



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES – INRENA  
INTENDENCIA DE RECURSOS HIDRICOS  
ADMINISTRACION TECNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHINCHA-PISCO

# “EVALUACION Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN”

## ESTUDIO HIDROLOGICO



Chincha, Enero, 2003

## INTRODUCCION

A partir del año 2001, la Intendencia de Recursos Hídricos del Instituto Nacional de Recursos Naturales, viene desarrollando estudios hidrológicos en las cuencas del Perú, como es el caso de las cuencas de los ríos Cañete, Chancay-Huaral, Chili, Caplina e Ica; y conciente de la necesidad del país de disponer del conocimiento integral y homogéneo de la potencialidad de sus recursos hídricos que conlleven a un uso racional y planificado, desde los puntos de vista social, económico, ecológico y considerando la participación de todos los agentes consumidores de agua de la cuenca, dentro de sus limitaciones existentes, prosigue con sus objetivos iniciales extendiendo estos estudios en otras cuencas, como es el presente caso de los ríos San Juan y San Juan.

Bajo este marco y objetivo integral de proporcionar información valiosa para el ordenamiento y gestión de los recursos hídricos; el presente estudio hidrológico de la cuenca del río San Juan se sustenta, no sólo en la necesidad de contar con una descripción, evaluación y cuantificación de su disponibilidad hídrica, sino también tener fundamentos que permitan entender el real funcionamiento hidrológico de la cuenca y de ello concluir en cuanto a las restricciones y bondades que nos ofrece la cuenca como sistema natural “generador” de agua superficial.

La principal actividad socio-económica en la cuenca es la agrícola, constituyéndose esta en un eje para el desarrollo de otras labores productivas como transporte, comercio y consumo. La agricultura está acentuada en la cuenca baja o valle, aguas abajo de la estación de aforo del río San Juan “Conta”, debido a las condiciones favorables de relieve, calidad agrológica de suelos y disponibilidad hídrica; el área agrícola respectiva es de 24,469 Ha, de las cuales 24,360 Ha son bajo riego, esta superficie total de área agrícola es del orden del 89.9% del total en la cuenca, por lo que el consumo de agua es también mayor en el mismo porcentaje; el área agrícola bajo riego en la cuenca media y alta es 2,540 Ha. El uso de agua para consumo poblacional es 4.1%, respecto al consumo agrícola, concluyéndose que este consumo no es de mayor significado cuantitativo. En la cuenca no se tiene otros usos consuntivos mayores.

La cuenca como sistema hidrográfico y ámbito del presente trabajo, tiene una superficie de drenaje, desde las nacientes hasta la desembocadura al mar de su colector principal, de 4388,60 Km<sup>2</sup>. Sobre los 2400,0 m.s.n.m. (isoyeta total anual de 300 mm), el 51.7% (2267.63 Km<sup>2</sup>) de la misma constituye la cuenca húmeda o área neta de aporte a la escorrentía superficial. El río San Juan es la principal fuente hídrica superficial en la cuenca, su escurrimiento se origina en la microcuenca “Jeñuascancha”, de la microcuenca “Palmadera”, subcuenca “Alta del río San Juan” debido a la ocurrencia de precipitaciones acentuadas en el periodo de verano. Su disponibilidad hídrica, en la sección de control de “Conta” (única estación hidrométrica de la cuenca, a 320 m.s.n.m.), sin considerar el aporte de descarga de lagunas, es del orden de los 14,02 m<sup>3</sup>/s como valor mensual medio anual histórico, y de 5,18 m<sup>3</sup>/s al 75% de probabilidad de no excedencia, que en unidades de volumen total medio anual es de 435,51 Hm<sup>3</sup> y 160,74 Hm<sup>3</sup> respectivamente.

Por el carácter estacional de la ocurrencia de caudales y debido al uso “intensivo” del agua para fines agrícolas en el valle y cuenca media-alta, se tiene problemas de déficit de agua. Realizando un balance hídrico en la sección de control Conta (cabecera del valle Chincha) para una disponibilidad hídrica al 75% de persistencia

y considerando una demanda hídrica total (consumo agrícola y poblacional) de 180.7 Hm<sup>3</sup> se tiene escasez de agua en los meses de mayo a enero en el orden de los 54.5 Hm<sup>3</sup>. En la disponibilidad de agua se ha considerado los aportes naturales del río San Juan, aguas de recuperación y descarga del sistema regulado propio y de transvase. Los problemas de déficit son aún mayores considerando que en el valle Chíncha las dotaciones de agua agrícola son mínimas, frecuencias de riego extremas y área neta bajo riego disminuida; son pues estas prácticas las que atenúan el déficit de agua existente.

Considerando, en la sección de aforo Conta, que el rendimiento volumétrico total medio anual del río San Juan es mayor que el uso consuntivo hídrico total, se tiene que el volumen medio anual de superávit es 80.47 Hm<sup>3</sup> al 75% de probabilidad, como valor seguro que la cuenca descarga al océano pacífico cada año en el periodo lluvioso febrero-abril. Ello conlleva a optimizar esta disponibilidad redistribuyéndola en el tiempo mediante la propuesta, estudios y realización de mayores obras de almacenamiento; es así que en el presente estudio se propone realizar los estudios de factibilidad del almacenamiento en el vaso "Palmadera", ubicado en la subcuenca alta del río San Juan y cuya cuenca asegura un rendimiento hídrico medio anual de 25.7 Hm<sup>3</sup>.

Luego de haber revisado los diversos estudios realizados sobre la hidrología de la cuenca del río San Juan, consideramos que el presente trabajo contiene sustanciales aportes, como la implementación de una base de datos de diversa información hidrometeorológica y cartográfica digital de la cuenca, la generación de mapas de isoyetas e isotermas a escala media anual y mensual, la modelación matemática de caudales medios mensuales a partir de la precipitación areal de la cuenca, la generación de series sintéticas de caudal, como una gran alternativa para disponer de información más confiable desde el punto de vista hidrológico y probabilístico, la estimación del aporte hídrico mensualizado del sistema de almacenamiento existente, entre otros.

Finalmente se puntualiza que el presente trabajo, posibilita la fortificación del Comité de gestión de cuenca, ya conformado, para que realice actividades de planificación integrada en torno al uso de los recursos hídricos de la cuenca del río San Juan, mediante la puesta a disposición de la base de datos sistematizada de información hidrometeorológica y cartográfica recopilada, procesada y generada, además del contenido del mismo estudio.

## **1.0 ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. JUSTIFICACION**

- La agricultura constituye la principal actividad socio-económica del valle y la cuenca del río San Juan, y por tanto la actividad de mayor consumo de agua superficial.
- Los actuales usos consuntivos de agua en la cuenca son mayores a la disponibilidad hídrica estacional del río San Juan.
- Conflictos entre usuarios de la cuenca baja o valle de Chincha y cuenca media y alta por el logro de una mayor disponibilidad hídrica en los meses de déficit.
- Los caudales del río San Juan son medidos en una estación hidrométrica “atípica” que, además de no cumplir con su función de sección de aforos, no cuenta con instrumentación adecuada, por lo que la información histórica disponible no es totalmente confiable.
- Los procesos de gestión y planificación en torno al adecuado uso del agua en la cuenca y valle del río San Juan requieren ser optimizados, para lo cual no se cuenta con instrumentos básicos (estudio hidrológico actualizado) que permitan ejecutar y conducir estos procesos de la forma más eficiente.

### **1.2. OBJETIVOS**

#### **1.2.1. General**

Generar las bases para la planificación y gestión integral de los recursos hídricos en la cuenca del río San Juan, haciendo énfasis en el uso del agua para riego; promoviendo así su manejo eficiente, racional y equitativo.

#### **1.2.2. Específicos**

- Implementación y uso de programas modernos para la sistematización de la información hidrometeorológica, base para una adecuada Gestión de los Recursos Hídricos en la cuenca.
- Diagnóstico de la hidrología en general de la cuenca del río San Juan.
- Estudio de la precipitación en la cuenca, como una base para la modelación matemática precipitación – escorrentía.
- Estudio del almacenamiento en la cuenca y su aporte a la disponibilidad.
- Estudio de la escorrentía superficial del río San Juan y su disponibilidad probabilística con series de datos históricos y generados mediante la modelación matemática de caudales.
- Identificar, evaluar y cuantificar los diferentes agentes consuntivos de agua superficial en la cuenca del río San Juan.
- Cálculo del balance hídrico en la cuenca.
- Identificar y evaluar las fuentes de agua superficial en la cuenca a través de un inventario sustentado en trabajos de campo y mediciones puntuales.

### 1.3. METODOLOGIA

El presente trabajo ha sido orientado y realizado mediante la ejecución secuencial de las siguientes actividades y con la participación de un equipo técnico-profesional especialista en trabajos de esta naturaleza.

- Coordinaciones Preliminares; realizada en los ámbitos del valle y cuenca media – alta, actividad que consideramos importante puesto que posibilita una inicial participación interinstitucional, como es el caso del PRONAMACHCS, Agencias Agrarias y Comunidades Campesinas.
- Recolección de Información Básica
- Reprogramación de Actividades
- Campo FASE I :
  - Reconocimiento de la Cuenca en Campo
- Campo FASE II :
  - Evaluación Hidrológica de la Cuenca: Delimitación hidrográfica, Geomorfología, Geología, cobertura vegetal, zonas potenciales de retención hídrica.
  - Identificación de los principales agentes consumidores de agua
  - Inventario de Fuentes de Agua Superficial
  - Evaluación de Estaciones Hidrometeorológicas
- Trabajos de gabinete :
  - Procesamiento de la Información
  - Cálculos e inferencias hidrológicas
  - Confección de Mapas Temáticos de la Cuenca
  - Informe Final de Resultados

Cabe resaltar que las dos anteriores actividades de campo y gabinete han sido llevadas de forma alternada, considerando que todo estudio hidrológico está validado con información de campo.

Las metodologías y/o técnicas de recolección de datos y manejo de información que han contribuido de sobremanera en el desarrollo del estudio son:

- Métodos de recolección de Información:
  - Observación sistemática
  - Técnica documental
  - Análisis bibliográfico
  - Entrevista
- Herramientas: Software hidrológico estandarizado; Sistema de Información Hidrológica "SIH" de la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA.

Es parte de la metodología la definición de términos que nos facilita la descripción de la hidrología de la cuenca, estas definiciones son:

**CUENCA:** La unidad hidrográfica Cuenca es una determinada extensión de terreno, limitada geográficamente por el "divortium aquarum" o línea divisoria, en la que confluyen los escurrimientos provenientes de las precipitaciones pluviales, formando al

final un río definido. Ejemplo: Cuenca del río San Juan (ámbito jurisdiccional de la Sub-administración Técnica del Sub-districto de riego San Juan).

**SUBCUENCA:** Es una división de la cuenca principal en cuencas más pequeñas pertenecientes a sus afluentes principales (como son las subcuencas Almacén, Ayoque, Arma y Colcabamba, para la cuenca del río San Juan), así también aquellas áreas que reciben drenajes de otras subcuencas aguas arriba (como las subcuencas Tantará, media-1, media-2 y baja del río San Juan).

**MICROCUENCA:** Siguiendo con las divisiones de unidades hidrográficas, una microcuenca es una división de la subcuenca.

**CUENCA ALTA:** Area de la cuenca del río San Juan, limitado por las cotas geográficas 2,400 y 5,250 m.s.n.m. En este espacio se inscribe las subcuencas de los ríos Colcabamba y Alta San Juan y un gran porcentaje de las subcuencas Tantará, y Arma. EL límite inferior corresponde al límite de la cuenca húmeda (isoyeta 300 mm/año). Las principales características de la cuenca alta es su coincidencia con la cuenca húmeda y la concentración de las más importantes fuentes de agua superficial.

**CUENCA MEDIA.** Espacio de cuenca entre la delimitación superior de la subcuenca baja del río San Juan y el inicio de la cuenca húmeda. La cuenca media circunscribe un gran porcentaje de las subcuencas cuenca Almacén, Ayoque y subcuenca media-2, encierra a la subcuenca media-1

**CUENCA BAJA.** Area de cuenca coincidente con la subcuenca media-1 del río San Juan, comprendida entre las cotas 0.0 (nivel medio del mar) y el límite superior de esta unidad hidrográfica.

**VALLE DE CHINCHA.** Area comprendida en la subcuenca baja-1 del río San Juan. Constituye el ámbito de riego de la Junta de Usuarios del Sub-districto de Riego San Juan, limitado por el área de influencia de su sistema de conducción de agua para riego, que se inicia en el partidador "Conta", a 320 msnm.

Las siguientes definiciones de cuenca, intercuenca y cuenca interna provienen de la metodología Pfafstetter de clasificación y codificación de cuencas hidrográficas, implementada en el presente estudio.

**CUENCA.-** Una cuenca Pfafstetter es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área.

**INTERCUENCA.-** Una intercuenca Pfafstetter es un área que recibe drenaje de otras unidades aguas arriba.

**CUENCA INTERNA.-** Una cuenca interna Pfafstetter es un área de drenaje que no contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua.

## **1.4. INFORMACION BASICA**

### **1.4.1. INFORMACION CARTOGRAFICA**

La información cartográfica básica para la realización del estudio hidrológico y la generación de mapas temáticos de la cuenca del río San Juan, así como para el inventario y evaluación de fuentes de agua superficial, ha consistido en:

- Mapas de la Carta Nacional a escala 1/100,000; con equidistancia mínima de curvas de nivel de 50 m, del IGN, confeccionado por métodos estereofotogramétricos con control terrestre – 1971. Hojas: 26-l, 26-m, 27-l, 27-m, 27-k y 28-k.
- Hojas de la carta nacional 1/100,000 del IGN digitalizados como un Sistema de Información Geográfico (SIG); coberturas: Red hidrográfica, curvas de nivel, nombres de la red hidrográfica. Las coberturas de centros poblados, delimitación política y red vial se ha importado de la base cartográfica digitalizada “Perú Digital”, a escala 1/200,000.
- Mapas Temáticos de la cuenca del río San Juan, elaborados por la ONERN (1971): Hidrológico y de Transportes, Grandes grupos de suelos y capacidad de uso, Ecológico, Geológico, Transportes, Sistema de Riego, Uso actual de la tierra, Suelos y aptitud para el riego. Esta cartografía ha sido previamente digitalizada en formato de imagen.
- Mapa de delimitación administrativa -1977- del distrito de riego San Juan, 1/100000, con la red hidrográfica, sin curvas de nivel.
- Información cartográfica complementaria encontrada en la cede de la Administración Técnica del distrito de riego Chíncha-Pisco, y los encontrados en los distintos estudios anteriormente realizados.

### **1.4.2. INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA**

La información básica hidrometeorológica recopilada y empleada en el trabajo se muestra en el cuadro N°1.1., en el gráfico N°1.1 se distingue los periodos y longitudes de la información disponible de estaciones de la cuenca del río San Juan, así como de otras estaciones de apoyo correspondientes a las cuencas vecinas de Pisco, y Mantaro.

#### **▪ INFORMACION HIDROMETRICA**

En la cuenca se tiene una sola estación hidrométrica, denominada “Partidor Conta”, que mide el escurrimiento del río San Juan a una altitud de 320 msnm., que en la actualidad solo es utilizada en temporada de precipitaciones; su operación está a cargo por la Junta de Usuarios, en la misma zona, aguas arriba del partidor, el SENAMHI tiene instalada una caseta limnigráfica y un limnómetro, realizando sólo mediciones de nivel del río San Juan. Para el trabajo, se cuenta con la siguiente información hidrométrica, la cual se presenta impresa en los anexos 1.1 y 1.3. y es parte de la base de datos del SIH.

- Información diaria de caudales medios del río San Juan en la sección de control Conta, periodo 1934–2002, fuente: ATDR Chíncha-Pisco.
- Caudales medios mensuales del río San Juan, periodo 1934–2002.
- Así mismo el SENAMHI sólo dispone de información de las lecturas de nivel del río San Juan en la estación Conta, la que no es de utilidad para el presente trabajo.

La estación hidrométrica de Conta, por su ubicación en la cabecera del valle de Chincha (ámbito de la Junta de Usuarios del sub-distrito de riego Chincha), registra los caudales medios diarios del río San Juan disponibles para su consumo agrícola; no dispone de instrumentación para el registro de las descargas en época de lluvias y/o caudales máximos instantáneos.

Actualmente, no son medidos los caudales aportados por las lagunas reguladas de la cuenca. Los volúmenes almacenados en las lagunas son estimados mediante la lectura de niveles de agua, pues no se tiene actualizada la información batimétrica de estas.

#### ▪ INFORMACION PLUVIOMETRICA

La información pluvial corresponde a ocho estaciones meteorológicas de la cuenca del río San Juan (de las que solamente cinco funcionan actualmente), cuatro estaciones de la cuenca Pisco y una estación de la cuenca Mantaro. Las estaciones en funcionamiento administradas por el SENAMHI. Para el trabajo, se cuenta con información de precipitación total mensual, con series de datos entre los años 1964 – 2002 de las siguientes estaciones meteorológicas:

- Cuenca del río San Juan: Fonagro, San Juan de Yanac, San Juan de Castrovirreyna, San Pedro de Huacarpana, Huachos, Arma, Tantarà y Huichinga.
- Cuenca del río Pisco: Totorà, Ticrapo, Huàncano y Bernales.
- Cuenca del río Mantaro: Chuncho.

Esta información se presenta impresa en los anexos 2.3-2.4, y es parte de la base de datos del SIH implementada con el presente trabajo.

#### ▪ INFORMACION DE OTROS PARAMETROS CLIMATICOS

Se tiene disponible información meteorológica mensual de estaciones climatológicas ordinarias ubicadas en la cuenca del río San Juan, de las variables climáticas temperatura media, máxima y mínima; humedad relativa media, máxima y mínima, evaporación total; horas de sol y velocidad del viento. Esta información está contenida en los anexos 2.7. al 2.11.

Es importante resaltar que del total de las estaciones hidrometeorológicas existentes en la cuenca San Juan, tres son climatológicas ordinarias, cinco son pluviométricas y una es hidrométrica; sin embargo en la actualidad las cinco estaciones en funcionamiento son climatológicas ordinarias (Fonagro, San Juan de Yanac, San Juan de Castrovirreyna, San Pedro de Huacarpana y Huachos) y una hidrométrica (Conta) sin instrumentación alguna para el aforo de caudales. Es decir que la densidad actual de la red de estaciones hidrometeorológicas de la cuenca del río San Juan no es la apropiada, por su deficiente distribución areal, no alcanzado la categoría de red mínima que recomienda la Organización Meteorológica Mundial (OMM). En relación con la extensión de los registros, estos presentan discontinuidades. Las estaciones con series menos extendidas son Tantarà, Huichinga y Chuncho. No se cuenta con un número adecuado, ni distribución superficial, de estaciones en la cuenca alta.

En consecuencia urge la necesidad de contar con un programa de rehabilitación e instalación de estaciones hidrometeorológicas en la cuenca (en concordancia con las recomendaciones de OMM); una red mínima que permita realizar

de mejor forma la evaluación hidrológica de la cuenca, en estricta coordinación inter-institucional.

**CUADRO N°1.1.**  
**ESTACIONES HIDRO-METEOROLOGICAS DE TRABAJO**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y ESTACIONES DE APOYO DE CUENCAS VECINAS**

Nº	NOMBRE DE ESTACION	CODIGO ESTACION	Cuenca	Tipo Estac.	Inicio Func.	Años de Observ.	UBICACION POLITICA			UBIC. GEOGRAFICA			Instituc. Responsable	OBSERVACION
							Dpto	Prov	Dist	Lat	Long	Alt		
1	CONTA	203501	San Juan	H-Lm	1922	80	Ica	Chincha	Chincha Alta	13°27'	75°58'	320	JUNTA USUARIOS	OPERATIVA
2	FONAGRO	130791	San Juan	MAP	1986	17	Ica	Chincha	Chincha Baja	13° 28'	76° 08'	50	SENAMHI	OPERATIVA
3	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	156114	San Juan	PLU	1966	37	Huancavelica	Castrovirreyna	San Juan	13° 12'	75° 38'	2150	SENAMHI	OPERATIVA
4	SAN JUAN DE YANAC	156113	San Juan	PLU	1964	37	Ica	Chincha	Chavin	13° 13'	75° 47'	2400	SENAMHI	OPERATIVA
5	HUACHOS	151503	San Juan	PLU	1980	23	Huancavelica	Castrovirreyna	Huachos	13° 14'	75° 32'	2680	SENAMHI	OPERATIVA
6	VILLA DE ARMAS	110641	San Juan	CO	1964	27	Huancavelica	Castrovirreyna	Arma	13° 08'	75° 32'	3500	SENAMHI	OPERATIVA
7	SAN PEDRO DE HUACARPANA	156115	San Juan	CO	1964	34	Ica	Chincha	S.P.Huacarpana	13° 03'	75° 39'	3680	SENAMHI	OPERATIVA
8	LAGUNA HUICHINGA	110632	San Juan	PLU	1980	18	Huancavelica	Castrovirreyna	Aurahua	13°02"	75°34"	3480	SENAMHI	PARALIZADA
9	TANTARA	110633	San Juan	PLU	1980	18	Huancavelica	Castrovirreyna	Tantar	13°14"	75°37"	2890	SENAMHI	PARALIZADA
10	CHUNCHO	110631	Mantaro	PLU	1945	23	Lima	Yauyos	Tupe	12°45'	75°31'	4695	IRRIG-SAN JUAN	PARALIZADA
11	BERNALES	110650	Pisco	CO	1964	39	Ica	Pisco	Humay	13° 45'	75° 57'	250	SENAMHI	OPERATIVA
12	HUANCANO	110639	Pisco	CO	1964	39	Ica	Pisco	Huancano	13° 36'	75° 37'	1006	SENAMHI	OPERATIVA
13	TICRAPO	110643	Pisco	PLU	1964	39	Huancavelica	Castrovirreyna	Ticrapo	13° 23'	75° 26'	2174	SENAMHI	PARALIZADA
14	TOTORA	110644	Pisco	PLU	1964	39	Huancavelica	Castrovirreyna	Castrovirreyna	13° 08'	75° 19'	3900	SENAMHI	PARALIZADA

**H-Lm** = Hidrométrica - Limnigrfica

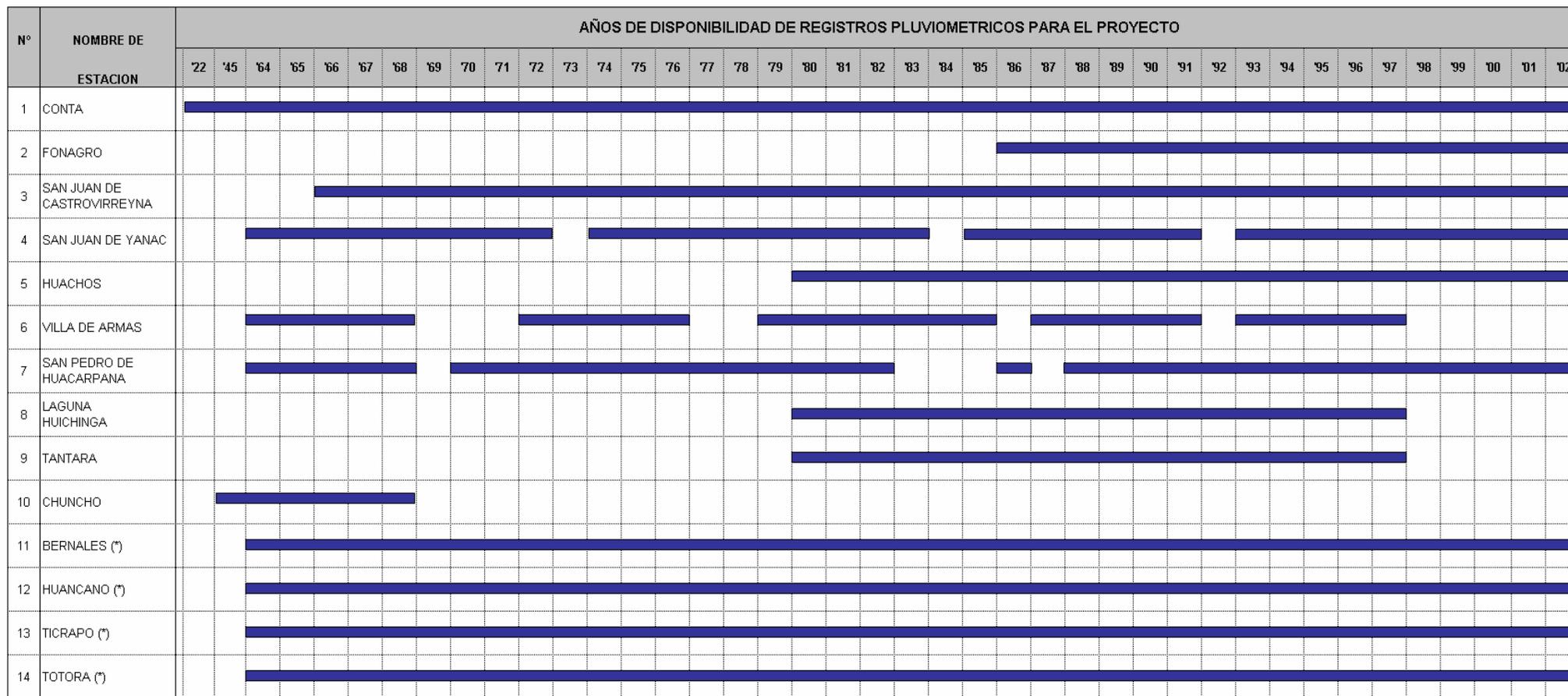
**MAP** = Meteorológica - Agrológica - Principal

**CO** = Climatológica Ordinaria

**PLU** = Pluviométrica

### GRAFICO N°1.1.

**PERIODO O LONGITUD DE INFORMACION HIDRO-METEOROLOGICA DISPONIBLE  
ESTACIONES DE TRABAJO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y CUENCAS VECINAS**



■ AÑOS DE REGISTRO

(\*) ESTACIONES DE CUENCAS VECINAS - SERIES COMPLETADAS

### 1.4.3. OTROS ESTUDIOS REALIZADOS - ANTECEDENTES

Para el desarrollo del presente estudio se ha recopilado la siguiente información respecto a anteriores estudios hidrológicos de la cuenca del río San Juan.

- **Estudio: “Colector de la margen izquierda – Represa Huichinga”;** realizado por el Ing. José Avila Delgado – Corporación de Reconstrucción y Desarrollo de Ica, en 1967. El estudio es parte del afianzamiento hídrico de la cuenca del río San Juan, considerando que el embalse Huichinga no es aprovechado en su máxima capacidad de embalse; se proyecta y presupuesta el colector margen izquierda para captar las aguas que drenan de la cuenca Palmadera mediante una obra de toma y 4.2 Km de canal, 365 m de túneles, para captar un caudal máximo de 4 m<sup>3</sup>/s. EL caudal máximo específico derivable determinado fue de 300 l/s/Km<sup>2</sup>.
- **Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa. Cuenca del Río San Juan;** realizado por la ONERN, en 1971. En lo que concierne a hidrología contiene estudio a nivel de reconocimiento, orientados en las líneas generales, al inventario y evaluación de los recursos hidráulicos existentes y a los problemas que plantea su aprovechamiento, determinando su potencialidad y planteando soluciones de tipo general.

La metodología empleada consistió en recopilación de información básica, análisis y revisión de estudios hidrológicos anteriores, reconocimiento de campo y análisis de toda la información obtenida.

El análisis hidrológico del río San Juan fue realizado en base a las descargas medidas en la estación hidrométrica de Conta, durante el periodo 1934 –1968.

El régimen del río San Juan es definido como muy variable: en época de avenidas y de caudal mínimo en estiaje, que llega a ser nulo. El periodo de avenidas tiene una duración promedio de 2.5 meses (generalmente entre 15 de enero y 1° de abril, con una descarga media de 70.89 m<sup>3</sup>/s y un volumen descargado equivalente al 81% del total anual. El periodo de estiaje tiene una duración media de 7 meses (mayo a diciembre), con una descarga media de 0.65 m<sup>3</sup>/s y un volumen de descarga equivalente al 2% del total anual.

Mediante el análisis de duración y frecuencia de las descargas medias diarias totales (incluye regulación), determina una descarga máxima maximorum de 1,268.8 m<sup>3</sup>/s (0.01% de persistencia) y una mínima minimorum de 0.0 m<sup>3</sup>/s (100% de persistencia).

El volumen medio anual determinado es de 566.81 MMC (17.97 m<sup>3</sup>/s), con un máximo de 2,237.35 MMC y un mínimo de 91.630 MMC.

Según el registro de volúmenes anuales almacenados en las lagunas reguladas (durante el periodo 1940- 1968) se tiene un promedio de 32.63 MMC.

Para realizar el balance hidrológico del río San Juan estima las demandas de riego con información del uso actual de la tierra, aplicando la fórmula de Christiansen y considerando una eficiencia de riego de 42% (60% de aplicación y 70% de conducción). Como resultado se establece lo siguiente: un periodo deficitario, normalmente entre mayo a enero, siendo 267.59 MMC el déficit promedio anual, con un máximo de 359.09 MMC y un mínimo de 176.98 MMC (al 80% de duración, es de 312.48 MMC); y un periodo de

superávit entre enero y abril, siendo 405.81 MMC el superávit promedio anual, con un máximo de 2,061 MMC y un mínimo de 10.88 MMC.

Este estudio tiene un nivel de reconocimiento con información aprovechable y utilizable para estudios posteriores.

- En el año 1982, el proyecto especial de ampliación de la frontera agrícola por tecnificación de riego – Instituto de ampliación de la frontera agrícola (INAF) – Ministerio de agricultura; realiza el estudio de “**Factibilidad del sub-proyecto Chincha**”. Se hace una descripción de la climatología e hidrología del valle en base fundamentalmente al estudio de la ONERN, determinando en la parte de balance hídrico, una demanda para riego de 176.9 MMC y una disponibilidad hídrica en la estación Conta de 189.2 MMC, al 75% de persistencia.
- En el año 1984, la oficina nacional de evaluación de recursos naturales, ONERN, realiza a nivel de reconocimiento el **inventario y evaluación de los recursos naturales de la zona alto-andina del Perú – Departamento de Huancavelica**, este trabajo en lo que respecta a la climatología y recursos hidráulicos es muy análogo al realizado en el año 1971, también por la ONERN en la cuenca del río San Juan, sin embargo se maneja información básica actualizada.
- Mediante el proyecto especial “Sur Medio”, el INADE realiza en el año 1992 el estudio “**Afianzamiento Hídrico de la cuenca del río San Juan**”, en este trabajo se realiza una descripción detallada de la hidrología de la cuenca alta.
- La Dirección General de Estudios y Proyectos del INRENA en 1993 realiza el **Diagnóstico del Aprovechamiento de Aguas Subterráneas del Valle de San Juan**; en cuanto al tema de hidrología superficial de aspectos generales se hace una descripción muy somera de la climatología, características de la cuenca y escorrentía superficial del río San Juan. Forma parte de las conclusiones del diagnóstico la alta salinidad existente en el valle, originada por las condiciones hidrogeológicas del medio, por lo que el acuífero no presenta buenas condiciones para su explotación.
- En 1998 la Dirección General de Aguas y Suelos del INRENA y la ATDR Chincha San Juan realizan la **Delimitación de la Faja Marginal de los Ríos Chico y Matagente**. El estudio hidrológico realizado es muy puntual, se realizan cálculos de caudales máximos a partir de datos diarios de máximas avenidas empleando el modelo estadístico de Gumbel.
- El Proyecto Subsectorial de Irrigación (PSI), en el año 2000 realiza el **Programa de Mejoramiento de la Infraestructura de Riego** en diversos valles de la costa peruana, en el volumen 1/4 presenta la memoria descriptiva correspondiente al sub proyecto San Juan/Ica. El proyecto, realizado para la rehabilitación de bocatomas sobre el río San Juan, en el capítulo de descripción general del área de proyecto, efectúa una descripción de la climatología e hidrometría de la zona del proyecto (valle). Se hacen cálculos de caudales de diseño a partir de información diaria de caudales, proporcionada por la Junta de Usuarios, empleándose para ello el modelo estadístico de Gumbel y extrapolando estos datos (de la estación Conta) a los puntos de ubicación de las bocatomas proyectadas mediante una simple relación directa de áreas de cuenca.

- **Programa de mejoramiento de la infraestructura de riego de la captación y del canal Chuncho–Cabras en la cuenca alta del río San Juan - PSI / 2001 – Consorcio Pacific S.A. – AICONM.**

En este expediente técnico, a nivel de ejecución física de la infraestructura hidráulica planteada, en el ítem 2.3 del capítulo de descripción general del área de proyecto se menciona en forma muy resumida aspectos hidrológicos. Se hace un estudio de caudales máximos del riachuelo Chaucalle en el punto de captación Chuncho-Cabras / Sayhuacocha, empleando el modelo empírico Mac Math con información de precipitaciones máximas en 24 hr. Procedentes de la estación PLU-Choclococha, de la cuenca del río Pampas (transvase a la cuenca del río Ica).

El canal conductor – colector Chuncho-Cabras es diseñado para un caudal de 6.0 m<sup>3</sup>/s en una longitud de 10.7 KM, de sección trapezoidal (B=5 m, b=2-3 m, h=1.5 m) revestido con concreto simple.

EL proyecto también considera la construcción de la bocatoma de captación de la quebrada Chaucalle, que se originan en la laguna Canllacocha (Canya); incorporación de las aguas de la quebrada Sayhuacocha. Todo este caudal será derivado a la laguna regulada “Chuncho”.

Mediante este proyecto, que ya se encuentra en proceso de ejecución físico, se pretende incrementar la disponibilidad hídrica en el valle de Chincha en 189.216 Hm<sup>3</sup>/año.

- Así mismo se tiene los siguientes antecedentes como información Básica:
  - Registros de caudal medio diario y mensual del río San Juan, a partir del año 1922 a 1999 (caudales diarios, desde el año 1958). Ministerio de Fomento – Dirección de Aguas é Irrigación – ATDR Chincha-Pisco.
  - Registros meteorológicos del SENAMHI, ONERN.
  - Programas anuales de distribución del agua de lagunas en el valle de Chincha – Junta de Usuarios del subdistrito de riego Chincha.
  - Plan de Cultivo y Riego – Campañas agrícolas 2001-2001, 2002-2003 y 2003-2004 - Junta de Usuarios del subdistrito de riego Chincha.
  - Histórico de Cédula de cultivos – Agencia Agraria Chincha.

## 2.0. DESCRIPCION GENERAL DE LA CUENCA

### 2.1. UBICACION

La cuenca del río San Juan, orientada de Nor-Este a Sur-Oeste, tiene la siguiente ubicación geográfica, política y administrativa:

#### 2.1.1. UBICACION GEOGRAFICA

Latitud Sur	:	12° 48' - 13° 36'
Longitud Oeste	:	75° 20' - 78° 12'
Coordenadas UTM (WGS84)		
Norte	:	8'492,815 - 8'586,315 m
Este	:	366,306 - 463,710 m
Variación Altitudinal	:	0.0 – 5,250 m.s.n.m. (Cerro San Juan de Dios, nevado El Altar, límite con la cuenca Pisco).

#### Límites hidrográficos

Norte	:	Cuencas de los ríos Mantaro, Cañete e intercuenca Topará.
Sur	:	Cuenca del río Pisco.
Este	:	Cuencas de los ríos Mantaro y Pisco.
Oeste	:	Océano Pacífico

Ver mapas **N°1** - Ubicación y **N°2** – Mapa Base de la cuenca, preparado en base a información digital del IGN 1/100000.

