenca Apanás-Asturias. Las estaciones Limnigráficas fueron utilizadas para proceso de calibración de las cuencas de los ríos Jiguina y San Gabriel, las estaciones Limnimétrica nos sirvieron para corroborar los resultados de la simulación hidrológica en la cuenca Apanás-Asturias.

Cuadro Nº 7_Estaciones hidrométricas en la cuenca Apanás-Asturias

Nº	Código	Estacion	Rio	Tipo	Latitud Norte	Longitud Oeste	Periodo Rango	Registros Años	Elevación m.s.n.m
1	55-02-01	El Dorado	Tuma	LTM	13° 11' 35"	85° 51' 47"	1971-1981	10	920
2	55-03-01	Jiguina	Jiguina	LGF	13° 09' 35"	85° 55' 47"	1971-2012	42	962
3	55-03-02	Tomatoya	San Gabriel	LGF	13° 03' 39"	86° 03' 39"	1972-2012	41	980
4	55-03-22	Tomayunca	Mancotal	LTM	13° 14' 21"	85° 57' 17"	2013-2014	1	600
5	55-08-02	El Dorado	El Quebradon	LTM	13° 14' 51"	85° 51' 17"	2013-2014	1	657

Figura Nº 6_Hidrometría de la Cuenca Apanás-Asturias



5.1.5 Caracterización Climática

5.1.5.1 Variación Estacional de las Variables Climáticas

Los cambios de temperatura están directamente relacionados con la altura en donde el gradiente vertical muestra una merma de aproximadamente 1 °C por cada 100 m.

Las zonas más bajas del Lago de Apanás-Asturias presenta las temperaturas más altas en la cuenca que andan en el orden de los 21.5°C, mientras que en las cordilleras de la cuenca del río Jiguina, las temperaturas son las más inferiores, y oscilan entre 18 a 20 °C al año (ver Anexo-IV Mapa Temperatura Media Anual).

Las temperaturas más altas se registran en los meses Abril y Mayo como las más bajas se registran en Diciembre y Enero en todas Zonas (ver lámina N° 1-A y B, La Mascota y La Porfía), la diferencia de temperatura se debe a la cota de elevación que se localizan las estaciones climáticas y régimen de precipitaciones en la zona.

**Lámina N° 1-A: Parámetros Climatológicos:
Temperatura Media**

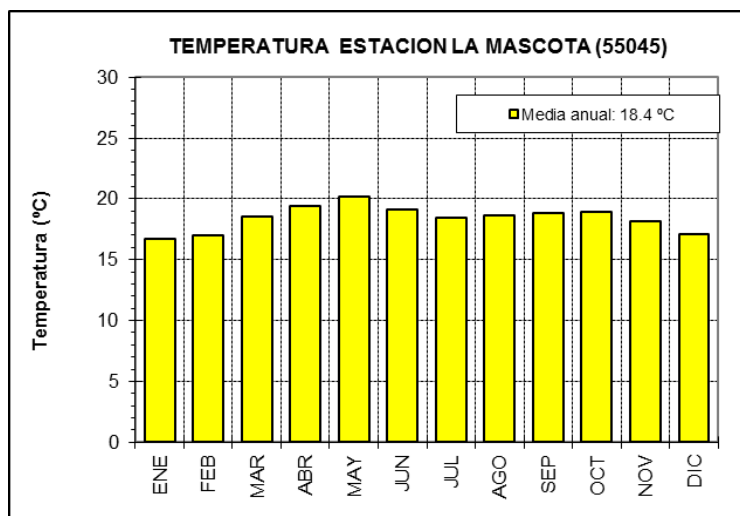
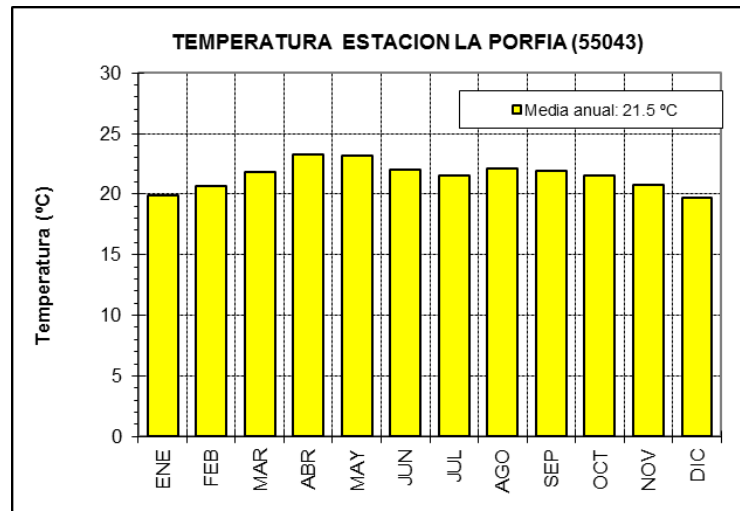


Lámina N° 1-B: Parámetros Climatológicos: Temperatura Media



La humedad relativa se ve influenciada por el Lago de Apanás-Asturias donde aumenta a medida que se aproxima al Lago, la mayor humedad se ve bien marcada hacia el Este de la cuenca por el incremento de precipitación donde los valores andan en el orden de los 80 a 85 %. La humedad relativa está en función de la precipitación, evaporación y la temperatura estos se refleja en la estación de Jinotega (55020) con referente a la estación de Los Robles (55006).

La evaporación aumenta en los meses de Marzo y Abril (ver lámina N° 2 parámetro evaporación potencial) observándose una marcada diferencia en la estación de Jinotega donde la evaporación media anual es de 1,319 mm/año con los 1,003 mm/año de la estación La Mascota (55045). Cabe notar que la precipitación aumenta de Oeste a Este generando mayor cantidad de lluvia en la estación de Monterey (55052) (véase lámina N° 2- A y B Evaporación Potencial) con respecto a la estación La Porfía que se localiza al Oeste de la cuenca.

Lámina Nº 2-A: Parámetros Climatológicos: Evaporación Potencial

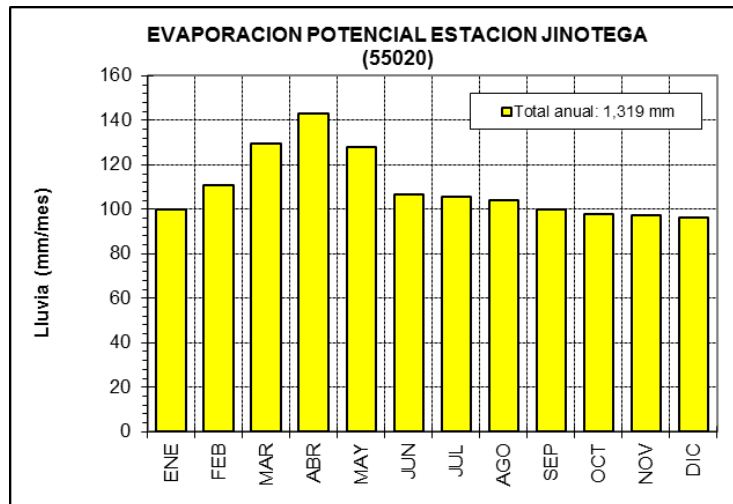
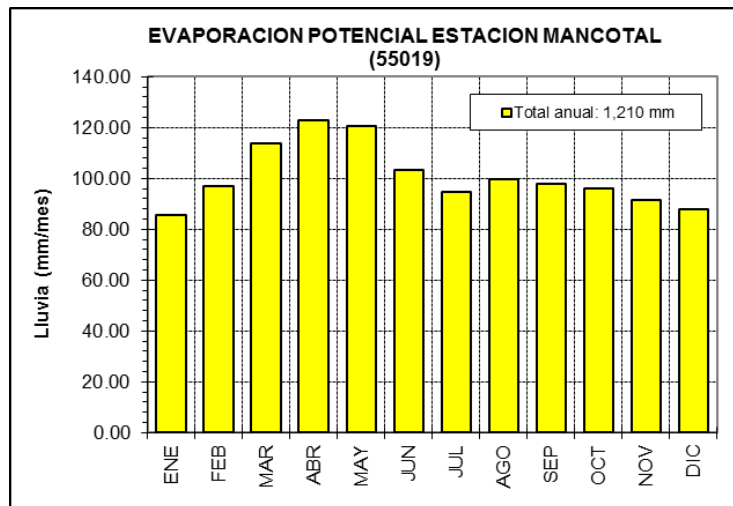


Lámina Nº 2-B: Parámetros Climatológicos: Evaporación Potencial



5.5.5.3 Análisis Temporal De La Lluvia

Con el fin de determinar las características temporales de largo plazo de la lluvia se seleccionaron varias estaciones de acuerdo a sus ubicaciones geográficas, tratando de cubrir las áreas de captación de la cuenca de Apanás-Asturias en diferentes puntos de la cuenca, como son: Jinotega (55020), La Porfía (55043), El Vigía (55042) y Monterrey (55052).

El objetivo del análisis fue de determinar las características generativas de las series tales como épocas secas y húmedas, posibles ciclos intra-anual y multianual y tendencias.

5.5.5.4 Ciclicidad Multianual Épocas Secas y Lluviosas

Ciclos multianuales se encuentran a veces en algunos registros climatológicos. Tales ciclos pueden ser atribuibles a influencias atmosféricas, movimientos de las corrientes del mar y, más frecuentemente, la oscilación de las manchas solares.

Épocas secas y lluviosas pueden observarse en las series anuales, como sus variaciones en la Lámina N° 3, La serie de media móvil (MM), y media progresiva (MP) se calculó como:

$$MMi = 0.25Pi - 1 + 0.50Pi + 0.25Pi + i$$

$$MPi = \sum PK / i$$

$$K = 1$$

Donde

Pi = precipitación en el año i , $i = i, n$

La serie de la media móvil muestra los posibles ciclos de años secos y húmedos que, generalmente, coinciden entre todas las series.

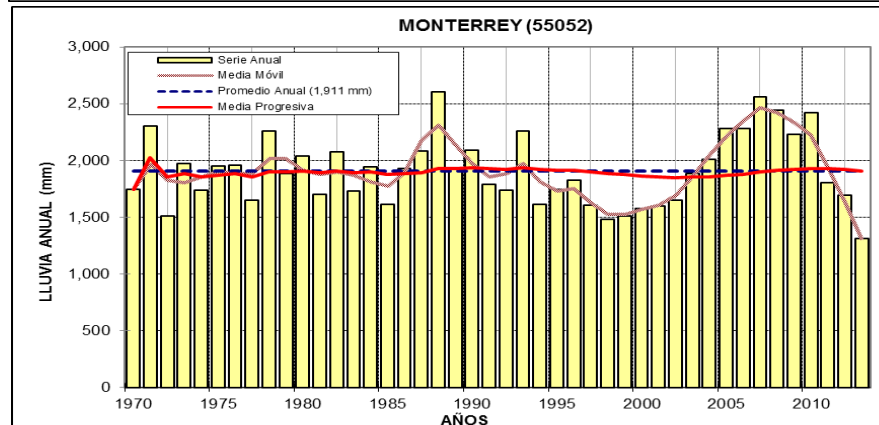
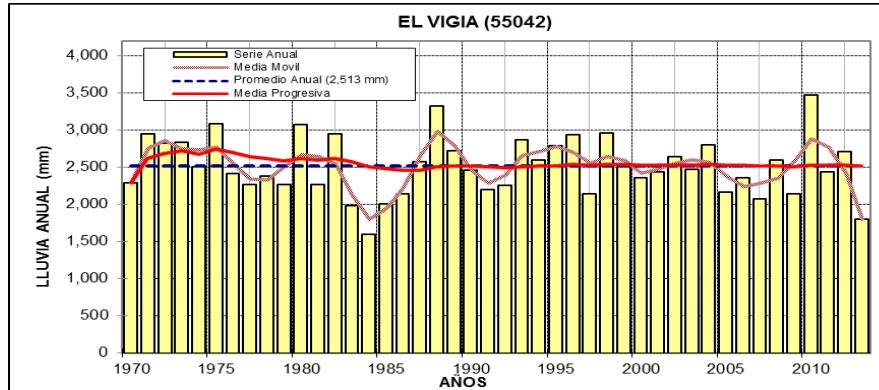
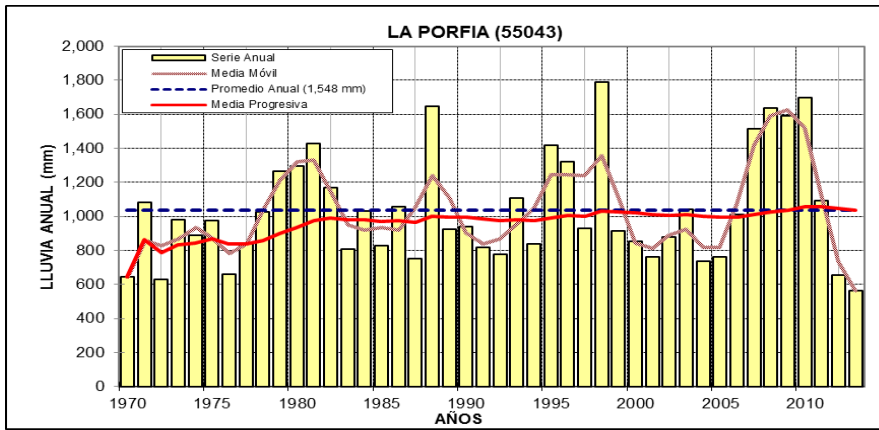
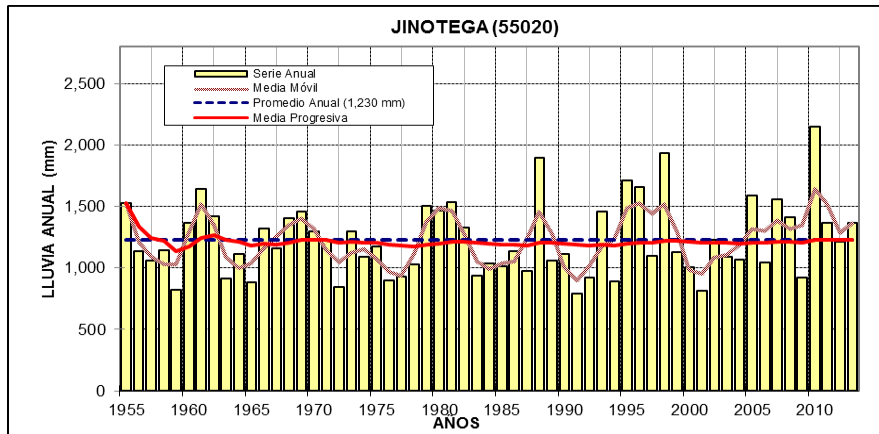
Aunque existe una tendencia aparente que los años secos y húmedos se agrupan sobre unos años consecutivos, la frecuencia de esta no se deja definir claramente, de una forma son influenciados por fenómenos meteorológicos extremos cortando su duración, siendo variable entre 2-6 años en la serie de las estaciones analizadas. Estas frecuencias no coinciden con ningún ciclo conocido, por ejemplo: la oscilación de las manchas solares, que tiene una frecuencia de aproximadamente 11 años, lo cual se encuentra en las series de lluvia en algunas otras partes de América Central.

La serie de la media progresiva indica que no hay tendencias a disminuir o aumentar la lluvia sobre largo plazo en todas las estaciones analizadas.

En cuanto a las épocas secas y húmedas se observan condiciones consistentemente secas en los años 1955, 1959, 1962-1965, 1974-1978, 1983-1987, 1989-1992, 1994, 1997, 2000-2006, 2011-2013 y condiciones húmedas en los años: 1956, 1960-1962, 1966, 1968-1971, 1973, 1979-1982, 1988, 1993, 1995-1996, 1998 y 2007-2010.

Hay que resaltar que los efectos de sequias son más acentuados en la zona de menor precipitación como se puede observar en la estación meteorológica La Porfía (55043), y que la sequía más prolongada se produjo consistentemente en varias estaciones a partir del años 2000 hasta 2006 (véase Lámina N° 3).

Lámina N° 3: Series Anuales de Precipitaciones



5.1.6 Calibración de Cuenca Apanás-Asturias

Para la calibración de la cuenca río Jiguina 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 1970/71-2012/13 con un total de 43 años de registros, 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 N° 8 se presentan los valores de coeficientes de Pesos de la lluvia, así como las estaciones meteorológicas que tiene incidencia directa de la precipitación con respecto a la cuenca.

Cuadro N° 8_Pesos Lluvias Thiessen Modificado

Nombre Cuenca	Area km ²	Codigo Estaciones	Estaciones Meteorologicas	Pesos Thyessen Mod
		55020	JINOTEGA	0.04
		55067	SANTA LASTENIA	0.09
Cuenca Rio Jiguina	173.2	55051	EMPLAME ARANJUEZ	0.15
		55042	EL VIGIA	0.19
		55045	LA MASCOTA	0.33
		55006	LOS ROBLES	0.11
		55001	CORINTO FINCA	0.10

Con los pesos de Thiessen Modificado realiza un ajuste de la distribución espacial de la lluvia para obtener una mejor predicción de la precipitación áreal de la cuenca del río Jiguina.

En anexo-I se presenta la precipitación áreal de la cuenca del río Jiguina contabilizada en 1818 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 La Mascota (55045) y que se encuentra en la parte media de la cuenca de Jiguina, 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 climatológicos como humedad relativa y temperatura.

La evaporación potencial media anual fue estimada en 1,003 milímetros para la estación meteorológica La Mascota (55045) y que se muestran los resultados en anexo-II.

Se seleccionaron los caudales medios mensuales de la estación hidrométrica Jiguina en Jiguina 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 la cuenca no aforada a ser descritos en el apartado 3.5.7.

Luego de varias iteraciones con las series de tiempos mensuales (caudales, evaporación potencial y precipitación) se obtuvieron los parámetros físicos de la cuenca del río Jiguina durante el periodo de observación, y que se muestra en el cuadro N° 9.

**Cuadro N° 9_ Parámetros calibrados
río Jiguina**

Parámetros	Valores	Unidad Métrica
Coef ETP	1	adimensional
Coeficiente Escorrentia	0.55	adimensional
Humedad Máxima	350	mm
Infiltración Máxima	180	mm
Flujo Zona no Saturada	0.0079	(días ⁻¹)
Flujo Zona Saturada	0.0040	(días ⁻¹)
Humedad Inicial Suelo	25	mm

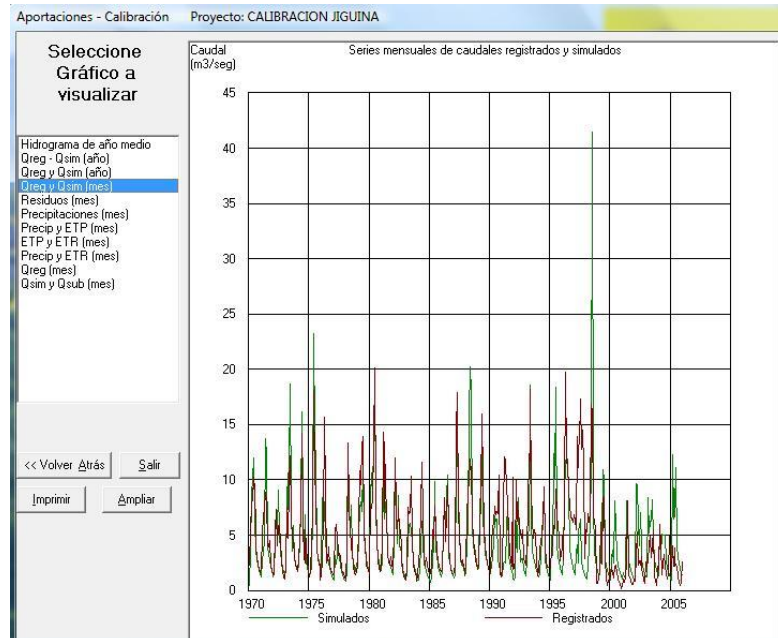
Para tener una idea cuantitativa de la distribución espacial de su formación geológica de la cuenca Apanás-Asturias se calibró la cuenca de San Gabriel en Tomatoya.

**Cuadro N° 10_ Parámetros
calibrados río San Gabriel**

Parámetros	Valores	Unidad Métrica
Coef ETP	1	adimensional
Coeficiente Escorrentia	0.50	adimensional
Humedad Máxima	180	mm
Infiltración Máxima	150	mm
Flujo Zona no Saturada	0.0200	(días ⁻¹)
Flujo Zona Saturada	0.0056	(días ⁻¹)
Humedad Inicial Suelo	25	mm

La calibración de la cuenca del río Jiguina se muestra en la figura N° 7.

Figura N° 7_Calibración cuenca río Jiguina



5.1.6.1 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** y **RMSE desviación estándar de las observaciones (RSR)**.

Se evaluarán la calibración de las series de tiempos de las cuencas de los ríos Jiguina y Tomatoya.