#### 2.1.2. UBICACION POLITICA

La cuenca del río San Juan pertenece en parte a los departamentos o regiones de Ica y Huancavelica, en el departamento de Ica ocupa las provincias de Chincha y Pisco; en Pisco los distritos de Independencia y Huáncano y en Chincha ocupa los distritos de Alto Laran, Chincha Alta, Chincha Baja, Chavin, El Carmen, Grocio Prado, Pueblo Nuevo; San Juan de Yanac, San Pedro de Huacarpana, Sunampe, Tambo de Mora; en segundo lugar se encuentra el departamento de Huancavelica que ocupa la provincia de Castrovirreyna. La provincia de Castrovirreyna abarca en la cuenca, los distritos de Arma, Aurahua, Capillas, Chupamarca, Huachos, Huamatambo, San Juan de Castrovirreyna y Tantar. En el cuadro **N°2.1.** y mapa **N°3** de demarcación política de la cuenca, se presenta los ámbitos de influencia política de la cuenca, ponderando su superficie de influencia.

El 42.9% de área de la cuenca se ubica en el departamento de Huancavelica, provincia de Castrovirreyna, el 57.1% de superficie de cuenca se encuentra en el departamento de Ica, provincias de Chincha y Pisco (1.3%).

## MAPA – 1 UBICACION

MAPA - 2  
BASE

**CUADRO N°2.1.**  
**DEMARCAACION POLITICA - DEPARTAMENTAL, PROVINCIAL Y DISTRITAL**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SUPERFICIE (KM2)	PORCENTAJE (%)
HUANCAVELICA	CASTROVIRREYNA	ARMA	301.5	6.9
		AURAHUA	347.2	7.9
		CAPILLAS	400.5	9.1
		CHUPAMARCA	292.7	6.7
		HUACHOS	175.0	4.0
		HUAMATAMBO	60.0	1.4
		SAN JUAN	197.5	4.5
		TANTARA	109.7	2.5
<b>SUBTOTAL</b>			<b>1,884.1</b>	<b>42.9</b>
ICA	CHINCHA	ALTO LARAN	363.6	8.3
		CHAVIN	128.3	2.9
		CHINCHA ALTA	225.6	5.1
		CHINCHA BAJA	74.5	1.7
		EL CARMEN	754.1	17.2
		GROCIO PRADO	109.4	2.5
		PUEBLO NUEVO	120.4	2.7
		SAN JUAN DE YANAC	438.7	10.0
		SAN PEDRO DE HUACRAPANA	206.0	4.7
		SUMANPE	16.3	0.4
	TAMBO DE MORA	10.9	0.2	
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>2,447.8</b>
PISCO	HUANCANO	44.7	1.0	
	INDEPENDENCIA	12.0	0.3	
<b>SUBTOTAL</b>			<b>56.7</b>	<b>1.3</b>
<b>SUBTOTAL</b>			<b>2,504.5</b>	<b>57.1</b>
<b>TOTAL</b>			<b>4,388.6</b>	<b>100.0</b>

FUENTE : PERU DIGITAL - ELABORACION PROPIA

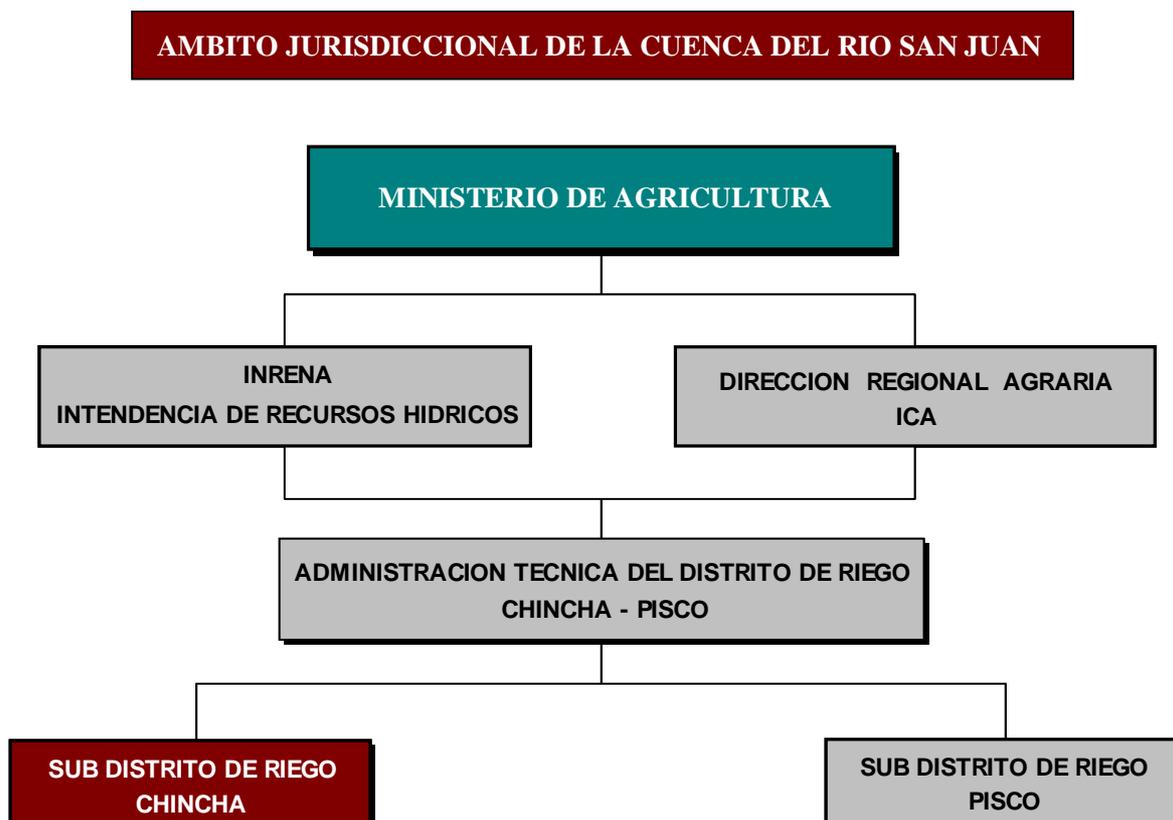
## MAPA - 3 POLITICO

### 2.1.3. UBICACION ADMINISTRATIVA O JURISDICCIONAL

La entidad administrativa que regula el uso de los recursos hídricos en la cuenca del río San Juan es la Administración Técnica del Distrito de Riego Chincha-Pisco, la que tiene una dependencia, también de orden administrativo del Ministerio de Agricultura a través de la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA y de la Dirección Regional Agraria Ica. La delimitación hidrográfica de la cuenca del río San Juan se circunscribe administrativamente en el Sub-distrito de riego San Juan; entonces las entidades, en orden jerárquico, que enmarcan la gestión en la cuenca del río San Juan se listan a continuación y su disposición orgánica se muestra en el gráfico N°2.1.

- Ministerio de Agricultura
- Dirección Regional Agraria Ica
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
- Intendencia de Recursos Hídricos
- Administración Técnica del Distrito de Riego Chincha - Pisco
- Sub-Distrito de Riego San Juan.

**GRAFICO N°2.1.**



## MAPA - 4 SUBDISTRITO

El mapa **N°4**, Ambito del Sub-Distrito de Riego Chincha, muestra la delimitación jurisdiccional de la cuenca con fines administrativos en materia de uso agrícola del agua. La fuente cartográfica es el mapa de delimitación administrativa del sub-distrito de riego Chincha a escala 1/100000, proporcionada por la Administración Técnica del sub-distrito de riego Chincha. En este se distingue dos sectores de riego, uno correspondiente a la parte media y alta de la cuenca, denominado Castrovirreyna, con tres sub-sectores de riego: San Juan, Huachos y Tantarà, y el otro sector de la cuenca baja, denominado Chincha, con tres sub-sectores de riego: Chincha Alta, Chincha Baja y La Pampa; en estos sub-sectores se circunscriben las catorce Comisiones de Regantes que conforman la Junta de Usuarios del Valle de Chincha, entidad creada con resolución ministerial como una sociedad de derecho privado y constituida como una asociación civil sin fines de lucro. En el **cuadro N°2.2.** se resume la delimitación administrativa de la cuenca del río San Juan o ámbito jurisdiccional del sub-distrito de riego Chincha.

**CUADRO N° 2.2.**  
**DELIMITACION ADMINISTRATIVA DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**  
**SUB-DISTRITO DE RIEGO CHINCHA**

SECTOR DE RIEGO	SUB-SECTOR DE RIEGO	SUPERFICIE (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
CHINCHA	Chincha Baja	110.8	2.5
	Chincha Alta	688.1	15.7
	La Pampa	557.3	12.7
	<b>Sub Total</b>	<b>1,356.20</b>	<b>30.9</b>
CASTROVIRREYNA	Huachos	574.3	13.1
	San Juan	1540.4	35.1
	Tantarà	917.7	20.9
	<b>Sub Total</b>	<b>3,032.40</b>	<b>69.1</b>
<b>TOTAL</b>		<b>4,388.60</b>	<b>100.00</b>

Fuente : Ministerio de Agricultura, 1977

## 2.2. ACCESIBILIDAD – VIAS DE COMUNICACION

En la cuenca del río San Juan se tiene una sola vía asfaltada de primer orden, y por tanto de significativa importancia socio-económica; constituida por la carretera Longitudinal Panamericana Sur (que atraviesa el valle de San Juan de norte a sur). La otra vía de singular importancia es de segundo grado, constituida por la carretera afirmada transversal que interconecta los departamentos de Ica y Huancavelica, de dirección noreste-suroeste totalmente al interior de la cuenca.

La carretera Panamericana interconecta a la cuenca (zona de valle), por el norte con la capital de Lima (202.0 Km), a través de la provincia de San Vicente de Cañete (53.5 Km), y por el sur con el “cruce” Pisco (41 Km) y la capital departamental de Ica (118.0 Km).

La carretera transversal afirmada, interconecta la capital provincial de Chincha con las capitales distritales de San Juan de Yanac y San Pedro de Huacarpansa, en el

departamento de Ica, y San Juan de Castrovirreyna, Tantará, Chupamarca, Aurahuá, Arma, Huachos y Capillas, en el departamento de Huancavelica.

En el cuadro **N°2.3.** y mapa **N°5** – Vial, a escala 1/200000, se observa las distancias viales inter-districtales y red vial en la cuenca, que ha sido actualizada en base a los trabajos de campo efectuados en la cuenca alta.

Asimismo al interior de la cuenca existe una red de carreteras de tercer orden o trochas carrozables que enlazan diversos centros poblados.

**CUADRO N°2.3.**  
**DISTANCIAS VIALES INTERPROVINCIALES - INTERDISTRITALES - Km**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

	DISTANCIAS EN Km														
	CHINCHA ALTA	CONTA	SAN JUAN DE YANAC	LISCAY	SAN PEDRO DE HUACAR-PANA	PALCA	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	TANTARA	CHUPAMARCA	AURAHUA	COLCABAMBA	CULLPI	ARMA	HUACHOS	CAPILLAS
CHINCHA ALTA	----	20.4	77.9	106.1	125.7	74.3	78.5	95.7	101.8	106.6	118.0	128.0	89.7	88.9	98.5
CONTA	20.4	----	94.2	122.4	142.0	90.6	94.8	112.0	118.1	122.9	134.3	144.3	106.0	105.2	114.8
SAN JUAN DE YANAC	77.9	94.2	----	29.4	49.0	81.2	77.0	59.8	53.7	58.5	69.9	79.9	73.3	92.7	102.3
LISCAY	106.1	122.4	29.4	----	19.6	51.8	47.6	30.4	24.3	29.1	40.5	50.5	43.9	63.3	72.9
SAN PEDRO DE HUACARPANA	125.7	142.0	49.0	19.6	----	32.2	28.0	10.8	4.7	9.5	20.9	30.9	24.3	43.7	53.3
PALCA	74.3	90.6	81.2	51.8	32.2	----	4.2	21.4	27.5	32.3	43.7	53.7	15.4	14.6	24.2
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	78.5	94.8	77.0	47.6	28.0	4.2	----	17.2	23.3	28.1	39.5	49.5	19.6	18.8	28.4
TANTARA	95.7	112.0	59.8	30.4	10.8	21.4	17.2	----	6.1	10.9	22.3	32.3	25.7	36.0	45.6
CHUPAMARCA	101.8	118.1	53.7	24.3	4.7	27.5	23.3	6.1	----	4.8	16.2	26.2	19.6	39.0	48.6
AURAHUA	106.6	122.9	58.5	29.1	9.5	32.3	28.1	10.9	4.8	----	11.4	21.4	14.8	34.2	43.8
COLCABAMBA	118.0	134.3	69.9	40.5	20.9	43.7	39.5	22.3	16.2	11.4	----	18.8	26.2	45.6	55.2
CULLPI	128.0	144.3	79.9	50.5	30.9	53.7	49.5	32.3	26.2	21.4	18.8	----	36.2	55.6	65.2
ARMA	89.7	106.0	73.3	43.9	24.3	15.4	19.6	25.7	19.6	14.8	26.2	36.2	----	19.4	29.0
HUACHOS	88.9	105.2	92.7	63.3	43.7	14.6	18.8	36.0	39.0	34.2	45.6	55.6	19.4	----	9.6
CAPILLAS	98.5	114.8	102.3	72.9	53.3	24.2	28.4	45.6	48.6	43.8	55.2	65.2	29.0	9.6	----

FUENTE : ELABORACION PROPIA Y MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

## MAPA - 5 VIAL

## 2.3. ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS

### 2.3.1. POBLACION – DEMOGRAFIA

Una de las principales características socio-económicas de la cuenca es su situación demográfica, la cual está determinada cuantitativamente por los censos efectuados por el INEI los años 1972, 1981 y 1993, y en base a los cuales se ha determinado una población actual, año 2003 de 199,844 habitantes, correspondiéndole el 85% (170,201 hab.) a la población urbana, y el 15% (29,643 hab.) a la rural. Las cifras censales, tasas de crecimiento y población proyectada se muestra en el cuadro **N°2.4.**

Respecto a la delimitación política en la cuenca, el 94.8% de la población (189,521 hab.) le corresponde a la provincia de Chincha del departamento de Ica; el 5.2% (10,323 hab.) a la provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica.

La tasa media anual de crecimiento poblacional para la cuenca es de 1.72%, de 2.01% para la provincia de Chincha y -1.04% para la provincia de Castrovirreyna.

Se ha realizado una proyección de la población urbana y rural al año 2030 mediante el empleo de las anteriores tasas de crecimiento y asumiendo una tendencia de crecimiento aritmética, de lo que ha resultado una factible población total futura de 303,212 hab. Las expresiones matemáticas utilizadas para las estimaciones de las tasas medias anuales de crecimiento poblacional y población futura, asumiendo una progresión aritmética, son:

$$T_c = \frac{P_f^2 - P_a^2}{2tP_fP_a} \quad ; \quad P_f = P_a(1 + t.T_c)$$

Donde:

T <sub>c</sub>	=	Tasa de crecimiento poblacional aritmético.
P <sub>f</sub> , P <sub>a</sub>	=	Población futura, población actual.
t	=	Cronología en años entre la población actual y futura.

La densidad poblacional en la cuenca es de 45.54 hab/Km<sup>2</sup>.

En los **gráficos N°2.2. y 2.3.** se representa la evolución y tendencia de crecimiento poblacional para las provincias de Chincha y Castrovirreyna.

CUADRO Nº 2.4.

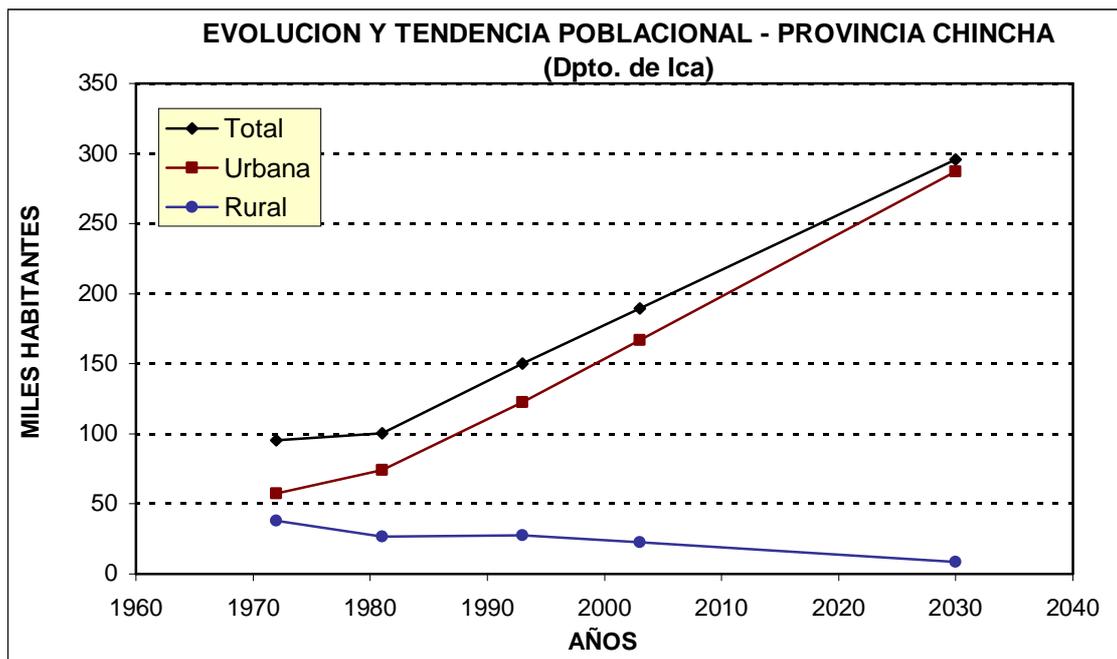
## EVOLUCION DEMOGRAFICA EN LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN

## PROVINCIAS DE CHINCHA (Dpto. de Ica) Y CASTROVIRREYNA (Dpto. de Huancavelica)

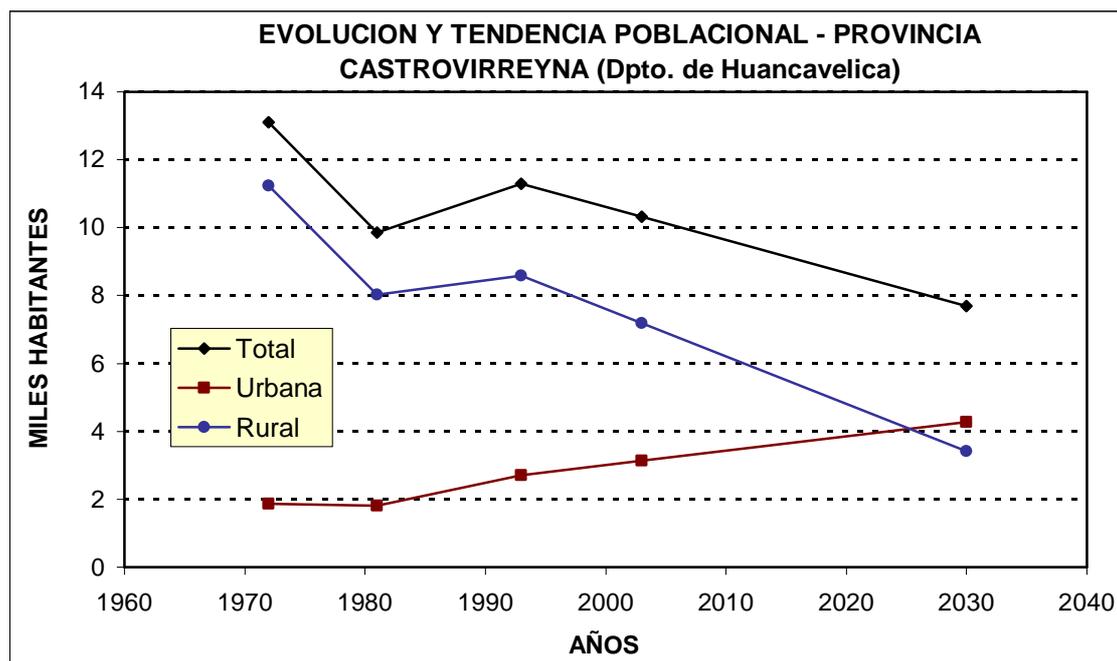
Nº	PROVINCIA / DISTRITO	CENSO (*)									TASA DE CRECIMIENTO			PROYECCION ARITMETICA DE LA POBLACION (**)					
		1972			1981			1993			MEDIA POBLACION (**)			2003			2030		
		TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
<b>DPTO. DE ICA</b>																			
	<b>PROV. DE CHINCHA</b>	<b>95,359</b>	<b>57,452</b>	<b>37,907</b>	<b>100,601</b>	<b>74,118</b>	<b>26,483</b>	<b>150,264</b>	<b>122,667</b>	<b>27,597</b>	<b>2.01</b>	<b>3.62</b>	<b>(1.86)</b>	<b>189,521</b>	<b>167,067</b>	<b>22,454</b>	<b>295,515</b>	<b>286,948</b>	<b>8,567</b>
1	DIST. CHINCHA ALTA	33,100	28,786	4,314	35,965	34,927	1,038	49,748	49,748	0	1.84	2.59	----	62,611	62,611	0	97,342	97,342	0
2	DIST. ALTA LARAN	2,595	982	1,613	2,763	1,006	1,757	4,285	1,755	2,530	2.24	2.57	2.03	5,250	2,207	3,043	7,856	3,427	4,429
3	DIST. CHAVIN	2,000	140	1,860	897	78	819	735	71	664	(5.78)	(3.83)	(5.97)	312	44	268	100	100	0
4	DIST. CHINCHA BAJA	8,758	2,016	6,742	7,688	2,120	5,568	11,321	3,402	7,919	0.93	2.32	0.43	12,451	4,193	8,259	15,503	6,328	9,175
6	DIST. SAN PEDRO DE HUACARPANA	1,302	284	1,018	1,001	279	722	1,357	323	1,034	(0.19)	0.51	(0.42)	1,330	340	991	1,259	384	874
7	DIST. SUNAMPE	10,981	1,004	9,977	11,592	2,574	9,018	17,594	10,353	7,241	2.09	13.90	(1.48)	30,909	24,743	6,166	66,861	63,597	3,265
8	DIST. TAMBO DE MORA	3,174	2,695	479	2,989	2,385	604	4,044	3,176	868	0.95	0.53	2.84	4,459	3,344	1,115	5,579	3,798	1,781
9	DIST. EL CARMEN	6,697	2,063	4,634	6,824	2,731	4,093	8,797	3,766	5,031	1.17	2.94	0.17	9,992	4,874	5,119	13,220	7,864	5,356
10	DIST. GROCIO PRADO	9,458	3,817	5,641	10,102	7,984	2,118	14,674	13,152	1,522	1.96	6.65	(7.76)	22,239	21,897	341	45,510	45,510	0
11	DIST. PUEBLO NUEVO	16,093	15,560	533	19,966	19,966	0	36,763	36,763	0	3.91	4.10	----	51,851	51,851	0	92,588	92,588	0
12	DIST. SAN JUAN DE YANAC	1,201	105	1,096	814	68	746	946	158	788	(1.59)	1.45	(1.96)	814	181	633	459	243	216
<b>DPTO. DE HUANCAVELICA</b>																			
	<b>PROV. DE CASTROVIRREYNA</b>	<b>13,110</b>	<b>1,865</b>	<b>11,245</b>	<b>9,847</b>	<b>1,814</b>	<b>8,033</b>	<b>11,296</b>	<b>2,710</b>	<b>8,586</b>	<b>(1.04)</b>	<b>1.56</b>	<b>(1.63)</b>	<b>10,323</b>	<b>3,134</b>	<b>7,189</b>	<b>7,697</b>	<b>4,278</b>	<b>3,419</b>
1	DIST. ARMA	3,231	156	3,075	1,930	377	1,553	1,567	463	1,104	(3.87)	6.43	(5.55)	1,252	761	492	1,564	1,564	0
2	DIST. AURAHUA	1,830	307	1,523	1,481	284	1,197	1,898	403	1,495	(0.14)	1.06	(0.42)	1,878	446	1,433	1,825	560	1,264
3	DIST. CAPILLAS	1,703	98	1,605	1,441	141	1,300	1,385	150	1,235	(1.10)	2.32	(1.39)	1,248	185	1,063	877	279	598
4	DIST. CHUPAMARCA	1,048	269	779	718	202	516	950	258	692	(0.97)	(0.58)	(1.11)	858	243	615	609	202	407
5	DIST. HUACHOS	2,910	544	2,366	2,013	385	1,628	1,885	391	1,494	(2.37)	(1.89)	(2.48)	1,440	317	1,123	238	117	121
6	DIST. HUAMATAMBO	680	45	635	525	48	477	557	165	392	(1.21)	6.91	(2.43)	576	279	297	626	587	39
7	DIST. SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	879	68	811	1,068	67	1,001	974	124	850	0.70	2.65	0.49	1,049	157	892	1,251	245	1,005
8	DIST. TANTARÁ	829	378	451	671	310	361	2,080	756	1,324	4.60	3.12	5.83	3,087	992	2,095	5,806	1,628	4,178
<b>TOTAL CUENCA SAN JUAN</b>		<b>108,469</b>	<b>59,317</b>	<b>49,152</b>	<b>110,448</b>	<b>75,932</b>	<b>34,516</b>	<b>161,560</b>	<b>125,377</b>	<b>36,183</b>	<b>1.72</b>	<b>3.56</b>	<b>(1.81)</b>	<b>199,844</b>	<b>170,201</b>	<b>29,643</b>	<b>303,212</b>	<b>291,226</b>	<b>11,986</b>

FUENTE: (\*) INEI (\*\*) PROYECTO

**GRAFICO Nº2.2.**



**GRAFICO Nº2.3.**



## 2.3.2. CARACTERIZACION SOCIO-ECONOMICA

### ASPECTOS ECONOMICOS

#### Sector Agrícola

La actividad agrícola de la Cuenca ocurre principalmente en el valle de Chíncha donde se desarrolla agricultura intensiva de especies orientadas a la exportación como espárragos y otras para mercado nacional entre las que destacan el algodón, maíz amarillo duro, hortalizas, etc.

La Oficina de Información Agraria del Ministerio de Agricultura, registra para la parte baja de la Cuenca período 2001 – 2002, la siembra de un total de 21,350 Ha., obteniéndose un Valor Bruto total de 155'972,810 Nuevos Soles, y en la parte alta se sembraron 2,409 Ha, obteniéndose un valor bruto total de 4'767,570 Nuevos Soles.

Los rendimientos por cultivo en la parte baja son mayores con respecto a la parte alta, por ejemplo:

<b>Cultivo</b>	<b>Parte baja</b>	<b>Parte alta</b>
Papa	25,580 Kg/ha	8,128 Kg/ha
Maíz amiláceo	2,843 Kg/ha	1,399 Kg/ha
Frijol grano seco	1,497 Kg/ha	1,153 Kg/ha
Zapallo	27,527 Kg/ha	11,000Kg/ha

#### Comercialización y cadenas productivas

Los productores de algodón actualmente comercializan su producto, mediante ventas en chacra a intermediarios, los mismos que obran unos independientemente y otros por cuenta de las plantas desmotadoras del valle reconocidas por la Agencia Agraria de Chíncha.

Los intermediarios compran el algodón en rama pagando según calidad a precios variable entre 103 a 117 nuevos soles por quintal. El algodón desmotado es vendido por la Planta a las Industrias de Hilandería y Textiles. El maíz amarillo duro se vende a través de intermediarios quienes a la cosecha llegan al campo ofreciendo servicio de desgrane y comprando el producto a precios variables entre 0.62 a 0.65 nuevos soles por kilo. El espárrago se vende a los agentes de las Plantas Procesadoras como: Agroindustria Backus S.A., Complejo Industrial Beta, entre otros. Los compradores pagan precios en chacra que varían entre 0.45 a 0.70 Nuevos Soles por Kilo. Estas plantas exportan el producto, el espárrago blanco procesado y el espárrago verde sin procesar. La Uva se comercializa bajo dos modalidades, una como uva de mesa y otra como materia prima para la producción de vinos y licores. La primera se vende principalmente en el mercado local, aunque también es vendida en otros mercados.

Los productos de la zona alta de la Cuenca entre estos destaca la papa, en parte son vendidos al mercado de Ica, Chíncha y otros; quedando el mayor porcentaje dedicado a autoconsumo. El precio de papa en chacra varía de 0.40 a 0.50 nuevos soles por kg.

La producción de leche de la zona alta de la cuenca, se comercializa casi exclusivamente a la planta quesera del Instituto tecnológico de Ticrapo. El precio de leche en chacra varía de 1.0 a 1.50 nuevos soles por litro. En el valle de Chíncha la leche se

vende directamente a la empresa Gloria S.A.; el precio en chacra varia de 0.60 a 0.75 nuevos soles por litro.

Las Cadenas Productivas definidas como un Conjunto de Agentes Económicos que participan directamente en la producción, transformación y en el traslado hasta el mercado de un mismo producto agropecuario. Con ese criterio la Agencia Agraria del Ministerio de Agricultura en Chíncha está desarrollando dos cadenas productivas, para los productos: algodón y maíz amarillo duro; y en la parte alta, para el producto leche (ganado vacuno).

### **Plantas agroindustriales**

El número de Plantas Agroindustriales existentes en la cuenca es de 24, situadas en la provincia de Chíncha.

### **Pecuaría**

El Compendio Estadístico Agrario del Ministerio de Agricultura señala que la población pecuaria en la provincia de Castrovirreyna, es de 110,088 animales; destacando las siguientes especies: 77,010 ovinos, 11,915 caprinos, 10,266 auquénidos y 7,050 vacunos.

Los distritos con más ganado son: Chupamarca, Arma, Aurahua y Capillas que en total representan el 73% de la población pecuaria de la provincia de Castrovirreyna. El rendimiento de leche por animal es de 3 litros/día.

En la provincia de Chíncha predomina la crianza de pollos y porcinos que representan el 98% del total de animales menores. Por otro lado que los distritos con mayor número de animales son Chíncha Baja, Alto Larán, Grocio Prado y Pueblo Nuevo que representan el 83% del total. En la provincia de Castrovirreyna el precio de la leche en chacra varia de 1.0 a 1.50 nuevos soles por litro, y en la provincia de Chíncha de 0.60 a 0.75 nuevos soles por litro.

### **Pesqueros**

Según el Ministerio de la Producción, son 8 los establecimientos que tiene licencia para la producción de harina y aceite de pescado y se ubican en el distrito de Tambo de Mora. En el año 2002, la producción de harina y aceite crudo de pescado fue de 74168 y 6257 TMB.

### **Industriales**

Las principales industrias corresponden al rubro de Textil y Papeleras, conformados por 4 y 2 establecimientos respectivamente. En cuanto al numero de trabajadores, la industria textil en el rubro de confecciones, cuenta con 500 trabajadores en tres turnos por cada planta, constituyéndose el de mayor importancia.

## **ASPECTOS SOCIALES**

### **Población Económicamente Activa (PEA)**

La Población Económicamente Activa (PEA) de 6 años a más de la cuenca es de 136954 habitantes. El distrito que tiene mayor PEA en cuanto a número de habitantes es Chíncha Alta con 43,262 habitantes y la menor PEA tiene el distrito de Chavín con 624 habitantes.

### **Mapa de Pobreza**

El Fondo Nacional de Compensación y Desarrollo Social (FONCODES) determina el nivel de pobreza como Pobre y Muy Pobre, predominando este último en 13 distritos de la cuenca, que abarca 74,041 habitantes y representa el 40%, y la diferencia está conformado por 113,087 habitantes que representa el 60%, correspondiente al nivel de pobreza Pobre.

### **Servicios Educativos**

En la cuenca, el número de centros educativos de nivel inicial, primaria y secundaria es de 162, 236 y 72 respectivamente; el número de docentes en el nivel inicial, primaria y secundaria es de 402, 1389 y 1261; y el número de población escolar inicial, primaria y secundaria es de 8,417, 29,082 y 19,924. El número promedio de alumnos por docente es de 18 y el número promedio de alumnos por centro educativo es 101.

### **Salud**

En la cuenca existen 48 establecimientos de Salud, un Hospital es administrado por EsSalud, y el resto por el MINSA, conformado por un hospital, 11 Centros y 35 Puestos de Salud. Existen 2600 habitantes por médico y por cama de hospitalización 1200 habitantes.

Los distritos que tienen mayor incidencia de tasa de desnutrición son: San Pedro de Huacarpansa 61.1%, Aurahua 60.3%, San Juan de Yanac con 54.3%, Chupamarca 58.4%, y Huamatambo 46.2% y los menores índices tienen los distritos: El Carmen 16.6%, Alto Larán 12.9% y Chincha Alta 14.8%.

### **Agua y Desagüe**

Según el Censo de 1993, el total de viviendas es de 33,568, de las cuales 21,323 cuentan con abastecimiento de agua, que representa el 64%.

### **Luz eléctrica**

El número de viviendas que cuentan con energía eléctrica es de 22,043, que representa 66% del total.

## 2.4. CLIMATOLOGIA

Los principales parámetros climáticos que definen o caracterizan el clima de la cuenca son: precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación; son los de mayor importancia en cuanto a la tipificación o caracterización de la climatología de la cuenca del río San Juan. Estos parámetros provienen de los registros de las distintas estaciones meteorológicas instaladas en la cuenca, esta red ha sido descrita en el cuadro y gráfico **Nº1.1.**, estas estaciones están a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). En los anexos del presente estudio se tiene registrado la información meteorológica histórica de los parámetros arriba indicados. En el **mapa Nº6** se muestra la distribución de las estaciones hidro-meteorológicas.

### 2.4.1. PARAMETROS CLIMATICOS

#### a. PRECIPITACION

La información pluviométrica en la cuenca proviene de los registros de ocho estaciones meteorológicas, que en orden creciente de ubicación altitudinal son: Fonagro, San Juan de Castrovirreyna, San Juan de Yanac, Huachos, Tantarà, Huichinga, Arma y San Pedro de Huacarpansa, variando su ubicación altitudinal de 50 a 3680 m.s.n.m. Así mismo se cuenta con registros de otras cinco estaciones de apoyo; Chunchu, ubicada en la cuenca Mantaro, Totorá, Ticrapo, Huáncano y Bernales, ubicadas en la cuenca Pisco. En el cuadro **Nº2.5.** se distingue la red de estaciones de trabajo para el estudio pluviométrico en la cuenca.

Según la información de este cuadro, datos que son producto de un trabajo previo de análisis de consistencia y completación, se aprecia un gradiente positivo de la precipitación en relación al incremento de la altitud: En San Juan de Castrovirreyna (2150 m.s.n.m.) y San Juan de Yanac (2422 m.s.n.m.) se tiene un periodo de sequías de 5 meses, mientras que en Huachos (3680 m.s.n.m.) y Tantarà (2890 m.s.n.m.) este periodo disminuye a 4 meses, y en zonas más altas como en el sector de ubicación de la laguna Turpo (4690 m.s.n.m.) prácticamente no existen meses secos.

La variación de la precipitación total anual en la cuenca es de 9.8 mm (subcuenca baja) a 767.4 mm (sector de laguna Turpo). En general las variaciones de la precipitación total anual en la cuenca son:

- La cuenca seca se encuentra por abajo de los 300 mm., coincidente con una altitud de 2400 m.s.n.m.
- Las subcuencas Colcabamba, Alta río San Juan, Tantarà, Arma, Ayoque, Almacén, Baja río San Juan, Media 2, Media 1, Cuenca San Juan y cuenca húmeda tienen una precipitación media (areal) total anual de 684.2, 684.7, 554.4, 560.2, 188.6, 92.2, 56.9, 305.7, 50.0, 297.9 y 560.9 mm, respectivamente.