A partir del cuadro N° 11 se realizaron una interpretación de la calibración del modelo de las series de tiempos.

Cuadro N° 11_ Parámetros estadísticos para calibración y simulación

PBIAS	NSE	RSR	Interpretación Modelo
PBIAS < ± 10	0.75 < NSE ≤ 1.0	0.00 < RSR ≤ 0.50	Muy Bueno
10 ≤ PBIAS < ± 15	0.65 < NSE ≤ 0.75	0.50 < RSR ≤ 0.60	Bueno
15 ≤ PBIAS < ± 25	0.50 ≤ NSE ≤ 0.65	0.60 < RSR ≤ 0.70	Satisfactorio
PBIAS ≥ ± 25	NSE < 0.50	RSR > 0.70	No satisfactorio

Según los resultados estadísticos para las series tiempos de las estaciones hidrométricas de los ríos Jiguina y San Gabriel (cuadros N° 12 y 13) los **coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE)** y **RMSE desviación estándar de las observaciones (RSR)** indican parámetros de interpretación del modelo dentro del rango **Muy Bueno**.

**Cuadro N° 12_ Criterio estadístico método
Desviación Estándar (RSR)**

CUENCA RIO JIGUNA		CUENCA RIO SAN GABRIEL	
RSR=	0.013444079	RSR=	0.285012483
Q_o=	1,127.41	Q_o=	909.25
Q_s=	1,141.30	Q_s=	671.70
Q_m=	93.95	Q_m=	75.77

**Cuadro N° 13_ Criterio estadístico método
Coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE)**

CUENCA RIO JIGUNA		CUENCA RIO SAN GABRIEL	
NSE²=	0.999819257	NSE²=	0.918767884
Q_o=	1127.40542	Q_o=	909.25
Q_s=	1,141.30	Q_s=	671.70
Q_m=	93.95	Q_m=	75.77

5.1.7 Simulación Hidrológica en Cuenca no Aforada

Las generaciones de series de caudales en cuenca no aforada es el proceso de lluvia-escorrentía apoyándose en los parámetros calibrados descrito en el apartado 3.5.6, 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 9 subcuenca que drenan directamente al Lago de Apanás-Asturias (véase cuadro N° 14).

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 N° 14.

Cuadro N° 14_Series Climatológicas Cuenca Apanás-Asturias

Nombre Cuenca	Area km ²	Precipitación Areal (mm)	Código Estaciones	Estaciones Meteorológicas	Evaporación Potencial (mm)
rio Jiguina	183.42	1,790			
rio Cuyali	22.25	1,599	55045	La Mascota	1,003
rio Jinotega	37.70	1,230	55020	Jinotega	1,319
rio San Gabriel	79.81	1,441			
rio Sisle	24.10	1,564	55043	La Porfia	1,308
rio Mancotal	36.95	1,725			
rio Los Pedernales	22.04	1,709			
rio Arenal	17.27	1,839			
Lago Asturias	30.32	1,905	55019	Mancotal	1,210

Para la distribución espacial de la lluvia se aplicó el método de Thiessen Modificado para cada subcuenca.

En la lámina N° 4 se presentan de forma resumida las estadísticas de los caudales medios mensuales para cada sistema de río (véase anexo-IV Series Caudales Simulados).

Lámina Nº 4: Series Caudales Medios Mensuales

RIO JIGUINA		RIO SAN GABRIEL		RIO SISLE	
Mayo	1.66	Mayo	0.48	Mayo	0.16
Junio	4.07	Junio	1.25	Junio	0.42
Julio	6.34	Julio	1.35	Julio	0.50
Agosto	7.70	Agosto	1.96	Agosto	0.72
Septiembre	9.16	Septiembre	2.62	Septiembre	0.92
Octubre	9.67	Octubre	2.91	Octubre	1.01
Noviembre	4.92	Noviembre	1.50	Noviembre	0.56
Diciembre	3.58	Diciembre	0.92	Diciembre	0.35
Enero	3.14	Enero	0.61	Enero	0.24
Febrero	2.48	Febrero	0.39	Febrero	0.15
Marzo	2.02	Marzo	0.26	Marzo	0.10
Abril	1.64	Abril	0.17	Abril	0.07
Caudal Anual(m3/s)	4.70	Caudal Anual(m3/s)	1.20	Caudal Anual(m3/s)	0.43
Area drenaje (km²)=	183.50	Area drenaje (km²)=	79.81	Area drenaje (km²)=	24.10
Coficiente escorrentia=	0.55	Coficiente escorrentia=	0.45	Coficiente escorrentia=	0.50

RIO MANCOTAL		RIO PEDERNALES		RIO EL ARENAL	
Mayo	0.26	Mayo	0.13	Mayo	0.14
Junio	0.76	Junio	0.49	Junio	0.44
Julio	1.12	Julio	0.75	Julio	0.76
Agosto	1.48	Agosto	0.98	Agosto	0.91
Septiembre	1.71	Septiembre	1.08	Septiembre	0.83
Octubre	1.78	Octubre	0.98	Octubre	0.81
Noviembre	1.13	Noviembre	0.55	Noviembre	0.48
Diciembre	0.76	Diciembre	0.38	Diciembre	0.42
Enero	0.57	Enero	0.25	Enero	0.24
Febrero	0.34	Febrero	0.17	Febrero	0.17
Marzo	0.22	Marzo	0.11	Marzo	0.11
Abril	0.15	Abril	0.08	Abril	0.08
Caudal Anual(m3/s)	0.86	Caudal Anual(m3/s)	0.50	Caudal Anual(m3/s)	0.45
Area drenaje (km²)=	36.95	Area drenaje (km²)=	22.04	Area drenaje (km²)=	17.27
Coficiente escorrentia=	0.58	Coficiente escorrentia=	0.59	Coficiente escorrentia=	0.62

LAGO ASTURIAS		RIO CUYALI		RIO JINOTEGA	
Mayo	0.24	Mayo	0.12	Mayo	0.09
Junio	0.84	Junio	0.20	Junio	0.10
Julio	1.43	Julio	0.37	Julio	0.11
Agosto	1.70	Agosto	0.63	Agosto	0.13
Septiembre	1.57	Septiembre	0.77	Septiembre	0.17
Octubre	1.51	Octubre	0.80	Octubre	0.23
Noviembre	0.88	Noviembre	0.42	Noviembre	0.24
Diciembre	0.78	Diciembre	0.30	Diciembre	0.21
Enero	0.44	Enero	0.25	Enero	0.17
Febrero	0.31	Febrero	0.20	Febrero	0.14
Marzo	0.21	Marzo	0.16	Marzo	0.11
Abril	0.14	Abril	0.13	Abril	0.09
Caudal Anual(m3/s)	0.84	Caudal Anual(m3/s)	0.36	Caudal Anual(m3/s)	0.15
Area drenaje (km²)=	30.32	Area drenaje (km²)=	22.53	Area drenaje (km²)=	37.70
Coficiente escorrentia=	0.63	Coficiente escorrentia=	0.45	Coficiente escorrentia=	0.24

CAPITULO-VI: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1. Predicción Permanencia de los Caudales Medios Mensuales

Como se explicó en el apartado 5.1.4 las estaciones limnimétricas nos sirvieron para corroborar los resultados de las simulaciones hidrológicas en las cuencas que drenan al Lago Apanás-Asturias, con relación a los datos de aforos medidos en los ríos de Mancotal y El Quebrandón.

A partir de los caudales medios y probabilidades se pueden predecir las permanencias del escurrimiento en las cuencas.

El caudal medio anual simulado en la cuenca del río Mancotal fue de 0.84 m³/s y el observado 0.79 m³/s (véase cuadros N° 15 y 16).

**Cuadro N° 15_Caudales
simulado río Mancotal**

MESES	Qsimulado
Mayo	0.26
Junio	0.76
Julio	1.12
Agosto	1.48
Septiembre	1.71
Octubre	1.78
Noviembre	1.13
Diciembre	0.76
Enero	0.57
Febrero	0.34
Marzo	0.22
Abril	0.15
Caudal Medio Anual (m3/s)	0.86

**Cuadro N° 16_Caudales
medidos río Mancotal**

NUMERO AFORO	FECHA	CAUDAL m3/seg
1_2	06/11/2013	0.67
3_4	05/12/2013	0.47
5_6	21/12/2013	0.98
7_8	22/03/2014	0.06
9_10	11/04/2014	0.05
11_12	27/04/2014	0.04
13_14	16/05/2014	0.02
15_16	19/06/2014	0.10
17_18	04/07/2014	0.55
19_20	17/07/2014	0.14
21_22	09/08/2014	0.31
23_24	29/08/2014	0.16
25_26	11/09/2014	0.62
27_28	27/09/2014	0.70
29_30	12/10/2014	6.85
31_32	30/10/2014	0.92
Caudal Medio Anual (m3/s)		0.79

El río El Quebrandón en el sitio El Dorado es la contribución de los sistemas de ríos El Arenal y Lago Asturias sumando un total de escorrentía de 1.29 m³/s y el promedio observado es de 1.25 m³/s.

Cuadro N° 17_Caudales observados río El Quebradon

NUMERO AFORO	FECHA	CAUDAL m3/seg
1_2	06/11/2013	1.41
3_4	05/12/2013	1.10
5_6	21/12/2013	2.72
7_8	22/03/2014	0.41
9_10	11/04/2014	0.27
11_12	27/04/2014	0.24
13_14	16/05/2014	0.24
15_16	19/06/2014	0.44
17_18	04/07/2014	1.65
19_20	17/07/2014	0.43
21_22	09/08/2014	1.40
23_24	29/08/2014	0.52
25_26	11/09/2014	1.74
27_28	27/09/2014	2.94
29_30	12/10/2014	3.18
31_32	30/10/2014	1.26
Caudal Medio Anual (m3/s)		1.25

Cuadro N° 18_Caudales simulado río El Quebradon en El Dorado

MESES	Qsimulado	MESES	Qsimulado
Mayo	0.14	Mayo	0.24
Junio	0.44	Junio	0.84
Julio	0.76	Julio	1.43
Agosto	0.91	Agosto	1.70
Septiembre	0.83	Septiembre	1.57
Octubre	0.81	Octubre	1.51
Noviembre	0.48	Noviembre	0.88
Diciembre	0.42	Diciembre	0.78
Enero	0.24	Enero	0.44
Febrero	0.17	Febrero	0.31
Marzo	0.11	Marzo	0.21
Abril	0.08	Abril	0.14
Caudal Medio Anual (m3/s)		Caudal Medio Anual (m3/s)	0.84

Sin embargo si analizamos en término de probabilidad los regímenes de los caudales se pueden evaluar su permanencia en el tiempo (véase cuadro N° 19).

Cuadro N° 19_Caudales probabilísticos medios anuales

SISTEMAS RIOS	ESTACIONES LIMNIMETRICAS	DRENAJE KM ²	CAUDAL MEDIO m3/s	COEFICIENTE VARIACION (CV)	PROBABILIDAD MEDIA, m3/s					
					1%	40%	50%	80%	95%	100%
Mancotal	Tomayunca	36.95	0.86	0.54	10.21	0.86	0.73	0.27	0.12	0.06
El Arenal	El Dorado	17.27	0.45	0.37	2.87	0.45	0.42	0.17	0.07	0.04
Lago Asturias	El Dorado	30.32	0.84	0.37	5.24	0.84	0.76	0.3	0.13	0.08

En base a los registros de aforos cuadro N° 16 se puede observar para la estación limnimétrica del río Mancotal el régimen de caudal (< 0.06 m³/s) representa el 100% de permanencia en el tiempo (365 días) y se han repetido 4 veces durante el periodo de medición, prácticamente durante los meses de estiajes (Enero-Abril) y comienzo de Mayo.

El caudal de $6.85 \text{ m}^3/\text{s}$ aforado el 12 de Octubre 2014 tiene probabilidad un 1% (37días) de que vuelva ocurrir en el año y está presente en el mes de máxima precipitación (Octubre).

El caudal medio anual para los ríos en mención tiene un probabilidad del 40% de permanencia en el tiempo ósea una presencia del escurrimiento 146 días al año.

6.2. Aportaciones Medias Mensuales en la Cuenca Apanás-Asturias

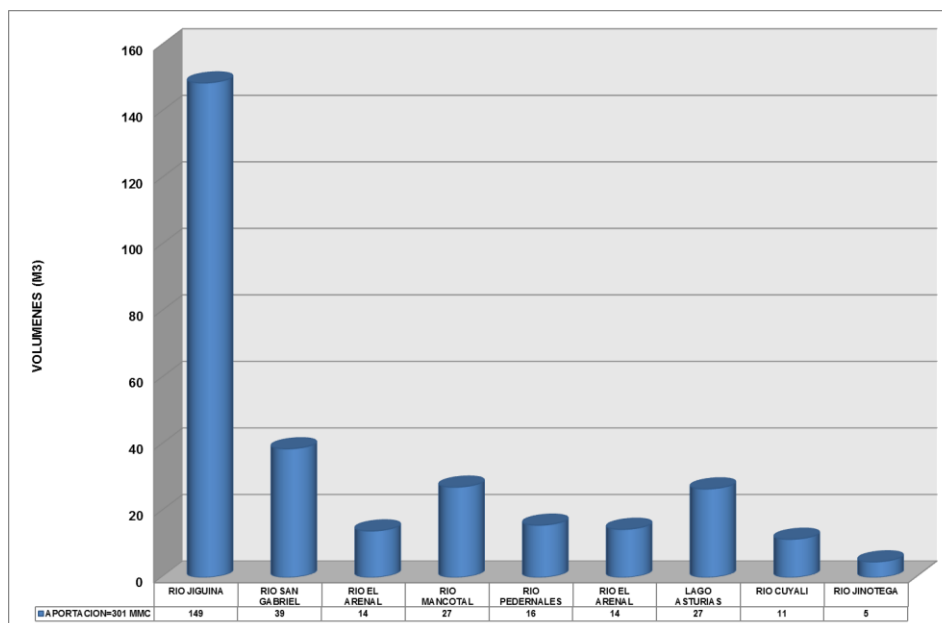
Las aportaciones medias mensuales para cada subcuenca de Apanás-Asturias se muestran en el cuadro N° 20.

Cuadro N° 20_Volumenes Medios Mensuales Subcuenca Apanás-Asturias

SUB CUENCA	Jiguina	San Gabriel	Jinotega	Sisle	Cuyali	Mancotal	Pedernales	El Arenal	Asturias
MESES	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
MAY	4,451,750	1,279,403.16	236,696	435,396	327,014	697,630	353,175	366,879	654,651
JUN	10,544,618	3,341,148.28	250,158	1,123,682	509,961	1,965,700	1,259,230	1,186,593	2,188,130
JUL	16,972,959	3,623,314.60	296,493	1,348,543	991,631	3,004,791	2,021,258	2,025,618	3,828,243
AGO	20,631,777	5,253,401.30	346,946	1,934,054	1,675,557	3,950,951	2,615,489	2,425,509	4,564,492
SEP	23,732,473	7,030,488.56	443,051	2,465,374	1,984,990	4,438,348	2,788,510	2,231,169	4,057,384
OCT	25,887,047	7,804,733.02	607,935	2,706,430	2,138,360	4,756,963	2,634,798	2,176,979	4,038,778
NOV	12,754,448	4,023,828.84	626,300	1,512,985	1,083,818	2,939,810	1,423,792	1,288,124	2,288,193
DIC	9,581,197	2,461,013.58	553,744	939,309	806,634	2,026,864	1,018,415	1,130,534	2,100,364
ENE	8,407,062	1,625,103.63	447,853	637,833	664,617	1,523,574	680,812	648,422	1,189,085
FEB	6,001,866	1,050,804.84	327,999	409,857	486,090	832,092	402,825	445,362	743,763
MAR	5,402,893	688,286.51	294,001	267,840	437,264	600,460	299,607	305,836	569,316
ABR	4,262,333	465,917.02	231,472	179,391	344,193	385,786	195,907	208,043	372,525
Anual (m ³)	148,630,423.81	38,647,443.35	4,662,646.33	13,960,692.84	11,450,129.86	27,122,969.30	15,693,816.56	14,439,067.53	26,594,924.65
Anual (MMC)	148.63	38.65	4.66	13.96	11.45	27.12	15.69	14.44	26.59

Se contabiliza un total de 301 millones de metros cúbicos (MMC) que aportan anualmente por las 9 subcuencas que drenan al Lago Apanás-Asturias. Se presenta de forma gráfica las aportaciones de las cuencas hidrológicas.

Figura N° 8_Aportaciones Medias Mensuales Subcuenca Apanás-Asturias



6.3 Balance Hídrico Superficial Apanás-Asturias

El modelo hidrológico Chac permite conocer el estado mensual y anual del balance de agua en las nueve (9) subcuencas en las que dividió la zona de estudio, así como el balance para toda la cuenca.

Aunque no está explícito el balance de agua subterránea en este modelo, de manera implícita son utilizadas algunas variables que lo ligan con el balance superficial como es el flujo base.

A continuación se presentan los resultados de balance hídrico superficial para las subcuencas en estudio (véase láminas N° 5, 6,7) considerando las variables de precipitación, evapotranspiración real, escurrimiento y flujo base, además de la discrepancia o cierre del balance.

Lámina N° 5: Balance de Agua Superficial Cuenca Apanás-Asturias

CUENCA HIDROGRAFICA	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANAS-ASTURIAS				
RIO JIGUINA	Precipitación (P)	Evapotranspiración	Escurremientos	Flujo Base	Discrepancia
MESES	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(Fb) (mm)	(D) (mm)
MAY	163.50	95.70	21.28	29.56	16.96
JUN	267.10	80.90	58.81	33.03	94.36
JUL	260.40	76.80	97.77	44.11	41.72
AGO	241.70	78.00	90.52	56.58	16.60
SEP	247.30	76.40	100.39	67.71	2.79
OCT	240.50	78.10	80.89	76.83	4.68
NOV	114.70	75.10	35.20	78.07	-73.67
DIC	70.10	72.20	17.43	70.45	-89.98
ENE	68.50	74.20	19.81	60.68	-86.19
FEB	46.30	81.10	18.37	51.13	-104.29
MAR	33.50	99.20	11.13	41.88	-118.71
ABR	36.10	105.60	13.71	34.10	-117.31
Anual (mm)	1,789.70	993.30	565.31	644.13	-413.04
Anual (%)	100.00	37.97	21.61	24.63	15.79

CUENCA HIDROGRAFICA	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANAS-ASTURIAS				
RIO SN GABRIEL	Precipitación (P)	Evapotranspiración	Escurremientos	Flujo Base	Discrepancia
MESES	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(Fb) (mm)	(D) (mm)
MAY	145.15	102.00	21.14	9.64	12.37
JUN	217.12	102.90	35.82	18.61	59.79
JUL	188.94	98.10	31.54	28.55	30.76
AGO	203.76	102.30	40.95	36.46	24.04
SEP	218.75	97.30	60.04	44.00	17.41
OCT	210.51	95.10	61.80	49.11	4.50
NOV	113.31	95.70	26.39	45.28	-54.07
DIC	83.44	92.70	24.20	34.77	-68.22
ENE	65.48	89.00	22.89	24.89	-71.29
FEB	38.64	65.70	21.79	16.96	-65.81
MAR	24.87	34.80	15.08	11.17	-36.18
ABR	27.46	27.40	13.97	7.46	-21.37
Anual (mm)	1,537.44	1,003.00	375.61	326.90	-168.07
Anual (%)	100.00	53.53	20.05	17.45	8.97

CUENCA HIDROGRAFICA	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANAS-ASTURIAS				
RIO SISLE	Precipitación (P)	Evapotranspiración	Escurremientos	Flujo Base	Discrepancia
MESES	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(Fb) (mm)	(D) (mm)
MAY	144.75	103.50	11.36	13.69	16.19
JUN	219.97	103.20	39.14	25.52	52.11
JUL	194.23	98.10	38.25	39.36	18.53
AGO	210.12	102.30	60.79	50.51	-3.48
SEP	221.62	97.30	81.04	60.83	-17.56
OCT	214.13	95.10	88.43	67.32	-36.72
NOV	118.80	95.70	24.73	62.33	-63.97
DIC	84.22	92.80	5.70	48.35	-62.64
ENE	65.09	90.80	2.26	34.45	-62.41
FEB	37.69	65.00	0.00	23.41	-50.72
MAR	25.99	36.40	0.00	15.41	-25.82
ABR	27.30	27.60	0.00	10.32	-10.62
Anual (mm)	1,563.89	1,007.80	351.71	451.50	-247.11
Anual (%)	100.00	48.97	17.09	21.94	12.00