Si describimos la variación de la precipitación según las estaciones de trabajo, se distingue que existe las siguientes tendencias por grupos de estaciones ubicadas en ciertos límites altitudinales, ver **gráficos Nº2.4. y 2.5.**

## **MAPA 6 ESTACIONES**

Un primer grupo de estaciones; Chunchu y Totorá, que tienen una variación altitudinal de 3900 a 4700 msnm., su módulo pluviométrico es del orden de los 685 mm.

Un segundo grupo; estaciones Huachos, Tantar, Huichinga, Villa de Arma y San Pedro de Huacarpána, que se ubican a altitudes entre los 2680 y 3680 msnm., con un módulo anual de lluvia de promedio 510 mm.

Un tercer grupo, definido por las estaciones San Juan de Castrovirreyna Ticrao y San Juan de Yanac, se ubican a altitudes entre los 2150 y 2422 msnm., con un módulo anual de lluvia que promedia los 183 mm.

Finalmente se distingue un cuarto grupo de estaciones; Fonagro, Bernales y Huancano, que se ubican entre las altitudes 50 y 1006 msnm, con un módulo anual de lluvia que promedia los 7 mm.

### CUADRO 2.5.

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADA Y CONSISTENTE (mm) - Año Promedio Histórico 1964 -2002

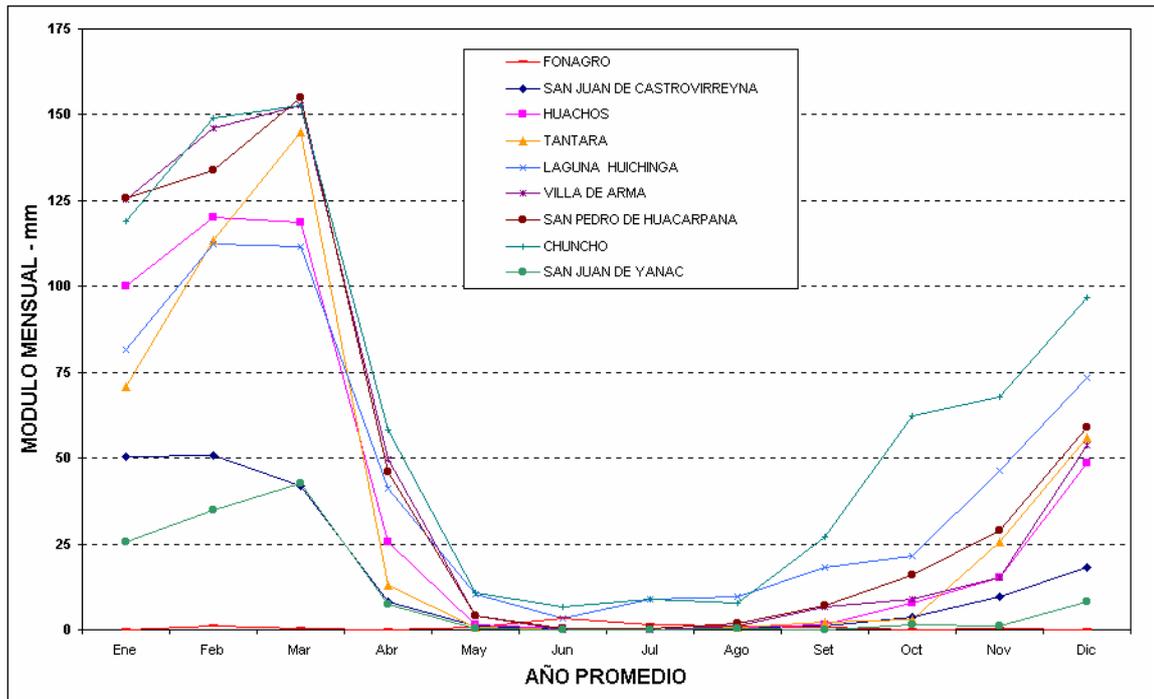
ESTACIONES DE TRABAJO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y CUENCAS VECINAS

N°	ESTACION	ALTITUD msnm	AÑO PROMEDIO												TOTAL ANUAL
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	FONAGRO	50	0.2	1.2	0.3	0.0	0.6	3.5	1.5	1.2	0.7	0.2	0.3	0.2	9.8
2	BERNALES (*)	250	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
3	HUANCANO (*)	1006	2.9	2.9	2.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.3	9.7
4	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	2150	50.4	50.8	42.1	8.1	0.9	0.1	0.0	0.6	1.2	3.7	9.7	18.0	185.7
5	TICRAPO (*)	2174	59.8	68.8	66.8	12.9	0.6	0.1	0.0	0.3	0.8	3.0	5.8	23.1	241.9
6	SAN JUAN DE YANAC	2422	25.5	34.8	42.8	7.6	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	1.6	1.0	8.0	121.9
7	HUACHOS	2680	100.1	120.0	118.8	25.6	1.6	0.2	0.2	0.9	1.4	7.7	15.3	48.7	440.4
8	TANTARA	2890	70.9	113.4	145.1	12.9	0.8	0.0	0.0	0.6	2.4	2.8	25.6	56.1	430.6
9	LAGUNA HUICHINGA	3480	81.5	112.4	111.6	41.2	10.2	3.2	9.1	9.6	18.2	21.6	46.4	73.6	538.5
10	VILLA DE ARMA	3500	125.4	145.9	152.7	49.6	3.9	0.0	0.0	1.3	6.5	9.0	15.4	53.8	563.5
11	SAN PEDRO DE HUACARPANA	3680	125.7	133.7	154.9	46.1	4.2	0.4	0.2	2.0	6.9	15.9	29.0	58.8	577.9
12	TOTORA (*)	3900	122.2	120.0	100.0	44.2	20.7	4.8	3.3	10.3	22.8	32.8	42.9	77.7	601.6
13	CHUNCHO	4695	118.9	149.0	152.6	58.4	10.8	6.6	8.8	7.9	27.2	62.4	67.9	96.9	767.4

(\*) ESTACIONES DE LA CUENCA PISCO

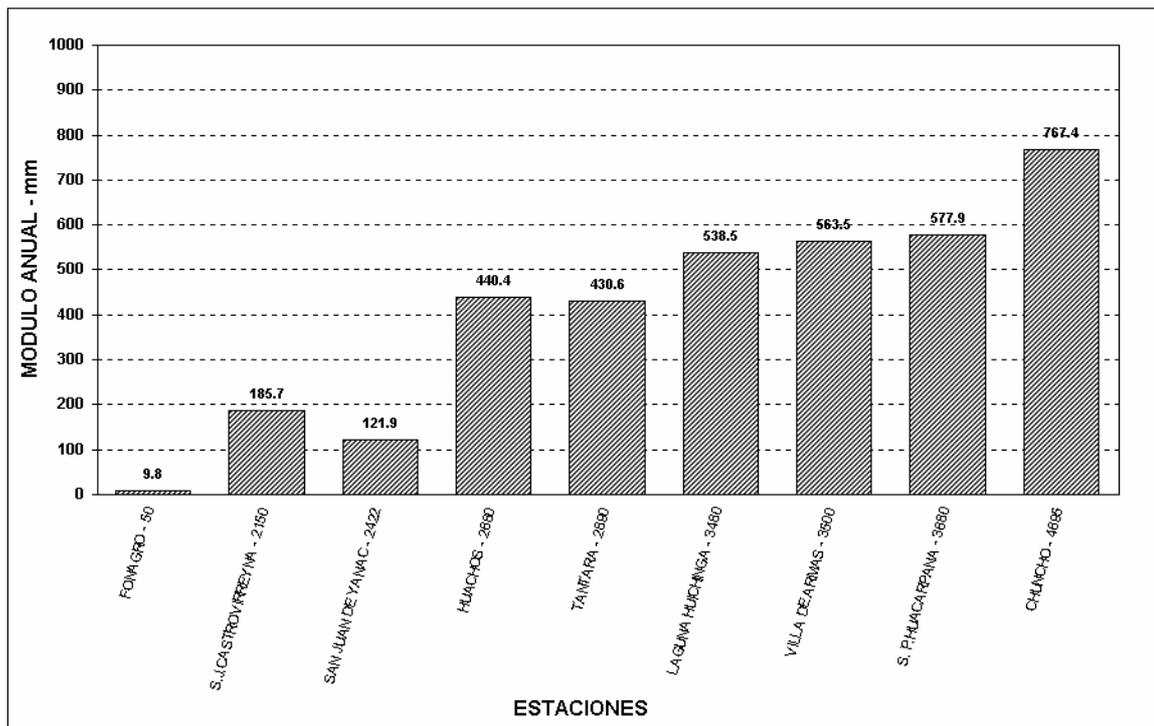
**GTRAFICO N°2.4.**

**DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION TOTAL MENSUAL - AÑO PROMEDIO 1964 - 2002  
ESTACIONES DE TRABAJO CUENCA DEL RIO SAN JUAN**



**GTRAFICO N°2.5.**

**MODULOS ANUALES DE PRECIPITACION - AÑO PROMEDIO 1964 - 2002  
ESTACIONES DE TRABAJO CUENCA DEL RIO SAN JUAN**



La temperatura del aire y sus variaciones diarias y estacionales son muy importantes para el desarrollo de las plantas, constituyendo uno de los factores primordiales que influyen directamente en la velocidad de su crecimiento, longitud de su ciclo vegetativo y en las fases de desarrollo de plantas perennes.

En el ámbito de la cuenca del río San Juan, esta variable climática está medida por una red de estaciones meteorológicas, las que se resumen en el cuadro **N°2.6.**, en este se muestra los valores medios históricos de la temperatura media mensual de las estaciones Fonagro, San Juan de Castrovirreyna, San Juan de Yanac, Villa de Arma y San Pedro de Huacarpana, al interior de la cuenca, y Huáncano, Agnococha, de la cuenca vecina de Pisco.

En la cuenca del río San Juan, se tiene una relación inversa entre la temperatura media - altitud, esto por efecto de la disminución de presión atmosférica producto de la elevación de la altitud; para la cuenca del río San Juan se ha determinado un gradiente térmico inverso que promedia los  $-5.04\text{ }^{\circ}\text{C}$  por cada 1000 metros de altitud ascendidos, esta relación es válida entre las altitudes 420 y 4700 msnm. La altitud promedio en la que sucede el fenómeno de inversión térmica es 411.2 msnm, correspondiente a una temperatura media mensual de  $20.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; es decir que entre los 50.0 msnm (estación de Fonagro) y los 41.2 msnm la relación temperatura media – altitud es directa o creciente, con un gradiente promedio de  $+0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por cada 100.0 metros ascendidos.

CUADRO N° 2.6.

**TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (C°) - Año Promedio Histórico**  
**ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y ESTACIONES VECINAS**

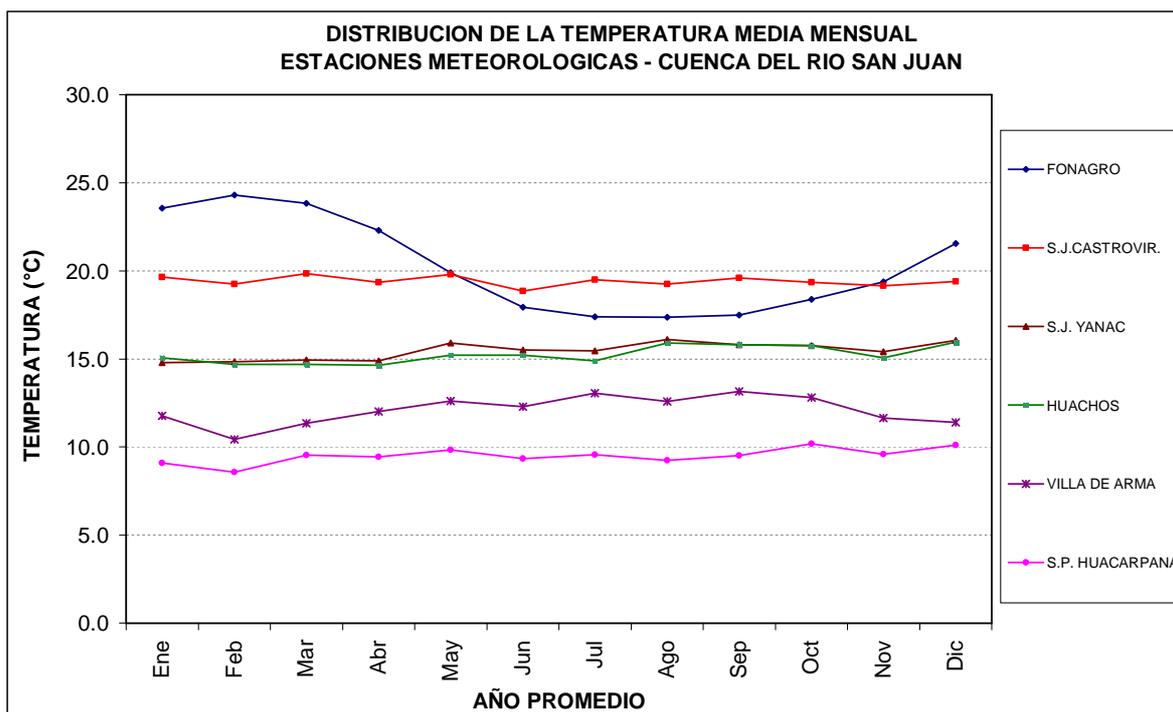
N°	ESTACION METEOROLOGICA	ALTITUD msnm	AÑO PROMEDIO												MEDIA ANUAL
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	FONAGRO	50	23.6	24.3	23.8	22.3	19.9	17.9	17.4	17.4	17.5	18.4	19.4	21.6	20.3
2	HUANCANO (*)	1006	22.4	22.8	22.9	22.4	20.4	18.3	17.9	18.4	19.7	20.3	20.3	21.1	20.6
3	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	2150	19.7	19.3	19.9	19.4	19.8	18.9	19.5	19.3	19.6	19.4	19.2	19.4	19.4
4	SAN JUAN DE YANAC	2400	14.8	14.9	15.0	14.9	15.9	15.5	15.5	16.1	15.8	15.8	15.4	16.1	15.5
5	HUACHOS	2680	15.1	14.7	14.7	14.7	15.2	15.2	14.9	15.9	15.8	15.8	15.1	16.0	15.2
6	VILLA DE ARMA	3280	11.8	10.4	11.3	12.0	12.6	12.3	13.0	12.6	13.2	12.8	11.7	11.4	12.1
7	S.P.HUACARPANA	3680	9.1	8.6	9.5	9.4	9.8	9.3	9.6	9.2	9.5	10.2	9.6	10.1	9.5
8	AGNOCOCHA (*)	4650	3.7	3.6	3.8	3.4	2.8	2.0	1.3	1.6	2.2	3.2	3.1	3.3	2.8

(\*) ESTACIONES DE LA CUENCA VECINA DE PISCO

**CUADRO N°2.7.**  
**DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL**  
**ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

FONAGRO Alt. = 50 msnm.	AÑO PROMEDIO												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	23.6	24.3	23.8	22.3	19.9	17.9	17.4	17.4	17.5	18.4	19.4	21.6	20.3
Mínima	22.0	22.6	22.5	20.7	18.1	15.3	15.4	16.6	17.0	17.2	18.2	20.4	19.0
Máxima	26.9	27.2	26.05	23.7	21.2	21.05	21	21.15	18.3	20.65	21.45	24.35	21.7
<b>S.J.CASTROVIR.</b> Alt. = 2150 msnm.													
Media	19.7	19.3	19.9	19.4	19.8	18.9	19.5	19.3	19.6	19.4	19.2	19.4	19.4
<b>S.J. YANAC</b> Alt. = 2400 msnm.													
Media	14.8	14.9	15.0	14.9	15.9	15.5	15.5	16.1	15.8	15.8	15.4	16.1	15.5
<b>HUACHOS</b> Alt. = 2680 msnm.													
Media	15.1	14.7	14.7	14.7	15.2	15.2	14.9	15.9	15.8	15.8	15.1	16.0	15.2
<b>VILLA DE ARMA</b> Alt. = 3280 msnm.													
Media	11.8	10.4	11.3	12.0	12.6	12.3	13.0	12.6	13.2	12.8	11.7	11.4	12.1
Mínima	8.8	9.2	9.3	9.6	10.0	9.2	9.5	9.8	10.1	10.0	10.0	10.0	9.6
Máxima	19.95	13.3	15.9	16.7	18.4	19.8	20.5	18.5	21.2	18.5	14.5	13.4	17.6
<b>S.P. HUACARPANA</b> Alt. = 3680 msnm.													
Media	9.1	8.6	9.5	9.4	9.8	9.3	9.6	9.2	9.5	10.2	9.6	10.1	9.5
Mínima	8.0	6.8	8.1	7.4	8.6	8.0	8.7	8.3	8.9	8.7	9.2	9.4	8.8
Máxima	10.6	9.5	10.7	10.8	11.2	10.9	10.7	10.1	10.3	13	10.7	11.4	10.2

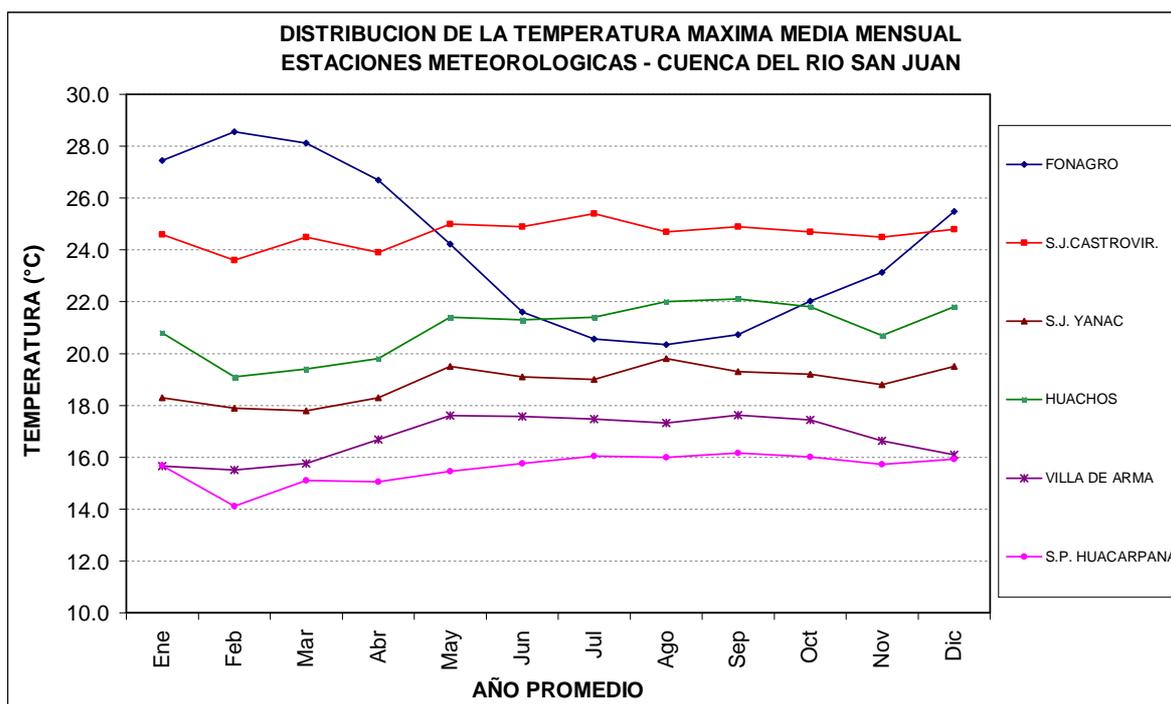
**GRAFICO N°2.6.**



**CUADRO N°2.8.**  
**DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL**  
**ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

FONAGRO Alt. = 50 msnm.	AÑO PROMEDIO												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	27.5	28.6	28.1	26.7	24.2	21.6	20.6	20.3	20.7	22.0	23.1	25.5	24.1
Mínima	26.1	27.7	27.5	25.8	22.1	19.0	18.7	18.9	20.0	21.0	21.2	24.4	23.0
Máxima	30.6	31.3	30	28.1	26.3	26.2	25	24.8	21.3	24.8	25.4	28.1	25.9
<b>S.J.CASTROVIR.</b> Alt. = 2150 msnm.													
Media	24.6	23.6	24.5	23.9	25.0	24.9	25.4	24.7	24.9	24.7	24.5	24.8	24.6
<b>S.J. YANAC</b> Alt. = 2400 msnm.													
Media	18.3	17.9	17.8	18.3	19.5	19.1	19.0	19.8	19.3	19.2	18.8	19.5	18.9
<b>HUACHOS</b> Alt. = 2680 msnm.													
Media	20.8	19.1	19.4	19.8	21.4	21.3	21.4	22.0	22.1	21.8	20.7	21.8	21.0
<b>VILLA DE ARMA</b> Alt. = 3280 msnm.													
Media	15.7	15.5	15.8	16.7	17.6	17.6	17.5	17.3	17.6	17.4	16.6	16.1	16.8
Mínima	12.9	12.7	13.8	13.7	13.2	12.8	13.4	14.4	14.5	14.1	13.8	13.3	13.6
Máxima	21.3	23.3	22.4	23.6	24	21.9	23.9	23.3	21.2	21.3	20.5	19.6	22.2
<b>S.P. HUACARPANA</b> Alt. = 3680 msnm.													
Media	15.7	14.1	15.1	15.1	15.5	15.8	16.0	16.0	16.2	16.0	15.7	15.9	15.6
Mínima	14.2	11.8	12.6	14.1	15.0	14.8	15.2	14.8	15.4	15.2	14.9	15.3	15.1
Máxima	18.4	15.8	16.5	16.5	16.5	17.2	18.4	16.7	17	17	16.1	16.6	16.6

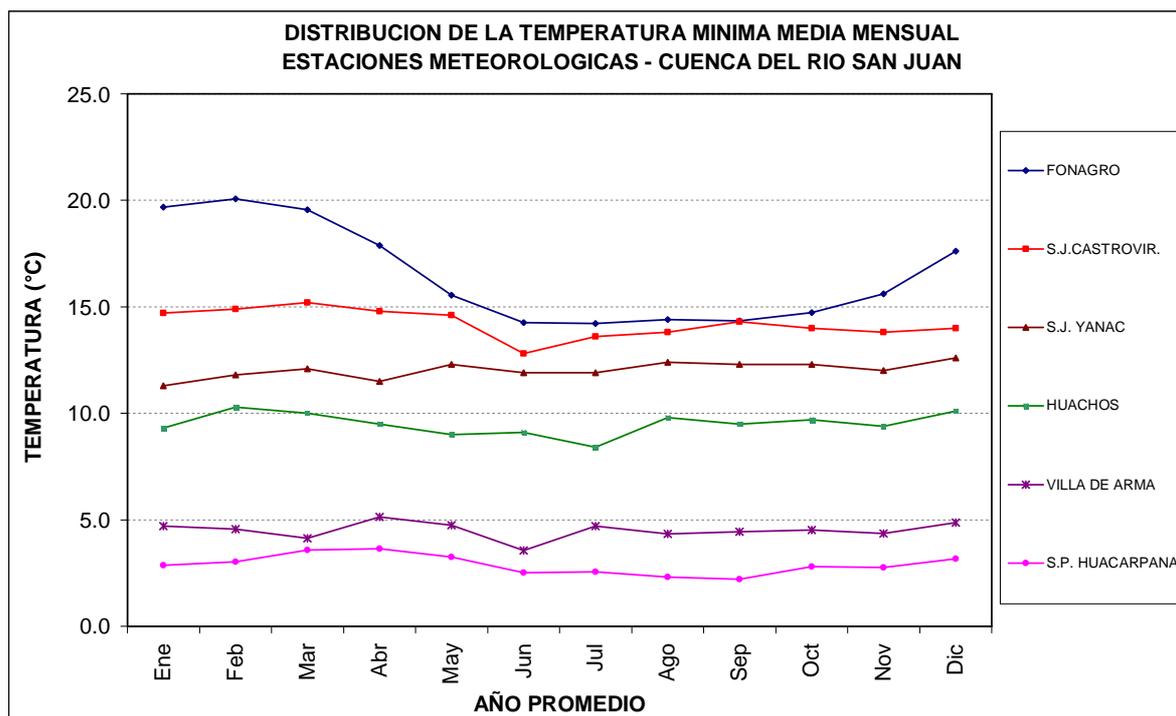
**GRAFICO N°2.7.**



**CUADRO N°2.9.**  
**DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL**  
**ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

FONAGRO Alt. = 50 msnm.	AÑO PROMEDIO												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	19.7	20.1	19.6	17.9	15.6	14.3	14.2	14.4	14.4	14.7	15.6	17.6	16.5
Mínima	17.3	17.5	17.4	15.6	13.0	11.5	11.5	12.9	13.7	13.0	13.9	15.3	14.9
Máxima	23.2	23.1	22.1	19.3	17.1	16.3	17	17.5	15.3	16.5	17.5	20.6	17.7
<b>S.J.CASTROVIR.</b> Alt. = 2150 msnm.													
Media	14.7	14.9	15.2	14.8	14.6	12.8	13.6	13.8	14.3	14.0	13.8	14.0	14.2
<b>S.J. YANAC</b> Alt. = 2400 msnm.													
Media	11.3	11.8	12.1	11.5	12.3	11.9	11.9	12.4	12.3	12.3	12.0	12.6	12.0
<b>HUACHOS</b> Alt. = 2680 msnm.													
Media	9.3	10.3	10.0	9.5	9.0	9.1	8.4	9.8	9.5	9.7	9.4	10.1	9.5
<b>VILLA DE ARMA</b> Alt. = 3280 msnm.													
Media	4.7	4.6	4.1	5.1	4.7	3.6	4.7	4.3	4.4	4.5	4.4	4.9	4.5
Mínima	2.8	3.3	2.2	1.9	2.1	1.8	1.3	1.1	1.5	2.2	2.5	3.1	2.2
Máxima	6.1	5.9	6.5	6.5	6.3	5.1	6.5	6.5	6.3	6.4	6.6	6.4	6.3
<b>S.P. HUACARPANA</b> Alt. = 3680 msnm.													
Media	2.9	3.0	3.6	3.6	3.3	2.5	2.6	2.3	2.2	2.8	2.8	3.2	2.9
Mínima	2.0	1.8	2.9	3.0	2.0	0.9	1.8	1.9	1.5	2.4	2.1	2.9	2.5
Máxima	5.3	3.9	5	5.1	5.1	4.2	3.1	2.7	3	3.5	3.5	3.8	3.8

**GRAFICO N°2.8.**



En los anteriores cuadros **N°2.7., 2.8. y 2.9.** y gráficos **N°2.6., 2.7. y 2.8.** se distingue los valores promedios mensuales de la temperatura media, máxima y mínima respectivamente, así como su variación máxima y mínima mensual, para las estaciones meteorológicas que han medido esta variable y se ubican al interior de la cuenca del río San Juan.

En cuanto a la distribución estacional de la temperatura media mensual, para un año promedio, para la zona de ubicación de las estaciones Fonagro y San Juan de Castrovirreyna, el comportamiento es semejante, con temperaturas mayores en verano, meses de enero a abril, del orden de los 19.4 a 23.8°C y menores en los meses de junio a setiembre (de 17.4 a 19.6 °C). Para mayores altitudes, entre los 2400 y 3680 msnm, la variación estacional de la temperatura media mensual, que es medida por las estaciones de San Juan de Yanac, Huachos, Villa de Arma y San Pedro de Huacarpana, es de mayores temperaturas en los meses de octubre a enero (de 10.1 a 19.2 °C) y de menores valores en los meses de mayo a agosto (de 9.2 a 15.5°C). Ver cuadro – gráfico **N°2.7. - 2.6.**

La distribución estacional de la temperatura máxima es semejante a la temperatura media; en la parte baja (50 a 2150 msnm) Fonagro y San Juan de Castrovirreyna, temperaturas mayores en verano, meses de enero a abril, del orden de los 25.0 a 28.6°C y menores en los meses de junio a setiembre (de 20.3 a 24.7 °C). Para mayores altitudes, entre los 2400 y 3680 msnm, la variación estacional de la temperatura máxima mensual, es de mayores temperaturas en los meses de setiembre a diciembre (de 16.2 a 19.5 °C). Ver cuadro – gráfico **N°2.8. - 2.7.**

Para la distribución estacional de la temperatura mínima mensual, para un año promedio, para la zona de ubicación de las estaciones Fonagro y San Juan de Castrovirreyna, el comportamiento es semejante, con temperaturas mayores en verano, meses de enero a abril, del orden de los 14.7 a 20.1°C y menores en los meses de junio a setiembre (de 12.8 a 14.4°C). Para mayores altitudes, entre los 2400 y 3680 msnm, la variación estacional de la temperatura mínima mensual, que es medida por las estaciones de San Juan de Yanac, Huachos, Villa de Arma y San Pedro de Huacarpana, es de mayores temperaturas en los meses de octubre a enero (de 2.8 a 12.6 °C) y de menores valores en los meses de mayo a agosto (de 2.2 a 11.9°C). Ver cuadro – gráfico **N°2.9. - 2.8.**

La información histórica mensual, así como los respectivos histogramas de temperaturas mensuales media, máxima y mínima de las respectivas estaciones meteorológicas se presentan en el **Anexo 2.7.** del presente informe.

### c. EVAPORACION

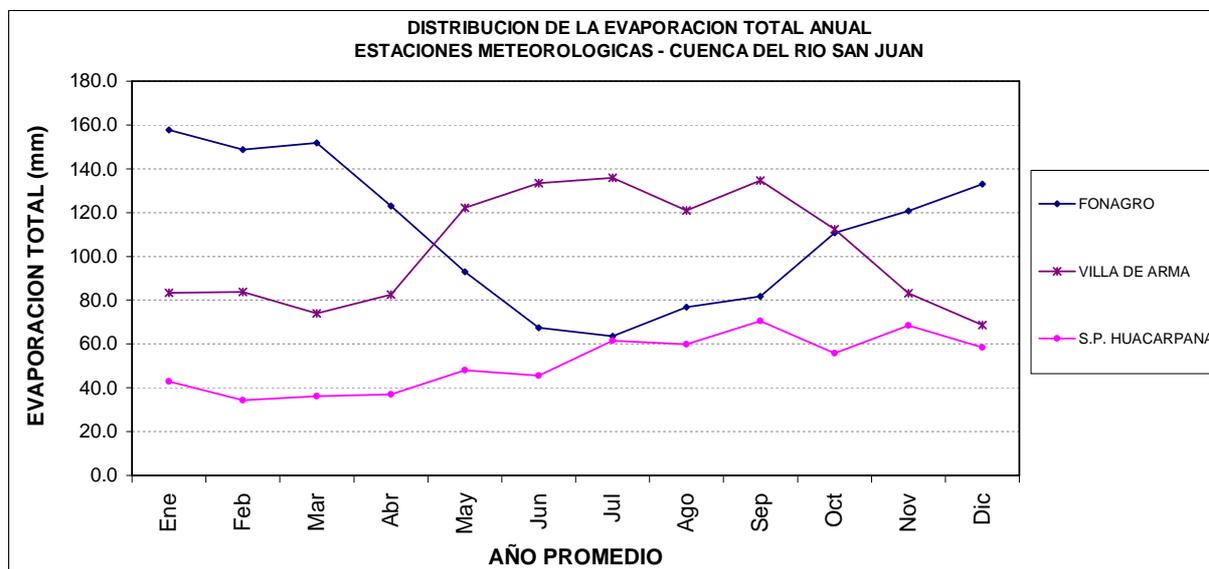
Este parámetro climático es registrado en las estaciones meteorológicas de Fonagro, Villa de Arma y San Pedro de Huacarpana en la cuenca del río San Juan, y Acora, San Pedro de Huacarpana, en las cuencas vecinas de Ica y San Juan. Los registros provienen de observaciones de evaporímetro de Piché, excepto los datos de la estación de Fonagro, que provienen de observaciones de tanque evaporímetro tipo A. La información histórica mensual, así como los respectivos histogramas de la evaporación total mensual de las estaciones antes nombradas se presentan en el **Anexo 2.9.** del presente informe.

En el cuadro **N°2.10.** y gráfico **N°2.9.** se distingue las variaciones de este parámetro según las estaciones de medición; la variación respecto a la altitud es análoga a la temperatura media mensual, es decir una relación inversa, lo cual demuestra la notable dependencia de la evaporación respecto a la temperatura.

**CUADRO N°2.10.**  
**DISTRIBUCION DE LA EVAPORACION TOTAL MENSUAL - mm**  
**ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

FONAGRO Alt. = 50 msnm.	AÑO PROMEDIO												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	157.7	148.7	151.9	123.0	93.0	67.4	63.6	76.7	81.8	110.8	120.8	132.9	1328.2
Mínima	145.7	113.0	127.1	114.0	80.6	54.0	43.4	55.8	60.0	86.8	93.0	99.2	1156.2
Máxima	186	180.8	170.5	135	124	111	124	120.9	105	127.1	144	145.7	1606.2
<b>VILLA DE ARMA</b> Alt. = 3280 msnm.													
Media	83.3	83.7	73.9	82.5	122.2	133.3	135.8	120.9	134.6	112.5	83.1	68.6	1234.4
Mínima	22.3	48.7	14.5	11.5	79.4	81.8	45.7	84.6	104.4	89.8	49.2	43.1	760.4
Máxima	162.408	195.286	190.946	214.915	232.457	172.233	229.862	214.296	154.658	162.408	137.084	118.303	1926.6
<b>S.P. HUACARPANA</b> Alt. = 3680 msnm.													
Media	42.9	34.4	36.2	37.0	48.1	45.5	61.5	59.9	70.5	55.8	68.5	58.4	618.6
Mínima	27.9	19.8	24.8	24.0	34.1	33.0	34.1	52.7	36.0	31.0	33.0	34.1	420.2
Máxima	52.7	53.675	46.5	51	65.1	60	86.8	74.4	93	102.3	99	83.7	816.2

**GRAFICO N°2.9.**



Para una altitud de 50 msnm (estación de Fonagro) la evaporación total anual es de 1328.2 mm, a 3280 msnm (estación de Villa de Arma) el módulo anual es menor, 1234.4 mm, en la estación de San Pedro de Huacarpana, 3680 msnm, esta es de 618.6 mm. Así mismo para el análisis se ha tomado en cuenta los datos de la estación Castrovirreyna (3956 msnm.) de la cuenca vecina de Pisco, en la que se registra una evaporación total anual de 602.2 mm Ver gráfico N°2.10

En cuanto a la variación estacional de la evaporación total mensual, en la zona baja, estación Fonagro, los máximos valores, 142 mm/mes en promedio, suceden en los meses de verano (diciembre a abril), mientras que en los meses de invierno se presenta menores valores de la evaporación total mensual, 80 mm en promedio. Para Las estaciones de Villa de Arma y San Pedro de Huacarpana, ubicadas a mayores altitudes, el suceso es inverso, es decir una menor evaporación en los meses de verano y mayores valores en los meses de invierno. Ver gráficos N°2.11. de variación de la evaporación total mensual para el año promedio.

**GRAFICO N°2.10.**

**DISTRIBUCION DE LA EVAPORACION TOTAL ANUAL (mm)  
ESTACIONES METEOROLOGICAS DE TRABAJO - CUENCA SAN JUAN**

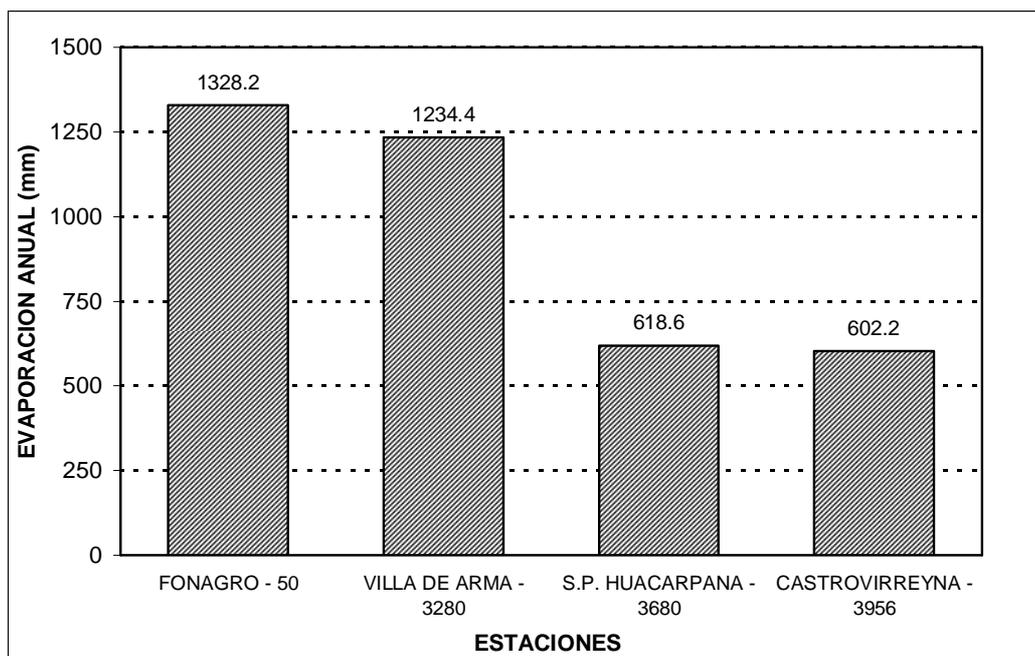
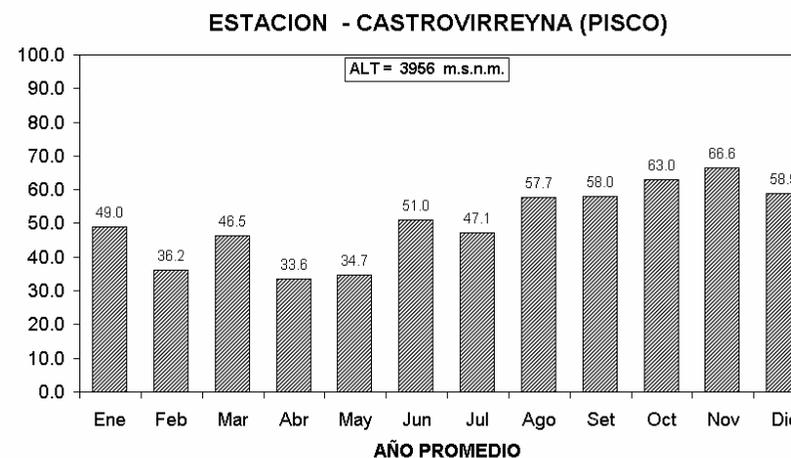
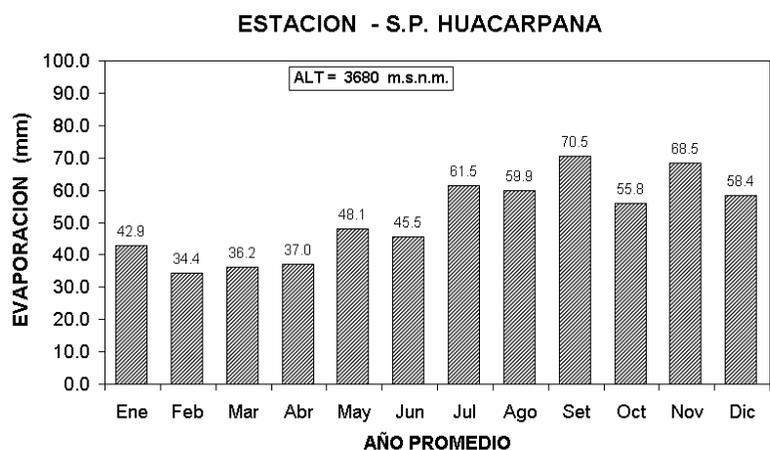
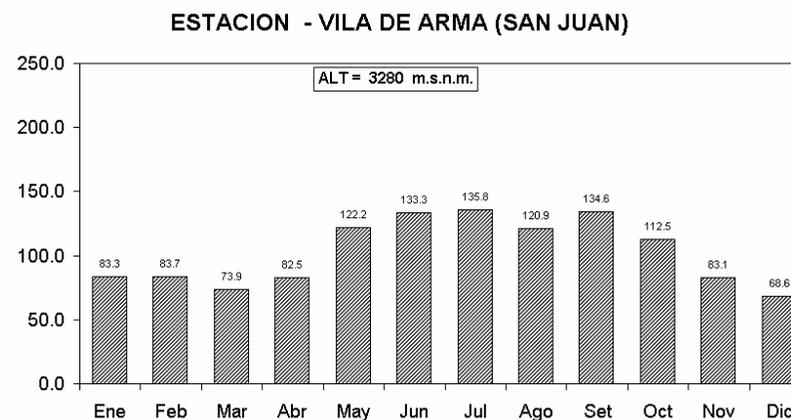
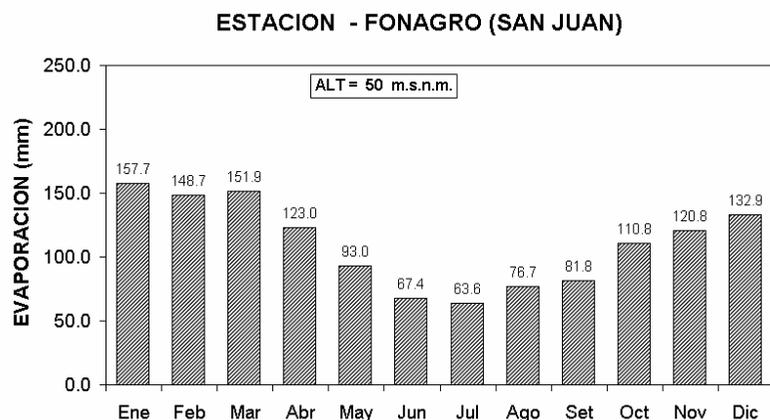


GRAFICO N°2.11.

VARIACION DE LA EVAPORACION TOTAL MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO HISTORICO - ESTACIONES DE TRABAJO CUENCA SAN JUAN



#### d. HUMEDAD RELATIVA

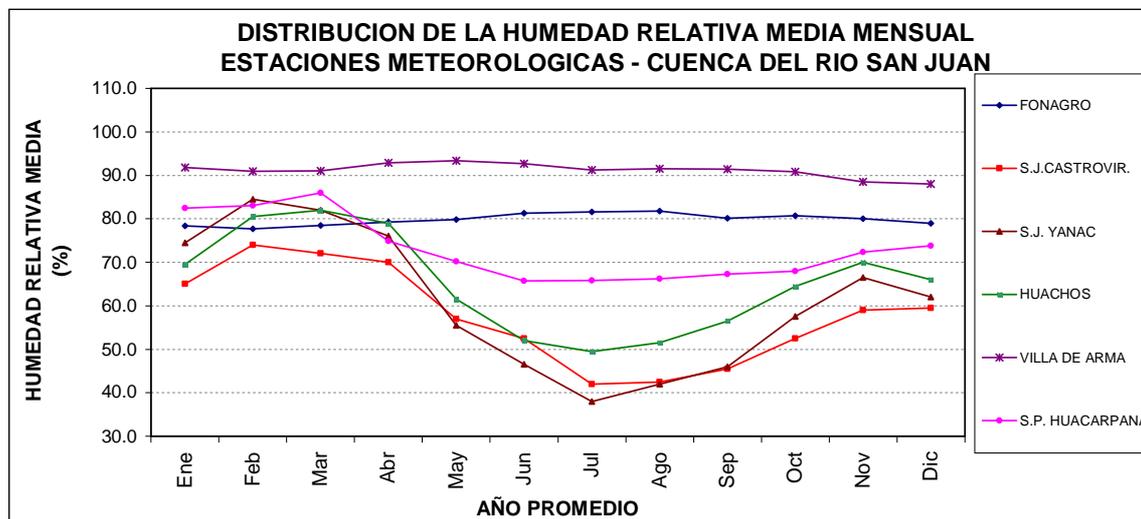
La humedad relativa media mensual en la cuenca del río San Juan es medida en las estaciones meteorológicas de Fonagro, San Juan de Castrovirreyna, San Juan de Yanac, Huachos, Villa de Arma y San Pedro de Huacarpana.

De los registros se aprecia que en las estaciones de Fonagro y Villa de Arma la variación anual es mínima, con un promedio de 90%. Para las estaciones San Pedro de Huacarpana, Huachos, San Juan de Yanac y San Juan de Castrovirreyna, la variación estacional es más acentuada, mayores valores en los meses de nov.-abr., de 73.5%, y para los meses de jun.-oct. menores valores de 51.8%. Ver cuadro N°2.11. y gráfico N°2.12.

**CUADRO N°2.11.**  
**DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)**  
**ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

FONAGRO Alt. = 50 msnm.	AÑO PROMEDIO												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	78.4	77.7	78.4	79.3	79.9	81.3	81.6	81.8	80.1	80.7	80.0	79.0	79.8
Mínima	69.0	73.5	75.0	76.0	77.0	78.5	79.0	80.5	78.0	77.5	76.0	75.0	78.1
Máxima	84.5	83.5	84	83.5	83.5	86	84	84	82.5	84	84.5	83.5	82.0
<b>S.J.CASTROVIR.</b> Alt. = 2150 msnm.													
Media	65.0	74.0	72.0	70.0	57.0	52.5	42.0	42.5	45.5	52.5	59.0	59.5	57.6
<b>S.J. YANAC</b> Alt. = 2400 msnm.													
Media	74.5	84.5	82.0	76.0	55.5	46.5	38.0	42.0	46.0	57.5	66.5	62.0	60.9
<b>HUACHOS</b> Alt. = 2680 msnm.													
Media	69.5	80.5	82.0	79.0	61.5	52.0	49.5	51.5	56.5	64.5	70.0	66.0	65.2
<b>VILLA DE ARMA</b> Alt. = 3280 msnm.													
Media	91.8	90.9	91.0	92.9	93.4	92.7	91.2	91.5	91.4	90.8	88.5	88.0	91.2
Mínima	87.0	87.5	85.5	90.0	90.5	90.5	87.0	89.5	90.5	87.5	82.0	82.0	87.5
Máxima	97.5	95.5	95	95.5	96	96	94.5	94	92.5	92	96	92	94.7
<b>S.P. HUACARPANA</b> Alt. = 3680 msnm.													
Media	82.5	83.0	86.0	74.9	70.2	65.7	65.8	66.2	67.3	68.0	72.3	73.8	73.0
Mínima	79.5	74.5	78.5	72.0	65.5	58.0	63.0	61.5	60.0	62.0	67.5	72.5	72.3
Máxima	86	88	89.5	77	74.5	75	67.5	71	75	73	79	76	74.0

**GRAFICO N°2.12.**



## 2.4.2. CLASIFICACION CLIMATICA

Para la descripción de la climatología de la cuenca se ha partido de una clasificación climática en función de índices, los que dan márgenes de parámetros adimensionales en base a información meteorológica como precipitación y temperatura. Los índices utilizados son:

### Clasificación de Thornthwaite

Índice de Precipitación efectiva:

$$PE = \sum_1^{12} \left( \frac{2.82 P_i}{1.8 T_i + 22} \right)^{10/9}$$

Índice de Temperatura efectiva:

$$TE = 5.4 * T$$

### Índice de Gasparín

Utiliza como índice de humedad del suelo referida a un año.

$$U_G = \frac{P}{50 T}$$

### Índice de Aridez de Knoche

$$I_k = \frac{nP}{100(T+10)}$$

En las anteriores ecuaciones:

- P = Precipitación total anual (mm)
- T = Temperatura media anual (°C)
- P<sub>i</sub> = Precipitación total del mes i (mm)
- T<sub>i</sub> = Temperatura media del mes i (°C)
- N = Número de días de lluvia anual

**CUADRO Nº2.12.**  
**CLASIFICACION CLIMATICA - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

SECTOR	DATOS ANUALES			INDICES DE CLASIFICACION		CARACTERISTICA	
	P (mm)	T (°C)	n (*)	DENOMINACION	Valor	CLIMA	VEGETACION
FONAGRO (50 msnm)	9.8	20.3	30.0	Thornthwaite (PE)	0.37	ARIDO	DESIERTO
				Thornthwaite (TE)	109.52	MESOTERMAL	FLORESTA MEDIA
				Gasparín (U)	0.01	SUELO MUY SECO	
				Knoche (I)	0.10	ARIDEZ EXTREMA	
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA (2150 msnm)	185.7	19.4	151.0	Thornthwaite (PE)	9.71	ARIDO	DESIERTO
				Thornthwaite (TE)	104.85	MESOTERMAL	FLORESTA MEDIA
				Gasparín (U)	0.19	SUELO MUY SECO	
				Knoche (I K)	9.53	ARIDEZ EXTREMA	
SAN JUAN DE YANAC (2400 msnm)	121.9	15.5	136.0	Thornthwaite (PE)	7.38	ARIDO	DESIERTO
				Thornthwaite (TE)	83.45	MESOTERMAL	FLORESTA MEDIA
				Gasparín (U)	0.16	SUELO MUY SECO	
				Knoche (I K)	6.51	ARIDEZ EXTREMA	
HUACHOS (2680 msnm)	440.4	15.2	166.0	Thornthwaite (PE)	30.24	SEMIARIDO	ESTEPA
				Thornthwaite (TE)	82.28	MESOTERMAL	FLORESTA MEDIA
				Gasparín (U)	0.58	SUELO SECO	
				Knoche (I K)	28.96	ARIDEZ SEVERA	
VILLA DE ARMA (3280 msnm)	563.5	12.1	196.0	Thornthwaite (PE)	46.46	SEMIHUMEDO	SABANA
				Thornthwaite (TE)	65.30	MICROTHERMAL	FLORESTA MICROTERMAL
				Gasparín (U)	0.9	SUELO SECO - HUMEDO	
				Knoche (I K)	50.00	ARIDEZ NORMAL	
SAN PEDRO DE HUACARPANA (3680 msnm)	577.9	9.5	196.0	Thornthwaite (PE)	52.33	SEMIHUMEDO	SABANA
				Thornthwaite (TE)	51.30	MICROTHERMAL	FLORESTA MICROTERMAL
				Gasparín (U)	1.22	SUELO HUMEDO	
				Knoche (I K)	58.09	ARIDEZ NORMAL	

FUENTE : PROPIA

(\*) = Número de Días de Lluvia

Con la información histórica tratada de precipitación y temperatura media mensual para las estaciones de Fonagro, San Juan de Castrovirreyna, San Juan de Yanac, Huachos, Villa de Arma y San Pedro de Huacarpana, se ha realizado la clasificación climática para las zonas con altitudes correspondientes a la ubicación de estas estaciones: 50, 2150, 2400, 2680, 3280 y 3680 m.s.n.m. respectivamente, cuyos resultados se aprecia en el cuadro N° 2.12.

Las clasificaciones climáticas encontradas son:

Cuenca baja, zona costera de Fonagro (50 msnm): Clima árido mesotermal, con vegetación desértica de floresta media, suelos muy secos, de aridez extrema.

Zona intermedia de la cuenca, San Juan de Catrovirreyna (2150 msnm): Clima árido mesotermal, con vegetación desértica de floresta media, suelos muy secos, de aridez extrema.

Ambito de inicio de la cuenca húmeda, San Juan de Yanac, (2400 msnm): Clima árido mesotermal, con vegetación desértica de floresta media, suelos muy secos, de aridez extrema.

Zona de cuenca, sobre la cuenca húmeda: Clima semi-árido mesotermal, con vegetación sabana de floresta media, suelos secos, de aridez severa.

Cuenca húmeda intermedia, zonas de Villa de Arma y San Pedro de Huacarpana (3280-3680 msnm): Clima semi-húmedo microtermal, con vegetación sabana de floresta microtermal, suelos de seco-húmedos a húmedos, de aridez normal.

Para las zonas andinas altas (sobre los 4000 msnm.), sectores de Huichinga, Turpo, Tipicocha no ha sido factible realizar una tipificación climática por la ausencia de estaciones meteorológicas, sin embargo estas están caracterizadas por tener un clima húmedo de tundra (frío), con vegetación de floresta media y de tundra (musgo), suelos muy húmedos, de aridez moderada.

## 2.5. ECOLOGIA

La descripción resumida de la ecología de la cuenca del río San Juan es coincidente con el estudio realizado por la ONERN, diferenciándose cinco formaciones ecológicas básicas que han sido mapeadas en formato digital en base a la carta nacional 1/100000. Ver Mapa Ecológico adjunto N°7 a escala gráfica.

- |                                  |   |          |
|----------------------------------|---|----------|
| 1. Desierto Pre-Montano          | : | d - PM   |
| 2. Maleza Desértico Montano bajo | : | md - MB  |
| 4. Estepa Montano                | : | e – M    |
| 5. Páramo muy Húmedo Sub-Alpino  | : | pmh – SA |
| 6. Tundra Pluvial Alpino         | : | tp - A   |

Descripción de las formaciones ecológicas:

### Formación Desierto Pre – Montano (d-PM)

Se extiende desde el litoral hasta los 2500 m. de altitud, cubriendo una extensión de 2140.60 Km<sup>2</sup> ó el 48.80% del área total estudiada (4388.68 Km<sup>2</sup>) Posee cuatro sectores de uso: Valle de costa, área agrícola de quebradas, pampas eriazas y montañas áridas. Presente un clima árido y semi-cálido, con precipitaciones que oscilan entre 0 mm en el valle y 250 mm en el sector montañoso y temperaturas medias del orden de los 17°C. La vegetación está constituida por plantas cultivadas industriales y

alimenticias muy diversificadas y por plantas naturales como cactáceas y espinosas de tipo arbóreo y arbustivo.

#### **Formación Maleza Desértica Montano Bajo (md-MB)**

Se extiende entre 2500 y 3000 m.s.n.m., cubriendo un área de 409.80 Km<sup>2</sup> ó el 9.30 % del área total (4388.68 Km<sup>2</sup>). Posee dos sectores de uso: Área agrícola de quebradas, pie de monte y montañas semi-áridas. El clima es semi-árido y templado, con precipitaciones entre 250 y 300 mm., y con temperaturas del orden de los 14°C como promedio anual, presentándose temperaturas de congelación durante los meses invernales. La vegetación consiste de plantas cultivadas de tipo alimenticio poco diversificadas y de plantas naturales como cactáceas perennes y gramíneas estacionales.

#### **Formación Estepa Montano (e-M)**

Se extiende entre 3000 y 3800 m.s.n.m., cubriendo un área de 730.00 Km<sup>2</sup> ó el 16.60% del área total estudiada (4388.68 Km<sup>2</sup>). Posee dos sectores de uso: Área agrícola de laderas y andenería y montañas sub-húmedas. El clima es sub-húmedo y frío, con precipitaciones que varían entre 300 y 500 mm anuales y temperaturas de 10°C como promedio anual. Las temperaturas de congelación son frecuentes en los meses invernales y aún en los de primavera y verano. La vegetación cultivada comprende principalmente plantas alimenticias diversificadas y de plantas naturales como gramíneas estacionales.

#### **Formación Páramo Muy Húmedo Sub-Alpino (pmh-SA)**

Se extiende entre 3800 y 4800 metros de altitud, abarcando un área de 1072.60 Km<sup>2</sup> o el 24.50% del área total (4388.68 Km<sup>2</sup>). Posee dos sectores de uso: Puna ó páramo y bosques residuales. En su primer nivel, comprendido entre 3800 y 4100 m.s.n.m., ofrece un clima húmedo y frígido, es decir con precipitaciones de 500 a 900 mm y temperatura del orden de 5 °C, siendo la temperatura de congelación frecuente todo el año. La vegetación en general es de tipo natural y comprende gramíneas forrajeras y bosques residuales de quinuar y quishuar.

#### **Formación Tundra Pluvial Alpina (tp-A)**

Se extiende entre la formación anterior y la divisoria continental (5000 m.s.n.m.) y comprende un área de 32.60 Km<sup>2</sup> o sea el 0.70% del área total (4388.68 Km<sup>2</sup>). El clima es pluvial y gélido, con precipitaciones mayores de 700 mm como temperatura media anual y con temperaturas mínimas bajo 0°C. La vegetación natural es de tipo cespitoso y almohadillado.

En los cuadros **N°2.13. y 2.14.** se muestra las características medio ambientales y climáticas, área de influencia, tipo de actividad y potencial agropecuario según las formaciones ecológicas existentes.

**CUADRO N°2.13.**  
**FORMACIONES ECOLOGICAS - CARACTERISTICAS MEDIO-AMBIENTALES**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

Formaciones Ecológicas	Sectores	Características Medio - Ambientales	Superficie Ha	Porcentaje %
<b>DESIERTO PRE MONTANO (d - PM)</b>	Valle Agrícola de Costa	Clima per-árido y semi-calido suelos aluviales, relieve plano agricultura intensiva y diversificada	302.8	6.9
	Valle Agrícola de Quebradas	Clima per-árido y semi-calido, suelos coluvio-aluvio, relieve semi-accidentado y agricultura semi-intensiva	58.9	1.3
	Pampas Eriazas	Clima per-árido y semi-calido, suelos mayormente eólicos, relieve plano a ondulado, vegetación halofítica y xerofítica	218.6	5.0
	Montañas Aridas	Clima per-árido y semi-cálido, suelos residuales, relieve muy accidentado y vegetación natural xerofítica	1,560.3	35.6
<b>MALEZA DESERTICO MONTANO BAJO (md - MB)</b>	Area Agrícola de Quebrada y Pie de Monte	Clima semi-árido y templado, suelos superficiales, topografía muy accidentada. Agricultura rudimentaria de subsistencia.	48.2	1.1
	Montañas Semi-áridas	Clima semi-árido y templado, suelos litos sólidos, topografía muy accidentada, vegetación xerofita y graminal	361.6	8.2
<b>ESTEPA MONTANO (e-M)</b>	Area Agrícola de Ladera y Andenería	Clima sub-húmedo y frío, suelos superficiales, topografía accidentada, agricultura rudimentaria	65.2	1.5
	Montañas Sub-húmedas	Clima sub- húmedo y frío, suelos litosálidos, topografía muy accidentada, vegetación graminal estacional.	664.8	15.1
<b>PARAMO MUY HUMEDO SUB-ALPINO (pmh - SA)</b>	Puna o Páramo	Clima muy húmedo y frígido, suelos volcánicos, topografía accidentada, vegetación graminal (pastos)	1,042.1	23.7
	Bosques Residuales	Clima muy húmedo y frígido, suelos volcánicos, topografía accidentado, vegetación arbustiva y arbórea.	30.5	0.7
<b>TUNDRA PLUVIAL ALPINO (tp - A)</b>	Montañas Pluviales	Clima pluvial y gélidos, suelos volcánicos y líticos, topografía accidentada, vegetación despitosa.	32.6	0.7
	Nevados		3.0	0.1
<b>TOTAL</b>			<b>4,388.6</b>	<b>100.0</b>

FUENTE : ONERN

**CUADRO N°2.14.**  
**PRICIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS FORMACIONES ECOLÓGICAS**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

<b>FORMACION ECOLOGICA</b>	<b>Altitud (m.s.n.m.)</b>	<b>Temperatura Promedio Anual (C°)</b>	<b>Precipitación Promedio Anual (mm)</b>	<b>Tipo de Actividad</b>	<b>Potencial Agropecuario</b>
Desierto Pre-Montano (d-PM)	0 a 2,500	19 a 16	0 a 250	Agricultura y ganadería	Excelente
Matorral Desértico Montano Bajo (md-MB)	2,500 a 3,000	16 a 12	250 a 300	Agricultura subsistencia muy	Malo
Estepa Montano (e-M)	3,000 a 3,800	12 a 8	300 a 500	Agricultura de subsistencia	Regular
Páramo Muy Húmedo Sub – Alpino (pmh-SA)	3,800 a 4,800	8 a 2	500 a 900	Ganadería extensiva	Bueno
Tundra Pluvial (tp-A)	4,800 a 5,000	2 a 0	900	Pastoreo restringido	Muy Malo

FUENTE : ONERN

## MAPA – 7 ECOLOGIA

## 2.6. GEOLOGIA

El estudio de la geología de la cuenca del río San Juan ha sido realizado por la ONERN y por INGEMET; para los fines del presente estudio se ha visto por conveniente tomar la información realizada por la ONERN para su aplicación en la generación de otros mapas temáticos como el de suelo hidrológico y número de curva de escurrimiento. Esta Información cartográfica se ha llevado a nuestro mapa base del IGN en formato digital, el cual se aprecia en el mapa Geológico adjunto **N°8** a escala gráfica.

En el cuadro **N°2.15.** se resume las formaciones geológicas que afloran en la cuenca, predominando la formación Serie Batolito Andino del periodo cretáceo terciario de la era mesozoica, es la tiene mayor influencia areal en la cuenca (33%), la formación Abigarrada del periodo Terciario Superior de la era Cenozoico, la que abarca la cuenca alta, entre los 2400 msnm aproximadamente y la divisoria de cuenca. El cuadro **N°2.16.** muestra la descripción estratigráfica en la cuenca, indicando para cada formación su litología correspondiente.

**CUADRO N°2.15.  
FORMACIONES GEOLOGICAS  
CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

ERA	PERIODO	FORMACION	SIMBOLO	SUPERFICIE (KM2)	PORCENTAJE (%)
CENOZOICO	CUATERNARIO	Depósitos Marinos	<b>Q-ma</b>	6.6	0.2
		Depósitos Fluviales	<b>Q-f</b>	85.1	1.9
		Depósitos Fluvio-Aluviales	<b>Q-fal</b>	364.5	8.3
		Depósitos Aluviales	<b>Q-al</b>	205.7	4.7
		Depósitos Morrénicos	<b>Q-mo</b>	1.3	0.0
		Formación Topará	<b>Q-t</b>	86.4	2.0
	TERCIARIO SUPERIOR	Serie Volcánica Superior	<b>TQ-v</b>	813.0	18.5
		Serie Abigarrada	<b>T-sa</b>	1083.5	24.7
		Serie Pisco	<b>T-p</b>	1.0	0.0
MESOZOICO	CRETACEO MEDIO	Grupo Machay	<b>Km</b>	193.7	4.4
	JURASICO SUPERIOR	Formación Puente Piedra	<b>JsK</b>	102.2	2.3
	CRETACEO-TERCIARIO	Batolito Andino	<b>KT-i</b>	1446.6	33.0
<b>TOTAL</b>				<b>4389.6</b>	<b>100.0</b>

FUENTE : ONERN - IGN

**CUADRO N°2.16.  
SECUENCIA ESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS  
CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

influencia de Recursos Hídricos

ERA	SISTEMA	FORMACION	LITOLOGIA
	<b>A. ROCAS SEDIMENTARIAS</b>		
		Depósitos Marinos	Gravas y arena de grano fino a medio. no consolidadas



## MAPA – 8 GEOLOGIA

## **2.7. EDAFOLOGIA**

### **2.7.1. GRANDES GRUPOS DE SUELOS**

En la descripción de los grandes grupos de suelos por asociaciones en la cuenca del río San Juan, para los fines de generación de otros mapas temáticos como el de suelo hidrológico y número de curva de escurrimiento, se ha considerado la clasificación realizada por la ONERN, resumida en el cuadro N° 2.17. y digitalizada cartográficamente en el mapa N°9 de Grandes Grupos de Suelo.

En la cuenca se han tipificado ocho asociaciones de suelos, que representan agrupaciones de unidades taxonómicas asociadas según similares ocurrencias geográficas, geológicas y topográficas; estas son:

1. Asociación Fluviosol Eutríco (Irrigado)
2. Asociación Fluvisol Eutríco (seco)
3. Asociación Solonchak Gleico - Fluvisol Oleico
4. Asociación Solonchak Ortico
5. Asociación Lítico (no suelo) - Litosol Desértico
6. Asociación Litosol Andino
7. Asociación Páramo Andosol (Víttrico) - Litosol Andino
8. Asociación Lítico - Nival

La Asociación Lítico (no suelo) - Litosol Desértico es la que ocupa mayor área de la cuenca (38.2%) y corresponde a la subcuenca media 2 del río San Juan, la otra asociación de importancia por la superficie ocupada es la Asociación Páramo Andosol (Víttrico) Litosol Andino, correspondiente a la cuenca alta del río San Juan.

Para los fines agrológicos son importantes las asociaciones Fluviosol Eutríco (Irrigado) y Asociación Fluvisol Eutríco (seco), correspondientes al valle costero de Chíncha.

**CUADRO N°2.17.**  
**ASOCIACION DE GRANDES GRUPOS DE SUELOS**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

GRUPOS DOMINANTES DE SUELOS	SIMBOLOGIA			Superficie (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
	Suelo	Pendiente	Cap. de Uso		
FLUVISOL EUTRICO (Irrigado)	<b>Fe(i)</b>	a	I a III	354.90	8.1
FLUVISOL EUTRICO (Seco)	<b>Fe(s)</b>	a	VIII	119.00	2.7
SOLONCHAK GLEICO-FLUVISOL GLEICO	<b>Sg Fg</b>	a	VIII	11.00	0.3
SOLONCHAK ORTICO	<b>So</b>	a	IV y VIII	157.90	3.6
LITICO (No suelo)-LITOSOL DESERTICO	<b>L Ld</b>	c	VIII / VII	1,677.70	38.2
LITOSOL ANDINO	<b>La</b>	c	VII, VIII, IV	948.70	21.6
PARAMO ANDOSOL (Vitrico)--LITOSOL ANDINO	<b>Pa La</b>	bc	VII y VIII	1,116.40	25.4
LITICO-NIVAL	<b>LN</b>	c	VIII	3.00	0.1
<b>TOTAL</b>				<b>4,388.60</b>	<b>100.00</b>

CLASES DE CAPACIDAD DE USO			CLASES DE PENDIENTES	
TIPO DE AGRICULTURA	CLASE	CARACTERISTICAS GENERALES	TIPO	DESCRIPCION
Intensiva	<b>I</b>	Tierras muy buenas para cultivos intensivos y otros usos. Arable	<b>a</b>	a nivel a ondulado
	<b>II</b>	Tierras buenas para cultivos, intensivas y otros usos. Arables.	<b>b</b>	colinado a monticulado
	<b>III</b>	Tierras inadecuadamente buena para cultivos intensivos y otros usos. Arables.	<b>c</b>	disectada a montañosa
	<b>IV</b>	Tierras regulares para cultivos intensivas y otros usos. Arables. Marginales para agricultura intensiva.	<b>m</b>	cementada
Permanente	<b>V</b>	Tierras no apropiadas para pastoreo intensiva. Generalmente no arable.	<p>La letra que sigue al símbolo de la Asociación representa la pendiente dominante y otras características.</p>	
	<b>VI</b>	Tierras apropiadas para cultivos permanentes pastoreo y forestales. No arables.		
Marginal	<b>VII</b>	Tierras regulares ó marginales aparentes solo para pastoreo intensivo y forestales. No arables.		
Sin Uso	<b>VIII</b>	Tierras no apropiadas para fines agropecuarias ni forestales.		

**FUENTE : ONERN**

## MAPA - 9

### 2.7.2. USO MAYOR DE SUELOS

En cuanto al uso mayor y potencial de los suelos en la cuenca del río San Juan se ha elaborado información temática cartográfica digitalizada, teniendo como fuentes base a la Carta Nacional 1/100000 del IGN e información temática del mapa de uso mayor de suelos en la cuenca del río San Juan, elaborado por la ONERN.

El mapeo corresponde a cuatro usos mayores de los suelos en la cuenca: Cultivado, pastizales óptimos, pastizales pobres y suelos sin cultivo. El mayor uso es de suelos sin cultivo (42.1% del área total de la cuenca), correspondiente en su mayor parte a la subcuenca media 2 del río San Juan, seguido de suelos con pastizales pobres (28.2%), correspondiente a la cuenca alta del río San Juan. La superficie de suelo con características de cultivado es de sólo 8.1% del total de la cuenca.

La cobertura superficial de estos usos, respecto al área total de la cuenca se muestra en el cuadro **Nº 2.18.** y la representación cartográfica digitalizada en el mapa **Nº10** de uso mayor de tierras a escala gráfica.

**CUADRO Nº2.18.**  
**AGRUPACION DEL USO DE SUELO**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

CARACTERISTICAS	AREA (KM <sup>2</sup> )	SUPERFICIE (%)
CULTIVADO	354.9	8.1
PASTIZALES OPTIMA	948.6	21.6
PASTIZALES POBRE	1,235.5	28.2
SIN CULTIVO	1,849.6	42.1
<b>TOTAL</b>	<b>4,388.6</b>	<b>100.0</b>

FUENTE : ONERN

### 2.7.3. SUELO HIDROLOGICO

La caracterización de los suelos de la cuenca desde un punto de vista hidrológico se ha obtenido a través de la confección de un mapa de suelo hidrológico mediante la superposición de las capas digitalizadas de los mapas base: carta nacional, geológico y grandes grupos de suelo de la cuenca del río San Juan. Se ha encontrado cuatro tipos de suelo hidrológico en la cuenca: A, B, C y D. Considerando el mayor área de cuenca, sobresale el tipo de **suelo C** (49.6% del área de cuenca) cuyas características son arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcillas, este tipo es coincidente con la cuenca húmeda. La representación cartográfica digitalizada se distingue en el siguiente mapa **Nº11** de suelo hidrológico de la cuenca a escala gráfica.

## MAPA – 10

## MAPA - 11

## 2.8. GEOMORFOLOGIA

### 2.8.1. DESCRIPCION DE LA CUENCA

La cuenca del río San Juan se ubica en la parte central de la vertiente hidrográfica del Océano Pacífico, la dirección de su colector principal, río San Juan, sigue una dirección preferentemente NE – SW, común a los otros ríos costeros.

La cuenca posee una superficie total de 4388.6 Km<sup>2</sup>, a la que le corresponde un 2267.6 Km<sup>2</sup> (51.70%) de área de cuenca húmeda a partir de la isoyeta total anual 300 mm (2400 m.s.n.m.). Definimos a la cuenca húmeda al ámbito hidrográfico sobre la que ocurren precipitaciones efectivas. En la cuenca seca, correspondiente a la cuenca baja y media se ubica el valle de Chíncha, área agrícola total de 24.47 Km<sup>2</sup> y 24.36 Km<sup>2</sup> bajo riego.

En general el relieve de la cuenca del río San Juan es común a otras cuencas costeras, con forma alargada, de fondo profundo y fuertes pendientes, mostrando una fisiografía escarpada y en partes abrupta, cortada frecuentemente por quebradas profundas y estrechas gargantas. En la cuenca se distingue dos zonas perfectamente diferenciadas, la zona montañosa enmarcada por una cadena de cerros en dirección hacia el Océano Pacífico, la cual cubre el 90% de la cuenca y el 10% restante por la zona de valle, enmarcado en una llanura aluvial o cono de deyección.