Lámina Nº 6: Balance de Agua Superficial Cuenca Apanás-Asturias

CUENCA HIDROGRAFICA	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANAS-ASTURIAS				
RIO MANCOTAL	Precipitación (P)	Evapotranspiración	Escurremientos	Flujo Base	Discrepancia
MESES	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(Fb) (mm)	(D) (mm)
MAY	145.02	95.60	9.02	17.16	23.23
JUN	228.84	102.80	46.29	29.95	49.79
JUL	225.54	94.30	66.31	46.48	18.45
AGO	233.15	99.20	87.82	60.49	-14.35
SEP	235.00	97.50	101.28	70.87	-34.65
OCT	225.00	95.60	102.57	75.99	-49.15
NOV	142.57	91.10	42.76	71.26	-62.56
DIC	107.08	85.80	16.62	59.46	-54.80
ENE	79.57	80.50	10.45	46.74	-58.11
FEB	45.94	76.30	0.98	33.60	-64.94
MAR	30.60	56.40	0.00	22.45	-48.24
ABR	26.70	32.70	0.00	14.94	-20.94
Anual (mm)	1,725.01	1,007.80	484.11	549.37	-316.28
Anual (%)	100.00	42.75	20.53	23.30	13.42

CUENCA HIDROGRAFICA	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANAS-ASTURIAS				
RIO PEDERNALES	Precipitación (P)	Evapotranspiración	Escurremientos	Flujo Base	Discrepancia
MESES	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(Fb) (mm)	(D) (mm)
MAY	134.45	95.30	6.63	15.60	16.92
JUN	250.94	102.80	52.06	29.83	66.25
JUL	244.06	94.30	76.64	50.57	22.55
AGO	246.77	99.20	97.53	67.07	-17.03
SEP	241.57	97.50	103.22	78.13	-37.27
OCT	211.80	95.60	83.58	82.24	-49.63
NOV	111.53	91.10	19.60	72.99	-72.16
DIC	91.72	87.10	7.64	56.45	-59.47
ENE	65.40	84.20	1.80	41.04	-61.65
FEB	46.78	77.10	0.00	27.99	-58.31
MAR	36.80	58.40	0.00	18.74	-40.34
ABR	27.01	33.60	0.00	12.74	-19.33
Anual (mm)	1,708.84	1,016.20	448.70	553.41	-309.47
Anual (%)	100.00	43.67	19.28	23.77	13.28

CUENCA HIDROGRAFICA	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANAS-ASTURIAS				
RIO EL ARENAL	Precipitación (P)	Evapotranspiración	Escurremientos	Flujo Base	Discrepancia
MESES	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(Fb) (mm)	(D) (mm)
MAY	136.67	95.10	10.65	18.81	12.11
JUN	261.18	102.50	62.33	32.96	63.40
JUL	275.14	94.30	107.19	55.47	18.17
AGO	265.23	99.20	122.15	72.63	-28.75
SEP	228.16	97.50	98.09	81.08	-48.51
OCT	224.66	95.60	90.84	83.98	-45.76
NOV	127.54	91.10	26.16	77.28	-67.00
DIC	120.77	87.40	26.71	64.08	-57.42
ENE	67.59	84.30	3.05	49.02	-68.78
FEB	57.22	85.40	1.50	34.26	-63.94
MAR	44.81	65.90	0.60	23.96	-45.65
ABR	30.49	40.80	0.00	16.61	-26.92
Anual (mm)	1,839.47	1,039.10	549.27	610.15	-359.05
Anual (%)	100.00	40.63	21.49	23.88	14.00

Lámina Nº 7: Balance de Agua Superficial Cuenca Apanás-Asturias

CUENCA HIDROGRAFICA	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANAS-ASTURIAS				
LAGO ASTURIAS	Precipitación (P)	Evapotranspiración	Escurremientos	Flujo Base	Discrepancia
MESES	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(Fb) (mm)	(D) (mm)
MAY	141.45	96.50	11.48	18.46	15.00
JUN	271.22	102.70	69.92	33.51	65.09
JUL	284.37	94.30	117.99	57.13	14.95
AGO	275.22	99.20	133.66	75.13	-32.77
SEP	237.13	97.50	107.87	83.91	-52.15
OCT	230.74	95.60	97.87	86.87	-49.60
NOV	130.57	91.10	28.41	79.75	-68.69
DIC	125.43	87.40	29.63	66.44	-58.05
ENE	70.31	84.60	3.33	51.06	-68.68
FEB	59.83	88.10	1.82	35.84	-65.94
MAR	46.92	68.90	0.80	25.24	-48.02
ABR	31.93	43.70	0.14	17.47	-29.37
Anual (mm)	1,905.13	1,049.60	602.93	630.82	-378.22
Anual (%)	100.00	39.44	22.65	23.70	14.21

CUENCA HIDROGRAFICA	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANAS-ASTURIAS				
RIO CUYALI	Precipitación (P)	Evapotranspiración	Escurremientos	Flujo Base	Discrepancia
MESES	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(Fb) (mm)	(D) (mm)
MAY	137.87	104.50	0.23	19.90	13.24
JUN	233.27	99.30	13.11	19.33	101.52
JUL	238.33	93.30	36.39	24.66	83.99
AGO	235.95	94.30	69.44	33.71	38.50
SEP	234.37	92.00	82.33	43.94	16.09
OCT	215.96	90.30	78.95	52.69	-5.98
NOV	106.22	89.50	14.53	54.41	-52.22
DIC	64.84	86.70	1.04	48.62	-71.52
ENE	46.50	89.60	0.35	40.57	-84.01
FEB	32.59	99.50	0.00	33.13	-100.04
MAR	23.35	105.60	0.00	26.92	-109.17
ABR	30.00	63.10	0.00	21.90	-54.99
Anual (mm)	1,599.25	1,107.70	296.37	419.77	-224.59
Anual (%)	100.00	54.08	14.47	20.49	10.96

CUENCA HIDROGRAFICA	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA APANAS-ASTURIAS				
RIO JINOTEGA	Precipitación (P)	Evapotranspiración	Escurremientos	Flujo Base	Discrepancia
MESES	(mm)	Real (ETR) (mm)	(R) (mm)	(Fb) (mm)	(D) (mm)
MAY	137.22	97.30	2.04	8.71	29.17
JUN	187.78	103.50	10.18	9.51	64.59
JUL	147.63	102.90	4.45	10.91	29.37
AGO	156.26	101.20	21.75	12.77	20.54
SEP	193.34	99.70	28.70	16.85	48.10
OCT	193.07	97.60	52.86	22.37	20.24
NOV	78.82	97.00	4.38	23.81	-46.37
DIC	41.87	94.50	0.60	20.38	-73.60
ENE	35.87	91.00	0.48	16.48	-72.09
FEB	20.62	76.30	0.37	13.36	-69.41
MAR	16.95	46.00	0.37	10.82	-40.24
ABR	20.96	24.20	0.23	8.80	-12.27
Anual (mm)	1,230.40	1,031.20	126.39	174.77	-101.96
Anual (%)	100.00	71.89	8.81	12.19	7.11

6.4. Regionalización de la Cuenca Apanás-Asturias

El análisis de regionalización es conveniente cuando se carece de información en algún sitio de la cuenca, lo cual involucra algunas variables en la ecuación de balance. En el caso específico es necesario conocer espacialmente como se distribuyen las temperaturas, humedad relativa, precipitación, caudales etc., en la cuenca a través del método de correlaciones.

Es conveniente explicar que la altimetría de la cuenca de Apanás-Asturias influye sobre las variables climatológicas (temperatura, humedad relativa, precipitación, etc.).

Para el cálculo de la distribución espacial de los parámetros climatológicos e hidrológicos para la cuenca de Apanás-Asturias, fue necesario contar con esta información en diferentes puntos de la cuenca, a partir de las estaciones meteorológicas de Jinotega, Los Robles, La Mascota, Mancotal, y La Porfía, que contaban con dichas informaciones en series mensuales, como: Temperatura, Humedad Relativa, Evaporación, etc. Además de crear un sistema de celdas de 10 km² para obtener en cada punto de celda valores espaciados en la cuenca, que sirvió para trazar las isoclinas de los parámetros climatológicos (Mapas climáticos e hidrológico).

6.4.1 Correlaciones de las Variables Climatológica e Hidrológica

Las variables que mejor se correlacionan en este primer grupo son la temperatura media y la altitud de la cuenca, de esta forma se obtiene la expresión siguiente.

$$Temp(^{\circ}C) = -0.0077 * ALT(m.s.n.m) + 28.775 \quad (R^2=0.9966)$$

Dónde:

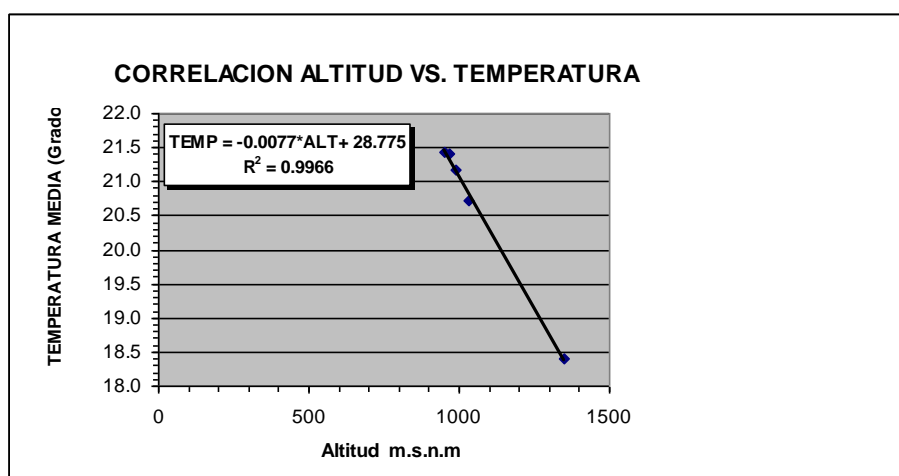
Temp ($^{\circ}C$): Temperatura media anual en grados centígrados.

ALT (m.s.n.m): Altitud de la cuenca en metros.

Esta ecuación lineal fue utilizada para encontrar la temperatura media a una determinada altura en la cuenca (ver Anexo-V Mapa Isolíneas de Temperatura).

A continuación se muestra gráficamente la correlación entre ambas variables, así como su coeficiente determinación (R^2).

FIGURA N° 10_ Correlaciones Variables Climática e Hidrológica



El segundo, agrupan tres variables climatológicas (temperatura, precipitación y evaporación real) para determinar humedad relativa en la cuenca.

Se utilizó correlación múltiple para encontrar la siguiente ecuación.

$$\text{HumRel}(\%) = 38.4834 + 2.16622 * \text{Temp}(\text{°C}) + 0.00403446 * \text{Prem}(\text{mm}) - 0.00465745 * \text{Evap}(\text{mm})$$

($R^2=0.86765$)

Dónde:

HumRel (%): Humedad Relativa en porcentaje.

Temp (°C): Temperatura media anual en grados centígrados.

Prem (mm): Precipitación media anual en milímetros.

Evap (mm): Evaporación real media anual en milímetros.

El mapa de isoclinas de la humedad relativa (%) se presenta en Anexo V.

Las características físicas y las condiciones pluviométricas de una cuenca, se reflejan en el coeficiente de escorrentía medio anual. Esto significa la relación entre la cantidad de agua que escurren un año por un determinado punto y la cantidad de agua que se ha precipitado durante el mismo período de tiempo sobre la superficie de la cuenca de drenaje.

Con el fin de contar con algunas herramientas, que permitan hacer una estimación de la escorrentía en cualquier sitio de interés que se encuentre dentro del área, se realiza un estimado del coeficiente de escorrentía medio anual en base a la precipitación y biotemperatura media anual, que según la clasificación

de la zona de vida de Holdridge es bosque húmedo y muy húmedo, igualmente para determinar la Evapotranspiración Real.

Para determinar la Evapotranspiración Real (ETR) y Ecurrimiento, a partir de la precipitación se siguió la siguiente metodología:

- Selección de las estaciones hidrometeorológicas, tomado en circunstancias las estaciones que fueron utilizadas en la caracterización climática y estaciones complementarias, escogidas de manera que estén distribuidas en la mayor parte del área.
- Determinar la precipitación media anual de cada una de sus estaciones. En las estaciones complementarias se determinan del mapa de Isohietas.
- Determinar la temperatura media anual para cada una de las estaciones. En el caso de las estaciones complementarias se calcula la temperatura media anual en base a la ecuación **Temp=-0.0077*Alt+28.775**.
- Calcular la biotemperatura anual en base a los valores de temperaturas mensuales determinado por la ecuación de temperatura, mediante la fórmula siguiente:

$$Tb = t - 3L/100(t - 24^{\circ} C)$$

Donde.

Tb: biotemperatura media mensual (°C).

T: Temperatura media anual (°C).

L: Latitud (°).

- Calcular la evapotranspiración potencial para valores anuales, mediante la fórmula de Holdridge $EVPTp = 58.93 \cdot tb$ donde $EVPTp$ está dada en Mm./año y tb es la biotemperatura promedio anual.
- Calcular el término de relación de evapotranspiración potencial (RE) que se determina dividiendo el valor de $EVPTp$ anual, por el valor de la precipitación media anual.
- Con el término de relación de evaporación potencial (RE) se recurre al monograma adjunto, para determinar el factor denominado % $EVPTr$ (porcentaje de evapotranspiración real).
- Calcular la evapotranspiración real ($EVPTr$), multiplicando la evapotranspiración potencial por el factor % $EVPTr$.
- Determinar la escorrentía resaltando restando la evapotranspiración real ($EVPTr$) de la precipitación media anual.
- Con el valor de escorrentía resaltando la evapotranspiración real ($EVPTr$) de la precipitación media anual.
- Se determinan el coeficiente de escorrentía anual, al dividir el valor de escorrentía entre precipitación media anual.
- Este proceso se lleva a efecto para cada una de los puntos de las celdas comprendido dentro el área de drenajes de la cuenca de Apanás-Asturias, reflejándose los resultados en mapas elaborados, donde se realiza el

trazado de isolíneas de escurrimientos, coeficientes de escorrentía, y Evapotranspiración Real, a nivel de toda la cuenca.

CAPITULO-VII: CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

Unos de los principales objetivos del balance hídrico es sin duda, contar con una herramienta adecuada para la toma de decisiones en el campo de la disponibilidad y del manejo del recurso.

Sin embargo, la variabilidad e incertidumbre de un balance está en función de la calidad de la información base. Es decir, los componentes de la ecuación de balance. La variabilidad debe entenderse como la diversidad o el cambio de los parámetros estadísticos de una muestra o series de datos. La incertidumbre está en función del origen y la medición de los valores de las variables (variación histórica de la serie debido a errores sistemáticos en las mediciones).

La mayoría de las variables que integran la ecuación de balance se estimó con una precisión conveniente y aceptada, por lo tanto, las variables se obtienen valores muy cercanos a la realidad, reflejando un valor de cierre del balance de agua aceptable del $\pm 12\%$ equivalente a 36 millones de metros cúbicos (mmc) al año.

La cuenca de Apanás-Asturias presenta buena oferta hídrica de los volúmenes de agua que drenan al embalse, estimada anualmente en 301 millones de metros cúbicos (MMC).

En ocasiones las interpolaciones producen un sobreestimación y otras veces subestimación del volumen calculado con respecto al volumen que realmente llovió.

Las variables de salida, son de gran importancia para el balance representando 45% (escurrimiento directo y flujo base) de la precipitación caída de la cuenca, y

55% se considera perdida por evapotranspiración real, típico de régimen climático de bosque tropical-húmedo.

Los resultados del modelo del balance, en todas las variables, con respecto a los datos históricos, es confiable, ya que se mantiene dentro de los rangos esperado y aceptado (coeficiente de Nash-Sutcliffe-NSE, R^2 , RMSE-desviación estándar de las observaciones-RSR).

CAPITULO-VIII: RECOMENDACIONES

8. RECOMENDACIONES

- Estudiar la sedimentología en la cuenca Apanás-Asturias para estimar la carga de transporte de sedimento que llegan al embalse.
- Inventariar las demandas de agua en la cuenca Apanás-Asturias para contabilizar las extracciones superficiales y subterráneas.
- Fortalecer e inspeccionar la red hidrometeorológica en la cuenca Apanás-Asturias.
- Analizar la variabilidad de los regímenes de escurrimientos en la cuenca, realizando con mayor frecuencia las mediciones de caudales líquidos y sólidos.
- Realizar levantamiento altimétrico en las estaciones hidrométricas para precisar los controles en la sección hidráulica y verticalidad de la regla limnimétrica (ajuste y actualización de la curva descarga).

CAPITULO-IX: REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

9. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Instituto México de Tecnología del Agua, IMTA (Diciembre 2003), Balance Hídrico en la Cuenca de Mexica, Coordinación de Tecnología Hidrológica, Sub coordinación de Hidrología y Mecánica de Ríos, México, pág. 203.
- OHYSA, HYDRO S.A (Agosto 2013), Estudio de Aprovechamiento Hidroeléctrico Rio Ocaña, Lima-Perú, pág. 256.
- Consorcio IECO-LAHMEYER, INE (1980), Plan Maestro Desarrollo Eléctrico 1977-2000, Volumen III-Hydrologic, Managua-Nicaragua, pág. 243.
- Naciones Unidas, Programa Para el Desarrollo Organización Meteorológica Mundial (1969), Manual de Instrucciones de Hidrometría, publicación número 49, San José-Costa Rica, pág. 296.
- OLADE, INCLAM (2012), Vulnerabilidad al Cambio Climático de los Sistemas de Producción Hidroeléctrico en Centroamérica y sus Opciones de Adaptación, Componente 5, San José- Costa Rica, pág. 115.
- Máximo Villón Béjar, Instituto Tecnológico de Costa Rica (Agosto 2001), Hidrología Estadística, Cartago Costa Rica, pág. 420.
- Instituto de Hidrología de España-UNESCO (1981), Método de Cálculo del Balance Hídrico, Madrid España, pág.191.