El río San Juan es el principal colector de la cuenca, es de sexto orden y drena las escorrentías superficiales hacia el Océano Pacífico, efectuando un recorrido de 148.30 Km, desde sus nacientes en la microcuenca Jeñuascancho.

### TIPIFICACION Y SUBDIVISION HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

La denominación de las sub-unidades hidrográficas de la cuenca se ha realizado siguiendo los lineamientos de la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas que se viene implementando en la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA a nivel del Perú, método Otto Pfafstetter (USGS-EEUU), la cual designa un código a cada unidad hidrográfica en función del tamaño de su área de drenaje. Ver el cuadro N°2.19. y el mapa N°12 de divisoria de cuenca a escala gráfica.

**CUADRO N°2.19.**  
**DELIMITACION HIDROGRAFICA - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**  
**METODO PFAFSTETTER (USGS-EEUU)**

N°	SUBCUENCA	CODIGO USGS	SUPERFICIE (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
1	BAJA RIO SAN JUAN	135731	1,429.0	32.6
2	QDA. ALMACEN	135732	231.4	5.3
3	MEDIA 1 RIO SAN JUAN	135733	1.7	0.0
4	QDA. AYOQUE	135734	399.6	9.1
5	MEDIA 2 RIO SAN JUAN	135735	945.3	21.5
6	RIO ARMA	135736	476.8	10.9
7	RIO TANTARA	135737	354.3	8.1
8	RIO COLCABAMBA	135738	220.7	5.0
9	ALTA RIO SAN JUAN	135739	329.8	7.5
<b>TOTAL</b>		<b>13573</b>	<b>4,388.6</b>	<b>100.0</b>

## MAPA - 12

La cuenca del río San Juan está conformada por nueve subunidades hidrográficas: Intercuenca Baja del río San Juan, Intercuenca Media 1 del río San Juan, Intercuenca Media 2 del río San Juan, Intercuenca Tantarará, Subcuenca de la quebrada Almacén, subcuenca de la quebrada Ayoque, subcuenca del río Arma, subcuenca del río Colcabamba y subcuenca Alta del río San Juan. Las tres últimas unidades y la intercuenca Tantarará son las que tienen un efectivo aporte hídrico, al conformar la cuenca húmeda, las subcuencas Almacén y Ayoque drenan agua estacionalmente, es decir sólo en temporada lluviosa.

### **SUBCUENCA BAJA SAN JUAN**

Ocupa una superficie de 1429.05 Km<sup>2</sup>, 32.56% del total del área de la cuenca. Esta subcuenca es la correspondiente a la cuenca seca, es decir que las precipitaciones localizadas en esta superficie no satisfacen la demanda del valle y el agua utilizada es recibida por las subcuencas que se encuentran aguas arriba de esta.

En esta subcuenca el cauce del río San Juan tiene un comportamiento meándrico y se ubica dentro del cono de deyección de la cuenca, presenta dos cauces uno con pendiente de 1.58 %, denominado "río Chico" y el otro 1.49 %, "río Matagente".

### **SUBCUENCA ALMACEN**

La subcuenca ocupa una superficie de 231.37 Km<sup>2</sup>, que representa el 5.27% del total de la cuenca, gran parte de esta subcuenca pertenece a la cuenca seca, ocupando 34.63 Km<sup>2</sup> del área húmeda. Presenta una pendiente media de 12.66%.

Tienen su origen en la microcuenca alta Huañupiza o Huanupiza; en esta microcuenca la quebrada toma el nombre de Huanupiza (posteriormente Almacén). Al finalizar esta microcuenca se une en su margen derecha a la quebrada Acoya (microcuenca Acoya); posteriormente a 3.85 Km aguas abajo de la anterior confluencia, en la margen izquierda se une la quebrada Pati (microcuenca Pati), formando la quebrada Almacén. A 6.26 Km. de la confluencia que dio el nombre de quebrada Almacén, en la margen derecha, se une la quebrada Tarapuquio (microcuenca Tarapuquio), finalmente a 3.76 Km. en la margen derecha se une la quebrada Condortana (microcuenca Condortana); para que luego de 18.87 Km. desemboque al río San Juan. Las quebradas en esta subcuenca son secas por estar en la cuenca seca.

### **SUBCUENCA AYOQUE**

Ocupa una superficie de 399.62 Km<sup>2</sup> que representa el 9.11% del total de la cuenca, gran parte de esta pertenece a la cuenca seca (2751.138Km<sup>2</sup>), ocupando 128.42 Km<sup>2</sup> del área húmeda. Presenta una pendiente media de 12.66%.

Tienen su origen en la microcuenca Lambras; en esta microcuenca el río se llama Lambras se encuentra en la cuenca húmeda los anexos que se encuentran son Bellavista y Liscay (distrito de San Pedro de Huacarpana). Al finalizar esta microcuenca se une en su margen izquierda a la quebrada Tunsho (microcuenca Tunsho), formando la quebrada Yanac; posteriormente a 2.17 Km. aguas abajo de la anterior confluencia, en la margen izquierda se une la quebrada Sicsicalla (microcuenca Sicsicalla). Posteriormente a 4.27 Km. aguas abajo de la confluencia anterior en la margen izquierda se une la quebrada Alta Pallpa (microcuenca Alta Pallpa), finalmente a 3.01 Km. en la margen derecha se une la quebrada Quimpira (microcuenca Quimpira), formando la quebrada Ayoque; para que luego de 27.75 Km. desemboque al río San Juan. Las quebradas en esta subcuenca son secas por estar en la cuenca seca.

### **SUBCUENCA MEDIA 1 SAN JUAN**

La existencia física de esta sub-unidad hidrográfica es debido a la metodología empleada de delimitación hidrográfica (Pfafstetter).

La subcuenca Media 1 San Juan tiene una superficie de 1.70 Km<sup>2</sup>, representando sólo el 0.04% del total, correspondiente a la cuenca seca; políticamente está circunscrita en la provincia de Chincha, distrito de Alto Larán.

Por esta sub-unidad discurre el río San Juan, ya con un orden 6.

### **SUBCUENCA MEDIA 2 SAN JUAN**

Esta subcuenca ocupa una superficie de 945.34 Km<sup>2</sup> que representa el 21.54% del total de la cuenca, gran parte de esta pertenece a la cuenca seca (2751.138Km<sup>2</sup>), ocupando 177.16 Km<sup>2</sup> del área húmeda. Presenta una pendiente media de 3.45%.

Su curso final se origina en la microcuenca Cochac; en esta microcuenca el río empieza a llamarse río San Juan producto de la confluencia entre el río Huachos y Tantar. Al finalizar esta microcuenca se une en su margen izquierda al río Cacaro (microcuenca Cacaro), este río es principal en esta subcuenca ya que en todo el año escurre agua, y en sus orígenes se encuentra el poblado de Capillas Norte (distrito) y anexos; posteriormente a 13.10 Km. agua abajo de la anterior confluencia, en la margen izquierda se une la quebrada Chapa (microcuenca Chapa). Luego a 17.21 Km. aguas abajo de la confluencia anterior en la margen derecha se une la quebrada Lunche (microcuenca Lunche), finalmente a 2.06 Km. en la margen izquierda se une la quebrada Santa Catalina (microcuenca Santa Catalina), después de 11.48 Km. la subcuenca se une con la subcuenca Ayoque y Media 1 San Juan.

### **SUBCUENCA ARMA**

La subcuenca tiene una superficie de 476.83Km<sup>2</sup>, 10.87% del total de la cuenca, gran parte de esta subcuenca pertenece a la cuenca húmeda. Presenta una pendiente media de 10.00%

Se origina en la microcuenca Atajaga, con la denominación de Atajaga; al finalizar esta microcuenca se une en su margen derecha al río Chupahuco (microcuenca Chupahuco), formando el río Pampa Arcco, que luego se llamará Quisuar (microcuenca Alta Quisuar); posteriormente a 11.83Km aguas abajo de la anterior confluencia, en la margen izquierda se une el río Cotas (microcuenca Cotas). Luego a 1.92 Km. agua abajo de la confluencia anterior en la margen derecha se une el río Arma (microcuenca Alta Arma), el río principal cambia de nombre de Quisuar a Arma, finalmente a 7.83 Km. en la margen izquierda confluye con el río Huachos (microcuenca Huachos), el río principal cambia de nombre a Huachos, hasta avanzar 3.56 Km. en donde confluye con el río Tantar (subcuenca Tantar), dando origen al río san Juan (subcuenca Media 2 san Juan).

### **SUBCUENCA TANTARÁ**

La subcuenca tiene una superficie de 354.27Km<sup>2</sup>, que representa el 8.07% de la cuenca, gran parte de esta subcuenca pertenece a la cuenca húmeda (2751.138Km<sup>2</sup>), ocupando 278.01Km<sup>2</sup> del área de cuenca seca (1637.55 Km<sup>2</sup>). Presenta una pendiente media de 5.13%

Su inicio es en la microcuenca Aurahua, donde el río empieza a llamarse río Tantaré producto de la confluencia entre el río Colcabamba (subcuenca Colcabamba) y San Juan (subcuenca San Juan Alta). Al finalizar esta microcuenca se une en su margen derecha al río Collpahuaycco (microcuenca Collpahuaycco); posteriormente a 8.49 Km aguas abajo de la anterior confluencia, en la margen derecha se une al río Jerucancho (microcuenca Jerucancho) cuyas aguas nacen de las lagunas Huamicocha y Chiribamba. Luego a 13.82 Km aguas abajo de la confluencia anterior, en la margen izquierda, se une la quebrada Cascani (microcuenca Cascani), finalmente a 2.06 Km en la margen derecha se une la quebrada Pati (microcuenca Pati), después de 6.06 Km. el río Tantaré se une con el río Huachos (subcuenca Arma), formando el río San Juan (subcuenca Media 2 San Juan).

### **SUBCUENCA COLCABAMBA**

La subcuenca ocupa una superficie de 220.65Km<sup>2</sup> que representa el 5.03% del total de la cuenca, se encuentra en la cuenca húmeda. Presenta una pendiente media de 5.09% .

Se origina en la microcuenca Turpo; en esta microcuenca el río se llama Puente San Eugenio, este se origina en la unión de los ríos Acco (nace de la laguna Turpo) y Ñuñunga (nace de la laguna Ñuñunga); al finalizar esta microcuenca se une en su margen izquierda al río Patahuasi (microcuenca Patahuasi); luego a 3.24 Km agua abajo de la anterior confluencia, en la margen izquierda se une el río Paccha (microcuenca Yanaranra). Posteriormente a 4.12 Km aguas abajo de la confluencia anterior en la margen derecha se une el río Poroncancho (microcuenca Poroncamcha), en este punto el río principal cambia de nombre de Puente San Eugenio a Sahuinto, finalmente a 7.62 Km en la margen derecha se une el río Huacoto (microcuenca Huaoto), el río principal cambia de nombre a Colcabamba, hasta avanzar 7.62 Km en donde confluye con el río San Juan (subcuenca San Juan Alta), dando origen al río Tantaré (subcuenca Tantaré).

### **SUBCUENCA ALTA SAN JUAN**

Esta unidad hidrográfica, origen del río San Juan, tiene una superficie de 329.84Km<sup>2</sup>, 7.52% del total de la cuenca, se inscribe en la cuenca húmeda. Presenta una pendiente media de 4.82%

Tienen su origen en la microcuenca Jeñuascancho; en esta microcuenca el río se llama Jeñuascancho, confluencia de los ríos Ayamachay (nace de las lagunas Tacracocha, Jatuncocha, Yarjancocha entre otras) y Choga (nace de la laguna Chogacocha); al finalizar esta microcuenca se une en su margen izquierda al río Huchuychaca (microcuenca Huchuychaca), formando el río Palmadera (microcuenca Palmadera); posteriormente a 8.53 Km aguas abajo de la anterior confluencia, en la margen derecha se une el río Huichinga, el cual nace de la laguna represada del mismo nombre (microcuenca Huichinga) , formando el río San Juan (microcuenca San Juan). Posteriormente a 0.30 Km aguas abajo de la confluencia anterior en la margen izquierda se une el río Tinco (microcuenca Tinco), finalmente a 6.39 Km, en la margen derecha, se une el río Chocoro (microcuenca Chocoro), el río principal sigue llamándose San Juan hasta avanzar 2.08 Km. en donde confluye con el río Colcabamba (subcuenca Colcabamba), dando origen al río Tantaré (subcuenca Tantaré).

#### **2.8.2. PARAMETROS DE FORMA DE LA CUENCA**

En toda cuenca la respuesta hidrológica del sistema está influenciada por sus características geomorfológicas. Claro que esta dependencia es determinada además por

varios otros factores, como su geología, tipo de suelo, cobertura vegetal y principalmente clima. Es importante mantener la consideración que la geomorfología en una cuenca está representada por parámetros de carácter estático y sus características hidrológicas son altamente estocásticas.

Se ha determinado valores de los parámetros de forma y relieve de la cuenca del río San Juan de mayor importancia e interpretación; que se resumen en el Cuadro **Nº 2.20**.

Los parámetros geomorfológicos han sido obtenidos del mapa base digitalizado, carta nacional 1/100000 del IGN, trabajados con asistencia de los software ARCINFO y ARCVIEW.

- **Area de la cuenca (At)**

La cuenca del río San Juan tiene una superficie de 4388.6 Km<sup>2</sup>, de las sub-unidades hidrográficas la que tiene mayor área es la subcuenca baja, 32.6% del total. Las subcuencas Almacén, Ayoque, Arma, Tantará, Colcabamba y Alta San Juan tienen superficies del mismo orden y equivalentes en promedio a 7.6% del total; la subcuenca Media 2 tiene una superficie de 945.3 Km<sup>2</sup>, 21.5% del total; la subcuenca media 1 es la de menor área, 0.04% del total. Ver datos valores del cuadro **Nº2.20**.

- **Coefficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (Kc)**

Los valores altos de este parámetro, que relaciona el área y perímetro, nos indica una alta tendencia a las crecientes, como es el caso de las subcuencas Almacén, Ayoque, Arma, Tantará, Colcabamba y Alta San Juan, cuyos coeficientes de compacidad promedian el valor de 4.29. Para la cuenca este valor es 1.59. La subcuenca Baja tiene el menor valor, 1.16, por lo que representa un área atenuante de las crecientes que pudieran suceder del río San Juan. Ver el cuadro **Nº2.20**.

- **Factor de Forma (Ft)**

El factor de forma hallado para la cuenca del río San Juan, de 0.32, lo cual explica o describe su forma alargada, como también es el caso de las subcuencas Almacén y Ayoque. Sin embargo las otras subcuencas integrantes poseen factores de forma mayores, del orden de 0.81, evidenciando superficies con un mayor ancho medio, respecto a su mayor longitud, es decir mayor capacidad receptora de precipitaciones pluviales. Ver datos valores del cuadro **Nº2.20**.

- **Ancho Medio (AM)**

En concordancia con el significado de los anteriores parámetros descritos, se tiene que las subcuencas Almacén y Ayoque, con un menor ancho medio de cuenca, 7.1 Km en promedio, son las unidades más alargadas, con menor capacidad receptora de precipitaciones y las más vulnerables a crecientes, el ancho medio de la cuenca es 37.7 Km; La subcuenca Baja tiene el mayor ancho, 49.62 Km.. Ver datos valores del cuadro **Nº2.20**.

**CUADRO Nº2.20.  
PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA Y SUBCUENCAS DEL RIO SAN JUAN**

PARAMETROS				CUENCA SAN JUAN	SUBCUENCA											
					BAJA RIO SAN JUAN	QDA. ALMACEN	MEDIA 1 RIO SAN JUAN	QDA. AYOQUE	MEDIA 2 RIO SAN JUAN	RIO ARMAS	RIO TANTARA	RIO COLCABAMBA	ALTA RIO SAN JUAN			
<b>SUPERFICIE TOTAL DE LA CUENCA</b>				At	Km2	4388.60	1429.00	231.40	1.70	399.60	945.30	476.80	354.30	220.70	329.80	
<b>PERIMETRO</b>				P	Km	377.00	156.40	212.70	5.80	252.40	422.60	333.30	253.90	369.30	239.90	
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	FACTOR DE FORMA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)	$Kc = 0.282 P / (At)^{0.5}$	1	1.59	1.16	3.92	1.25	3.54	3.85	4.27	3.78	6.96	3.70	
			Longitud (// al curso más largo)	LB	Km	116.40	28.80	37.90	1.30	47.70	40.60	27.30	27.30	19.70	22.40	
		Ancho Medio	AM = At / LB	Km	37.70	49.62	6.11	1.31	8.38	23.28	17.47	12.98	11.20	14.72		
		Factor de Forma	Ff = AM / LB^2	1	0.32	1.72	0.16	1.01	0.18	0.57	0.64	0.48	0.57	0.66		
		RECTANGULO EQUIVALENTE	Lado Mayor	$L = (P + (P^2 - 16 \cdot At)^{0.5}) / 4$	Km	161.29	49.09	104.13	2.08	122.95	206.73	163.74	124.09	183.45	117.13	
			Lado Menor	B = At/L	Km	27.21	29.11	2.22	0.82	3.25	4.57	2.91	2.86	1.20	2.82	
SISTEMA DE DRENAJE	GRADO DE RAMIFICACION	LONGITUD TOTAL	ORDEN 1		Km	1964.36	606.30	134.19	0.00	211.85	418.35	210.95	124.51	108.99	149.21	
			ORDEN 2		Km	629.55	215.20	29.37	0.00	63.84	129.79	55.68	48.55	28.12	59.00	
			ORDEN 3		Km	291.92	132.50	9.65	0.00	6.86	35.53	47.41	12.94	17.59	29.43	
			ORDEN 4		Km	176.67	32.30	28.89	0.00	45.84	18.21	28.62	0.00	10.28	12.53	
			ORDEN 5		Km	48.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	37.65	7.65	0.00	
			ORDEN 6		Km	103.87	54.70	0.00	1.34	0.00	47.82	0.00	0.00	0.00	0.00	
	NUMERO DE RIOS PARA LOS DIFERENTES GRADOS DE RAMIFICACION			ORDEN 1		1	954	305	57	0	94	157	107	64	70	100
				ORDEN 2		1	218	69	13	0	21	31	23	14	21	26
				ORDEN 3		1	47	16	4	0	4	7	5	3	5	3
				ORDEN 4		1	11	2	1	0	1	2	2	0	2	1
				ORDEN 5		1	3	0	0	0	0	0	1	1	1	0
				ORDEN 6		1	4	2	0	1	0	1	0	0	0	0
		Longitud Total de los Ríos de Diferentes Grados	Lt	Km	3215.23	1041.00	202.11	1.34	328.39	649.69	346.23	223.65	172.64	250.18		
		Número de Ríos para los diferentes Grados	Nº Ríos	1	1237	394	75	1	120	198	138	82	99	130		
		Longitud de Ríos Principales	Lr	Km	148.30	30.60	44.60	1.30	55.20	47.80	35.60	37.70	24.30	30.90		
		Densidad de Drenaje	Dd = Lt / At	Km / Km2	0.73	0.73	0.87	0.79	0.82	0.69	0.73	0.63	0.78	0.76		
		Relación de Bifurcación	Rb = N°Rn/N°R(n+1)	1	3.54	5.58	3.88	---	4.58	4.33	3.44	----	3.01	5.17		
		Longitud de Flujo de Superficie	Lo = 1/(2Dd(1-lc/lp)^0.5)	1	0.69	0.69	0.59	0.64	0.63	0.73	----	0.81	0.66	0.68		
	Extensión Media para los diferentes Grados	Es = At / 4.Lt	Km	0.34	0.34	0.29	0.32	0.30	0.36	0.34	0.40	0.32	0.33			
	Frecuencia de los Ríos	Fr = N°Ríos / At	r / Km2	0.28	0.28	0.32	0.59	0.30	0.21	0.29	0.23	0.45	0.39			
	Altitud Máxima de la Cuenca	Hx	m.s.n.m.	5250.00	2900.00	4450.00	950.00	4400.00	4500.00	4800.00	4650.00	4800.00	5250.00			
	Altitud Mínima de la Cuenca	Hn	m.s.n.m.	0.00	0.00	375.00	375.00	400.00	400.00	1750.00	1750.00	3450.00	3450.00			
	Desnivel Total de la Cuenca	Ht	Km	5.25	2.90	4.08	0.58	4.00	4.10	3.05	2.90	1.35	1.80			
	Altitud Media de la Cuenca	Hm	m.s.n.m.	2485.72	792.03	2389.06	500.89	3117.46	2459.37	3998.60	3655.00	4407.97	4483.27			
	Pendiente de la cuenca (Sistema de Alvord)	lp = 100 * ( D*Lc ) / At	%	104.33	74.99	126.12	114.68	115.36	145.28	106.78	122.35	72.61	83.66			
	Pendiente de la cuenca (Sist. del Rectángulo Equivalente)	lp = 100 * Ht / B	%	19.29	9.96	183.37	70.50	123.07	89.66	104.74	101.57	112.21	63.93			
	Pendiente Media de los Cauces de los Ríos	lc	%	2.51	1.10	6.13	1.49	6.36	2.32	8.51	4.29	4.67	4.09			
	Longitud total de curvas de nivel (Equidistancia D = 200 m)	Lc	Km	9157.03	2143.20	583.69	3.90	922.00	2746.67	1018.29	866.96	320.52	551.81			

FUENTE : PROPIA

### **2.8.3. PARAMETROS DE RELIEVE - RELACION AREA – ELEVACION**

Los parámetros de relieve tienen mayor influencia sobre la respuesta hidrológica de la cuenca. Las relaciones área – elevación han sido determinadas por las curvas y alturas características de la cuenca y subcuencas del río San Juan.

#### **a. CURVAS CARACTERISTICAS**

##### **▪ Curva Hipsométrica**

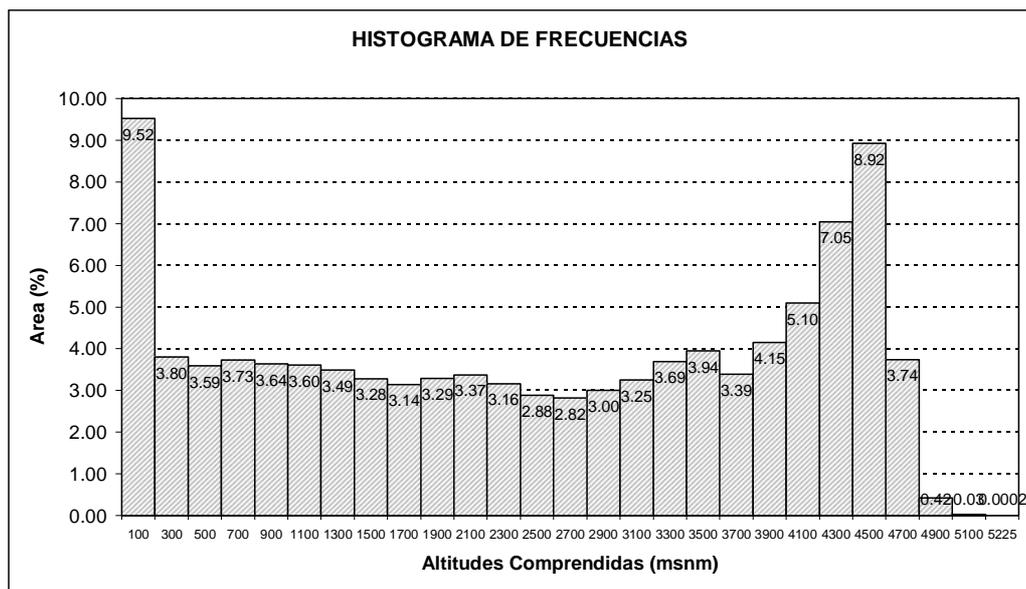
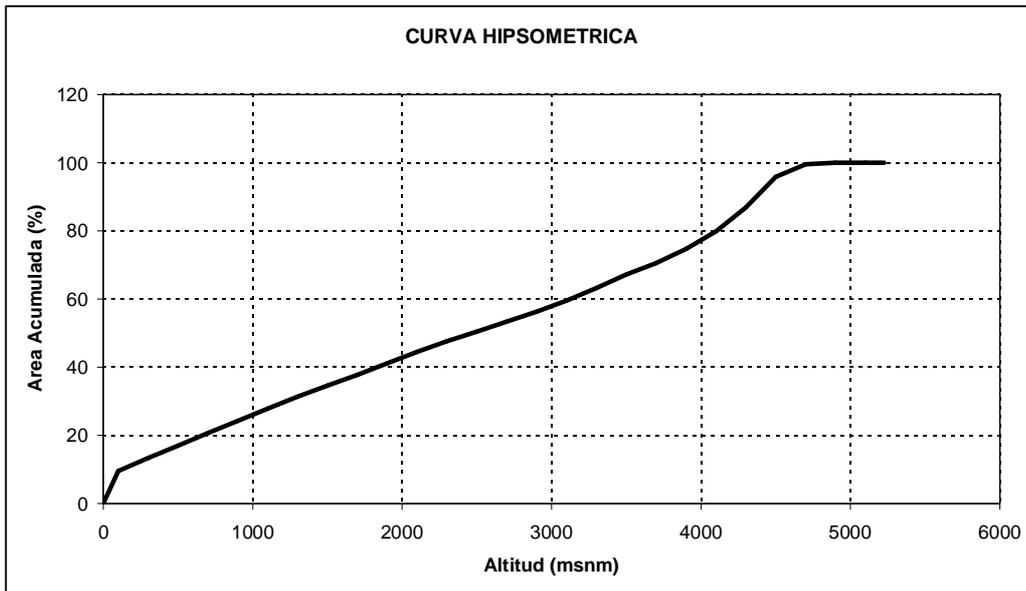
La representación gráfica entre los porcentajes de área acumulada por encima de las elevaciones altitudinales para la cuenca y subcuencas del río San Juan se muestran en los gráficos **N° 2.13. al 2.16.** Las características de las curvas hipsométricas de todas las subcuencas, excepto de la subcuenca Baja del río San Juan, es de una pendiente creciente, en esta subcuenca el carácter decreciente de la pendiente de la curva hipsométrica es un indicador de que el mayor porcentaje de superficie se concentra a altitudes menores. La curva hipsométrica de la cuenca húmeda mantiene una pendiente uniforme entre los 2300 y 4600 msnm., sin embargo de este punto hasta los 5250 msnm., la pendiente es nula, debido a una menor frecuencia de área de cuenca en este rango altitudinal.

##### **▪ Curva o Polígono de frecuencias**

La distribución gráfica del porcentaje de superficies ocupadas por diferentes rangos de altitud para la cuenca y subcuencas del río San Juan, se distingue en los gráficos **N° 2.13. al 2.16.** La cuenca San Juan, así como la subcuenca Baja, concentra mayor porcentaje de área entre las altitudes 0 – 300 msnm., lo cual explica lo poco eficiente de su rendimiento hídrico. Los histogramas de frecuencia de las subcuencas Arma y Tantará, presentan menores concentraciones de superficie de cuenca entre las altitudes 1700 y 3900 msnm., a partir de esta zona hasta una altitud media de 4500 msnm., la frecuencia de áreas aumenta para luego tener un salto brusco de disminución hasta la divisoria de cuenca. Las subcuencas Colcabamba y Alta San Juan tienen una mayor concentración de superficie entre las altitudes 4500 y 4700, lo cual explica que constituyen las unidades hidrográficas de mayor aporte hídrico. La cuenca húmeda tiene una frecuencia de superficie uniforme entre las altitudes 2500 y 4000 msnm., con un valor acumulado de 51.13%, y de 41% hasta una altitud de 4600 msnm., a partir de donde disminuye abruptamente la frecuencia de áreas.

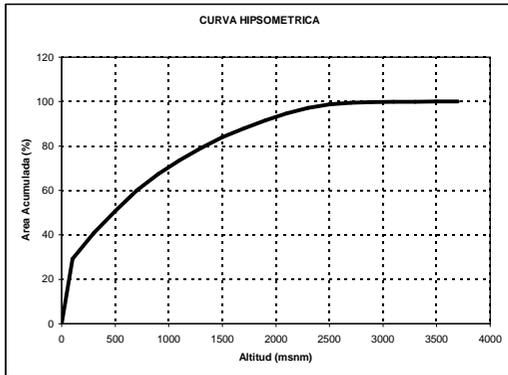
La frecuencia de áreas por encima de los 2400.0 m de altitud (inicio de la cuenca húmeda) es de 49.5%, lo que indica una baja a regular capacidad de recepción de precipitaciones.

**GRAFICO N°2.13.**  
**PARAMETROS DE RELIEVE - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

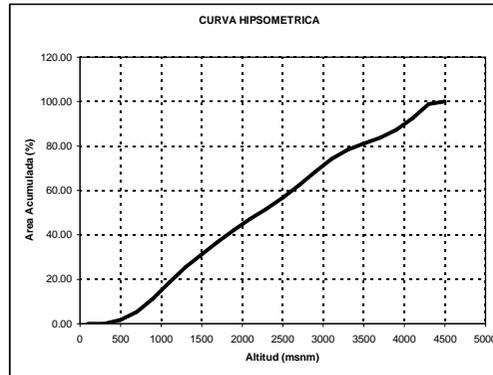


**GRAFICO N°2.14.**  
**PARAMETROS DE RELIEVE - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

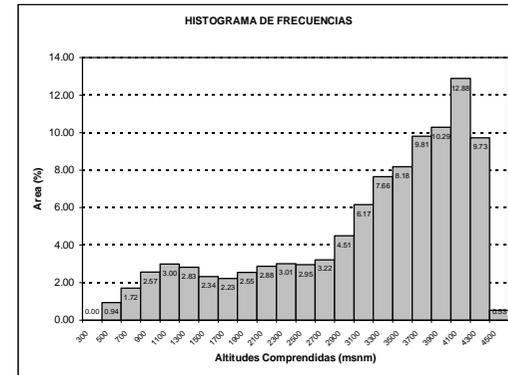
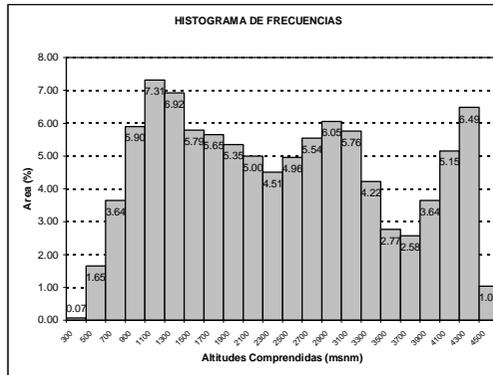
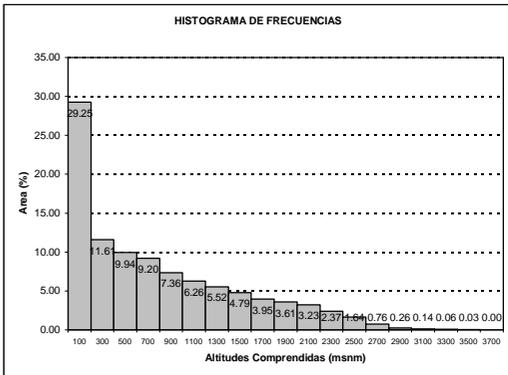
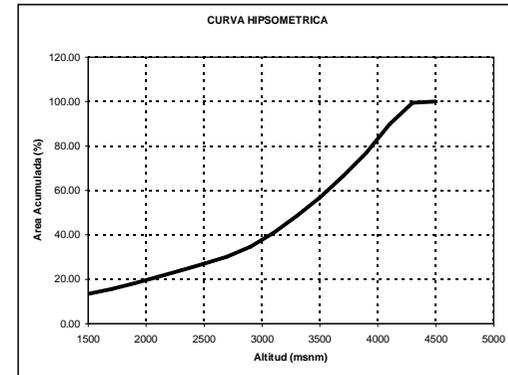
**SUBCUENCA BAJA RIO SAN JUAN**



**SUBCUENCA QUEBRADA ALMACEN**

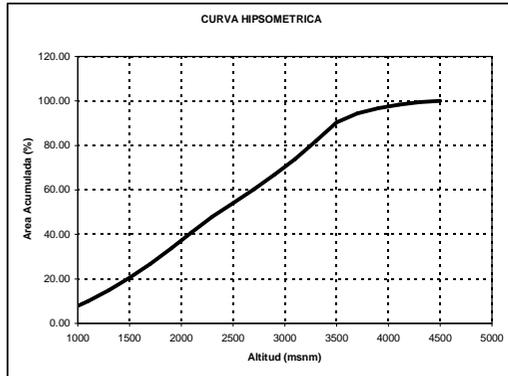


**SUBCUENCA QUEBRADA AYOQUE**

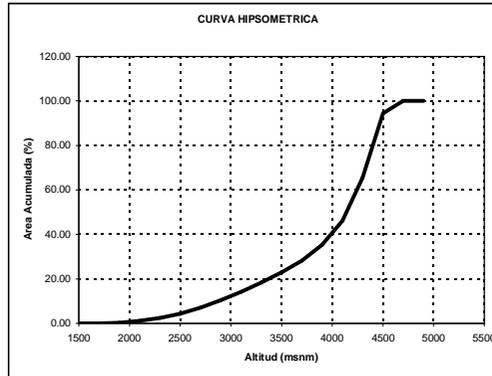


**GRAFICO N°2.15.**  
**PARAMETROS DE RELIEVE - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

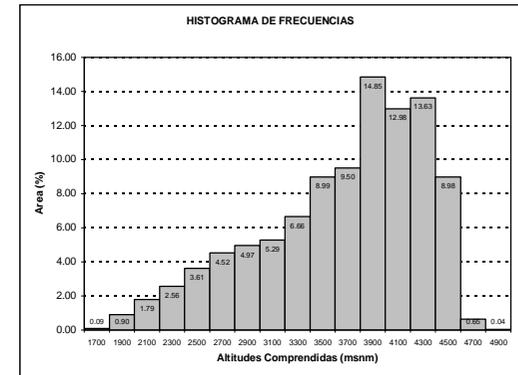
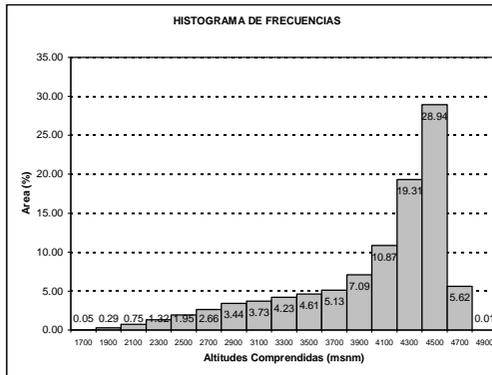
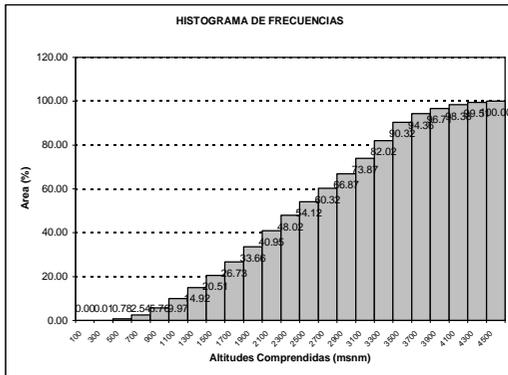
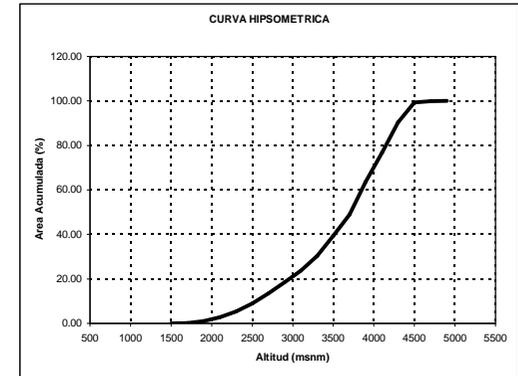
**SUBCUENCA MEDIA 2 RIO SAN JUAN**



**SUBCUENCA RIO ARMAS**

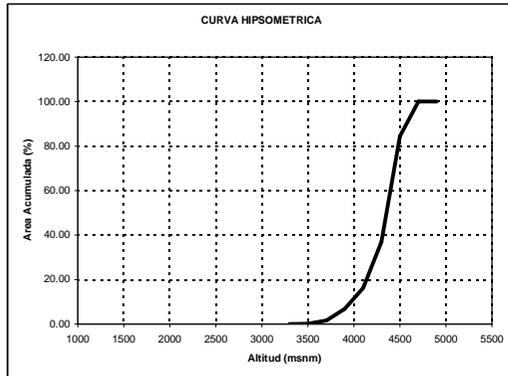


**SUBCUENCA RIO TANTARA**

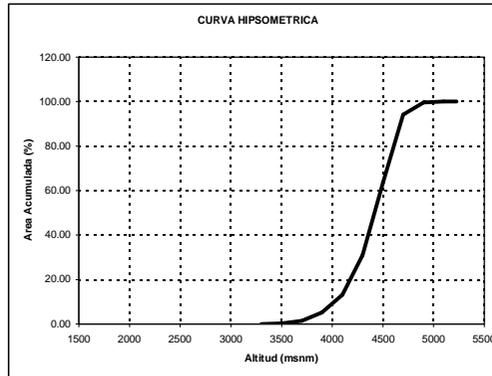


**GRAFICO N°2.16.**  
**PARAMETROS DE RELIEVE - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

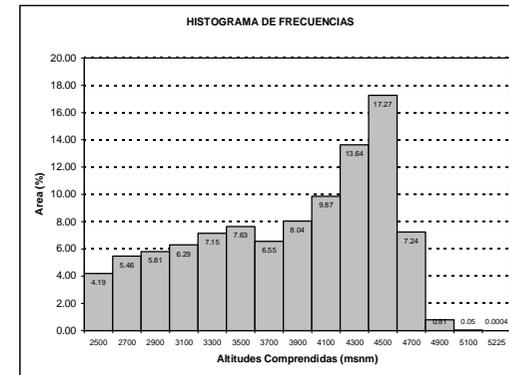
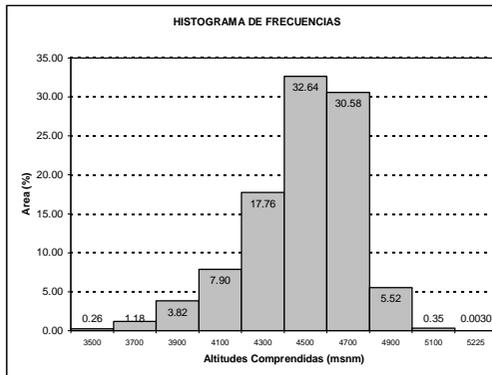
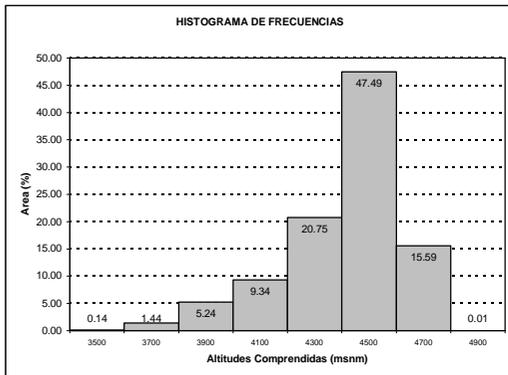
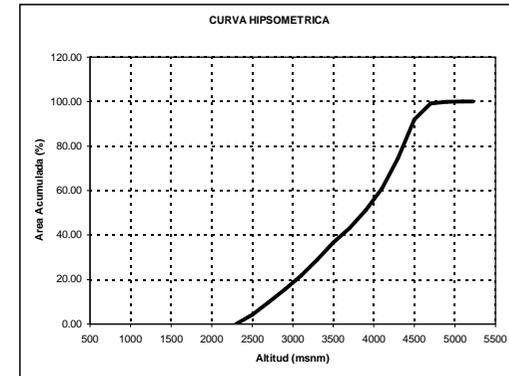
**SUBCUENCA RIO COLCABAMBA**



**SUBCUENCA ALTA RIO SAN JUAN**



**SUBCUENCA HUMEDA**



**b. ALTITUDES CARACTERISTICAS**

- **Altitud media de la Cuenca**

Corresponde a la ordenada media de la curva hipsométrica, y su cálculo obedece a un promedio ponderado: elevación – área de la cuenca.

La altitud media de la cuenca es de 2485.7 m.s.n.m., las subcuencas Almacén y Media 2 tiene altitudes medias semejantes, del orden de los 2350 msnm.; las subcuencas Ayoque, Arma y Tantarà tienen altitudes medias que promedian 3600 msnm., y las subcuencas Colcabamba y Alta San Juan, tienen una mayor altitud media, del orden de los 4440 msnm.; la subcuenca baja tiene la menor altitud media, 792 msnm.

Estos valores están relacionados con los valores de los volúmenes de precipitación sobre la cuenca, dada la comprobada relación precipitación – altitud. Ver datos del cuadro **N°2.21**.

- **Altitud de frecuencia media**

Corresponden a las abscisas medias de las curvas hipsométricas de la cuenca y subcuencas del río San Juan (ver gráficos N° 2.13. al 2.16.). La cuenca San Juan tiene una altitud de frecuencia media de 2365.7 m.s.n.m., valor bajo que indica un bajo rendimiento hídrico de esta. Ver datos del cuadro **N°2.21**.

- **Altitud más frecuente**

Según los histogramas presentados tenemos que los límites de altitud de 0 a 200 m.s.n.m. es donde se tiene el mayor porcentaje de área de la cuenca (9.52%), seguido por el porcentaje de área 8.92% entre las altitudes 4500y 4700 msnm. Ver datos del cuadro **N°2.21**.

**CUADRO N° 2.21.****ALTITUDES CARACTERISTICAS - CUENCA DEL SAN JUAN**

CUENCA	ALTITUD		
	MEDIA	FREC. MEDIA	MAS FRECUENTE
BAJA RIO SAN JUAN	792.0	384.0	0 - 200
QDA. ALMACEN	2389.1	2120.1	1000 - 1200
MEDIA 1 RIO SAN JUAN	500.9	290.9	400 - 600
QDA. AYOQUE	3117.5	3234.9	4000 - 4200
MEDIA 2 RIO SAN JUAN	2459.4	2264.9	3400 - 3600
RIO ARMA	3998.6	4040.2	4400 - 4600
RIO TANTARA	3655.0	3615.1	3800 - 4000
RIO COLCABAMBA	4408.0	4255.1	4400 - 4600
ALTA RIO SAN JUAN	4483.3	4316.9	4400 - 4600
<b>SAN JUAN</b>	<b>2485.7</b>	<b>2365.7</b>	<b>0 - 200</b>

**c. PENDIENTE DE LA CUENCA (DEL TERRENO)**

Este parámetro de relieve es importante debido a su relación con el comportamiento hidráulico de drenaje de la cuenca. Para la estimación se ha empleado el

sistema del “Rectángulo Equivalente”. Los parámetros de pendiente media de la cuenca empleando el sistema de “Alvord” no han sido considerados dado que muestran elevados valores que no guardan relación con la fisiografía real.

La cuenca del río San Juan tiene una pendiente promedio de 19.3%, la subcuenca Baja tiene la menor pendiente, 10%, mientras que la subcuenca Almacén tiene una mayor pendiente, 183.4%.

## **2.8.4. SISTEMA HIDROGRAFICO**

### **a. DESCRIPCION HIDROGRAFICA GENERAL DE LA CUENCA**

En el Perú existe tres vertientes hidrográficas, la vertiente u hoyo del Lago Titicaca y las vertientes del océano Atlántico y océano Pacífico, definidas estas últimas por la cordillera de los Andes (divisoria continental de las aguas). La cuenca del río San Juan se ubica en la región central de la vertiente del océano Pacífico.

La vertiente del Pacífico u occidental, tiene una extensión aproximada de 290,000 km<sup>2</sup>, equivalente al 22% del área total del país, en esta existe 52 ríos que discurren hacia el Océano Pacífico siguiendo una dirección predominante hacia el suroeste. El río San Juan es uno de ellos, encontrándose situado en la región sur-central.

La cuenca del río San Juan tiene en general una forma alargada con dirección NE-SW. Una cadena de montañas con dirección SE-NW separa a la cuenca, por el Norte-Este, de la cuenca del río Mantaro (divisoria continental). La cuenca del río San Juan tiene una extensión de 4388.6 Km<sup>2</sup>.

El río San Juan tiene su origen en las lagunas Piticocha de la microcuenca “Jeñuascancha”, de la microcuenca “Palmadera”, subcuenca “Alta del río San Juan”, en la divisoria de cuencas con el río Mantaro. Luego de recorrer 148.30 Km, y con una pendiente promedio de 2.51%, desemboca en el Océano Pacífico.

El río San Juan tiene como principales afluentes a los ríos Colcabamba, Ayoque y Almacén, por la margen izquierda, y Arma), por la margen derecha, aguas abajo. En los Esquemas **E0 – E9** se muestra los diagramas fluviales de las subcuencas de la cuenca del río San Juan.

### **b. PARAMETROS MORFOLOGICOS DEL SISTEMA DE DRENAJE**

#### **▪ Número de Orden de los Ríos (n)**

La clasificación (orden) de la cuenca hidrográfica es función del número de orden o medida de la ramificación del cauce principal, río San Juan.

Se ha clasificado los cauces según el grado de ramificación, encontrándose que el río principal, río San Juan es de sexto (6<sup>o</sup>) orden, los ríos Almacén, Ayoque y Alto San Juan son de cuarto orden mientras que los ríos Arma, Tantar y Colcabamba son de quinto orden. En la cuenca predominan los cauces de 1<sup>o</sup> orden, representan en número el 72% del total y en longitud el 61% de total. La Clasificación Ordinal de los ríos de la cuenca se muestra en el mapa hidrográfico **Nº13**. y cuadro **Nº2.22**.

#### **▪ Grado de Ramificación de Ríos (Rb)**

En base a la clasificación ordinal de los cauces se ha encontrado relaciones de bifurcación o grado de ramificación del orden de 4.2.

▪ **Densidad de Drenaje (D/d)**

El parámetro que relaciona la longitud total de ríos y el área de la cuenca, tiene como valor promedio 0.75 Km/Km<sup>2</sup>, indican que la cuenca del río San Juan está bien drenada. Las subcuencas Almacén y Ayoque tienen un drenaje más denso, del orden 0.84 Km/Km<sup>2</sup>.

**c. PENDIENTE DEL RIO (DEL CAUCE PRINCIPAL)**

El valor de la pendiente longitudinal se ha efectuado con el método de áreas compensadas, tal como se observa en los gráficos N° 2.17. y 2.18.

El río San Juan tiene una pendiente media de 2.51%, en el tramo nacimiento-desembocadura, tiene una pendiente media de 4.1%, a partir de la estación de aforo Conta su pendiente es de 1.10%.

Las ríos Almacén, Ayoque, Arma y Colcabamba tienen una pendiente de 6.13%, 6.36%, 8.51% y 4.67% respectivamente.

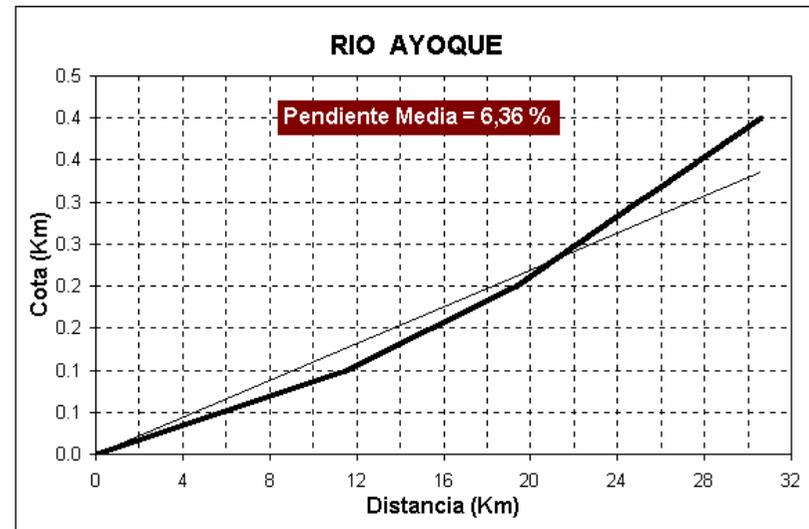
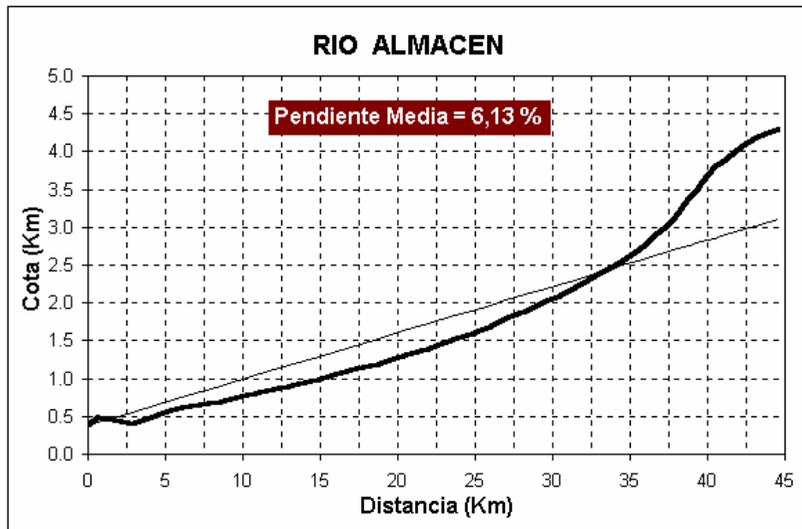
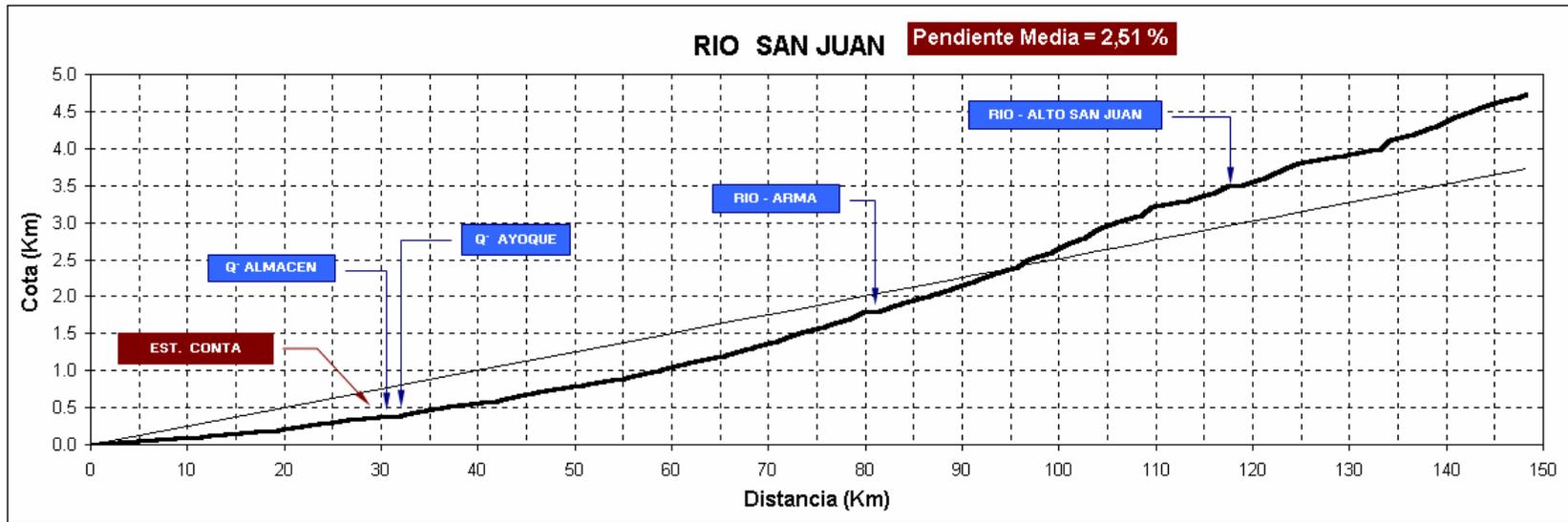
CUADRO N° 2.22.  
CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS Y DE DRENAJE DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN

CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS			CUENCA SAN JUAN	SUBCUENCA								
				BAJA RIO SAN JUAN	QDA. ALMACEN	MEDIA 1 RIO SAN JUAN	QDA. AYOQUE	MEDIA 2 RIO SAN JUAN	RIO ARMAS	RIO TANTARA	RIO COLCABAM- BA	ALTA RIO SAN JUAN
GRADO DE RAMIFICACION	LONGITUD TOTAL Km	ORDEN 1	1964.36	606.30	134.19	0.00	211.85	418.35	210.95	124.51	108.99	149.21
		ORDEN 2	629.55	215.20	29.37	0.00	63.84	129.79	55.68	48.55	28.12	59.00
		ORDEN 3	291.92	132.50	9.65	0.00	6.86	35.53	47.41	12.94	17.59	29.43
		ORDEN 4	176.67	32.30	28.89	0.00	45.84	18.21	28.62	0.00	10.28	12.53
		ORDEN 5	48.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	37.65	7.65	0.00
		ORDEN 6	103.87	54.70	0.00	1.34	0.00	47.82	0.00	0.00	0.00	0.00
NUMERO DE RIOS PARA LOS DIFERENTES GRADOS DE RAMIFICACION		ORDEN 1	954	305	57	0	94	157	107	64	70	100
		ORDEN 2	218	69	13	0	21	31	23	14	21	26
		ORDEN 3	47	16	4	0	4	7	5	3	5	3
		ORDEN 4	11	2	1	0	1	2	2	0	2	1
		ORDEN 5	3	0	0	0	0	0	1	1	1	0
		ORDEN 6	4	2	0	1	0	1	0	0	0	0
Longitud Total de los Ríos de Diferentes Grados Km			3215.227	1041.000	202.108	1.344	328.389	649.693	346.232	223.647	172.636	250.179
Número de Ríos para los diferentes Grados			1237	394	75	1	120	198	138	82	99	130
Longitud de Ríos Principales Km			148.30	30.60	44.60	1.30	55.20	47.80	35.60	37.70	24.30	30.90
Densidad de Drenaje Km / Km <sup>2</sup>			0.73	0.73	0.87	0.79	0.82	0.69	-----	0.63	0.78	0.76
Relación de Bifurcación			3.60	3.68	3.88	-----	4.57	4.33	3.45	-----	3.01	5.11
Frecuencia de los Ríos r / Km <sup>2</sup>			0.30	0.34	0.32	0.59	0.30	0.21	0.29	0.23	0.45	0.39

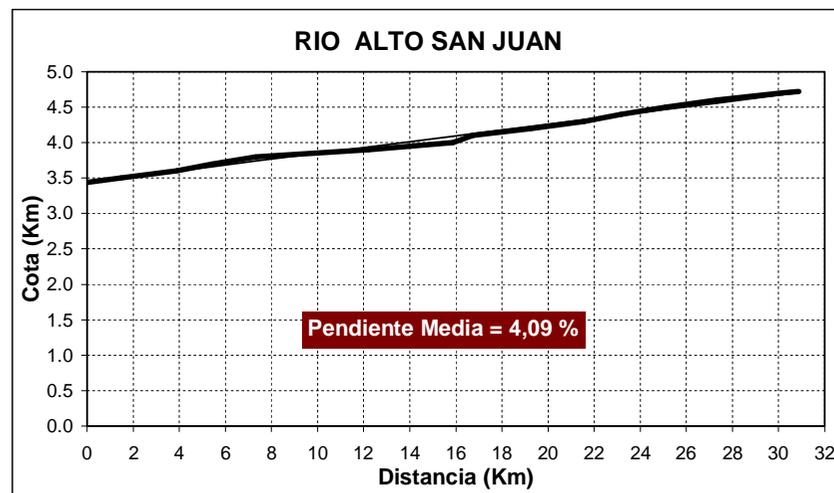
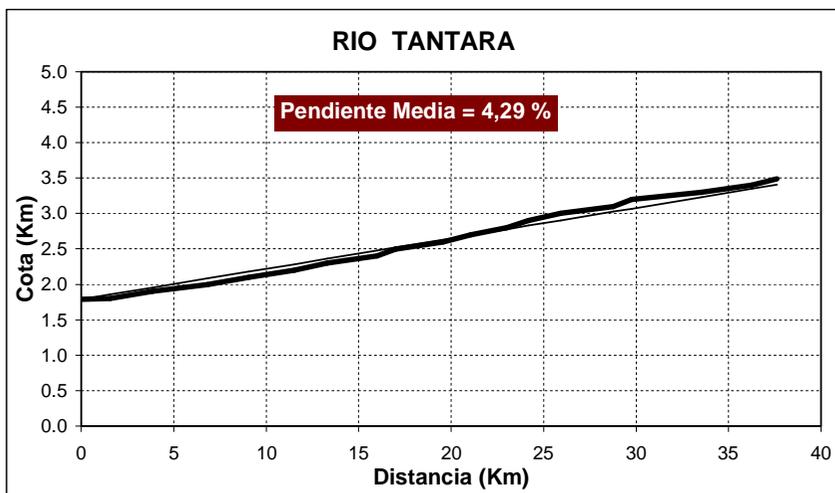
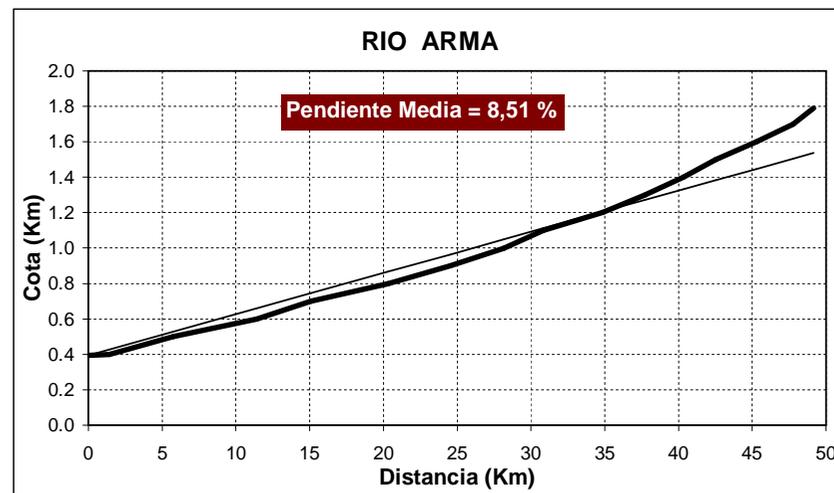
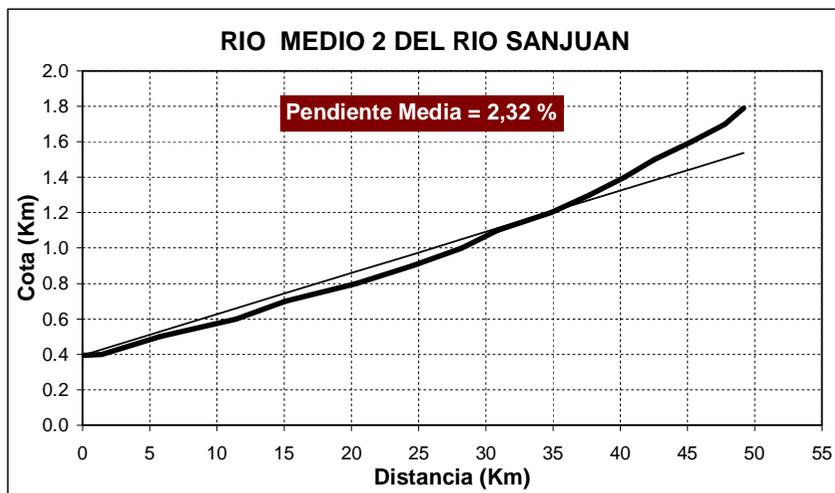
FUENTE: PROPIA