CAPITULO-X: ANEXOS

ANEXOS-I

PRECIPITACIÓN ÁREAL CUENCA RIO JIGUINA

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA													
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: RIO JIGUINA											Latitud: 13° 09' 35" N		
Código: 550201											Longitud: 85° 55' 47" W		
Años: 1970 - 2013											Elevación: 962 msnm		
Parámetro: Precipitación mm											Tipo: HIDROMETRIA		
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	144.59	225.69	363.95	288.00	303.72	165.38	77.58	113.12	92.13	69.19	28.47	34.79	1,907
1971-72	129.90	259.97	227.47	236.04	361.91	355.22	96.97	107.21	78.28	29.53	5.84	15.52	1,904
1972-73	166.82	191.84	266.16	252.51	177.53	254.20	148.45	104.40	47.75	20.22	25.88	17.20	1,673
1973-74	250.25	349.77	313.70	210.43	264.46	383.99	175.88	45.42	177.84	35.88	46.40	62.24	2,316
1974-75	110.99	166.47	202.72	255.55	376.51	199.36	44.21	104.18	217.29	21.45	25.76	5.11	1,730
1975-76	63.39	213.43	198.89	272.35	493.60	307.44	246.27	38.68	71.87	28.57	41.50	48.10	2,024
1976-77	132.83	328.84	181.33	233.41	134.00	98.61	106.71	82.90	17.56	54.92	7.34	75.77	1,454
1977-78	143.41	291.05	172.13	177.32	198.34	111.30	122.69	70.74	39.03	37.71	73.27	10.10	1,447
1978-79	182.41	210.42	387.08	222.49	160.06	147.39	92.03	88.41	60.35	27.35	53.98	166.49	1,798
1979-80	126.46	211.27	267.51	184.48	155.00	239.38	126.02	89.58	42.23	31.48	32.84	7.52	1,514
1980-81	240.70	337.34	309.22	231.22	326.39	403.26	174.57	74.04	22.26	85.02	84.32	82.54	2,371
1981-82	191.20	370.60	212.58	253.02	193.88	194.77	51.25	80.06	94.30	82.62	43.48	21.41	1,789
1982-83	323.69	386.93	225.41	138.06	251.52	112.31	128.00	103.26	41.39	26.92	12.73	6.24	1,756
1983-84	51.56	238.50	282.35	244.94	209.13	177.34	140.61	66.90	61.06	44.56	25.96	6.81	1,550
1984-85	43.34	207.20	162.73	198.26	237.90	158.85	67.58	100.21	45.61	60.28	21.47	36.21	1,340
1985-86	124.65	230.54	215.46	246.63	149.47	270.80	94.32	83.94	36.05	16.95	17.11	8.70	1,495
1986-87	226.13	283.27	307.48	192.79	201.53	223.12	109.81	66.04	56.22	25.04	20.15	10.97	1,723
1987-88	76.41	260.19	439.36	356.90	217.83	189.19	68.50	71.73	112.68	84.61	49.55	80.68	2,008
1988-89	182.91	308.48	301.89	421.59	386.01	382.04	97.66	87.87	106.44	75.87	23.07	4.70	2,379
1989-90	144.04	356.20	316.21	200.63	284.72	147.37	135.55	61.24	105.88	75.19	46.94	40.15	1,914
1990-91	218.45	236.52	263.54	215.34	206.59	197.17	175.06	72.49	82.79	70.87	17.01	37.97	1,794
1991-92	173.63	219.86	177.16	174.48	172.13	224.93	85.31	83.16	52.76	21.56	13.53	14.43	1,413
1992-93	142.89	201.35	328.29	171.73	279.48	160.60	74.03	115.22	114.93	28.42	24.74	31.34	1,673
1993-94	290.81	276.37	227.81	315.17	381.17	160.46	91.77	77.54	73.67	65.66	25.08	31.43	2,017
1994-95	116.81	206.58	261.64	230.91	215.15	280.00	154.87	54.36	22.93	29.15	64.21	97.16	1,734
1995-96	37.09	344.69	193.85	364.48	264.34	390.47	93.01	58.08	66.18	17.33	18.53	33.77	1,882
1996-97	265.20	183.36	309.13	307.70	314.13	278.41	211.97	59.82	53.62	60.77	64.18	12.72	2,121
1997-98	13.30	312.40	239.59	122.88	231.24	207.12	184.65	18.42	51.38	25.05	32.92	6.18	1,445
1998-99	191.66	220.30	233.06	242.45	305.84	746.55	184.69	78.54	115.44	61.17	23.93	9.10	2,413
1999-00	139.32	199.68	255.23	208.86	329.72	288.49	41.17	31.65	47.35	44.08	17.24	4.13	1,607
2000-01	186.83	269.52	227.16	140.91	278.29	192.68	90.39	47.15	52.22	85.32	0.55	2.27	1,573
2001-02	254.45	160.43	163.38	322.23	227.52	219.63	73.30	38.71	79.91	49.46	49.66	60.59	1,699
2002-03	175.69	403.94	301.56	196.29	137.51	223.53	122.71	72.24	59.57	17.57	6.85	22.72	1,740
2003-04	200.46	405.79	230.02	222.06	201.28	240.41	137.16	26.37	66.75	39.82	107.77	66.92	1,945
2004-05	228.45	287.53	171.89	208.88	170.82	170.36	161.20	37.53	34.17	21.61	26.88	11.57	1,531
2005-06	170.01	508.62	269.52	295.62	207.16	198.41	104.83	52.47	77.61	38.63	54.69	21.00	1,999
2006-07	107.83	196.46	351.94	172.68	200.38	228.68	116.81	125.71	63.30	36.60	76.22	64.41	1,741
2007-08	87.16	197.55	180.39	269.90	323.31	334.19	125.80	72.68	64.62	119.45	51.69	68.60	1,895
2008-09	206.20	275.87	331.61	246.08	247.25	353.60	49.55	24.47	56.24	53.24	24.04	16.72	1,885
2009-10	191.89	214.05	371.77	198.00	106.47	137.42	126.54	80.72	62.74	57.29	22.09	126.56	1,696
2010-11	280.65	278.08	399.84	512.58	402.99	200.27	78.98	35.58	40.83	18.29	24.29	65.13	2,338
2011-12	201.54	326.88	317.96	296.27	284.32	286.29	107.53	94.84	110.50	72.92	20.64	30.93	2,151
2012-13	249.86	358.94	223.22	248.86	152.95	267.34	78.35	58.78	60.77	44.93	24.62	27.04	1,796
PROMEDIO	167.1	272.4	264.7	244.2	249.4	244.4	115.7	71.1	70.6	46.8	34.4	37.3	1,818.0
DES. EST.	72.1	76.9	70.1	74.3	84.8	111.8	46.1	26.6	38.3	24.5	23.0	35.7	28.5
CV	0.432	0.282	0.265	0.304	0.340	0.458	0.399	0.374	0.543	0.524	0.668	0.958	0.016
ASIMETRIA	0.09	0.86	0.49	1.41	0.70	2.29	0.68	0.08	1.85	0.80	1.19	1.65	0.20
MINIMO	13.30	160.43	162.73	122.88	106.47	98.61	41.17	18.42	17.56	16.95	0.55	2.27	0.55
MAXIMA	323.7	508.6	439.4	512.6	493.6	746.6	246.3	125.7	217.3	119.4	107.8	166.5	746.6

ANEXOS-II

EVAPORACIÓN POTENCIAL ESTACIÓN METEOROLÓGICA LA MASCOTA (55045)

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA													
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: LA MASCOTA										Latitud: 13° 05' 12" N			
Código: 55045										Longitud: 85° 55' 24" W			
Años: 1970 - 2013										Elevación: 1350 msnm			
Parámetro: Evaporacion Potencial mm										Tipo: HMP			
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	93.28	77.51	75.57	78.07	76.82	78.42	73.71	67.44	69.24	72.67	93.11	99.20	955
1971-72	87.20	83.85	78.37	70.61	70.38	73.59	65.23	59.09	62.75	73.12	93.57	108.03	926
1972-73	85.79	83.43	80.86	72.90	71.52	79.26	71.14	64.86	69.91	81.91	103.75	118.57	984
1973-74	91.23	86.08	74.56	79.17	78.03	74.77	73.52	67.66	61.59	76.32	84.37	90.51	938
1974-75	91.65	79.09	78.70	77.82	76.44	73.43	78.49	64.69	50.50	76.86	92.66	110.03	950
1975-76	125.58	84.70	79.97	77.47	71.64	75.00	70.51	71.57	63.05	67.04	85.04	110.66	982
1976-77	86.63	73.41	72.76	84.49	83.06	79.51	71.89	78.02	75.77	83.03	96.72	102.95	988
1977-78	91.69	71.75	75.16	78.16	77.62	81.36	80.36	75.58	75.98	76.20	93.23	103.96	981
1978-79	84.61	73.93	73.75	77.82	77.72	69.84	62.07	69.40	78.02	81.91	99.60	102.59	951
1979-80	108.36	66.33	77.21	76.48	77.21	70.63	68.38	78.94	91.10	82.94	89.07	92.90	980
1980-81	90.90	77.77	76.85	75.41	72.31	75.83	78.32	76.02	73.78	79.90	90.41	85.62	953
1981-82	84.92	68.38	78.45	75.82	77.99	71.18	76.64	69.15	70.60	69.54	75.77	101.13	920
1982-83	94.48	75.68	72.76	77.98	80.00	81.36	74.34	65.85	69.80	76.65	114.71	122.30	1,006
1983-84	131.12	95.22	75.78	76.07	76.70	77.47	81.36	65.85	71.33	78.52	91.96	104.25	1,026
1984-85	95.72	80.62	74.16	69.49	74.61	78.24	75.51	67.90	68.11	70.23	92.20	108.93	956
1985-86	113.54	81.55	71.50	73.30	69.87	71.66	64.38	72.54	73.18	87.26	100.66	130.12	1,010
1986-87	115.37	73.15	73.41	79.50	75.12	76.57	73.45	73.54	76.96	91.26	112.02	128.04	1,048
1987-88	108.02	84.49	73.50	75.07	82.85	86.18	88.84	81.98	78.74	76.91	113.88	108.60	1,059
1988-89	106.19	77.95	74.06	74.50	72.04	75.15	66.35	59.38	58.50	70.66	97.87	119.75	952
19789-90	99.25	74.75	77.24	83.32	77.06	83.18	72.85	74.01	77.34	99.07	110.45	125.72	1,054
1990-91	93.50	85.92	79.81	89.01	89.94	80.78	68.48	69.27	73.76	81.94	115.58	120.85	1,049
1991-92	95.54	85.67	76.29	82.73	75.41	80.36	72.41	75.27	75.78	84.15	112.96	133.80	1,050
1992-93	99.09	88.10	77.47	84.95	76.80	81.18	79.94	71.67	76.24	85.09	98.06	104.78	1,023
1993-94	92.30	80.88	78.75	70.13	71.53	77.47	77.74	71.21	75.34	81.40	104.77	104.28	986
1994-95	88.46	81.79	79.56	81.55	76.96	80.36	75.74	74.34	77.11	85.36	98.48	94.40	994
1995-96	92.01	82.94	79.26	70.74	69.17	81.03	74.17	70.44	74.90	84.23	97.73	105.19	982
1996-97	94.14	81.21	80.10	76.39	76.07	77.66	66.73	70.82	70.17	77.61	86.21	98.46	956
1997-98	109.32	81.39	79.17	86.99	86.99	83.19	75.55	87.59	89.81	102.46	108.05	125.34	1,116
1998-99	102.87	88.90	81.36	81.55	76.33	78.07	79.77	79.39	82.20	78.77	90.06	99.55	1,019
1999-00	90.68	85.41	77.22	80.45	71.78	82.07	82.67	74.20	77.76	80.82	106.41	116.15	1,026
2000-01	94.13	88.31	80.49	87.82	75.88	81.21	76.57	77.11	74.17	86.50	103.89	114.45	1,041
2001-02	125.91	82.53	78.75	77.72	79.26	78.96	82.73	62.41	80.91	74.84	93.17	95.18	1,012
2002-03	88.62	77.68	78.67	75.67	81.04	79.55	78.80	79.29	74.11	76.37	108.97	121.67	1,020
2003-04	96.42	84.67	77.31	74.91	81.13	84.01	75.47	76.14	74.90	89.46	96.90	115.33	1,027
2004-05	118.91	85.09	77.57	80.06	73.19	77.29	75.91	72.39	75.98	82.94	110.96	132.37	1,063
2005-06	90.23	80.88	80.19	73.86	76.07	80.16	75.41	71.63	75.12	76.39	101.26	112.41	994
2006-07	109.60	83.32	76.18	85.47	79.17	81.83	81.24	70.64	89.52	95.99	98.71	104.53	1,056
2007-08	117.07	83.69	79.42	78.75	76.07	77.40	79.92	78.52	71.80	87.92	94.08	111.43	1,036
2008-09	92.90	76.47	75.07	81.21	80.87	69.27	73.54	71.90	91.95	80.43	97.86	109.64	1,001
2009-10	85.37	88.17	74.24	82.56	83.19	80.16	74.51	77.71	73.48	77.16	102.04	108.95	1,008
2010-11	99.46	85.37	74.90	73.34	68.64	83.53	85.26	73.12	74.34	84.52	111.09	103.05	1,017
2011-12	81.98	82.47	77.31	78.03	74.91	77.06	82.49	76.88	76.02	72.42	103.01	109.16	992
2012-13	92.23	78.35	78.84	79.34	78.03	83.54	77.15	77.76	81.48	99.98	106.90	123.40	1,057
PROMEDIO	98.5	81.1	77.0	78.3	76.7	78.3	75.3	72.4	74.5	81.4	99.5	110.2	1,003.3
DES. EST.	12.3	5.8	2.6	4.8	4.5	4.1	5.7	5.9	8.0	8.0	9.3	11.6	3.0
CV	0.125	0.071	0.033	0.061	0.059	0.052	0.076	0.081	0.108	0.099	0.093	0.105	0.003
MINIMO	81.98	66.33	71.50	69.49	68.64	69.27	62.07	59.09	50.50	67.04	75.77	85.62	50.50
MAXIMA	131.1	95.2	81.4	89.0	89.9	86.2	88.8	87.6	92.0	102.5	115.6	133.8	133.8

ANEXOS-III

CAUDALES MEDIOS MENSUALES RIO JIGUINA (55-02-01)

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO													
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL													
Estación: RIO JIGUINA													Latitud: 13° 09' 35" N
Código: 550201													Longitud: 85° 55' 47" W
Años: 1970 - 2013													Elevación: 962 msnm
Parámetro: Caudales m3/s													Tipo: LGF
													Area: 173.81 km ²
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	2.00	5.69	7.89	8.56	10.36	9.23	3.60	3.00	2.56	1.52	1.00	0.56	4.66
1971-72	2.70	1.70	5.80	7.40	13.10	7.30	3.45	3.90	4.50	2.40	1.80	1.50	4.63
1972-73	1.60	1.40	5.40	7.30	4.00	5.90	5.80	4.50	2.80	1.70	1.20	0.90	3.54
1973-74	2.00	7.50	6.00	4.70	9.50	12.20	6.80	4.60	4.60	3.00	2.50	2.00	5.45
1974-75	1.70	2.90	4.70	6.70	14.20	5.90	3.00	2.50	5.50	4.00	2.70	1.80	4.63
1975-76	1.20	1.80	4.00	7.00	18.10	10.70	8.40	3.50	3.10	2.30	2.40	0.90	5.28
1976-77	1.30	2.80	6.30	15.70	8.90	2.50	2.70	3.90	2.20	1.90	1.70	1.40	4.28
1977-78	1.70	5.40	6.00	4.80	5.30	3.20	3.40	3.20	2.00	1.50	1.50	1.10	3.26
1978-79	1.00	3.70	13.30	7.70	5.90	3.70	4.20	3.50	2.20	1.50	1.40	1.70	4.15
1979-80	2.30	6.10	10.80	9.60	13.00	13.90	5.30	4.30	2.40	2.00	1.90	1.40	6.08
1980-81	2.40	7.60	7.40	8.20	13.10	20.10	8.10	4.70	2.70	2.00	1.70	2.30	6.69
1981-82	4.20	14.30	7.40	13.40	9.50	7.30	3.30	2.70	2.30	3.00	2.50	1.80	5.98
1982-83	5.80	12.00	7.70	5.00	7.40	5.70	5.50	3.50	3.80	1.80	1.40	1.00	5.05
1983-84	0.90	2.10	7.50	6.90	7.00	10.30	4.60	2.40	1.80	1.50	1.20	0.80	3.92
1984-85	1.30	2.70	3.70	7.50	11.60	6.80	3.30	2.20	3.00	5.50	1.60	1.40	4.22
1985-86	1.60	2.30	5.10	6.00	4.70	7.70	5.50	3.50	2.80	2.20	1.90	1.70	3.75
1986-87	1.90	5.20	8.40	4.30	6.80	9.70	5.90	4.10	2.70	2.00	1.50	1.40	4.49
1987-88	1.60	2.40	14.50	17.80	6.90	5.10	3.20	2.50	4.90	5.50	1.10	2.40	5.66
1988-89	2.60	4.70	10.90	8.80	9.80	11.90	10.70	6.60	0.20	3.90	0.90	2.50	6.13
19789-90	1.30	2.50	10.70	6.00	16.00	10.10	3.10	0.50	4.00	3.30	0.60	1.00	4.93
1990-91	1.70	4.20	5.60	6.20	7.60	6.80	7.60	7.00	7.60	10.40	1.50	1.20	5.62
1991-92	2.00	7.50	12.10	11.90	9.10	8.20	5.00	3.50	2.70	2.20	10.20	1.90	6.36
1992-93	2.00	2.90	9.90	6.30	7.20	5.80	5.40	4.70	5.50	2.90	2.60	1.30	4.71
1993-94	4.10	7.60	12.40	11.70	18.20	9.00	6.50	4.70	5.50	5.10	3.00	1.30	7.43
1994-95	1.70	3.60	4.30	5.10	6.70	9.40	4.60	4.10	2.60	2.00	2.10	2.10	4.03
1995-96	2.00	3.70	4.00	5.90	5.60	9.20	6.90	5.70	5.00	2.70	3.30	3.90	4.83
1996-97	4.90	2.70	9.80	19.70	11.50	11.70	9.00	7.80	6.60	6.50	6.20	6.80	8.60
1997-98	6.50	5.50	13.90	11.10	13.00	13.30	17.30	12.80	14.50	11.40	2.90	5.50	10.64
1998-99	5.30	7.10	6.20	7.10	16.80	16.20	9.70	6.00	6.30	5.70	0.60	0.60	7.30
1999-00	1.10	2.00	8.10	2.40	6.70	8.50	2.90	1.10	0.40	0.90	0.80	2.20	3.09
2000-01	1.20	2.10	1.70	1.10	2.10	2.30	1.80	1.00	0.80	0.60	0.20	0.30	1.27
2001-02	1.00	0.70	1.20	2.40	2.10	2.20	1.30	1.20	0.90	0.50	0.50	1.00	1.25
2002-03	0.80	3.20	5.30	2.30	2.70	2.30	3.10	1.90	1.60	0.90	0.60	2.60	2.28
2003-04	2.20	2.70	4.20	4.90	3.00	4.00	5.50	1.20	1.00	0.40	1.80	2.90	2.82
2004-05	3.10	6.00	4.00	1.40	2.50	3.30	2.20	1.50	1.00	1.40	4.90	3.50	2.90
2005-06	1.80	4.00	2.20	3.80	2.20	2.50	2.20	1.30	0.70	0.40	0.70	2.70	2.04
2006-07	1.70	1.00	3.90	1.70	2.50	2.60	2.40	2.50	2.10	1.30	1.50	3.40	2.22
2007-08	0.10	0.80	2.00	5.30	3.70	5.10	2.10	1.00	0.90	0.70	2.50	3.30	2.29
2008-09	3.20	2.50	9.20	2.90	1.30	5.20	2.70	1.45	0.20	0.20	0.40	3.00	2.69
2009-10	1.00	0.50	3.00	3.00	2.60	1.70	1.90	1.30	1.30	1.30	1.30	2.20	1.76
2010-11	6.30	5.20	1.89	7.40	4.10	2.50	1.20	1.80	1.70	1.90	1.40	0.60	3.00
2011-12	1.20	2.60	4.00	2.90	3.89	3.40	1.70	0.40	0.30	0.90	0.70	0.90	1.91
2012-13	2.00	12.40	3.20	1.90	3.96	4.20	3.24	2.56	2.03	1.45	1.20	0.60	3.23
SUMA	98.00	185.29	285.58	291.76	334.21	308.63	206.09	146.11	131.29	114.27	83.40	83.36	189.00
PROMEDIO (m3/s)	2.28	4.31	6.64	6.79	7.77	7.18	4.79	3.40	3.05	2.66	1.94	1.94	4.40
DES. EST.	1.52	3.12	3.52	4.23	4.72	4.20	3.07	2.31	2.58	2.40	1.73	1.30	1.12
CV	0.665	0.723	0.531	0.624	0.608	0.585	0.640	0.680	0.846	0.903	0.890	0.672	0.255
ASIMETRIA	1.51	1.51	0.57	1.24	0.64	0.90	1.89	1.78	2.28	2.14	3.13	1.77	0.41
Qnit(m ³ /s/km ²)	0.564	1.066	1.643	1.679	1.923	1.776	1.186	0.841	0.755	0.657	0.480	0.480	1.087
Esc (mm)	48.72	92.11	141.96	145.03	166.13	153.42	102.45	72.63	65.26	56.80	41.46	41.44	1,127.41
MINIMO	0.10	0.50	1.20	1.10	1.30	1.70	1.20	0.40	0.20	0.20	0.20	0.30	0.10
MAXIMA	6.50	14.30	14.50	19.70	18.20	20.10	17.30	12.80	14.50	11.40	10.20	6.80	20.10

ANEXOS-IV

SERIES DE CAUDALES SIMULADOS EN LA CUENCA APANÁS-ASTURIAS

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO													
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL													
Estación: RIO JIGUINA										Latitud: 13° 09' 35" N			
Código: 550201										Longitud: 85° 55' 47" W			
Años: 1970 - 2013										Elevación: 962 msnm			
Parámetro: Caudales m3/s										Tipo: LGF			
										Area: 183.5		km ²	
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	1.14	1.17	7.86	9.16	11.78	5.90	3.75	3.72	3.22	2.70	2.22	1.80	4.54
1971-72	1.48	3.52	5.20	7.47	15.51	16.07	5.20	4.81	3.95	3.15	2.55	2.07	5.92
1972-73	1.69	1.85	5.35	7.66	6.07	9.32	5.69	4.34	3.29	2.68	2.17	1.76	4.32
1973-74	1.68	6.79	10.18	7.24	10.24	17.99	7.77	4.42	6.00	3.64	2.96	2.40	6.78
1974-75	1.98	2.31	4.11	7.75	15.03	8.05	3.84	3.53	7.08	3.19	2.58	2.09	5.13
1975-76	1.70	1.44	1.69	5.71	21.48	13.06	10.74	4.17	3.52	2.88	2.33	1.89	5.88
1976-77	1.55	6.52	4.50	7.46	4.39	3.40	3.22	2.71	2.21	1.79	1.46	1.19	3.37
1977-78	0.97	2.97	3.07	3.99	5.37	3.37	3.35	2.54	2.09	1.69	1.37	1.11	2.66
1978-79	0.94	1.73	12.17	7.08	5.20	5.01	3.66	3.25	2.63	2.16	1.75	1.61	3.93
1979-80	1.44	3.26	7.44	5.70	4.91	8.60	4.88	3.77	2.97	2.40	1.94	1.58	4.07
1980-81	1.50	6.12	9.91	7.95	13.74	19.05	7.92	4.73	3.81	3.11	2.57	2.12	6.88
1981-82	3.18	12.95	7.19	9.51	7.40	7.67	4.06	3.46	3.06	2.64	2.17	1.77	5.42
1982-83	5.40	13.64	8.34	5.33	9.27	4.79	4.64	3.93	3.06	2.49	2.02	1.65	5.38
1983-84	1.34	1.14	2.82	5.21	5.85	5.45	4.32	2.98	2.49	2.04	1.66	1.35	3.05
1984-85	1.10	0.92	0.91	2.38	5.74	4.27	2.43	2.36	1.89	1.55	1.26	1.03	2.15
1985-86	0.84	1.25	3.06	6.30	4.21	9.62	3.74	3.24	2.56	2.07	1.68	1.36	3.33
1986-87	1.13	2.44	7.51	5.42	6.47	8.05	4.40	3.31	2.72	2.21	1.79	1.45	3.91
1987-88	1.18	1.11	10.47	13.68	7.63	6.24	3.56	2.96	2.70	2.29	1.89	1.53	4.60
1988-89	1.63	6.48	10.15	18.41	18.17	18.50	5.96	4.98	4.73	3.85	3.11	2.52	8.21
19789-90	2.05	7.04	10.36	6.71	11.51	5.95	5.19	3.71	3.41	2.82	2.31	1.88	5.25
1990-91	1.79	3.36	6.66	6.60	6.60	6.77	6.52	3.86	3.36	2.82	2.31	1.88	4.38
1991-92	1.56	2.25	2.82	3.63	4.43	7.21	3.37	2.91	2.37	1.93	1.57	1.28	2.94
1992-93	1.04	0.86	4.32	3.07	8.43	4.96	2.97	3.05	2.89	2.21	1.79	1.45	3.09
1993-94	2.29	5.20	6.24	11.95	16.97	6.88	4.48	3.73	3.12	2.58	2.11	1.71	5.61
1994-95	1.39	1.44	4.27	5.91	6.74	9.98	5.62	3.50	2.85	2.31	1.87	1.52	3.95
1995-96	1.24	3.69	3.30	13.21	10.40	17.37	4.82	3.79	3.14	2.56	2.08	1.69	5.61
1996-97	1.88	2.05	8.01	11.28	12.64	12.09	9.32	4.49	3.69	3.02	2.46	2.00	6.08
1997-98	1.62	2.22	3.85	2.72	5.94	6.23	6.12	3.13	2.53	2.04	1.66	1.35	3.28
1998-99	1.10	1.19	2.78	5.50	10.81	39.01	8.09	4.45	4.15	3.26	2.66	2.15	7.10
1999-00	1.75	1.85	4.83	5.54	11.99	11.04	3.78	3.07	2.48	2.01	1.63	1.33	4.28
2000-01	1.08	1.77	3.04	2.61	8.29	6.20	3.41	2.68	2.18	1.80	1.48	1.21	2.98
2001-02	1.15	1.02	1.32	7.83	6.91	7.19	3.25	2.62	2.17	1.78	1.44	1.17	3.15
2002-03	1.12	10.28	10.14	6.53	4.78	7.27	4.64	3.43	2.81	2.29	1.86	1.51	4.72
2003-04	1.23	6.02	4.92	6.37	6.42	7.98	5.01	3.35	2.72	2.21	1.80	1.47	4.13
2004-05	1.87	5.45	3.98	5.75	5.68	5.53	5.35	3.21	2.61	2.11	1.71	1.39	3.72
2005-06	1.13	9.93	7.35	10.67	8.44	7.50	4.65	3.53	2.97	2.43	1.97	1.60	5.18
2006-07	1.30	1.15	6.82	3.90	5.35	6.92	3.93	3.92	2.88	2.36	1.91	1.55	3.50
2007-08	1.26	1.22	1.82	6.64	11.56	13.87	5.12	3.63	3.01	2.90	2.28	1.85	4.60
2008-09	2.42	6.58	12.10	9.49	9.90	15.93	4.65	3.77	3.04	2.46	2.00	1.63	6.16
2009-10	1.33	1.36	9.00	5.65	3.22	3.58	3.41	2.72	2.27	1.88	1.54	1.27	3.10
2010-11	3.87	7.05	15.52	25.65	20.06	8.89	5.02	4.04	3.27	2.64	2.14	1.74	8.32
2011-12	1.43	4.64	9.82	11.42	12.04	12.53	5.35	4.47	4.16	3.36	2.75	2.23	6.18
2012-13	2.70	9.70	7.29	9.19	6.14	10.31	4.39	3.55	2.91	2.37	1.93	1.57	5.17
SUMA	71.47	174.93	272.49	331.23	393.71	415.60	211.59	153.82	134.97	106.68	86.74	70.71	202.00
PROMEDIO (m3/s)	1.66	4.07	6.34	7.70	9.16	9.67	4.92	3.58	3.14	2.48	2.02	1.64	4.70
DES. EST.	0.84	3.38	3.40	4.27	4.50	6.27	1.72	0.65	0.97	0.53	0.43	0.35	2.01
CV	0.503	0.830	0.537	0.555	0.492	0.649	0.349	0.182	0.310	0.215	0.215	0.212	0.427
ASIMETRIA	2.78	1.26	0.50	2.18	1.07	2.71	1.54	0.25	2.25	0.56	0.55	0.53	0.45
Quit(m ³ /s/km ²)	0.389	0.953	1.485	1.805	2.146	2.265	1.153	0.838	0.736	0.581	0.473	0.385	1.101
Esc (mm)	33.65	82.36	128.30	155.96	185.38	195.68	99.63	72.43	63.55	50.23	40.84	33.29	1,141.30
MINIMO	0.84	0.86	0.91	2.38	3.22	3.37	2.43	2.36	1.89	1.55	1.26	1.03	0.84
MAXIMA	5.40	13.64	15.52	25.65	21.48	39.01	10.74	4.98	7.08	3.85	3.11	2.52	39.01

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO													
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL													
Estación: RIO JINOTEGA												Latitud: 13° 05' 06" N	
Código: 55-02-00												Longitud: 85° 59' 48" W	
Años: 1970 - 2013												Elevación: 1032 msnm	
Parámetro: Caudales m3/s												Tipo: S/D	
											Area: 37.695 km ²		
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	0.56	0.46	0.39	0.49	0.98	0.51	0.42	0.34	0.28	0.23	0.19	0.16	0.42
1971-72	0.13	0.11	0.09	0.08	0.43	0.84	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15	0.12	0.25
1972-73	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04
1973-74	0.01	0.01	0.02	0.03	0.20	0.54	0.27	0.22	0.18	0.14	0.11	0.09	0.15
1974-75	0.08	0.06	0.05	0.04	0.43	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.13
1975-76	0.05	0.04	0.03	0.03	0.72	0.39	0.55	0.31	0.25	0.20	0.16	0.13	0.24
1976-77	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05
1977-78	0.01	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03
1978-79	0.01	0.01	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03
1979-80	0.01	0.13	0.23	0.41	0.75	0.75	0.67	0.45	0.37	0.30	0.24	0.19	0.38
1980-81	0.21	0.18	0.21	0.24	0.43	2.19	0.68	0.47	0.38	0.30	0.25	0.20	0.48
1981-82	0.18	1.55	0.46	1.17	0.54	0.53	0.41	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14	0.50
1982-83	0.50	1.25	0.44	0.36	0.68	0.39	0.32	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.40
1983-84	0.09	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.06
1984-85	0.02	0.02	0.01	0.02	0.71	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.14
1985-86	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04
1986-87	0.04	0.14	0.20	0.15	0.18	0.34	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.16
1987-88	0.06	0.05	0.12	0.28	0.18	0.16	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.11
1988-89	0.04	0.08	0.09	1.70	2.52	2.83	0.68	0.55	0.46	0.37	0.30	0.24	0.82
19789-90	0.20	0.17	0.16	0.13	0.25	0.17	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.14
1990-91	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03
1991-92	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992-93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
1993-94	0.30	0.18	0.15	0.32	1.62	0.46	0.36	0.29	0.23	0.19	0.15	0.12	0.36
1994-95	0.10	0.08	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04
1995-96	0.01	0.61	0.19	2.20	1.18	1.73	0.62	0.51	0.41	0.33	0.26	0.21	0.69
1996-97	0.18	0.15	0.30	0.48	0.62	2.48	1.25	0.60	0.48	0.39	0.32	0.26	0.63
1997-98	0.21	0.25	0.19	0.16	0.23	0.27	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.19
1998-99	0.07	0.06	0.05	0.04	0.19	8.15	0.72	0.48	0.39	0.31	0.25	0.21	0.91
1999-00	0.17	0.14	0.11	0.09	0.18	0.36	0.20	0.17	0.13	0.11	0.09	0.07	0.15
2000-01	0.06	0.05	0.04	0.03	0.22	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.09
2001-02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
2002-03	0.00	0.21	0.20	0.16	0.15	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.13
2003-04	0.05	0.24	0.13	0.11	0.10	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.08
2004-05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
2005-06	0.01	0.54	0.46	0.56	0.42	1.20	0.46	0.38	0.30	0.24	0.20	0.16	0.41
2006-07	0.13	0.11	0.12	0.10	0.08	0.10	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.08
2007-08	0.03	0.02	0.02	0.09	0.66	2.38	0.54	0.41	0.33	0.27	0.22	0.18	0.43
2008-09	0.18	0.20	0.37	0.26	0.27	2.14	0.43	0.34	0.28	0.22	0.18	0.15	0.42
2009-10	0.12	0.10	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06
2010-11	0.14	0.22	0.69	4.02	3.76	1.19	0.72	0.59	0.47	0.38	0.31	0.25	1.06
2011-12	0.20	0.22	0.31	0.58	0.51	1.09	0.46	0.38	0.30	0.25	0.20	0.16	0.39
2012-13	0.16	0.52	0.25	0.21	0.17	0.21	0.17	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.18
SUMA	4.69	8.59	6.70	15.06	19.87	32.82	12.30	9.15	7.40	5.99	4.88	3.94	10.95
PROMEDIO (m3/s)	0.11	0.20	0.16	0.35	0.46	0.76	0.29	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.25
DES.EST.	0.12	0.31	0.15	0.72	0.71	1.39	0.27	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.39
CV	1.100	1.537	0.995	2.063	1.528	1.818	0.961	0.856	0.857	0.851	0.845	0.849	1.544
ASIMETRIA	2.17	3.18	1.52	3.85	3.22	3.93	1.31	0.65	0.65	0.65	0.67	0.65	0.55
Qnit(m ³ /s/km ²)	0.124	0.228	0.178	0.400	0.527	0.871	0.326	0.243	0.196	0.159	0.129	0.105	0.290
Esc (mm)	10.75	19.69	15.36	34.52	45.54	75.23	28.19	20.97	16.96	13.73	11.19	9.03	301.16
MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MAXIMA	0.56	1.55	0.69	4.02	3.76	8.15	1.25	0.60	0.48	0.39	0.32	0.26	8.15

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO													
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL													
Estación: RIO SAN GABRIEL EN TOMATOYA										Latitud: 13° 09' 38" N			
Código: 55-03-02										Longitud: 86° 03' 39" W			
Años: 1970 - 2013										Elevación: 980 msnm			
Parámetro: Caudales m3/s										Tipo: LGF			
										Area: 79.809		km ²	
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	0.73	1.08	1.11	1.81	1.80	1.10	0.79	0.84	0.58	0.37	0.24	0.17	0.89
1971-72	0.12	0.22	0.31	0.71	4.08	4.31	1.42	0.92	0.58	0.36	0.24	0.16	1.12
1972-73	0.14	0.16	0.22	0.35	0.36	0.34	0.26	0.17	0.11	0.07	0.05	0.04	0.19
1973-74	0.20	0.43	0.90	0.96	2.25	4.34	1.88	1.09	0.69	0.45	0.28	0.19	1.14
1974-75	0.13	0.10	0.14	0.32	3.19	2.01	1.01	0.64	0.51	0.36	0.23	0.15	0.73
1975-76	0.11	0.09	0.07	0.33	3.72	1.60	3.35	1.23	0.85	0.56	0.35	0.22	1.04
1976-77	0.15	1.43	0.81	1.28	0.92	0.69	1.02	0.64	0.41	0.26	0.17	0.12	0.66
1977-78	1.40	3.09	1.84	1.29	1.20	0.82	0.57	0.38	0.25	0.17	0.12	0.09	0.94
1978-79	0.14	0.45	2.31	2.41	2.15	3.01	1.24	0.74	0.46	0.29	0.20	0.14	1.13
1979-80	0.11	2.53	1.96	2.43	2.62	2.97	1.56	1.37	0.86	0.53	0.34	0.23	1.46
1980-81	0.42	0.81	1.18	2.04	4.34	7.44	3.04	1.72	1.08	0.67	0.43	0.29	1.96
1981-82	0.91	5.31	1.81	4.91	2.00	2.51	1.22	0.78	0.51	0.33	0.23	0.16	1.72
1982-83	5.46	6.18	2.26	1.71	2.09	1.40	1.03	0.69	0.44	0.29	0.20	0.14	1.82
1983-84	0.11	0.59	0.55	1.14	1.40	1.07	0.75	0.49	0.30	0.20	0.13	0.09	0.57
1984-85	0.07	0.10	0.55	2.02	4.09	2.43	1.21	0.78	0.51	0.32	0.21	0.14	1.04
1985-86	0.10	0.12	0.26	0.78	0.56	1.32	0.76	0.49	0.30	0.19	0.13	0.09	0.43
1986-87	0.94	2.06	2.40	1.61	2.14	1.82	1.36	0.86	0.53	0.34	0.23	0.16	1.20
1987-88	0.11	0.11	2.64	4.09	1.76	1.11	0.71	0.43	0.28	0.19	0.13	0.09	0.97
1988-89	0.28	2.03	2.54	6.39	7.11	7.93	2.24	2.56	1.90	1.25	0.81	0.52	2.96
19789-90	0.39	1.18	3.02	1.57	3.05	1.58	1.48	0.91	0.58	0.38	0.25	0.18	1.21
1990-91	0.49	0.79	0.58	0.91	0.88	0.80	2.26	1.13	0.72	0.44	0.28	0.19	0.79
1991-92	0.25	0.56	0.68	0.96	0.83	1.10	0.73	0.56	0.38	0.24	0.16	0.11	0.55
1992-93	0.08	0.15	0.89	0.68	1.00	0.83	0.54	0.42	0.31	0.20	0.13	0.09	0.44
1993-94	1.83	1.65	1.31	3.17	5.87	2.42	1.36	0.87	0.56	0.36	0.24	0.17	1.65
1994-95	0.12	0.15	0.16	0.20	0.79	1.64	1.27	0.83	0.53	0.33	0.21	0.14	0.53
1995-96	0.10	2.17	1.12	5.32	3.69	4.43	1.61	1.00	0.61	0.39	0.26	0.18	1.74
1996-97	0.73	0.62	2.50	3.53	3.14	3.82	5.29	1.73	1.17	0.78	0.51	0.33	2.01
1997-98	0.23	2.99	2.61	1.55	1.67	2.05	2.19	1.10	0.67	0.42	0.28	0.19	1.33
1998-99	0.25	0.47	1.19	2.02	5.45	19.71	4.79	2.93	1.81	1.23	0.80	0.51	3.43
1999-00	0.36	0.33	0.49	0.63	4.95	6.05	1.89	1.19	1.14	0.75	0.48	0.31	1.55
2000-01	0.24	0.25	0.34	0.42	2.40	2.79	1.49	0.92	0.56	0.35	0.23	0.15	0.85
2001-02	0.28	0.37	0.33	0.29	0.69	0.73	0.48	0.29	0.18	0.12	0.08	0.06	0.33
2002-03	0.14	1.55	1.39	0.95	0.80	0.65	0.51	0.36	0.24	0.16	0.11	0.07	0.58
2003-04	0.07	2.52	0.83	0.75	1.03	0.89	0.68	0.46	0.28	0.18	0.12	0.09	0.66
2004-05	0.22	1.08	0.63	0.52	0.75	0.94	0.62	0.39	0.24	0.16	0.11	0.07	0.48
2005-06	0.05	1.87	2.27	1.73	1.62	2.13	1.12	0.73	0.46	0.29	0.19	0.14	1.05
2006-07	0.10	0.67	1.25	0.93	0.64	1.13	1.12	1.02	0.65	0.40	0.25	0.17	0.69
2007-08	0.12	0.28	0.66	2.37	4.53	5.56	3.21	1.65	1.16	0.75	0.47	0.31	1.76
2008-09	0.40	2.13	3.50	2.48	3.20	8.90	1.77	1.09	0.68	0.43	0.29	0.20	2.09
2009-10	0.36	0.70	2.76	3.45	1.34	1.24	0.81	0.52	0.33	0.22	0.15	0.12	1.00
2010-11	0.39	1.27	2.02	8.22	12.26	2.81	1.60	0.99	0.62	0.40	0.27	0.19	2.59
2011-12	0.22	0.94	2.60	3.48	3.49	3.03	1.46	1.05	0.71	0.46	0.30	0.21	1.50
2012-13	1.49	2.06	1.18	1.63	1.02	1.85	0.90	0.55	0.35	0.23	0.16	0.11	0.96
SUMA	20.54	53.64	58.17	84.34	112.87	125.30	64.60	39.51	26.09	16.87	11.05	7.48	51.71
PROMEDIO (m3/s)	0.48	1.25	1.35	1.96	2.62	2.91	1.50	0.92	0.61	0.39	0.26	0.17	1.20
DES.EST.	0.88	1.33	0.94	1.73	2.21	3.33	1.07	0.55	0.38	0.25	0.16	0.10	0.96
CV	1.833	1.063	0.697	0.884	0.844	1.141	0.709	0.600	0.627	0.642	0.626	0.583	0.798
ASIMETRIA	4.72	2.00	0.46	1.78	2.26	3.45	1.98	1.83	1.80	1.95	2.01	1.90	1.32
Qunit(m ³ /s/km ²)	0.257	0.672	0.729	1.057	1.414	1.570	0.809	0.495	0.327	0.211	0.138	0.094	0.648
Esc (mm)	22.24	58.07	62.97	91.31	122.19	135.65	69.93	42.77	28.24	18.26	11.96	8.10	671.70
MINIMO	0.05	0.09	0.07	0.20	0.36	0.34	0.26	0.17	0.11	0.07	0.05	0.04	0.04
MAXIMA	5.46	6.18	3.50	8.22	12.26	19.71	5.29	2.93	1.90	1.25	0.81	0.52	19.71