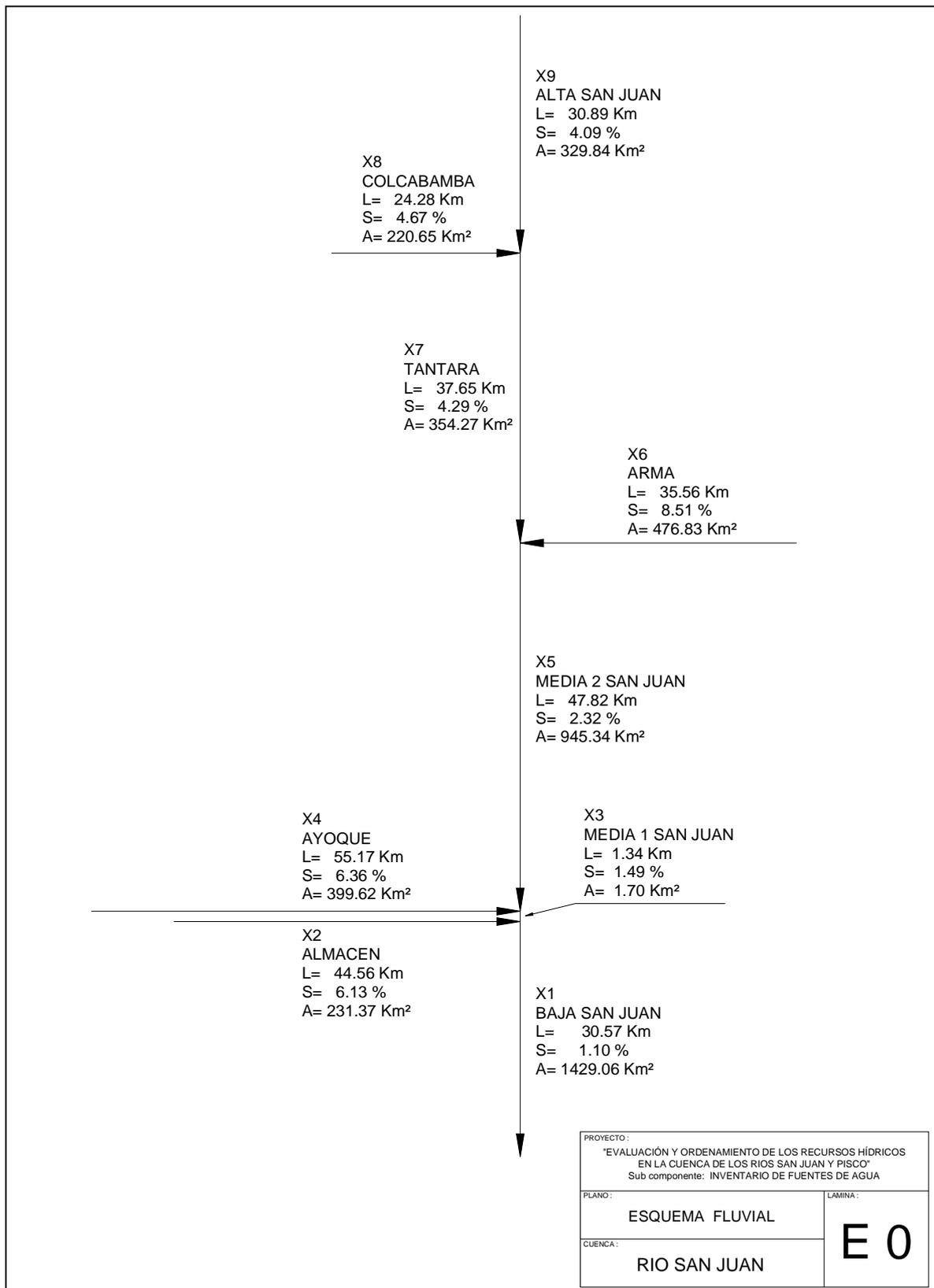
## MAPA - 13

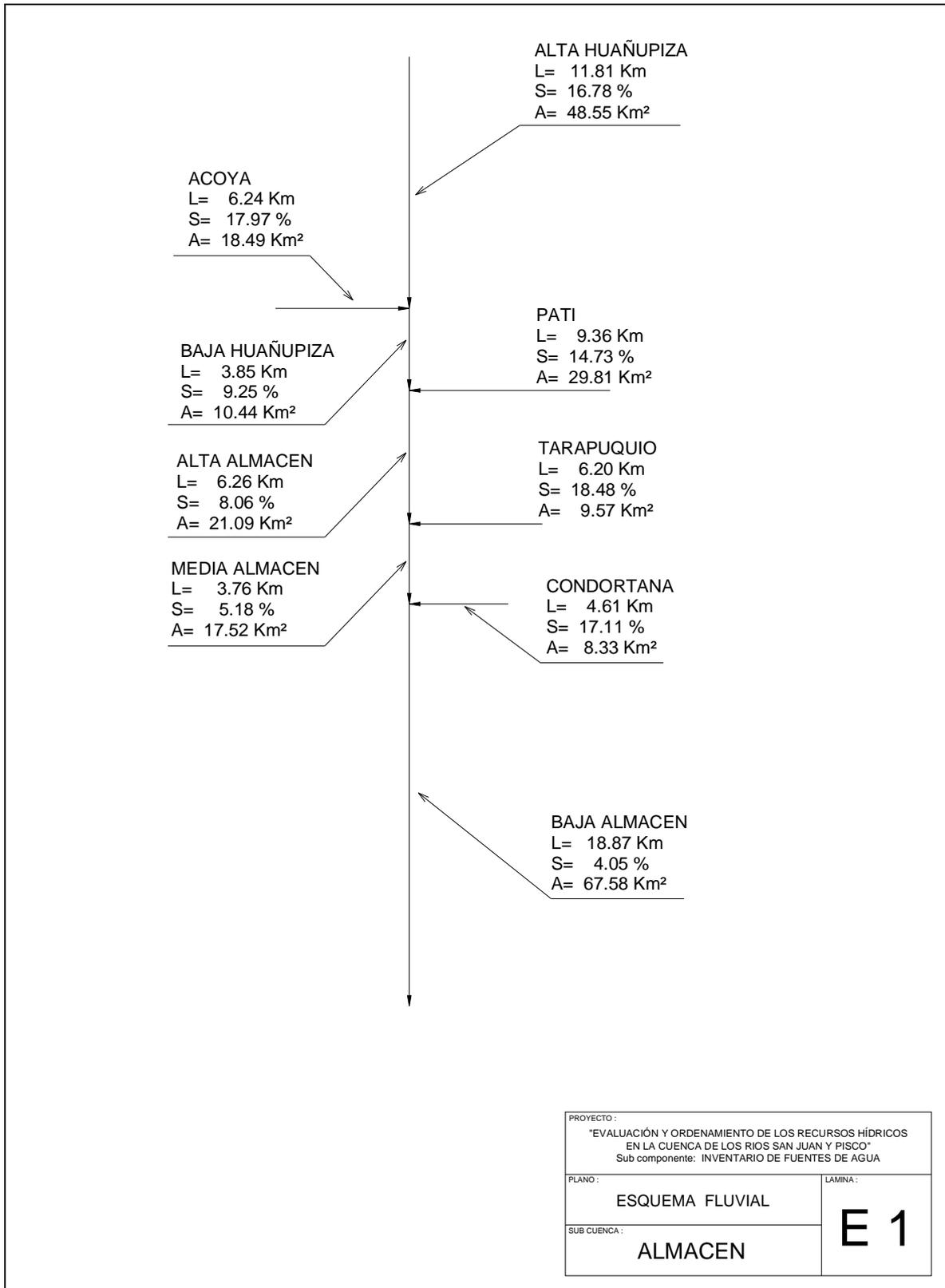
**GRAFICO N° 2.17.**  
**PENDIENTE LONGITUDINAL DE LOS RIOS PRINCIPALES**

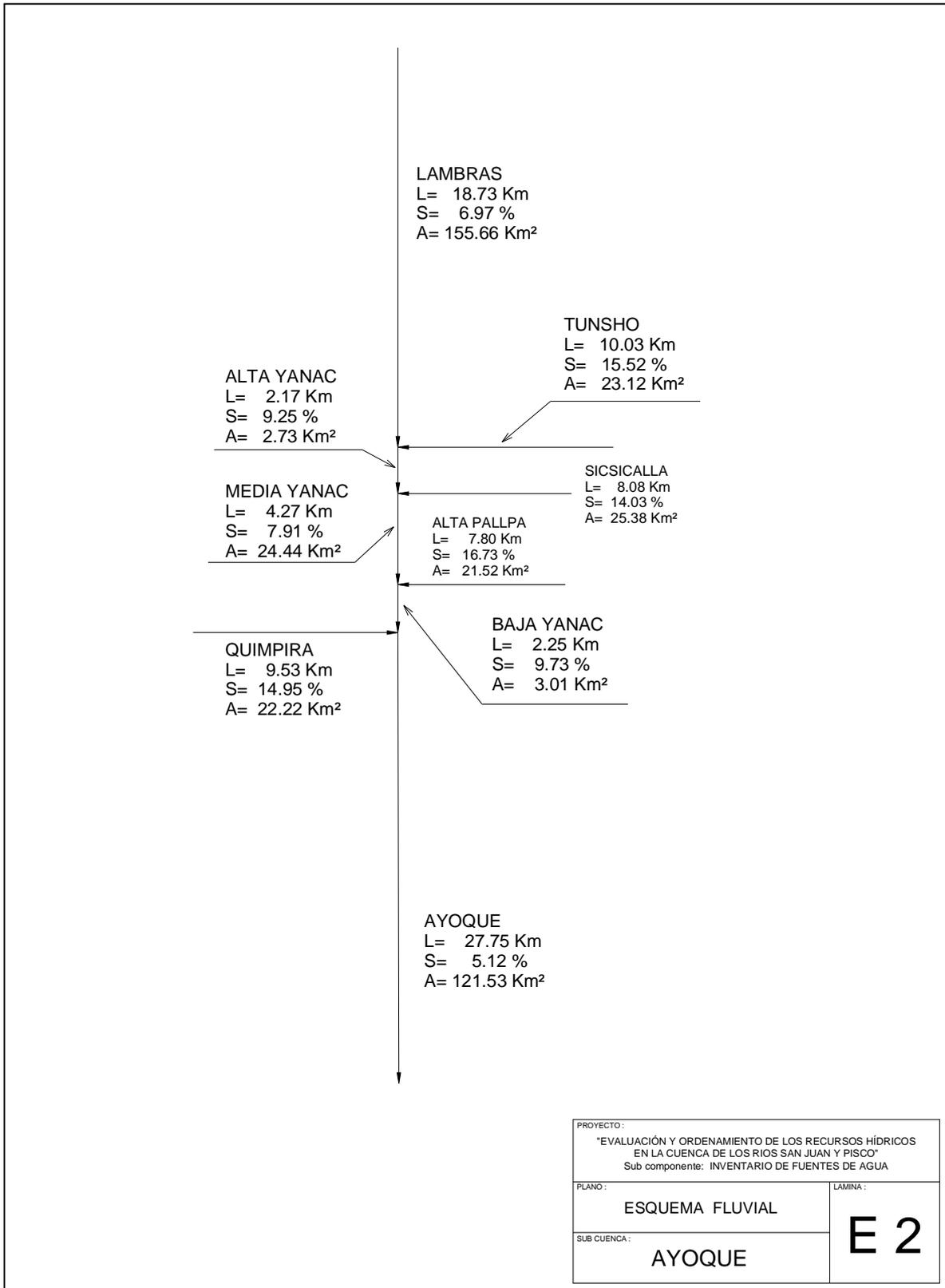


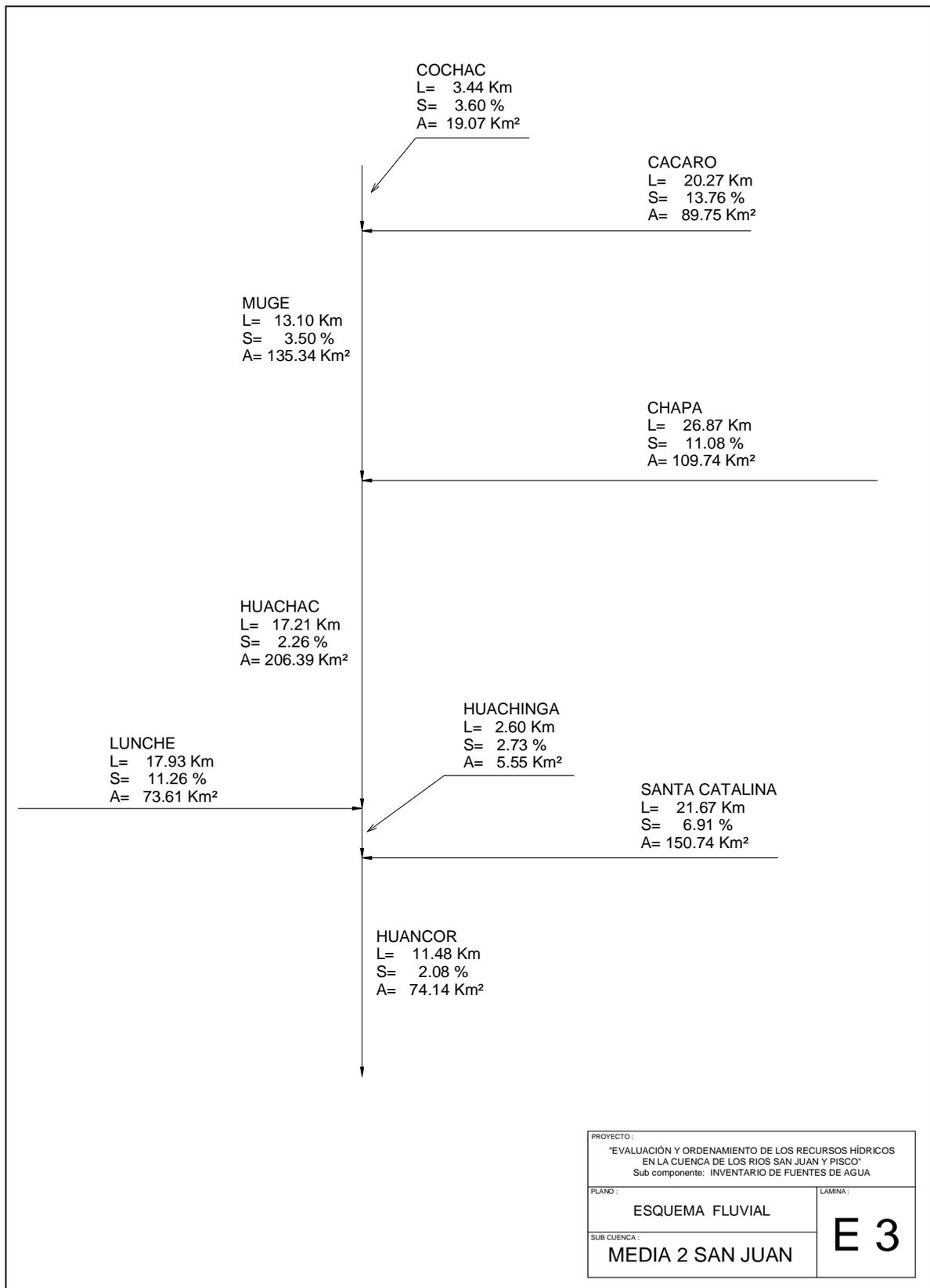
**GRAFICO Nº 2.18.**  
**PENDIENTE LONGITUDINAL DE LOS RIOS PRINCIPALES**

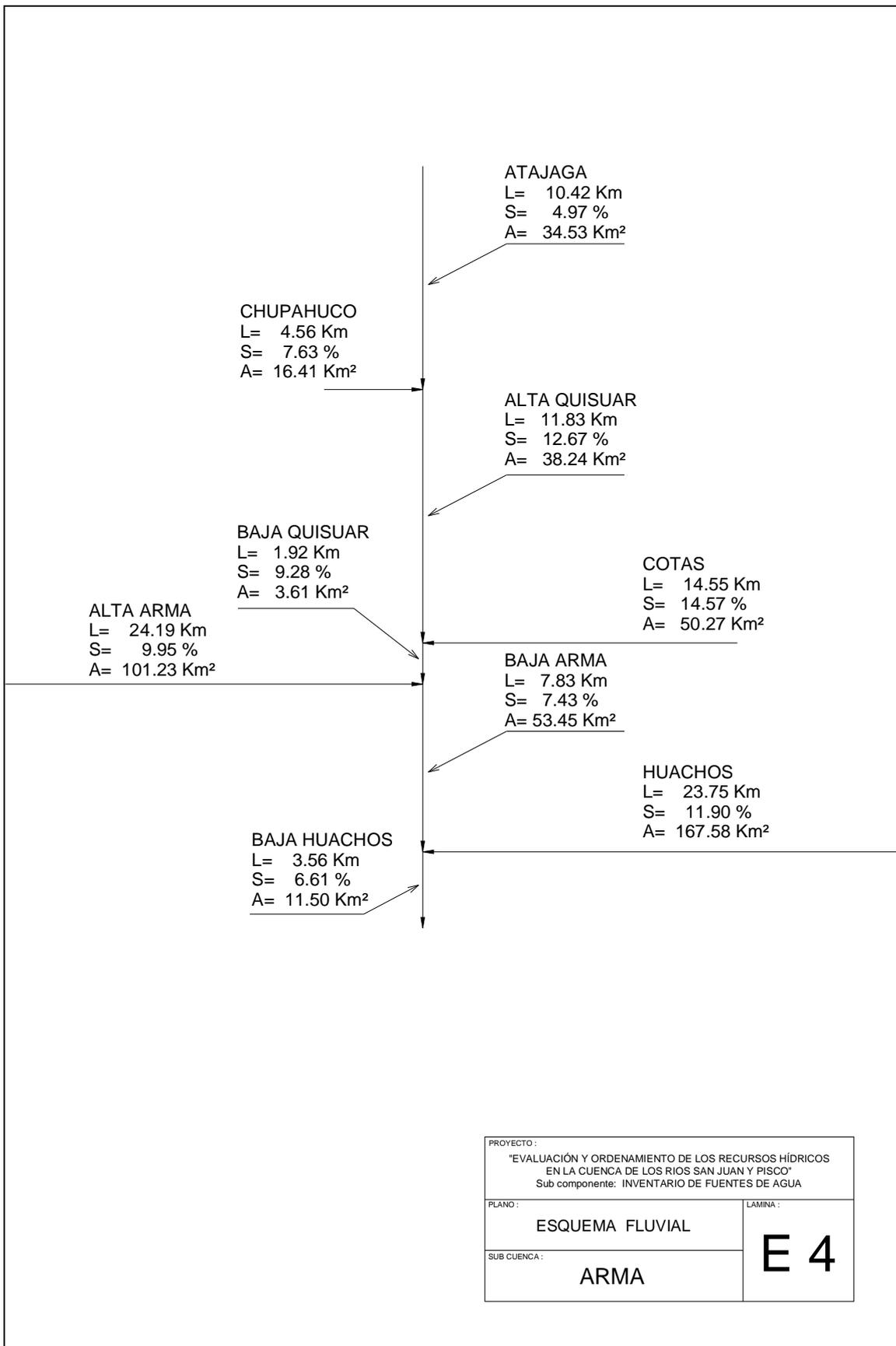


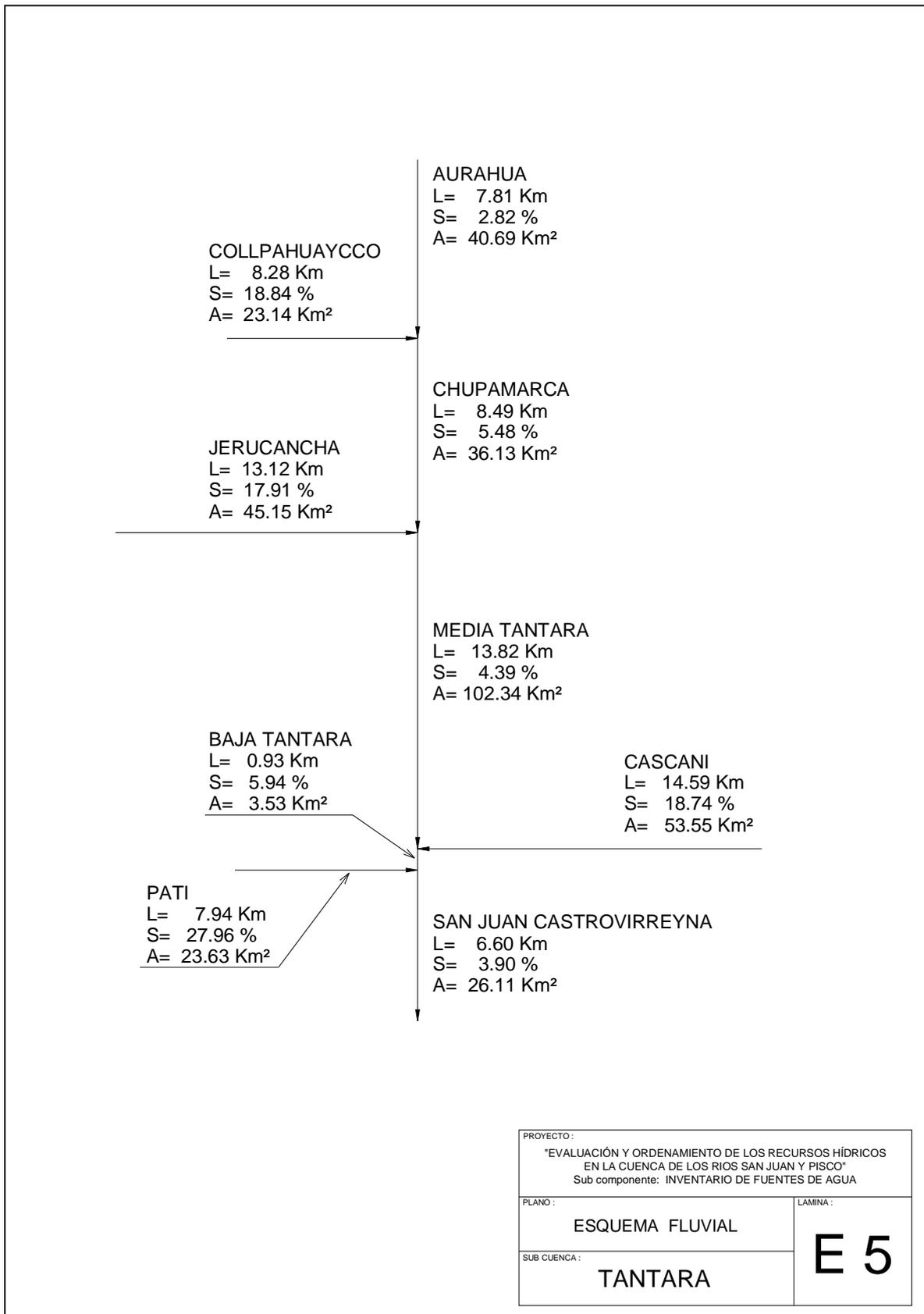


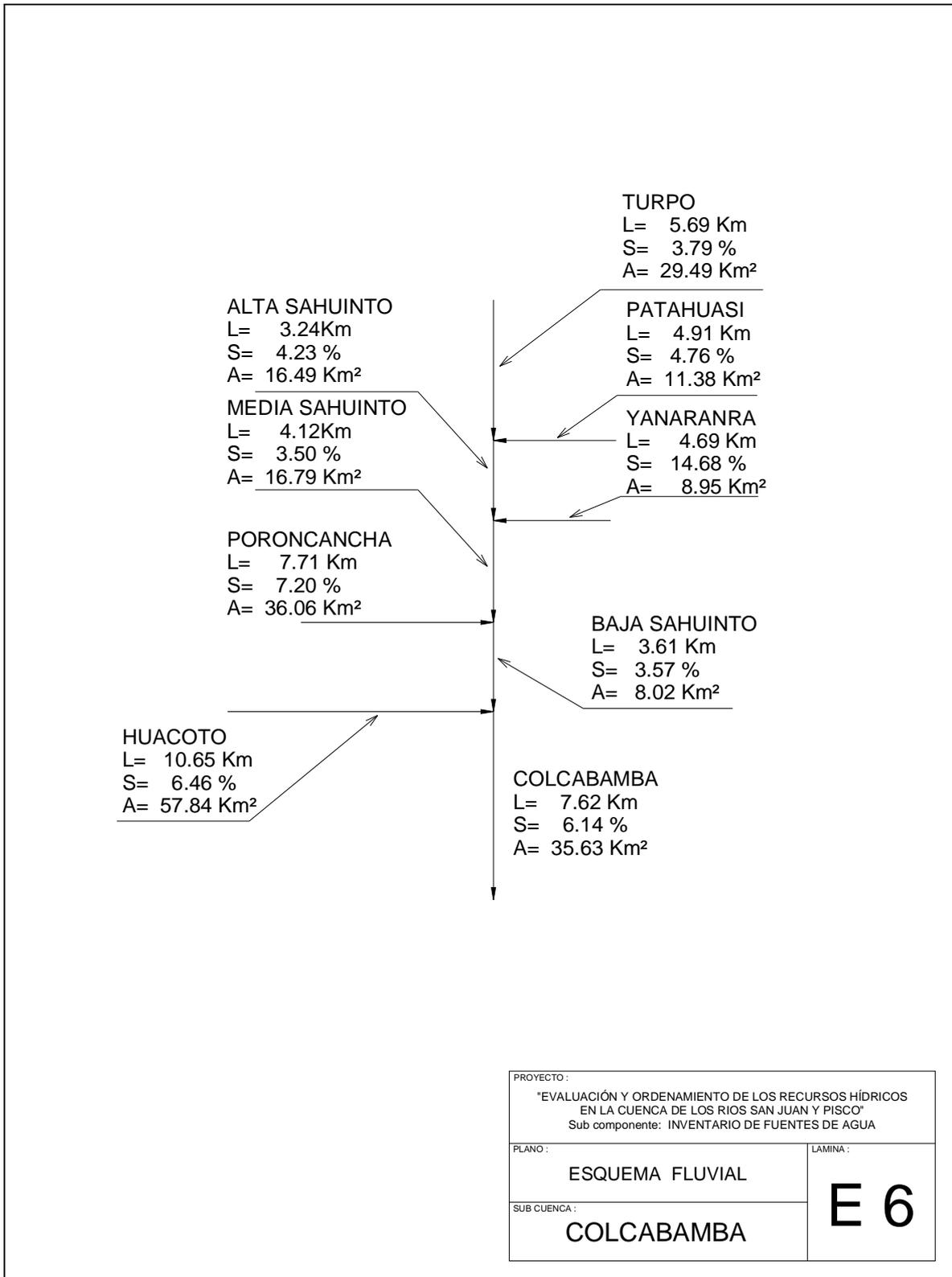


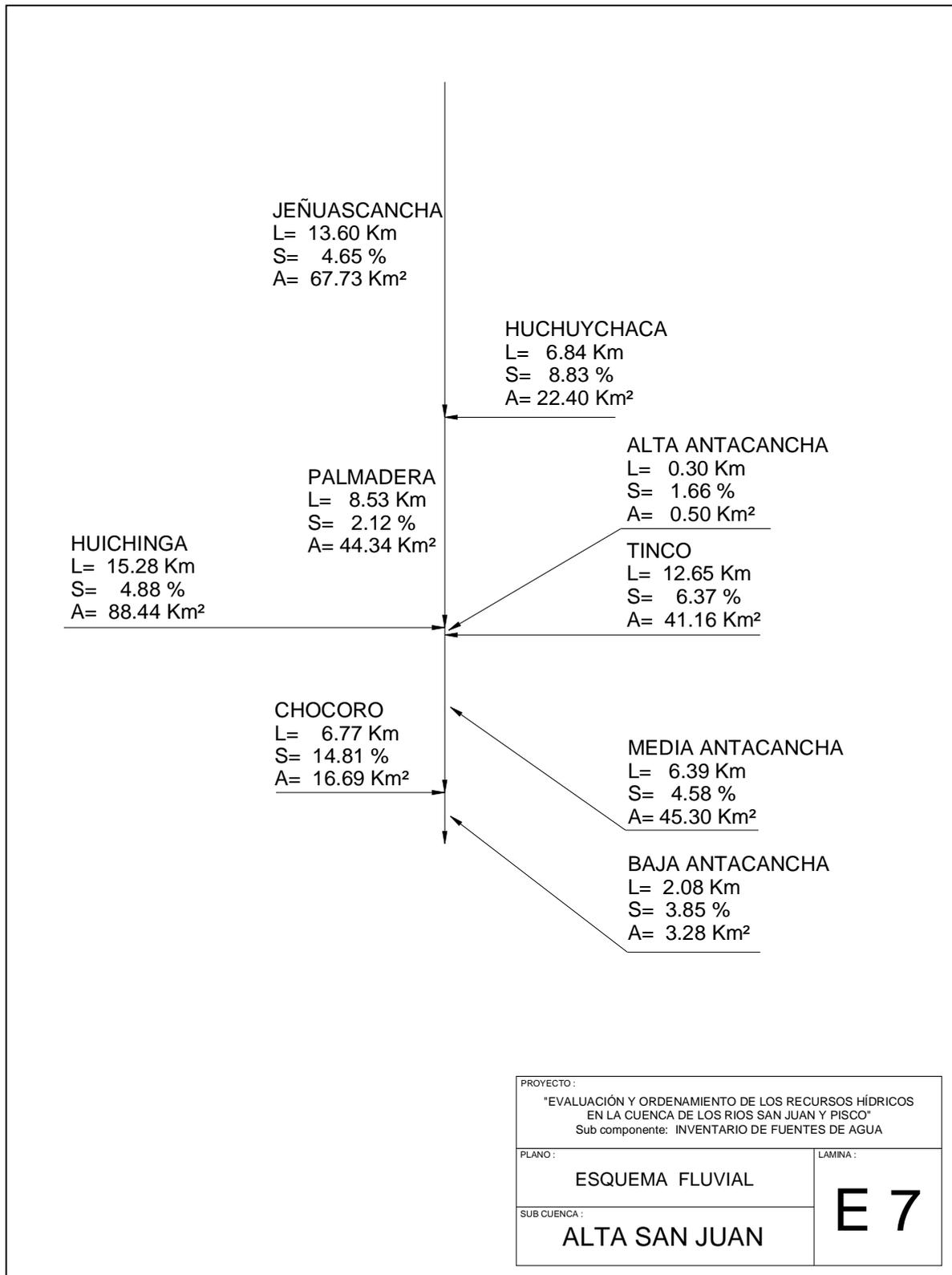


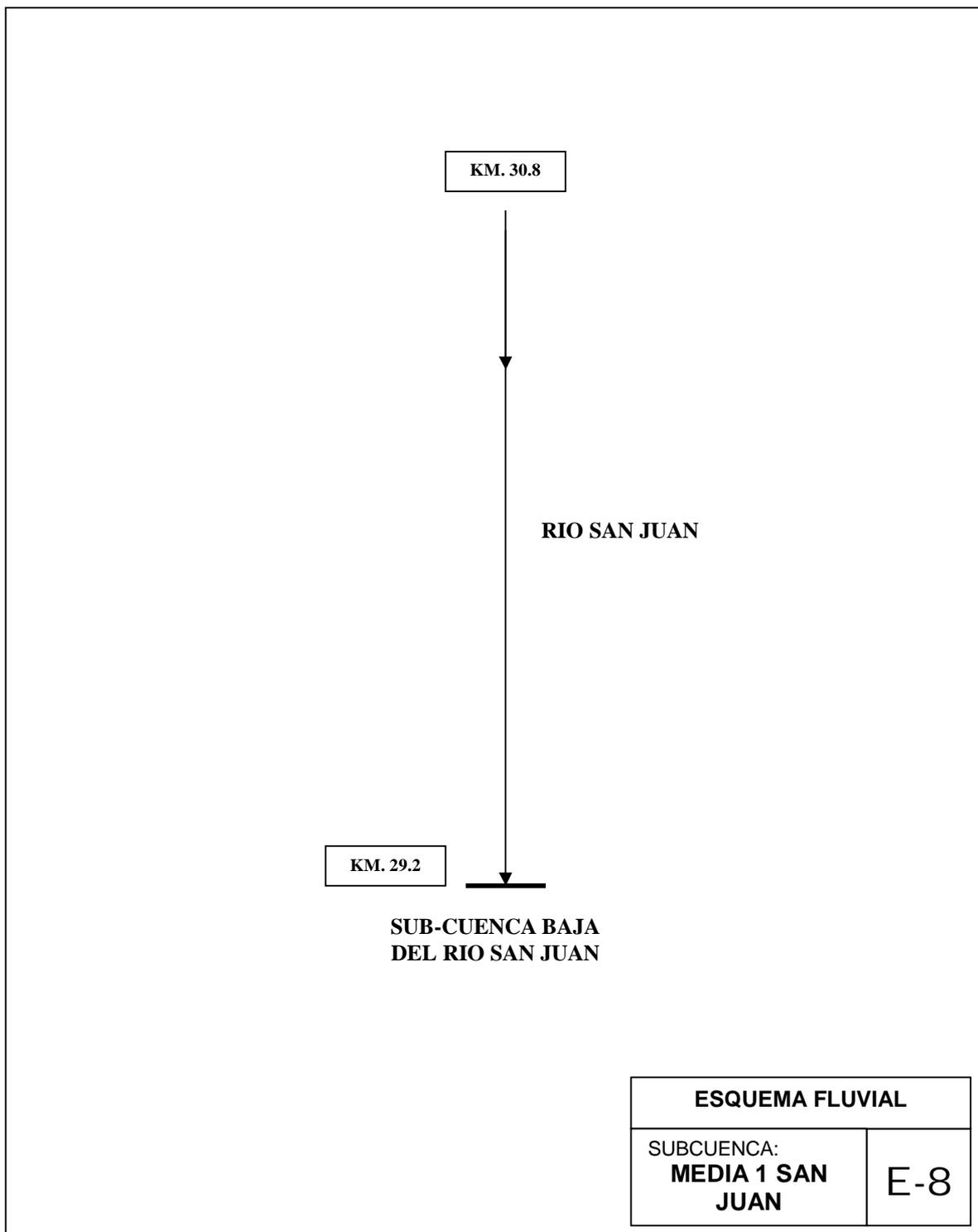


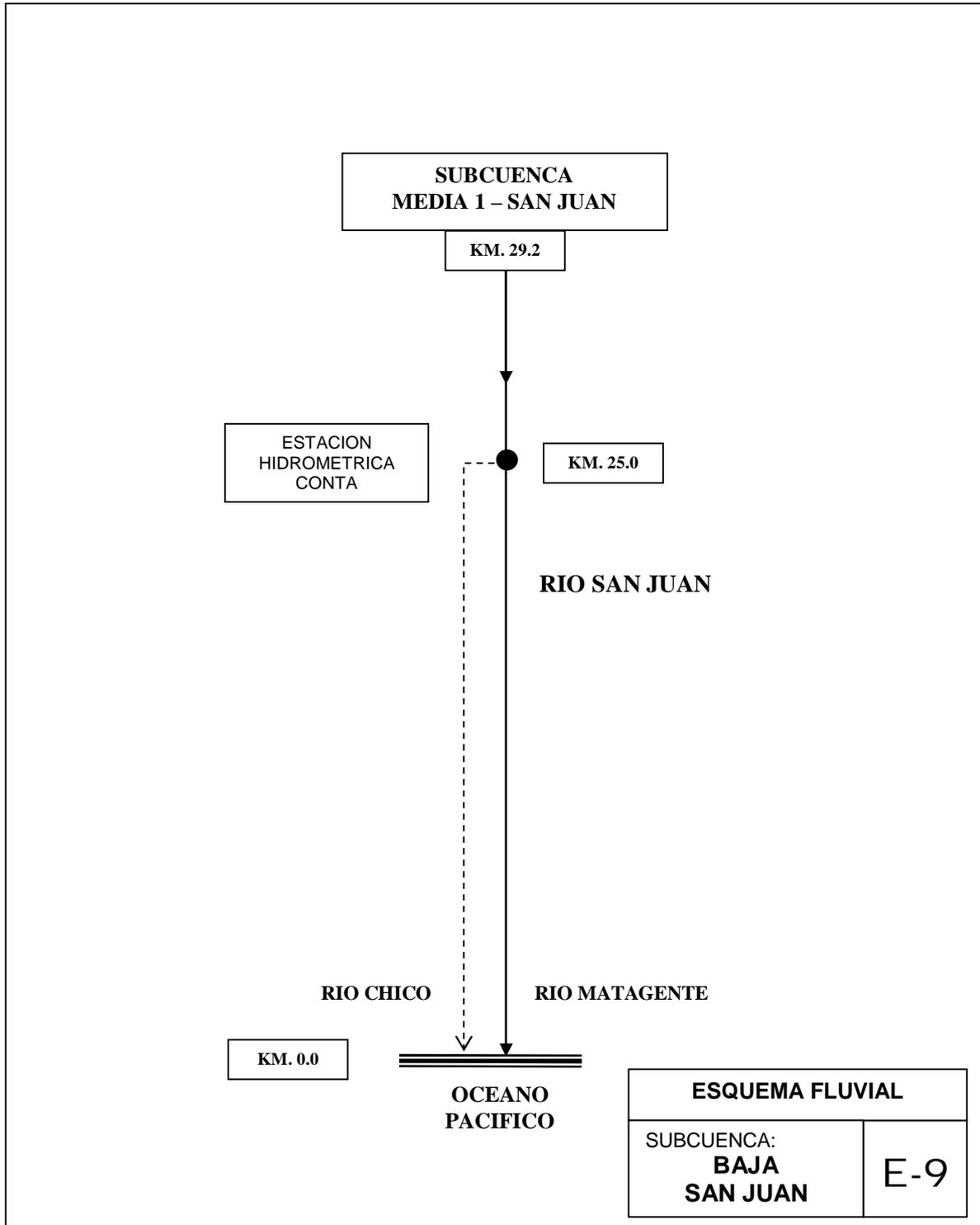












## 2.9. RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES

La identificación de las distintas fuentes hídricas superficiales en la cuenca del río San Juan se ha realizado mediante los trabajos desarrollados por el componente “Inventario y Evaluación de fuentes de agua superficial de la cuenca del río San Juan” del presente proyecto, ejecutados paralelamente al desarrollo del presente estudio y como parte de una actividad Inter-insitucional con el Programa Nacional de manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos – PRONAMACHCS en la realización de los trabajos de campo e intercambio de información básica. Las fuentes inventariadas han sido aforadas, las mediciones realizadas son puntuales, sin embargo se requiere contar con una mayor gama de aforos (al menos completo en un año hidrológico normal).

En la cuenca se distingue básicamente cuatro tipos de fuentes de agua superficial: Glaciares, vasos naturales de almacenamiento superficial (lagunas), manantiales y escurrimiento superficial (ríos, riachuelos) que se originan, ya sea en las anteriores fuentes o en afloramientos de agua subterránea.

En lo que respecta al número de fuentes inventariadas (glaciares, lagunas, manantiales, ríos y quebradas) según unidades hidrográficas, se tiene un total de 1272 fuentes; 9 aguas de recuperación, 842 manantiales, 55 lagunas, 192 ríos Y 174 quebradas. En la subcuenca Tantarà se concentra el mayor número de fuentes de agua (340 fuentes), seguida de la subcuenca del río Arma, con 284 fuentes hídricas. La mayor concentración de fuentes hídricas se da en la cuenca húmeda, correspondiente al concepto de aporte hídrico efectivo de este espacio geográfico.

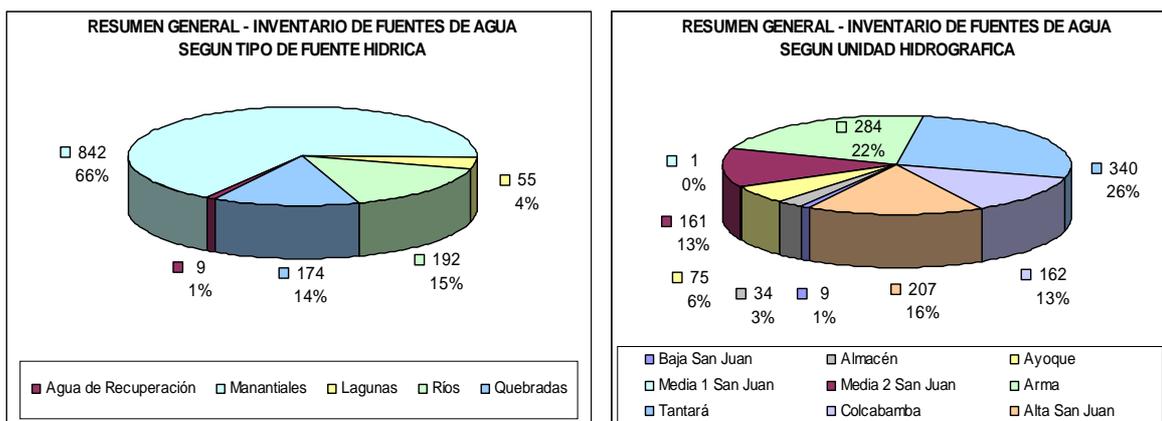
En el cuadro N°2.23. y gráfico N°2.19. se resume el inventario de fuentes hídricas superficiales por subcuencas, según su número. Así mismo en el mapa Hidrográfico N°14 se resume las principales fuentes de agua de la cuenca.

**CUADRO N°2.23**  
**RESUMEN GENERAL DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

Subcuenca	Agua de Recuperación	Manantiales	Lagunas	Ríos	Quebradas	TOTAL
Baja San Juan	9	-	-	-	-	<b>9</b>
Almacén	-	10	-	6	18	<b>34</b>
Ayoque	-	27	-	26	22	<b>75</b>
Media 1 San Juan	-	-	-	1*	-	<b>1</b>
Media 2 San Juan	-	97	-	17	47	<b>161</b>
Arma	-	194	13	49	28	<b>284</b>
Tantarà	-	280	3	30	27	<b>340</b>
Colcabamba	-	103	17	31	11	<b>162</b>
Alta San Juan	-	131	22	33	21	<b>207</b>
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>842</b>	<b>55</b>	<b>192</b>	<b>174</b>	<b>1272</b>

(\*) Río San Juan

**GRAFICO N°2.19.**



**2.9.1. LAGUNAS Y REPRESAMIENTOS**

La cuenca alta del río San Juan presenta, como la mayoría de casos, depresiones de terreno en la cuenca alta, en las que se han formado almacenamientos de agua o lagunas, que se ubican a altitudes mayores a los 4000 m.s.n.m. Se ha inventariado un total de 55 almacenamientos naturales, de las cuales cuatro fuentes han sido incrementadas en su capacidad de almacenamiento mediante la construcción de diques.

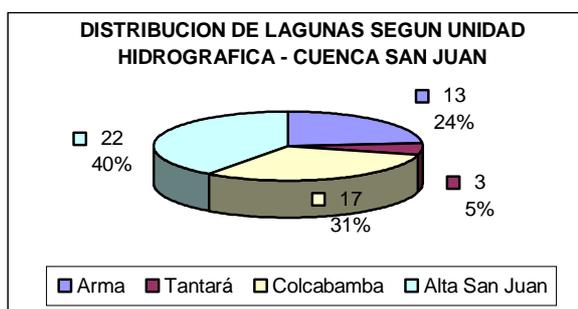
Como se aprecia en el cuadro N°2.24. y gráfico N°2.20., de características generales y distribución de lagunas según unidad hidrográfica, la subcuenca alta San Juan contiene el mayor porcentaje de lagunas, 22 (40% del total), así mismo en las subcuencas Colcabamba y Arma existe un buen número de lagunas, 17 y 13 fuentes respectivamente.

El espejo total de agua de las lagunas inventariadas es 543 Ha.

**CUADRO N°2.24**

SUBCUENCA	LAGUNAS	
	Número	Area de espejo - Ha
Arma	13	15.64
Tantarà	3	7.67
Colcabamba	17	205.67
Alta San Juan	22	313.92
<b>TOTAL</b>	<b>55</b>	<b>542.89</b>

**GRAFICO N°2.20**



### 2.9.2. RIOS

El inventario de ríos en la cuenca del río San Juan se ha realizado considerando el concepto que un río es un cauce natural con agua durante un año hidrológico, los otros cauces tienen la denominación de “quebradas”, que son una parte importante del sistema de drenaje de la cuenca durante la época de precipitaciones pluviales. Una primera descripción del sistema de drenaje de la cuenca, en la que se distingue los principales ríos de esta, se ha realizado en el ítem 2.8.4. del presente trabajo.

La fuente de escorrentía superficial más importante es el río San Juan, el que posee 1317 afluentes, entre ríos y quebradas según el estudio geomorfológico efectuado en base a información cartográfica; mediante el trabajo de inventario se ha identificado 192 ríos o fuentes con escorrentía continua, en las que se han hecho afloros puntuales.

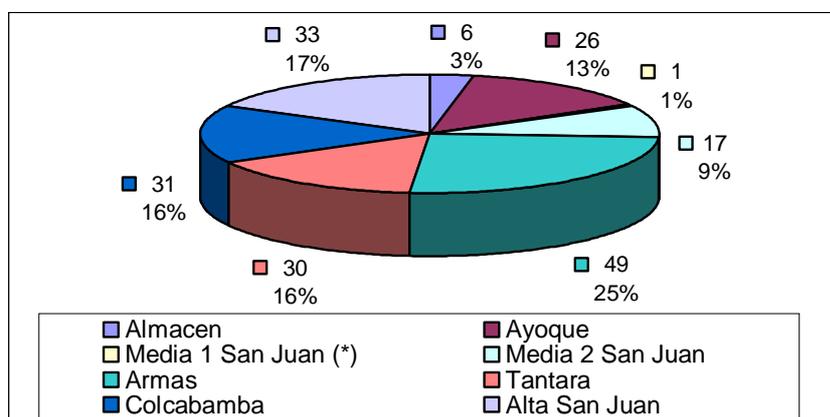
El resumen de la información de campo se muestra en el cuadro N° 2.25. y gráfico N°2.21. de distribución de ríos, en cuanto a número de fuentes según unidad hidrográfica. El mayor número de ríos inventariados, 49 unidades se ubica en la subcuenca del río Arma, Las subcuencas Alto San Juan, Colcabamba y Tantarà tienen una cantidad semejante de ríos, 33, 31 y 30 fuentes inventariadas respectivamente.