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES															
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO															
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL															
Estación: RIO SISLE										Latitud: 13° 09' 12" N					
Código: 55-03-00										Longitud: 86° 15' 22" W					
Años: 1970 - 2013										Elevación: 1128 msnm					
Parámetro: Caudales m3/s										Tipo: S/D					
										Area:		24.104	km ²		
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL		
1970-71	0.53	0.63	0.58	0.85	0.72	0.44	0.33	0.38	0.26	0.17	0.12	0.08	0.42		
1971-72	0.06	0.14	0.18	0.40	1.55	1.38	0.47	0.31	0.20	0.13	0.09	0.06	0.41		
1972-73	0.06	0.07	0.12	0.22	0.23	0.22	0.18	0.13	0.09	0.06	0.04	0.03	0.12		
1973-74	0.08	0.21	0.41	0.40	0.90	1.63	0.78	0.41	0.30	0.20	0.13	0.08	0.46		
1974-75	0.06	0.05	0.10	0.26	1.20	0.94	0.40	0.28	0.33	0.20	0.13	0.08	0.34		
1975-76	0.05	0.06	0.07	0.33	1.75	0.74	1.54	0.50	0.42	0.26	0.16	0.10	0.50		
1976-77	0.07	0.52	0.33	0.57	0.37	0.25	0.44	0.27	0.18	0.11	0.07	0.05	0.27		
1977-78	0.47	0.93	0.62	0.48	0.46	0.32	0.25	0.17	0.11	0.07	0.05	0.04	0.33		
1978-79	0.06	0.16	0.86	1.00	0.83	1.05	0.42	0.26	0.16	0.10	0.07	0.05	0.42		
1979-80	0.04	0.65	0.61	0.85	0.73	0.98	0.55	0.52	0.31	0.19	0.12	0.08	0.47		
1980-81	0.17	0.39	0.52	0.79	1.54	2.31	1.02	0.59	0.36	0.23	0.14	0.10	0.68		
1981-82	0.26	1.53	0.62	1.58	0.67	0.96	0.41	0.29	0.20	0.14	0.09	0.07	0.57		
1982-83	1.53	1.95	0.75	0.61	0.76	0.48	0.39	0.27	0.18	0.11	0.08	0.05	0.60		
1983-84	0.04	0.11	0.16	0.45	0.61	0.45	0.32	0.21	0.14	0.10	0.06	0.04	0.22		
1984-85	0.03	0.04	0.22	0.70	1.27	0.91	0.41	0.28	0.18	0.11	0.07	0.05	0.36		
1985-86	0.04	0.04	0.10	0.30	0.22	0.51	0.29	0.20	0.12	0.08	0.05	0.03	0.17		
1986-87	0.24	0.68	0.79	0.58	0.84	0.74	0.58	0.34	0.21	0.13	0.09	0.06	0.44		
1987-88	0.04	0.05	1.12	1.64	0.66	0.41	0.26	0.16	0.11	0.07	0.05	0.04	0.38		
1988-89	0.10	0.64	0.80	2.03	2.18	2.46	0.71	1.03	0.70	0.44	0.28	0.18	0.96		
19789-90	0.16	0.58	1.25	0.63	1.27	0.55	0.55	0.33	0.24	0.17	0.11	0.07	0.49		
1990-91	0.16	0.27	0.21	0.42	0.43	0.43	1.12	0.51	0.31	0.19	0.12	0.08	0.35		
1991-92	0.10	0.21	0.27	0.40	0.35	0.45	0.31	0.25	0.17	0.10	0.07	0.05	0.23		
1992-93	0.03	0.07	0.38	0.33	0.45	0.34	0.22	0.20	0.15	0.10	0.06	0.04	0.20		
1993-94	0.57	0.51	0.48	1.25	2.07	0.84	0.45	0.31	0.20	0.13	0.09	0.06	0.58		
1994-95	0.04	0.08	0.09	0.15	0.42	0.69	0.53	0.34	0.22	0.13	0.08	0.06	0.24		
1995-96	0.04	0.75	0.42	1.83	1.36	1.54	0.54	0.34	0.21	0.14	0.09	0.06	0.61		
1996-97	0.25	0.25	0.94	1.21	1.16	1.23	1.82	0.58	0.43	0.30	0.20	0.13	0.71		
1997-98	0.09	0.94	1.03	0.58	0.61	0.71	0.86	0.38	0.23	0.15	0.10	0.07	0.48		
1998-99	0.10	0.20	0.53	0.81	2.01	6.51	1.96	1.24	0.70	0.47	0.30	0.19	1.25		
1999-00	0.14	0.14	0.20	0.25	1.55	2.05	0.68	0.43	0.51	0.31	0.20	0.13	0.55		
2000-01	0.10	0.10	0.15	0.22	0.85	0.97	0.56	0.33	0.20	0.12	0.08	0.06	0.31		
2001-02	0.08	0.13	0.13	0.14	0.29	0.29	0.19	0.12	0.07	0.05	0.03	0.02	0.13		
2002-03	0.04	0.41	0.51	0.32	0.30	0.28	0.24	0.18	0.13	0.09	0.06	0.04	0.22		
2003-04	0.04	0.75	0.28	0.27	0.34	0.32	0.27	0.18	0.11	0.07	0.05	0.03	0.23		
2004-05	0.13	0.51	0.29	0.28	0.38	0.41	0.29	0.19	0.12	0.08	0.05	0.04	0.23		
2005-06	0.03	0.65	0.76	0.60	0.61	0.71	0.39	0.26	0.17	0.11	0.07	0.05	0.37		
2006-07	0.04	0.30	0.59	0.41	0.31	0.51	0.44	0.43	0.25	0.15	0.10	0.06	0.30		
2007-08	0.05	0.08	0.22	0.85	1.34	1.57	1.00	0.51	0.37	0.24	0.15	0.10	0.54		
2008-09	0.10	0.70	1.20	0.76	0.92	2.78	0.54	0.33	0.21	0.13	0.09	0.06	0.65		
2009-10	0.10	0.21	0.83	0.99	0.40	0.40	0.27	0.17	0.11	0.07	0.05	0.04	0.30		
2010-11	0.12	0.36	0.68	2.50	3.25	0.93	0.51	0.32	0.20	0.13	0.09	0.06	0.76		
2011-12	0.06	0.33	0.79	1.16	1.04	0.97	0.46	0.34	0.24	0.16	0.11	0.07	0.48		
2012-13	0.49	0.66	0.46	0.65	0.38	0.79	0.34	0.21	0.13	0.09	0.06	0.04	0.36		
SUMA	6.99	18.04	21.65	31.05	39.58	43.45	24.29	15.08	10.24	6.58	4.30	2.88	18.68		
PROMEDIO (m3/s)	0.16	0.42	0.50	0.72	0.92	1.01	0.56	0.35	0.24	0.15	0.10	0.07	0.43		
DES.EST.	0.25	0.40	0.33	0.53	0.65	1.06	0.40	0.21	0.14	0.09	0.06	0.04	0.29		
CV	1.564	0.953	0.647	0.740	0.702	1.047	0.714	0.609	0.596	0.597	0.577	0.537	0.677		
ASIMETRIA	4.11	1.87	0.55	1.56	1.48	3.68	2.12	2.53	1.84	1.92	1.90	1.87	0.92		
Quint(m ³ /s/km ²)	0.290	0.748	0.898	1.288	1.642	1.803	1.008	0.626	0.425	0.273	0.178	0.119	0.775		
Esc (mm)	25.06	64.66	77.60	111.30	141.87	155.75	87.07	54.05	36.70	23.59	15.41	10.32	803.39		
MINIMO	0.03	0.04	0.07	0.14	0.22	0.22	0.18	0.12	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02		
MAXIMA	1.53	1.95	1.25	2.50	3.25	6.51	1.96	1.24	0.70	0.47	0.30	0.19	6.51		

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO													
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL													
Estación: RIO MANCOTAL EN TOMAYUNCA										Latitud: 13° 14' 21" N			
Código: 55-03-22										Longitud: 85° 57' 17" W			
Años: 1970 - 2013										Elevación: 600 msnm			
Parámetro: Caudales m ³ /s										Tipo: LMT			
										Area: 36.954 km ²			
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	0.74	0.90	1.05	2.04	2.04	1.08	0.69	0.96	0.60	0.44	0.30	0.20	0.92
1971-72	0.32	0.81	0.64	1.28	2.88	2.08	0.76	0.53	0.49	0.33	0.21	0.14	0.87
1972-73	0.28	0.38	1.21	1.44	1.45	1.07	0.91	0.75	0.52	0.34	0.22	0.14	0.73
1973-74	0.14	1.15	1.88	1.24	2.04	4.20	2.71	1.34	1.64	0.98	0.69	0.48	1.54
1974-75	0.56	0.94	2.41	3.29	3.20	3.83	1.17	1.49	2.33	0.85	0.54	0.34	1.75
1975-76	0.23	0.48	1.34	2.83	5.88	2.42	5.15	1.60	2.05	1.02	0.65	0.42	2.01
1976-77	0.35	0.97	0.78	1.53	0.71	0.46	0.73	0.83	0.44	0.27	0.18	0.12	0.61
1977-78	0.39	1.16	1.13	1.50	1.00	0.74	0.75	0.57	0.38	0.25	0.16	0.11	0.68
1978-79	0.27	0.19	2.08	1.98	1.64	1.13	0.72	0.64	0.42	0.27	0.17	0.12	0.80
1979-80	0.08	0.36	0.55	1.26	0.56	1.27	1.93	1.34	0.81	0.51	0.31	0.20	0.77
1980-81	0.23	0.91	1.49	2.01	2.84	3.08	1.69	1.02	0.62	0.45	0.31	0.20	1.24
1981-82	0.25	2.35	1.15	2.57	1.64	3.00	0.86	0.75	0.54	0.42	0.29	0.19	1.17
1982-83	1.20	2.40	1.40	1.10	1.96	1.09	1.03	0.76	0.60	0.39	0.25	0.16	1.03
1983-84	0.11	0.17	0.75	1.96	2.37	1.61	1.29	0.79	0.78	0.52	0.34	0.22	0.91
1984-85	0.14	0.24	0.67	1.68	2.01	2.24	0.77	0.57	0.38	0.24	0.15	0.11	0.77
1985-86	0.08	0.07	0.24	0.71	0.62	2.30	0.99	0.75	0.46	0.29	0.18	0.12	0.57
1986-87	0.18	1.05	1.21	1.35	2.07	2.10	2.19	0.92	0.60	0.38	0.24	0.16	1.04
1987-88	0.11	0.24	2.43	3.52	1.19	0.79	0.50	0.31	0.20	0.13	0.09	0.07	0.80
1988-89	0.16	0.54	0.55	2.90	3.15	2.56	1.19	1.97	0.94	0.65	0.42	0.27	1.28
19789-90	0.51	2.19	3.45	1.70	2.96	0.84	0.71	0.48	0.98	0.51	0.34	0.21	1.24
1990-91	0.24	0.37	0.33	0.77	0.58	1.08	1.96	1.23	0.68	0.43	0.27	0.17	0.68
1991-92	0.14	0.15	0.29	0.43	0.73	1.01	0.72	0.85	0.45	0.27	0.17	0.11	0.44
1992-93	0.08	0.18	0.87	0.91	0.73	0.56	0.37	0.49	0.32	0.21	0.13	0.09	0.41
1993-94	0.54	0.65	0.97	2.20	3.33	1.49	0.75	0.55	0.38	0.25	0.16	0.11	0.95
1994-95	0.08	0.42	0.28	0.54	0.84	1.04	1.07	0.55	0.35	0.22	0.14	0.09	0.47
1995-96	0.07	1.11	0.71	1.90	2.38	2.82	1.09	0.73	0.48	0.30	0.19	0.13	0.99
1996-97	0.72	0.59	1.17	1.51	1.97	1.17	1.90	0.74	0.56	0.41	0.28	0.18	0.93
1997-98	0.12	0.40	0.78	0.59	0.60	0.84	0.97	0.48	0.29	0.18	0.12	0.08	0.45
1998-99	0.19	0.43	0.71	0.76	3.13	10.21	4.21	2.62	1.08	0.67	0.42	0.27	2.06
1999-00	0.24	0.33	0.40	0.33	1.53	1.62	0.85	0.60	0.40	0.25	0.16	0.11	0.57
2000-01	0.26	0.20	0.20	0.23	0.31	0.45	0.27	0.17	0.11	0.07	0.05	0.03	0.20
2001-02	0.03	0.85	0.61	0.58	0.50	0.41	0.30	0.20	0.12	0.08	0.06	0.04	0.32
2002-03	0.04	0.19	0.91	0.45	1.23	1.32	0.89	0.56	0.37	0.23	0.15	0.10	0.54
2003-04	0.11	0.52	0.28	0.20	0.15	0.13	0.10	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.14
2004-05	0.33	1.64	0.69	0.85	1.06	0.64	0.55	0.35	0.22	0.14	0.09	0.06	0.55
2005-06	0.07	1.68	0.94	0.99	0.98	1.35	0.62	0.47	0.31	0.20	0.13	0.09	0.65
2006-07	0.06	0.51	2.87	1.35	1.71	1.13	0.86	0.65	0.41	0.26	0.17	0.11	0.84
2007-08	0.08	0.08	0.24	1.60	2.29	2.19	1.14	0.62	0.40	0.26	0.17	0.11	0.77
2008-09	0.11	1.51	1.99	1.11	1.23	3.16	0.76	0.46	0.28	0.18	0.12	0.09	0.92
2009-10	0.23	0.26	0.47	0.50	0.32	0.29	0.24	0.17	0.11	0.07	0.05	0.05	0.23
2010-11	0.20	0.36	1.75	3.87	3.00	1.46	0.85	0.53	0.32	0.21	0.14	0.10	1.07
2011-12	0.17	1.37	2.10	1.73	1.78	1.51	0.73	0.55	0.65	0.40	0.26	0.17	0.95
2012-13	0.76	1.31	2.27	2.14	1.04	2.60	0.83	0.54	0.35	0.23	0.15	0.11	1.03
SUMA	11.20	32.61	48.24	63.43	73.63	76.37	48.77	32.54	24.46	14.79	9.64	6.40	36.84
PROMEDIO (m ³ /s)	0.26	0.76	1.12	1.48	1.71	1.78	1.13	0.76	0.57	0.34	0.22	0.15	0.86
DES. EST.	0.24	0.62	0.78	0.90	1.13	1.63	0.96	0.49	0.46	0.22	0.15	0.09	0.46
CV	0.919	0.813	0.695	0.607	0.657	0.920	0.846	0.643	0.816	0.647	0.652	0.634	0.538
ASIMETRIA	2.06	1.19	1.10	0.82	1.26	3.48	2.71	1.84	2.38	1.45	1.55	1.74	1.00
Qunit(m ³ /s/km ²)	0.303	0.882	1.305	1.716	1.992	2.067	1.320	0.881	0.662	0.400	0.261	0.173	0.997
Esc (mm)	26.19	76.24	112.79	148.30	172.15	178.56	114.03	76.08	57.19	34.58	22.54	14.96	1,033.60
MINIMO	0.03	0.07	0.20	0.20	0.15	0.13	0.10	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
MAXIMA	1.20	2.40	3.45	3.87	5.88	10.21	5.15	2.62	2.33	1.02	0.69	0.48	10.21

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO													
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL													
Estación: RIO LOS PEDERNALES										Latitud: 13° 14' 18" N			
Código: 55-03-00										Longitud: 85° 56' 22" W			
Años: 1970 - 2013										Elevación: 656 msnm			
Parámetro: Caudales m3/s										Tipo: S/D			
										Area: 22.04 km ²			
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	0.66	1.01	1.12	1.55	1.14	0.75	0.49	0.59	0.39	0.30	0.21	0.15	0.70
1971-72	0.14	0.43	0.51	0.90	1.70	1.15	0.46	0.36	0.27	0.19	0.12	0.08	0.53
1972-73	0.14	0.23	0.56	0.70	0.61	0.49	0.46	0.37	0.24	0.15	0.10	0.07	0.34
1973-74	0.08	0.83	1.17	0.78	0.79	1.87	0.97	0.48	0.46	0.29	0.19	0.13	0.67
1974-75	0.10	0.25	0.87	1.33	1.38	1.20	0.52	0.48	0.48	0.29	0.19	0.12	0.60
1975-76	0.08	0.24	0.70	1.30	2.47	1.26	1.37	0.60	0.53	0.34	0.22	0.14	0.77
1976-77	0.10	0.50	0.44	1.06	0.89	0.56	0.58	0.44	0.27	0.17	0.11	0.07	0.43
1977-78	0.14	1.11	0.78	0.72	0.55	0.33	0.30	0.22	0.15	0.10	0.14	0.10	0.39
1978-79	0.10	0.20	1.58	1.08	1.10	0.96	0.47	0.34	0.22	0.14	0.09	0.06	0.53
1979-80	0.05	0.50	0.85	1.27	0.57	0.89	0.59	0.65	0.36	0.23	0.14	0.09	0.52
1980-81	0.29	1.13	1.12	1.19	1.62	2.12	0.94	0.56	0.35	0.23	0.16	0.11	0.82
1981-82	0.16	1.52	0.64	1.21	0.88	1.45	0.47	0.31	0.23	0.18	0.13	0.09	0.61
1982-83	0.38	1.09	0.86	0.68	1.04	0.81	0.67	0.41	0.28	0.18	0.12	0.08	0.55
1983-84	0.06	0.18	0.61	0.89	1.41	0.88	0.55	0.38	0.30	0.20	0.13	0.09	0.47
1984-85	0.06	0.17	0.62	1.06	1.38	0.96	0.43	0.34	0.22	0.14	0.09	0.06	0.46
1985-86	0.05	0.11	0.38	0.78	0.57	1.31	0.46	0.32	0.20	0.13	0.08	0.06	0.37
1986-87	0.04	0.45	1.07	0.95	1.15	0.96	0.67	0.40	0.26	0.16	0.11	0.07	0.52
1987-88	0.05	0.10	1.53	2.05	0.99	0.56	0.34	0.20	0.13	0.08	0.06	0.04	0.51
1988-89	0.14	0.40	0.49	1.88	1.85	1.38	0.60	0.77	0.43	0.30	0.20	0.13	0.71
19789-90	0.09	0.66	1.26	1.16	1.68	0.69	0.50	0.33	0.26	0.18	0.12	0.08	0.58
1990-91	0.12	0.27	0.31	0.49	0.67	0.77	0.71	0.62	0.34	0.22	0.14	0.09	0.40
1991-92	0.07	0.32	0.49	0.64	0.44	0.53	0.34	0.35	0.22	0.13	0.09	0.06	0.31
1992-93	0.04	0.20	0.84	0.73	0.55	0.39	0.25	0.24	0.16	0.10	0.07	0.05	0.30
1993-94	0.29	0.59	0.84	1.99	2.25	1.00	0.49	0.31	0.19	0.12	0.08	0.06	0.68
1994-95	0.04	0.34	0.27	0.42	0.83	0.62	0.44	0.29	0.19	0.12	0.08	0.05	0.31
1995-96	0.04	0.33	0.35	0.96	1.40	1.57	0.63	0.39	0.25	0.16	0.10	0.07	0.52
1996-97	0.23	0.40	0.74	1.01	1.55	0.67	1.13	0.43	0.31	0.22	0.15	0.10	0.58
1997-98	0.07	0.41	0.72	0.52	0.80	0.73	0.50	0.30	0.18	0.12	0.08	0.05	0.37
1998-99	0.06	0.17	0.42	0.63	1.48	3.95	1.35	0.85	0.46	0.29	0.18	0.12	0.83
1999-00	0.12	0.25	0.45	0.42	1.31	1.27	0.58	0.37	0.26	0.17	0.11	0.07	0.45
2000-01	0.08	0.14	0.29	0.37	0.59	0.44	0.28	0.18	0.11	0.07	0.05	0.03	0.22
2001-02	0.03	0.32	0.34	0.57	0.76	0.60	0.32	0.19	0.12	0.08	0.05	0.04	0.29
2002-03	0.03	0.42	0.80	0.69	0.49	0.50	0.36	0.24	0.15	0.10	0.06	0.04	0.32
2003-04	0.06	0.35	0.34	0.38	0.43	0.50	0.29	0.19	0.12	0.07	0.05	0.04	0.24
2004-05	0.12	0.93	0.39	0.69	0.89	0.66	0.43	0.28	0.18	0.11	0.07	0.05	0.40
2005-06	0.13	1.22	0.83	1.01	1.05	0.87	0.43	0.30	0.20	0.13	0.09	0.06	0.53
2006-07	0.04	0.36	1.36	0.89	0.92	0.60	0.46	0.46	0.27	0.17	0.12	0.08	0.48
2007-08	0.06	0.15	0.42	1.07	1.43	1.13	0.64	0.44	0.33	0.22	0.14	0.09	0.51
2008-09	0.08	0.83	1.26	0.83	0.99	1.83	0.48	0.29	0.18	0.12	0.08	0.06	0.59
2009-10	0.06	0.15	0.55	0.61	0.35	0.57	0.32	0.22	0.14	0.09	0.06	0.05	0.26
2010-11	0.33	0.45	1.40	2.20	1.74	0.91	0.58	0.35	0.21	0.14	0.09	0.06	0.71
2011-12	0.07	0.68	1.22	1.31	0.88	0.69	0.38	0.26	0.17	0.13	0.09	0.06	0.50
2012-13	0.59	0.50	0.66	1.02	0.69	0.92	0.39	0.25	0.16	0.10	0.07	0.05	0.45
SUMA	5.67	20.89	32.45	41.99	46.26	42.30	23.62	16.35	10.93	7.16	4.81	3.25	21.31
PROMEDIO (m3/s)	0.13	0.49	0.75	0.98	1.08	0.98	0.55	0.38	0.25	0.17	0.11	0.08	0.50
DES.EST.	0.14	0.35	0.36	0.44	0.50	0.62	0.26	0.15	0.11	0.07	0.05	0.03	0.20
CV	1.041	0.718	0.483	0.456	0.463	0.632	0.466	0.404	0.416	0.422	0.407	0.390	0.397
ASIMETRIA	2.55	1.24	0.65	1.10	0.80	2.88	1.87	1.20	0.91	0.80	0.76	0.83	1.41
Qunit(m ³ /s/km ²)	0.257	0.948	1.472	1.905	2.099	1.919	1.072	0.742	0.496	0.325	0.218	0.147	0.967
Esc (mm)	22.23	81.89	127.21	164.61	181.35	165.82	92.59	64.09	42.85	28.07	18.86	12.74	1,002.30
MINIMO	0.03	0.10	0.27	0.37	0.35	0.33	0.25	0.18	0.11	0.07	0.05	0.03	0.03
MAXIMA	0.66	1.52	1.58	2.20	2.47	3.95	1.37	0.85	0.53	0.34	0.22	0.15	3.95

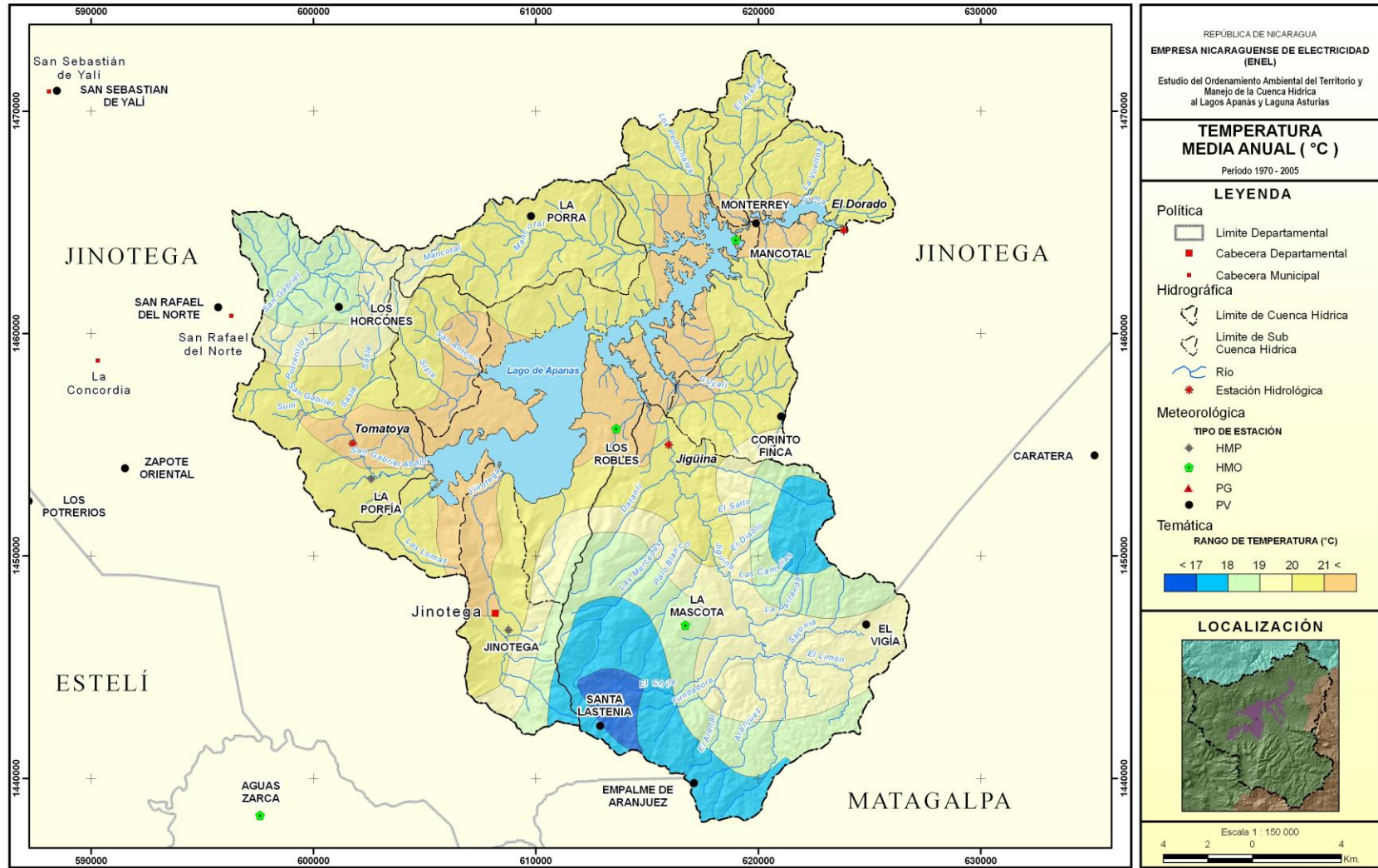
INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO													
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL													
Estación: RIO EL ARENAL										Latitud: 13° 14' 23" N			
Código: 55-03-00										Longitud: 85° 54' 26" W			
Años: 1970 - 2013										Elevación: 1055 msnm			
Parámetro: Caudales m3/s										Tipo: S/D			
										Area: 17.273 km ²			
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	0.63	0.81	0.98	1.68	0.79	0.75	0.43	0.65	0.44	0.38	0.27	0.19	0.67
1971-72	0.17	0.32	0.47	0.74	1.78	1.24	0.47	0.70	0.37	0.24	0.15	0.10	0.56
1972-73	0.11	0.30	0.45	0.41	0.23	0.30	0.29	0.45	0.23	0.15	0.09	0.06	0.26
1973-74	0.04	0.62	1.37	0.64	0.48	1.04	0.77	0.39	0.31	0.20	0.13	0.08	0.51
1974-75	0.19	0.39	0.42	0.53	0.71	0.78	0.33	0.35	0.24	0.18	0.12	0.08	0.36
1975-76	0.05	0.25	0.49	0.79	1.48	0.89	0.84	0.36	0.26	0.17	0.11	0.07	0.48
1976-77	0.05	0.28	0.73	1.39	0.83	0.81	0.49	0.33	0.21	0.13	0.09	0.06	0.45
1977-78	0.09	1.19	0.80	0.54	0.50	0.28	0.27	0.20	0.14	0.09	0.17	0.11	0.37
1978-79	0.08	0.21	1.25	0.88	1.33	1.05	0.61	0.40	0.26	0.16	0.11	0.08	0.54
1979-80	0.07	0.86	0.66	1.34	0.43	0.78	0.44	0.42	0.24	0.15	0.10	0.06	0.46
1980-81	0.10	0.63	0.89	0.76	1.25	1.51	0.85	0.53	0.31	0.20	0.14	0.10	0.61
1981-82	0.12	1.17	0.43	0.87	0.65	1.21	0.36	0.22	0.16	0.19	0.13	0.09	0.47
1982-83	0.17	0.77	0.67	0.54	0.68	0.73	0.60	0.37	0.24	0.15	0.10	0.07	0.42
1983-84	0.05	0.24	0.73	0.98	1.25	0.76	0.47	0.32	0.25	0.17	0.11	0.07	0.45
1984-85	0.05	0.09	1.04	1.02	1.34	0.59	0.37	0.58	0.26	0.20	0.13	0.09	0.48
1985-86	0.06	0.22	0.58	0.55	0.64	0.90	0.39	0.26	0.17	0.11	0.07	0.05	0.33
1986-87	0.04	0.58	1.04	0.94	0.95	0.77	0.48	0.34	0.22	0.14	0.09	0.06	0.47
1987-88	0.04	0.03	1.38	1.99	0.95	0.76	0.36	0.27	0.17	0.11	0.07	0.06	0.52
1988-89	0.17	0.60	0.87	1.82	1.09	1.35	0.70	0.95	0.42	0.28	0.18	0.11	0.71
19789-90	0.11	0.29	0.85	0.91	1.10	0.80	0.45	0.32	0.25	0.19	0.13	0.08	0.46
1990-91	0.10	0.32	0.48	0.46	0.52	0.59	0.40	1.00	0.35	0.26	0.17	0.11	0.40
1991-92	0.09	0.50	0.69	0.82	0.33	0.47	0.29	0.34	0.21	0.13	0.09	0.06	0.34
1992-93	0.04	0.32	0.95	0.67	0.59	0.31	0.21	0.27	0.16	0.10	0.07	0.04	0.31
1993-94	0.44	0.57	0.91	2.35	1.86	0.72	0.40	0.29	0.20	0.13	0.09	0.06	0.67
1994-95	0.04	0.33	0.43	0.54	0.55	0.38	0.27	0.22	0.15	0.09	0.06	0.04	0.26
1995-96	0.03	0.07	0.59	1.15	0.75	1.09	0.48	0.28	0.17	0.11	0.07	0.10	0.41
1996-97	0.07	0.30	0.33	0.59	0.83	0.56	0.89	0.36	0.30	0.26	0.18	0.12	0.40
1997-98	0.08	0.23	0.36	0.29	0.58	0.74	0.50	0.27	0.16	0.10	0.07	0.05	0.29
1998-99	0.03	0.05	0.05	0.22	0.28	1.65	0.72	0.30	0.18	0.11	0.07	0.05	0.31
1999-00	0.03	0.11	0.50	0.42	1.00	0.85	0.33	0.20	0.14	0.09	0.06	0.04	0.31
2000-01	0.03	0.15	0.33	0.28	0.72	0.42	0.36	0.22	0.14	0.09	0.06	0.04	0.24
2001-02	0.03	0.14	0.29	0.64	0.94	0.67	0.32	0.20	0.13	0.08	0.05	0.04	0.29
2002-03	0.04	0.60	0.66	0.65	0.30	0.39	0.35	0.20	0.13	0.09	0.06	0.04	0.29
2003-04	0.12	0.25	0.49	0.70	0.59	0.95	0.60	0.35	0.23	0.15	0.17	0.12	0.39
2004-05	0.24	1.08	0.39	0.70	0.45	0.52	0.34	0.32	0.21	0.14	0.09	0.06	0.38
2005-06	0.12	1.24	0.98	0.97	1.29	0.98	0.51	0.47	0.30	0.28	0.18	0.11	0.62
2006-07	0.08	0.42	1.37	0.71	0.61	0.44	0.46	1.52	0.39	0.25	0.15	0.10	0.54
2007-08	0.07	0.27	0.55	0.66	1.94	1.28	1.20	1.44	0.80	0.39	0.27	0.18	0.75
2008-09	0.14	0.94	1.67	0.87	0.83	1.96	0.42	0.26	0.17	0.12	0.08	0.06	0.63
2009-10	0.06	0.13	1.41	1.05	0.40	1.06	0.73	0.52	0.29	0.18	0.11	0.08	0.50
2010-11	0.82	0.40	1.62	2.87	1.27	0.77	0.42	0.26	0.16	0.11	0.07	0.05	0.74
2011-12	0.07	0.52	0.97	1.40	0.40	0.48	0.27	0.28	0.18	0.23	0.15	0.09	0.42
2012-13	0.73	0.26	0.40	0.61	0.33	0.37	0.24	0.17	0.11	0.07	0.05	0.03	0.28
SUMA	5.89	19.05	32.52	38.94	35.82	34.95	20.68	18.15	10.41	7.15	4.91	3.34	19.32
PROMEDIO (m3/s)	0.14	0.44	0.76	0.91	0.83	0.81	0.48	0.42	0.24	0.17	0.11	0.08	0.45
DES.EST.	0.18	0.32	0.38	0.55	0.44	0.37	0.21	0.30	0.12	0.08	0.05	0.03	0.17
CV	1.315	0.731	0.509	0.605	0.523	0.459	0.429	0.704	0.492	0.454	0.459	0.445	0.370
ASIMETRIA	2.82	1.05	0.69	1.80	0.87	0.96	1.44	2.50	2.69	1.24	1.25	1.37	0.81
Qnit(m ³ /s/km ²)	0.341	1.103	1.883	2.254	2.074	2.023	1.197	1.051	0.603	0.414	0.284	0.193	1.118
Esc (mm)	29.46	95.29	162.67	194.78	179.17	174.82	103.44	90.79	52.07	35.76	24.56	16.71	1,159.52
MINIMO	0.03	0.03	0.05	0.22	0.23	0.28	0.21	0.17	0.11	0.07	0.05	0.03	0.03
MAXIMA	0.82	1.24	1.67	2.87	1.94	1.96	1.20	1.52	0.80	0.39	0.27	0.19	2.87

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO													
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL													
Estación: LAGO ASTURIAS EL DORADO										Latitud: 13° 14' 35" N			
Código: 55-03-00										Longitud: 85° 52' 56" W			
Años: 1970 - 2013										Elevación: 1029 msnm			
Parámetro: Caudales m ³ /s										Tipo: S/D			
										Area: 30.324		km ²	
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	0.64	1.21	1.61	2.98	1.26	1.26	0.68	1.15	0.75	0.65	0.46	0.31	1.08
1971-72	0.30	0.65	0.92	1.46	3.39	2.25	0.84	1.29	0.68	0.43	0.27	0.18	1.06
1972-73	0.20	0.58	0.86	0.79	0.44	0.59	0.58	0.89	0.43	0.28	0.17	0.11	0.49
1973-74	0.08	1.20	2.55	1.21	0.89	2.01	1.46	0.72	0.58	0.38	0.24	0.16	0.96
1974-75	0.37	0.78	0.86	1.08	1.41	1.45	0.62	0.68	0.45	0.35	0.24	0.15	0.70
1975-76	0.10	0.51	0.99	1.54	2.80	1.68	1.53	0.66	0.49	0.32	0.20	0.14	0.91
1976-77	0.09	0.57	1.39	2.61	1.59	1.51	0.91	0.61	0.39	0.24	0.16	0.11	0.85
1977-78	0.16	2.25	1.50	0.99	0.93	0.50	0.48	0.37	0.26	0.17	0.36	0.21	0.68
1978-79	0.16	0.42	2.36	1.65	2.48	1.98	1.12	0.74	0.47	0.30	0.21	0.15	1.00
1979-80	0.15	1.68	1.30	2.55	0.82	1.41	0.81	0.78	0.44	0.27	0.17	0.12	0.88
1980-81	0.20	1.24	1.69	1.42	2.31	2.76	1.57	0.98	0.56	0.37	0.26	0.19	1.13
1981-82	0.24	2.24	0.78	1.58	1.13	2.17	0.63	0.39	0.27	0.32	0.23	0.16	0.85
1982-83	0.31	1.46	1.24	0.98	1.21	1.30	1.12	0.67	0.44	0.28	0.18	0.12	0.78
1983-84	0.08	0.44	1.36	1.81	2.33	1.41	0.86	0.60	0.47	0.32	0.21	0.14	0.84
1984-85	0.10	0.18	1.92	1.91	2.50	1.07	0.66	1.08	0.48	0.37	0.25	0.16	0.89
1985-86	0.11	0.41	1.09	1.04	1.16	1.72	0.71	0.49	0.31	0.20	0.13	0.09	0.62
1986-87	0.07	1.09	1.96	1.77	1.79	1.44	0.88	0.62	0.40	0.25	0.16	0.11	0.88
1987-88	0.08	0.06	2.60	3.74	1.80	1.35	0.63	0.47	0.31	0.19	0.13	0.11	0.96
1988-89	0.30	1.09	1.53	3.34	1.97	2.36	1.27	1.77	0.76	0.51	0.33	0.21	1.29
19789-90	0.19	0.58	1.63	1.77	2.08	1.49	0.85	0.60	0.47	0.36	0.25	0.16	0.87
1990-91	0.19	0.65	0.90	0.91	1.02	1.14	0.76	1.90	0.64	0.49	0.32	0.20	0.76
1991-92	0.16	0.96	1.36	1.62	0.62	0.88	0.55	0.67	0.39	0.26	0.16	0.11	0.65
1992-93	0.08	0.61	1.81	1.28	1.08	0.58	0.38	0.53	0.30	0.19	0.12	0.08	0.59
1993-94	0.83	1.10	1.76	4.32	3.47	1.33	0.74	0.54	0.37	0.24	0.16	0.11	1.25
1994-95	0.08	0.64	0.83	1.02	1.07	0.71	0.51	0.41	0.27	0.17	0.11	0.08	0.49
1995-96	0.06	0.14	1.15	2.19	1.46	2.11	0.89	0.52	0.31	0.20	0.13	0.18	0.78
1996-97	0.14	0.57	0.64	1.15	1.62	1.00	1.62	0.65	0.54	0.50	0.35	0.23	0.75
1997-98	0.15	0.45	0.71	0.55	1.15	1.39	0.91	0.48	0.29	0.18	0.12	0.08	0.54
1998-99	0.06	0.09	0.09	0.46	0.62	3.27	1.37	0.57	0.34	0.21	0.14	0.09	0.61
1999-00	0.06	0.22	0.97	0.82	1.92	1.66	0.62	0.39	0.26	0.18	0.12	0.08	0.61
2000-01	0.06	0.28	0.69	0.57	1.38	0.81	0.69	0.42	0.27	0.17	0.11	0.07	0.46
2001-02	0.06	0.29	0.59	1.26	1.82	1.28	0.59	0.37	0.24	0.15	0.10	0.07	0.57
2002-03	0.07	1.14	1.25	1.22	0.56	0.72	0.66	0.38	0.26	0.18	0.11	0.08	0.55
2003-04	0.22	0.49	0.93	1.30	1.12	1.76	1.08	0.65	0.42	0.27	0.34	0.22	0.73
2004-05	0.45	2.02	0.72	1.30	0.87	1.01	0.62	0.60	0.39	0.26	0.16	0.11	0.71
2005-06	0.24	2.38	1.86	1.83	2.42	1.77	0.92	0.86	0.55	0.53	0.34	0.21	1.16
2006-07	0.14	0.80	2.55	1.35	1.16	0.83	0.84	2.79	0.70	0.44	0.28	0.18	1.01
2007-08	0.12	0.53	1.07	1.31	3.60	2.33	2.20	2.65	1.48	0.71	0.49	0.33	1.40
2008-09	0.25	1.78	3.14	1.62	1.53	3.58	0.75	0.47	0.30	0.22	0.16	0.11	1.16
2009-10	0.11	0.25	2.66	1.97	0.75	1.97	1.33	0.97	0.52	0.32	0.21	0.14	0.93
2010-11	1.53	0.75	3.02	5.24	2.42	1.40	0.76	0.48	0.30	0.19	0.13	0.09	1.36
2011-12	0.12	1.02	1.86	2.59	0.73	0.90	0.50	0.54	0.33	0.46	0.28	0.18	0.79
2012-13	1.40	0.50	0.76	1.18	0.63	0.70	0.46	0.32	0.21	0.14	0.09	0.06	0.54
SUMA	10.51	36.30	61.46	73.28	67.31	64.84	37.96	33.72	19.09	13.22	9.14	6.18	36.08
PROMEDIO (m ³ /s)	0.24	0.84	1.43	1.70	1.57	1.51	0.88	0.78	0.44	0.31	0.21	0.14	0.84
DES. EST.	0.31	0.61	0.71	0.99	0.81	0.69	0.38	0.55	0.22	0.14	0.10	0.06	0.31
CV	1.282	0.719	0.497	0.583	0.520	0.459	0.429	0.699	0.487	0.442	0.456	0.426	0.366
ASIMETRIA	3.12	1.09	0.71	1.77	0.88	0.99	1.45	2.48	2.82	1.14	1.04	1.09	1.07
Qnit(m ³ /s/km ²)	0.347	1.197	2.027	2.417	2.220	2.138	1.252	1.112	0.630	0.436	0.301	0.204	1.190
Esc (mm)	29.95	103.43	175.11	208.79	191.78	184.74	108.16	96.08	54.39	37.67	26.04	17.61	1,233.74
MINIMO	0.06	0.06	0.09	0.46	0.44	0.50	0.38	0.32	0.21	0.14	0.09	0.06	0.06
MAXIMA	1.53	2.38	3.14	5.24	3.60	3.58	2.20	2.79	1.48	0.71	0.49	0.33	5.24

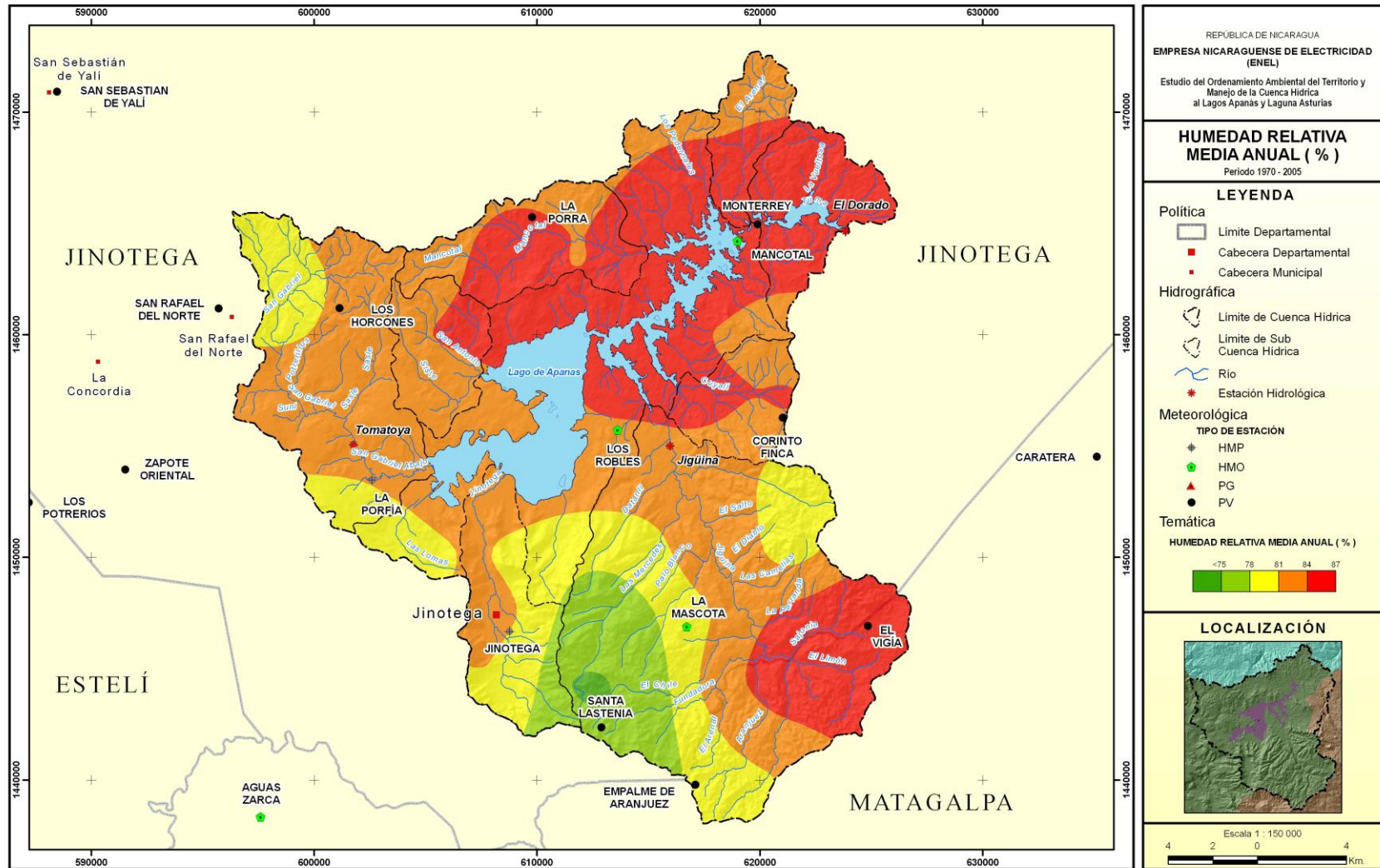
INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE RECURSO HIDRICO													
ESTADISTICA CAUDAL MEDIA MENSUAL													
Estación: RIO CUYALI										Latitud: 13° 10' 05" N			
Código: 55-03-00										Longitud: 85° 52' 35" W			
Años: 1970 - 2013										Elevación: 1206 msnm			
Parámetro: Caudales m3/s										Tipo: S/D			
										Area: 22.532 km ²			
Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
1970-71	0.56	0.48	1.12	1.36	2.01	0.99	0.62	0.54	0.45	0.38	0.31	0.26	0.76
1971-72	0.21	0.22	0.45	0.67	1.53	1.70	0.57	0.47	0.39	0.32	0.26	0.21	0.58
1972-73	0.17	0.14	0.17	0.24	0.72	0.74	0.66	0.37	0.30	0.24	0.20	0.16	0.34
1973-74	0.17	0.47	0.97	0.96	1.64	2.02	1.00	0.55	0.53	0.41	0.33	0.27	0.78
1974-75	0.22	0.23	0.32	0.62	1.02	0.90	0.41	0.34	0.32	0.25	0.21	0.17	0.42
1975-76	0.14	0.12	0.14	0.92	2.87	1.41	1.55	0.51	0.44	0.36	0.29	0.24	0.75
1976-77	0.19	0.52	0.33	0.80	0.41	0.33	0.33	0.27	0.22	0.18	0.15	0.12	0.32
1977-78	0.10	0.12	0.17	0.26	0.25	0.22	0.21	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.16
1978-79	0.06	0.05	0.82	0.82	0.42	0.41	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	0.12	0.32
1979-80	0.10	0.30	0.48	1.64	1.05	1.30	0.61	0.48	0.39	0.32	0.26	0.21	0.60
1980-81	0.17	0.63	0.75	0.62	0.86	1.01	0.49	0.38	0.31	0.25	0.20	0.17	0.49
1981-82	0.13	0.13	0.15	0.25	0.34	0.59	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.21
1982-83	0.11	0.76	0.42	0.52	0.48	0.38	0.38	0.30	0.25	0.20	0.17	0.13	0.34
1983-84	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.06
1984-85	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
1985-86	0.00	0.01	0.15	0.42	0.42	1.49	0.32	0.27	0.22	0.18	0.14	0.12	0.31
1986-87	0.09	0.13	0.52	0.48	0.45	0.75	0.38	0.31	0.25	0.20	0.16	0.13	0.32
1987-88	0.11	0.11	0.76	2.24	0.68	0.45	0.34	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.47
1988-89	0.10	0.08	0.19	1.43	2.28	2.52	0.74	0.55	0.43	0.35	0.29	0.23	0.77
1989-90	0.19	0.20	0.29	0.32	0.77	0.54	0.45	0.32	0.26	0.21	0.17	0.14	0.32
1990-91	0.11	0.16	0.45	0.39	0.89	0.34	0.59	0.33	0.27	0.22	0.17	0.14	0.34
1991-92	0.12	0.09	0.08	0.06	0.09	0.39	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.12
1992-93	0.05	0.04	0.18	0.17	0.64	0.47	0.25	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.22
1993-94	0.08	0.15	0.18	0.41	0.64	0.62	0.42	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14	0.30
1994-95	0.12	0.09	0.37	0.48	0.51	0.93	0.46	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	0.34
1995-96	0.11	0.10	0.08	0.49	0.92	0.99	0.36	0.30	0.24	0.20	0.16	0.13	0.34
1996-97	0.13	0.16	0.24	0.85	1.33	1.06	0.55	0.39	0.31	0.25	0.21	0.17	0.47
1997-98	0.14	0.11	0.14	0.12	0.16	0.32	0.25	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.16
1998-99	0.07	0.06	0.05	0.20	0.72	2.58	0.63	0.42	0.33	0.27	0.22	0.17	0.48
1999-00	0.14	0.13	0.34	0.38	0.82	0.51	0.31	0.25	0.20	0.16	0.13	0.11	0.29
2000-01	0.09	0.07	0.06	0.05	0.19	0.39	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.13
2001-02	0.06	0.05	0.04	0.20	0.33	0.49	0.24	0.19	0.16	0.13	0.10	0.08	0.17
2002-03	0.07	0.26	0.44	0.43	0.28	0.72	0.42	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.30
2003-04	0.10	0.08	0.13	0.13	0.27	0.43	0.28	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.18
2004-05	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.05	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.05
2005-06	0.02	0.81	0.72	1.21	1.11	0.71	0.46	0.36	0.29	0.24	0.19	0.16	0.52
2006-07	0.13	0.10	0.17	0.22	0.36	0.25	0.21	0.19	0.16	0.13	0.10	0.09	0.18
2007-08	0.07	0.06	0.16	0.51	1.19	0.90	0.49	0.35	0.29	0.23	0.19	0.15	0.38
2008-09	0.12	0.12	0.69	0.37	1.06	2.10	0.43	0.35	0.28	0.23	0.18	0.15	0.51
2009-10	0.12	0.10	0.53	1.41	0.33	0.33	0.28	0.23	0.19	0.15	0.13	0.10	0.33
2010-11	0.10	0.51	0.92	2.71	1.39	0.63	0.44	0.36	0.29	0.23	0.19	0.15	0.66
2011-12	0.13	0.15	1.33	0.96	1.06	0.92	0.46	0.41	0.33	0.27	0.22	0.18	0.54
2012-13	0.15	0.19	0.29	0.47	0.35	0.38	0.33	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.25
SUMA	5.25	8.46	15.92	26.90	32.93	34.33	17.98	12.95	10.67	8.64	7.02	5.71	15.56
PROMEDIO (m3/s)	0.12	0.20	0.37	0.63	0.77	0.80	0.42	0.30	0.25	0.20	0.16	0.13	0.36
DES. EST.	0.08	0.20	0.32	0.59	0.62	0.62	0.26	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.22
CV	0.685	0.994	0.865	0.937	0.808	0.780	0.622	0.427	0.441	0.443	0.445	0.447	0.618
ASIMETRIA	3.46	1.85	1.22	1.76	1.43	1.41	2.12	0.03	0.22	0.16	0.16	0.17	0.73
Qunit(m ³ /s/km ²)	0.233	0.375	0.707	1.194	1.461	1.524	0.798	0.575	0.474	0.383	0.312	0.253	0.691
Esc (mm)	20.13	32.44	61.05	103.15	126.27	131.64	68.95	49.66	40.91	33.13	26.92	21.90	716.14
MINIMO	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
MAXIMA	0.56	0.81	1.33	2.71	2.87	2.58	1.55	0.55	0.53	0.41	0.33	0.27	2.87

ANEXOS-V

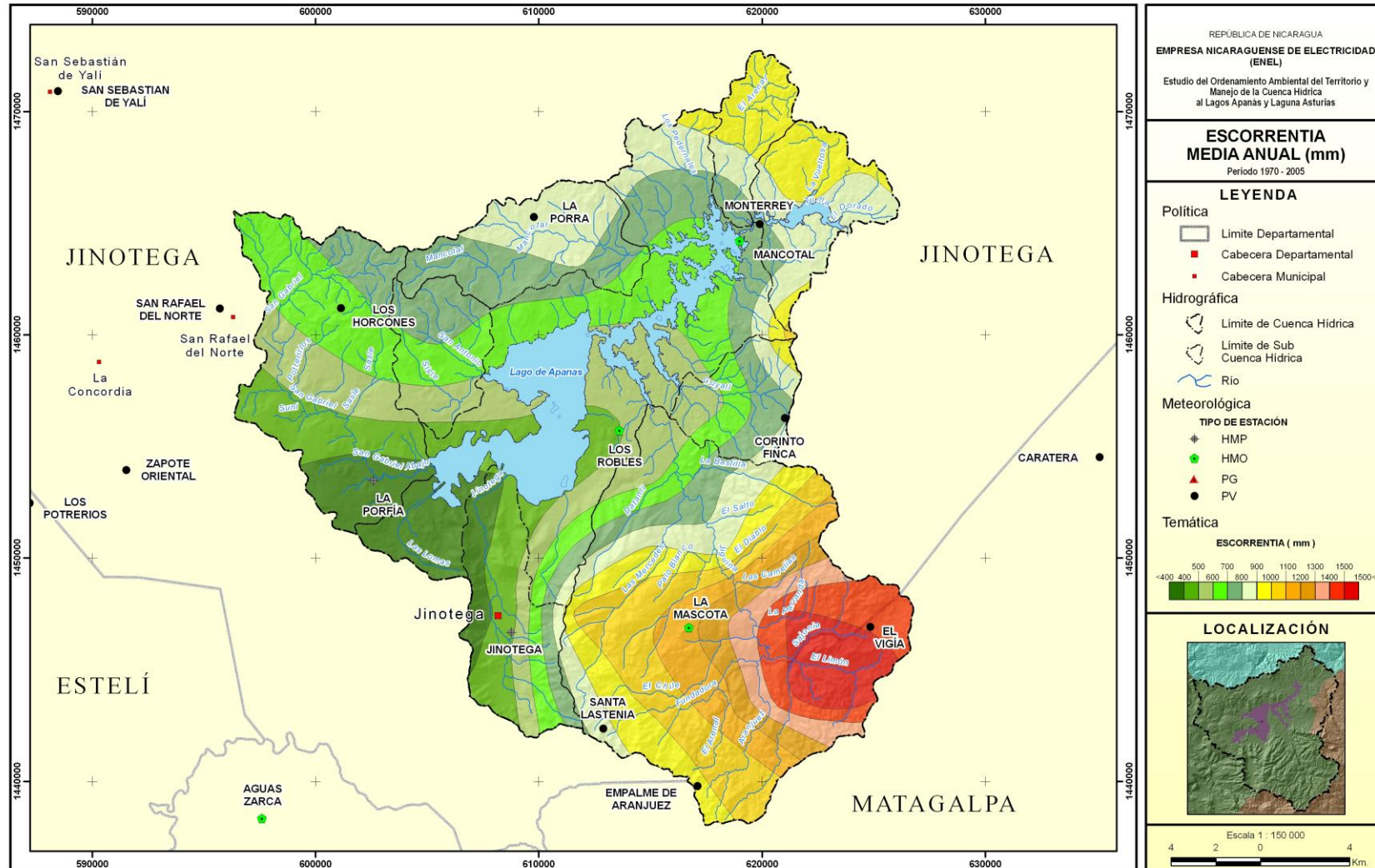
MAPA ISOLINEA DE TEMPERATURA



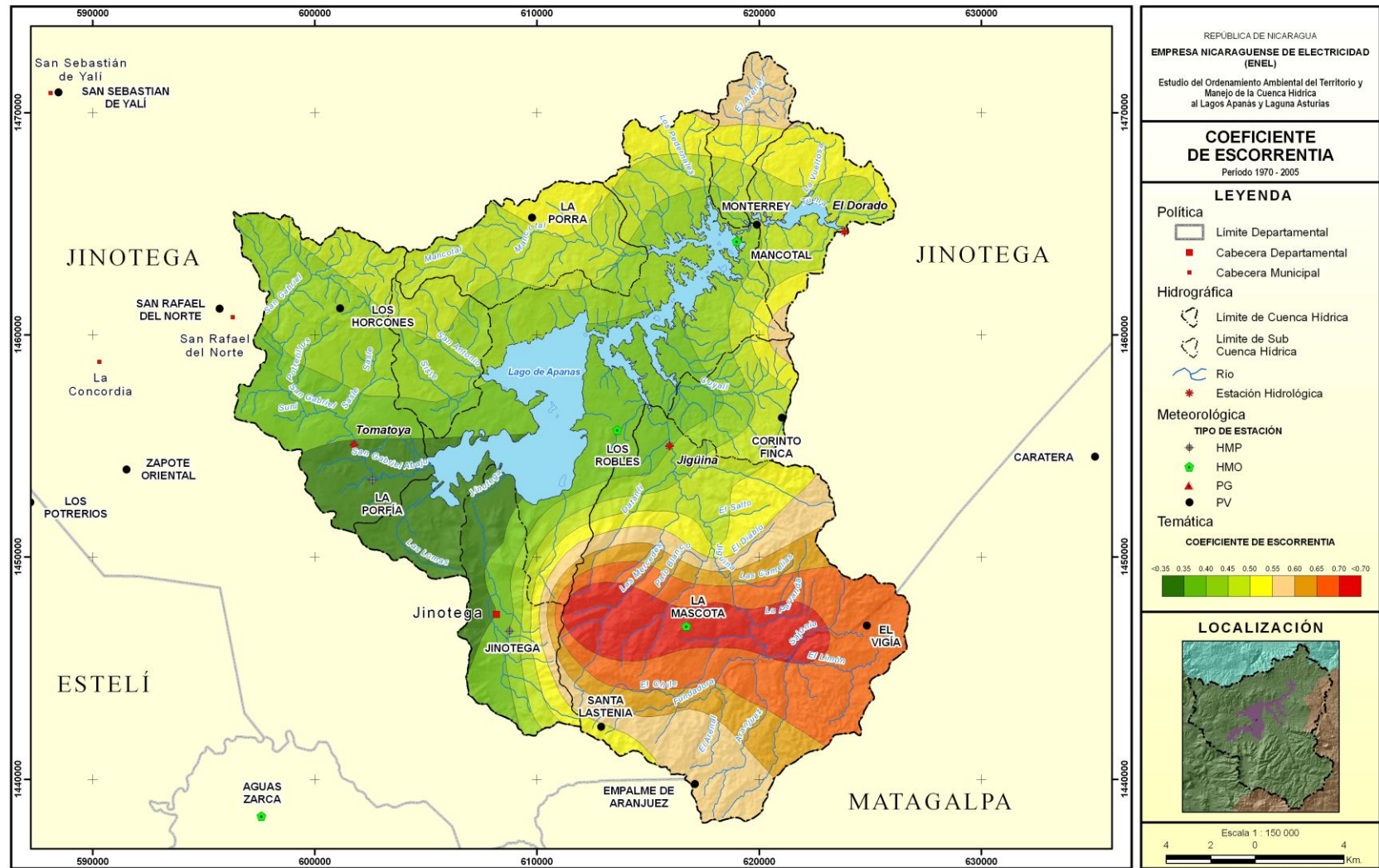
MAPA ISOLINEA HUMEDAD RELATIVA



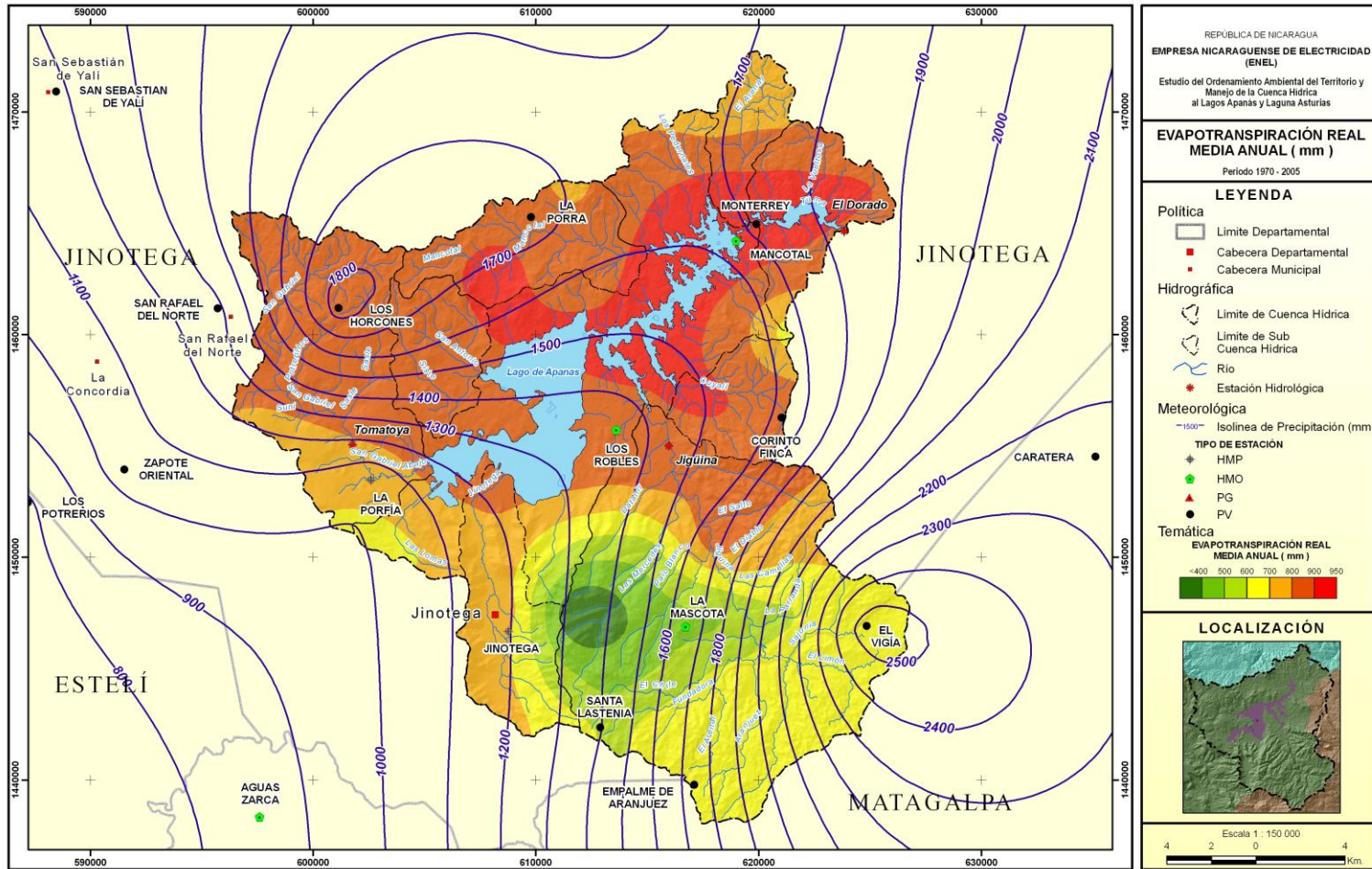
MAPA ISOLINEA ESCORRENTIA

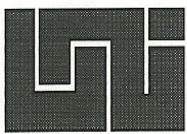


MAPA ISOLINEA COEFICIENTE ESCORRENTIA



MAPA ISOLINEA EVAPORACION REAL





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción
Secretaría Académica

CARTA DE EGRESADO

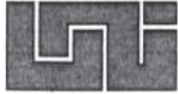
El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Construcción hace constar que el (a) **BR. COLLADO SANDINO CARLOS RAMON, Carnet No.95-11121-0**, de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los seis días del mes de Octubre del año dos mil once.


ING. ALVARO AGUILAR VELASQUEZ
SECRETARIO DE FACULTAD ACADÉMICA



CC: Archivo
IAAV/nicols.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2014

58450

No. Inscripción:58450

NOMBRES Y APELLIDOS:CARLOS RAMON COLLADO SANDINO

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 95-11121-0

TURNO: SABATINO

PLAN DE ESTUDIO: 97

SEMESTRE: II SEMESTRE
2014

FECHA: 16/02/2015

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R

F: Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

CMPEREZ
GRABADOR



FIRMA Y SELLO DEL FUNCIONARIO

FIRMA DEL ESTUDIANTE