**CUADRO N°2.25.  
RESUMEN GENERAL DE RIOS, SEGÚN UNIDAD HIDROGRAFICA  
CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

SUBCUENCA	CANTIDAD DE RIOS
Almacen	6
Ayoque	26
Media 1 San Juan (*)	1
Media 2 San Juan	17
Armas	49
Tantara	30
Colcabamba	31
Alta San Juan	33
<b>Total</b>	<b>192</b>

(\*) Río San Juan

**GRAFICO N°2.21.  
DISTRIBUCION DE RIOS SEGÚN UNIDAD HIDROGRAFICA**



### 2.9.3. MANANTIALES

Los manantiales constituyen importantes fuentes hídricas en zonas altas de la cuenca, pues sus aguas, que generalmente son de buena calidad, son utilizadas para el consumo poblacional y de riego. Estas fuentes se presentan con más frecuencia a altitudes que promedian los 3300 msnm. y 4100 msnm.

Del inventario efectuado se resume la existencia de un total de 842 fuentes distribuidas en la cuenca del río San Juan, de las que 280 fuentes (33.2%) se ubican en la subcuenca Tantará, 194 en la subcuenca Arma, 131 en la subcuenca Alta San Juan, 103 fuentes en la subcuenca Colcabamba, 97 fuentes en la subcuenca Media 2 y el resto en las otras unidades hidrográficas. El resumen de manantiales inventariados según unidad hidrográfica y tipo de uso se muestra en el cuadro N°2.25. En este cuadro se muestra el rendimiento hídrico promedio y acumulado de las fuentes inventariadas. El rendimiento total de manantiales en la cuenca San Juan es 0.776 m<sup>3</sup>/s, con un caudal promedio por fuente de 0.925 lt/s.

**CUADRO N°2.25**

#### **DISTRIBUCION DE MANANTIALES EN LA CUENCA SAN JUAN**

##### **Distribución de manantiales en la Cuenca SAN JUAN**

Subcuenca	Cantidad	Caudal Acumulado (l/s)	Caudal Promedio (l/s)
Almacen	10	1.015	0.113
Ayoque	27	2.964	0.114
Media 2 San Juan	97	33.828	0.364
Armas	194	144.330	0.744
Tantara	280	154.432	0.556
Colcabamba	103	25.323	0.246
Alta San Juan	131	36.010	0.275
<b>Total</b>	<b>842</b>	<b>397.902</b>	<b>0.477</b>
(*) Media 2 San Juan	1	378.000	378.000
<b>Total(*)</b>	<b>843</b>	<b>775.902</b>	<b>0.925</b>

(\*) Incluye manantial Huachac

##### **Distribución de manantiales según tipo de uso**

Tipo de Uso	Cantidad	Caudal Acumulado (l/s)	Caudal Promedio (l/s)
Agrícola	274	132.758	0.490
Agrícola y Poblacional	138	119.033	0.863
Poblacional	33	10.893	0.340
S/U	397	135.218	0.344
<b>Total</b>	<b>842</b>	<b>397.902</b>	<b>0.477</b>
S/U(*)	1	378.000	378.000
<b>Total(*)</b>	<b>843</b>	<b>775.902</b>	<b>0.925</b>

(\*) Incluye manantial Huachac

## MAPA 14

### HIDROGRAFICO

### 3. TEMPERATURA Y EVAPOTRANSPIRACION

#### 3.1. TEMPERATURA

El estudio independiente de esta variable climática es importante dada su alta incidencia en el proceso de evapotranspiración de la cuenca y por tanto en los procesos del balance del ciclo hidrológico y del suceso del periodo vegetativo de los cultivos en el valle y cuenca; sumándose a ello el hecho que la metodología elegida para el cálculo de la evapotranspiración potencial, modelo Hargreaves, tiene como principal variable a la temperatura media mensual.

El presente capítulo trata sobre el estudio de la temperatura media mensual en la cuenca en cuanto a su relación con la altitud, regionalización y distribución espacial; los aspectos de los valores máximos, mínimos y medios según la ubicación de las estaciones que registran este parámetro en la cuenca, así como sus variaciones estacionales, se han tratado en el ítem 2.4.1. – b.

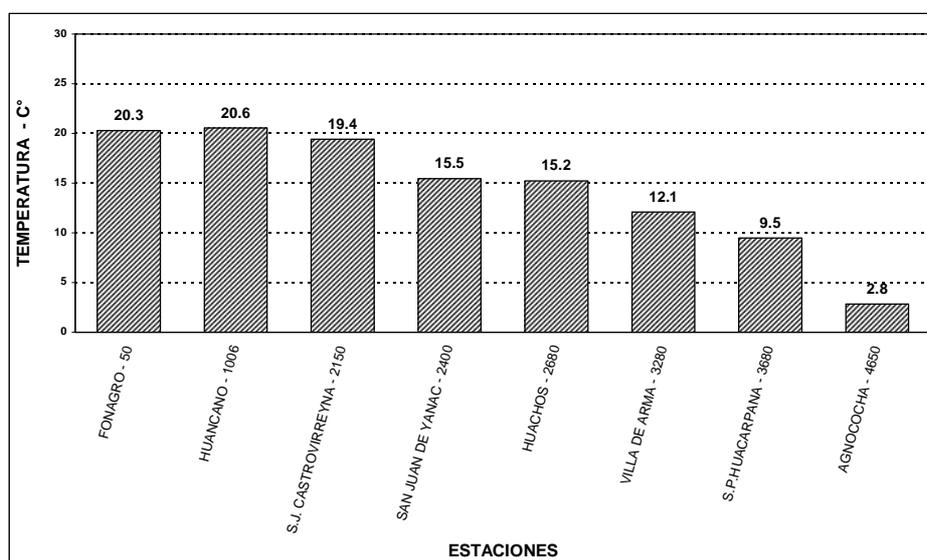
##### 3.1.1. ANALISIS DE LA INFORMACION DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

La información de la temperatura media mensual en la cuenca del río San Juan proviene de una red de estaciones meteorológicas conformadas por las estaciones Fonagro, San Juan de Castrovirreyna, San Juan de Yanac, Huachos, Villa de Arma y San Pedro de Huacarpana, ubicadas al interior de la cuenca, y Huáncano, Agnocochoa de la cuenca vecina Pisco, para lograr una mejor regionalización de este parámetro. Los registros históricos se muestran en el respectivo Anexo 2.7.

En el cuadro N°3.1. se muestra los valores de la temperatura media mensual para un año promedio histórico de las ocho estaciones de trabajo, mostrándose en la última columna los valores comparativos de la temperatura media anual resultado de la aplicación de la ecuación de regionalización hallada en el siguiente ítem. En los gráficos N°3.1. al 3.3. se puede comparar la variación de la temperatura media anual y media mensual.

GRAFICO N°3.1.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL PARA EL AÑO PROMEDIO HISTORICO - ESTACIONES DE TRABAJO CUENCA DEL RIO SAN JUAN



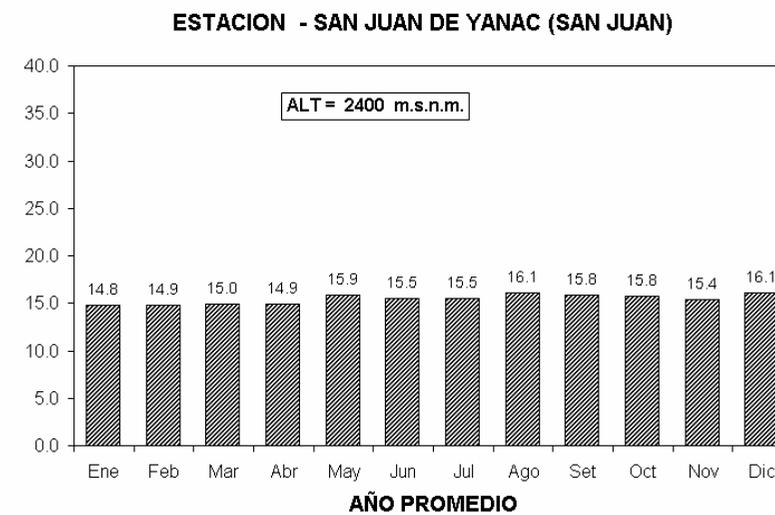
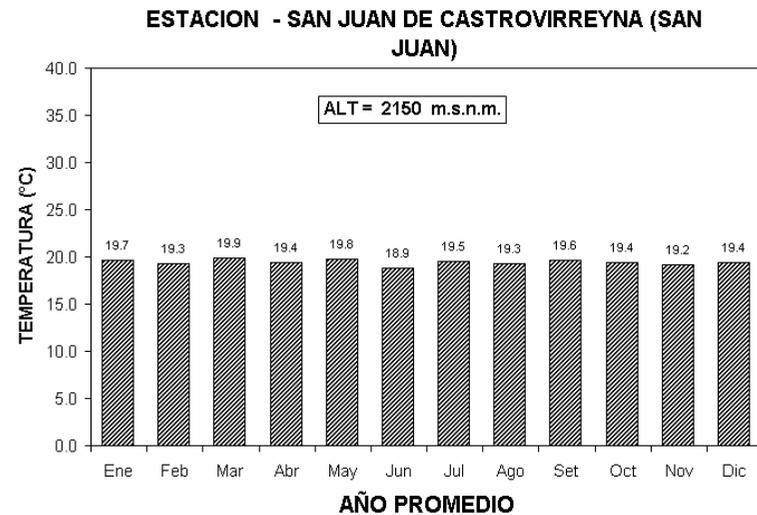
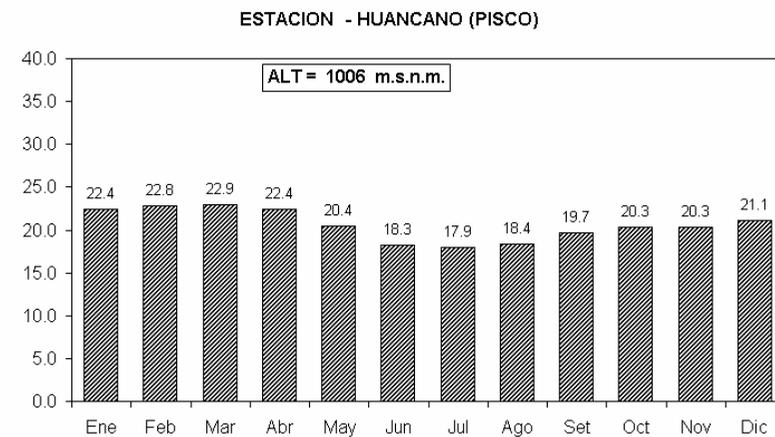
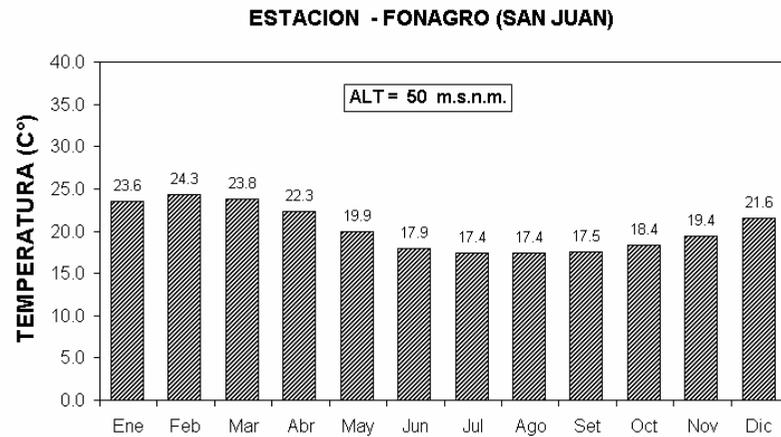
## CUADRO N°3.1.

**TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (C°) - Año Promedio Histórico**  
**ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y ESTACIONES VECINAS**

N°	ESTACION METEOROLOGICA	ALTITUD msnm	AÑO PROMEDIO												MEDIA ANUAL	MED.ANUAL ECUACION
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic		
1	FONAGRO	50	23.6	24.3	23.8	22.3	19.9	17.9	17.4	17.4	17.5	18.4	19.4	21.6	20.3	20.6
2	HUANCANO (*)	1006	22.4	22.8	22.9	22.4	20.4	18.3	17.9	18.4	19.7	20.3	20.3	21.1	20.6	20.3
3	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	2150	19.7	19.3	19.9	19.4	19.8	18.9	19.5	19.3	19.6	19.4	19.2	19.4	19.4	12.3
4	SAN JUAN DE YANAC	2400	14.8	14.9	15.0	14.9	15.9	15.5	15.5	16.1	15.8	15.8	15.4	16.1	15.5	16.7
5	HUACHOS	2680	15.1	14.7	14.7	14.7	15.2	15.2	14.9	15.9	15.8	15.8	15.1	16.0	15.2	17.6
6	VILLA DE ARMA	3280	11.8	10.4	11.3	12.0	12.6	12.3	13.0	12.6	13.2	12.8	11.7	11.4	12.1	15.5
7	S.P.HUACARPANA	3680	9.1	8.6	9.5	9.4	9.8	9.3	9.6	9.2	9.5	10.2	9.6	10.1	9.5	9.9
8	AGNOCOCHA (*)	4650	3.7	3.6	3.8	3.4	2.8	2.0	1.3	1.6	2.2	3.2	3.1	3.3	2.8	2.5

(\*) ESTACIONES DE LA CUENCA VECINA DE PISCO

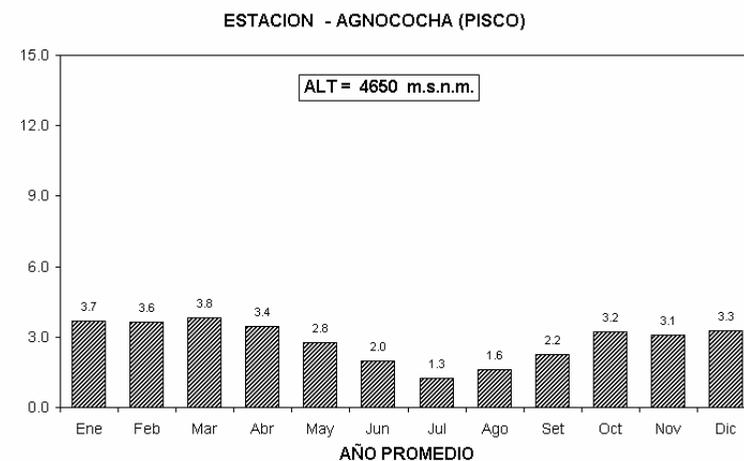
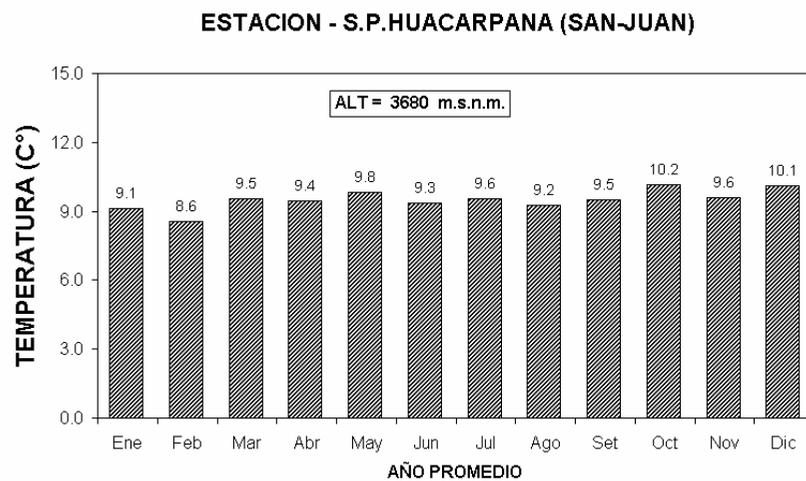
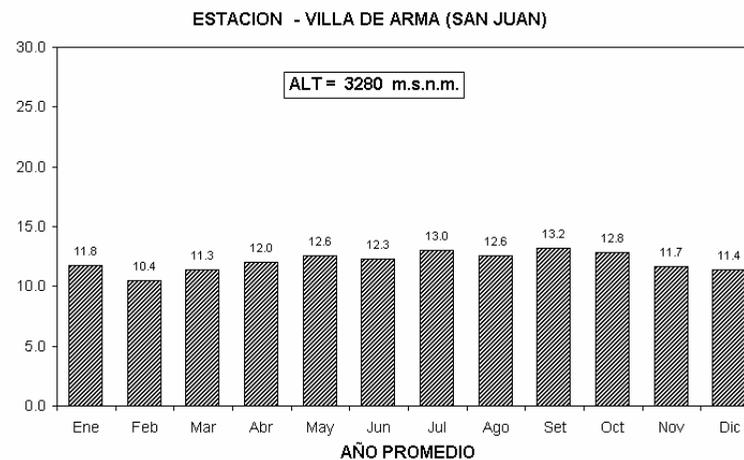
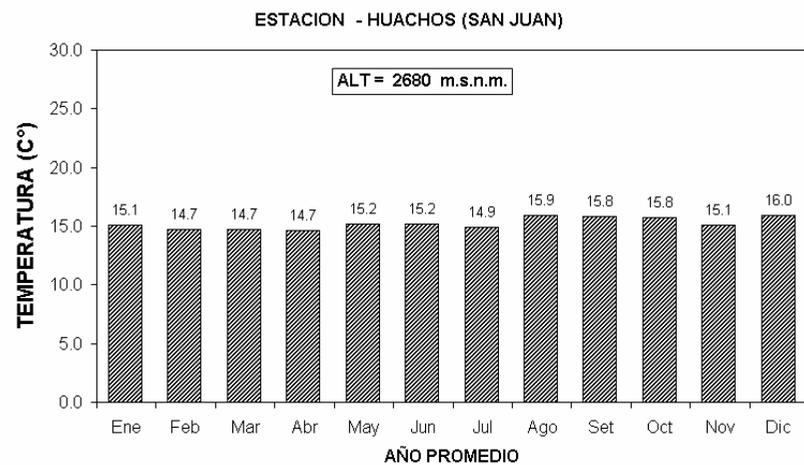
**GRAFICO N° 3.2.**  
**TEMPERATURA MEDIA MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO HISTORICO**  
**ESTACIONES DE TRABAJO CUENCA DEL RIO SAN JUAN**



**GRAFICO N°3.3.**

**TEMPERATURA MEDIA MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO HISTORICO - ESTACIONES DE TRABAJO CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

**ESTACIONES DE TRABAJO CUENCA DEL RIO SAN JUAN**



En el gráfico N°3.1. se distingue la variación de la temperatura media anual según la altitud de las estaciones que la registran, advirtiéndose que los valores máximos se dan para la estaciones de Fonagro (20.3°C) y San Juan de Castrovirreyna (19.4°C), cuyas ubicaciones altitudinales son 50 y 2150 msnm. respectivamente. El valor mínimo de temperatura media anual registrado es del orden de los 9.5°C, para la estación de San Pedro de Huacarpana.

En cuanto a la distribución anual de la temperatura media mensual, se tiene que para altitudes cercanas al nivel medio del mar (estación de Fonagro), la distribución es con mayores valores en los meses de verano, enero a abril, y menores temperaturas en la época invernal de junio a setiembre. Para altitudes comprendidas entre los 2000 y 3700 m.s.n.m. aproximadamente, la variación no es sensible, existiendo uniformidad de valores en un año hidrológico.

### 3.1.2. VARIACION DE LA TEMPERATURA CON LA ALTITUD - GRADIENTE VERTICAL DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL.

La relación inversa entre la temperatura media y la altitud es de carácter sensible en la cuenca, lo cual no sólo se advierte en la información histórica, sino también en el alto coeficiente de correlación encontrado entre estas dos variables. Se ha correlacionado la temperatura media (variable dependiente) y la altitud (variable independiente) empleando un modelo polinomial de segundo grado, que no sólo es el que mejor ajuste matemático tiene, sino que representa de mejor forma la variación de este parámetro, evidenciando así mismo el punto de inversión térmica en la cuenca.

La ecuación matemática empleada del tipo cuadrático es:

$$T = A * (Alt)^2 + B*(Alt) + C$$

Donde: T = Temperatura media anual estimada (°C)  
 A,B,C = Coeficientes de la ecuación de regresión  
 Alt = Altitud (m.s.n.m) de la estación o punto de interés.

Mediante la aplicación de esta ecuación para un año hidrológico histórico, se ha obtenido ecuaciones, a escala mensual y una para el valor anual, que correlacionan la temperatura media con la altitud, obteniéndose en todos los casos altos coeficientes de correlación, del orden de  $r = 0.99$ .

En el cuadro N°3.2. y gráfico N°3.4. se muestra los resultados del análisis de regresión tanto a escala mensual, como anual, con los respectivos valores de los coeficientes A, B, y C y coeficiente de correlación. Así mismo se han estimado las temperaturas medias para diferentes altitudes, como un primer paso para la confección de las isotermas en la cuenca. Según este modelo, la temperatura media anual para la cuenca del río San Juan es de 16.3°C, y para la cuenca húmeda de 8.9°C.

## CUADRO N° 3.2.

## ECUACIONES DE REGIONALIZACION DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO HISTORICO (C°)

Información Histórica - Estaciones Cuenca del río San Juan y cuencas vecinas

AJUSTE ESTADISTICO DE LA REGRESIÓN : POLINOMIAL 2° GRADO :

$$T^{\circ} = A \cdot (\text{Alt})^2 + B \cdot (\text{Alt}) + C$$

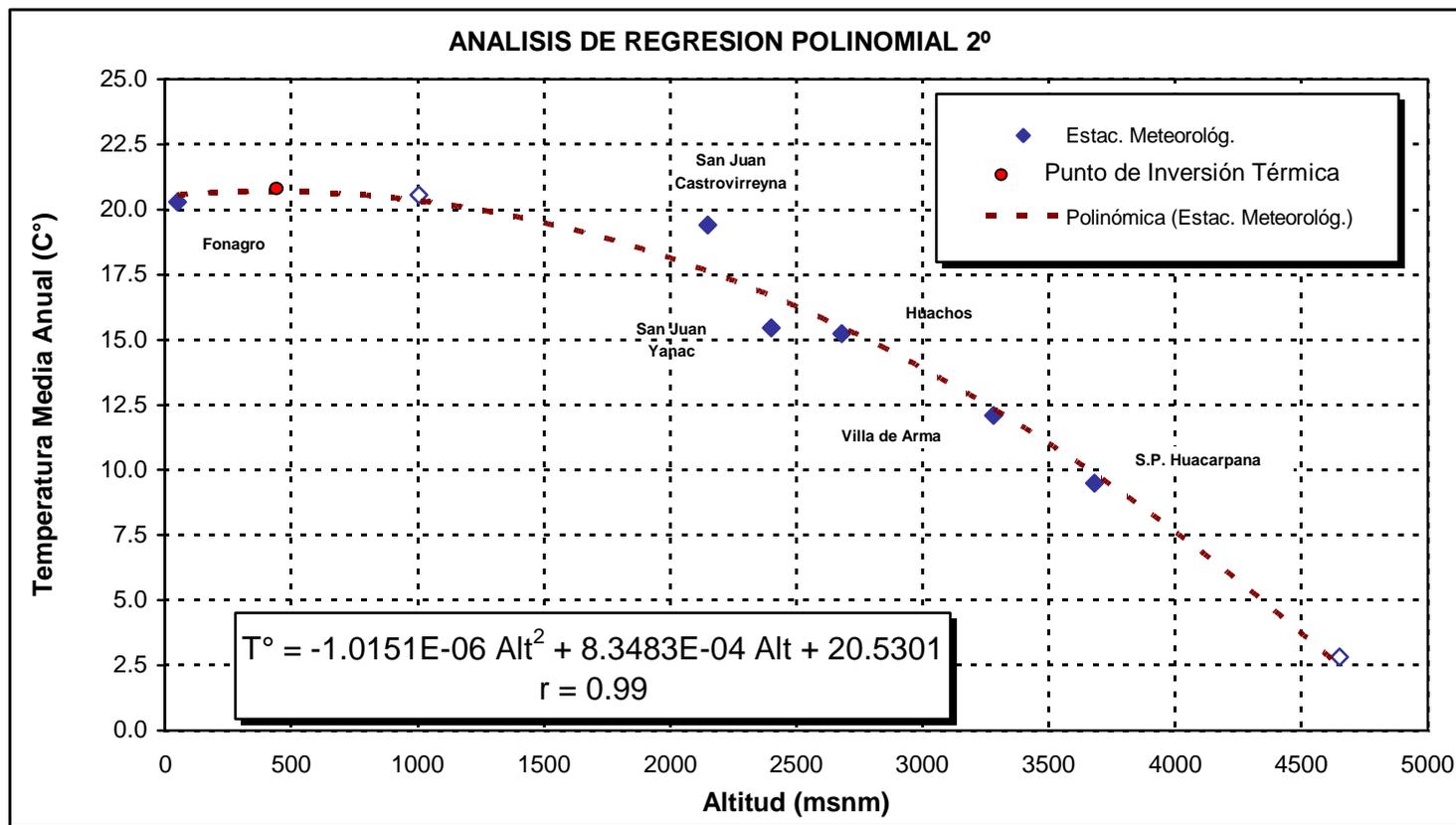
PARAMETROS DE ECUACION	AÑO PROMEDIO HISTORICO												MEDIA ANUAL
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
A	-5.9005E-07	-4.5458E-07	-5.4482E-07	-7.0951E-07	-1.1143E-06	-1.2854E-06	-1.4441E-06	-1.4716E-06	-1.4180E-06	-1.2096E-06	-1.0329E-06	-9.0617E-07	-1.0151E-06
B	-1.7651E-03	-2.6722E-03	-2.0524E-03	-1.0028E-03	1.4061E-03	2.5761E-03	3.3661E-03	3.4658E-03	3.2054E-03	2.2206E-03	1.1159E-03	1.5452E-04	8.3483E-04
C	24.1486	25.1280	24.6154	23.0189	20.0412	17.6218	16.9009	17.0556	17.6248	18.6939	19.7450	21.7672	20.5301
CORREL.	0.987	0.988	0.986	0.987	0.990	0.991	0.985	0.992	0.989	0.990	0.989	0.992	0.990

ALTITUD	GENERACION DE DATOS DE TEMPERATURA PARA DIFERENTES ALTITUDES												
411.2	23.3	24.0	23.7	22.5	20.4	18.5	18.0	18.2	18.7	19.4	20.0	21.7	20.7
2000.0	18.3	18.0	18.3	18.2	18.4	17.6	17.9	18.1	18.4	18.3	17.8	18.5	18.1
3000.0	13.5	13.0	13.6	13.6	14.2	13.8	14.0	14.2	14.5	14.5	13.8	14.1	13.9
3500.0	10.7	10.2	10.8	10.8	11.3	10.9	11.0	11.2	11.5	11.6	11.0	11.2	11.0
4000.0	7.6	7.2	7.7	7.7	7.8	7.4	7.3	7.4	7.8	8.2	7.7	7.9	7.6
*) 3825.4	8.8	8.3	8.8	8.8	9.1	8.7	8.6	8.8	9.1	9.5	8.9	9.1	8.9
**) 2485.7	16.1	15.7	16.1	16.1	16.7	16.1	16.3	16.6	16.8	16.7	16.1	16.6	16.3
4500.0	4.3	3.9	4.3	4.1	3.8	3.2	2.8	2.9	3.3	4.2	3.9	4.1	3.7

(\*) = Altitud media de la cuenca húmeda

(\*\*) = Altitud media de la cuenca del río Pisco

**GRAFICO N°3.4.**  
**CORRELACION TEMPERATURA MEDIA ANUAL / ALTITUD**  
**SERIE HISTORICA DE TEMPERATURA - ESTACIONES CUENCA RIO SAN JUAN Y CUENCAS VECINAS**



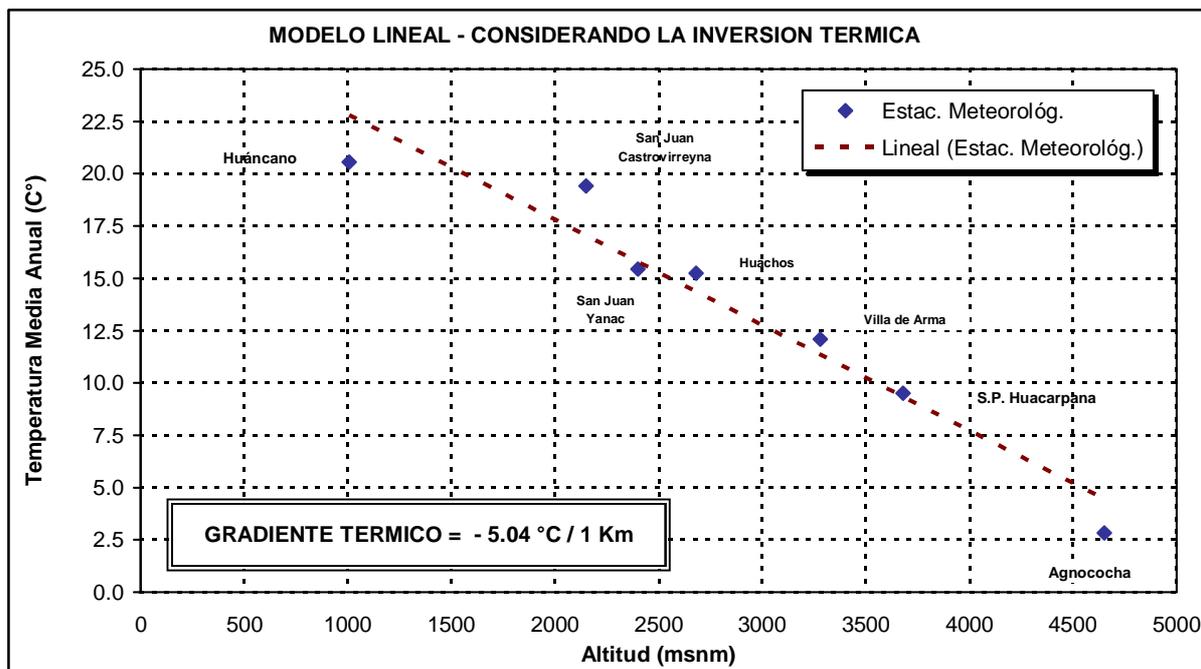
Para la definición del gradiente térmico en la cuenca, se precisa primero identificar el punto de inversión térmica, que según el gráfico N°3.4. está próximo a los 500 msnm. Para ello se ha hallado la tangente a la curva cuadrática hallada, con la condición que esta tenga pendiente nula, resultando que este punto está definido por la ecuación:

$$X = -B / (2.A) ; \text{ siendo } A, B \text{ los coeficientes de la ecuación.}$$

Luego de los cálculos se tiene que el punto de inversión térmica en la cuenca es de 411.2 msnm. Este punto le corresponde una temperatura media mensual de 20.7 °C.

El gradiente térmico encontrado para la cuenca, a partir de este punto, es de - 5.04 °C por cada 1000 metros de altitud ascendidos, relación que es válida entre las altitudes 411 y 4700 msnm. Es decir que entre los 50.0 msnm (estación de Fonagro) y los 41.2 msnm la relación temperatura media – altitud es directa o creciente, con un gradiente promedio de +0.1 °C por cada 100.0 metros ascendidos. En el gráfico N°3.5. se ha representado el gradiente térmico de la cuenca, el que procede de un análisis de correlación lineal.

**GRAFICO N° 3.5.**  
**GRADIENTE TERMICO EN LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**



### 3.1.3. DISTRIBUCION AREAL DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL.

La variación espacial o areal de la temperatura media mensual proviene de la ponderación realizada de las curvas isotermas generadas en la cuenca del río San Juan, para un año promedio histórico a escala mensual y anual. Ver mapa **N°15** de isotermas promedio anual, a escala 1/200000 y gráficos adjuntos de isotermas promedio mensuales 13.1 – 13.12. La generación de los mapas de isotermas se ha realizado en base a métodos automáticos de generación de curvas con información cartográfica digital, con asistencia de un software de operación del sistema de información geográfica (SIG). Esta información cartográfica se encuentra en los anexos del presente trabajo.

Para la determinación de la temperatura areal mensual en la cuenca del río San Juan se ha empleado la siguiente relación:

$$T = \frac{\sum (A * T_{it})}{\sum A}$$

En la anterior relación:

**T** = Temperatura areal (ponderada)

**T<sub>it</sub>** = Temperatura promedio entre dos isotermas consecutivas.

**A** = Area de influencia de dos isotermas continuas.

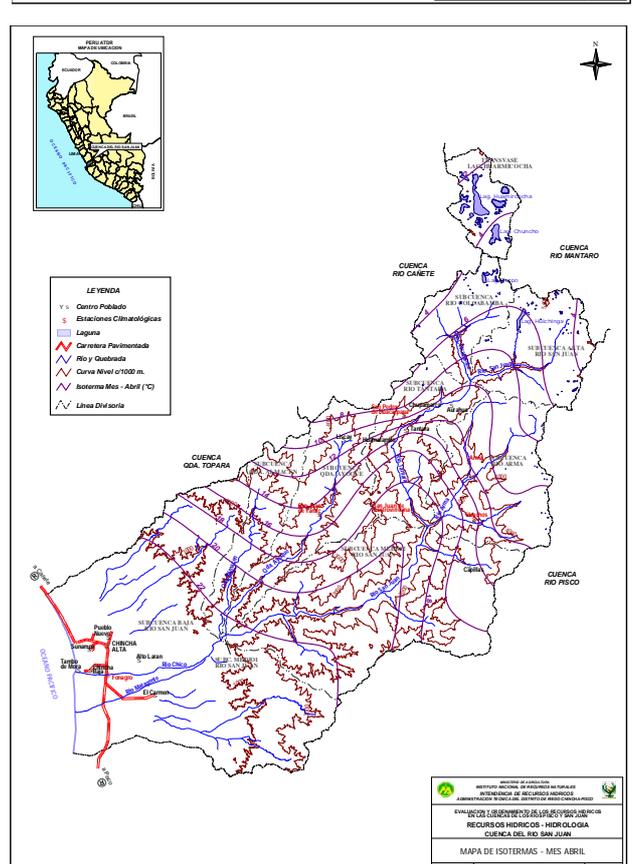
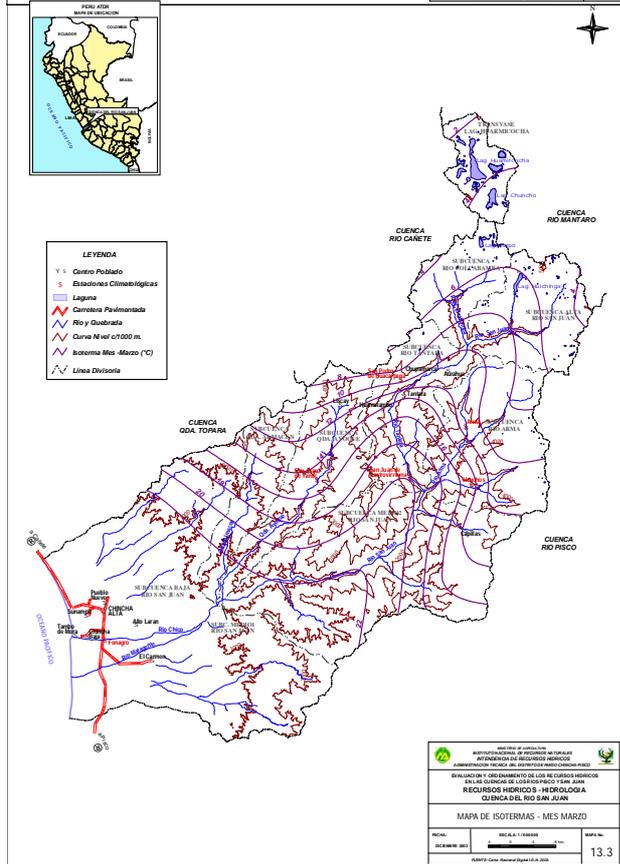
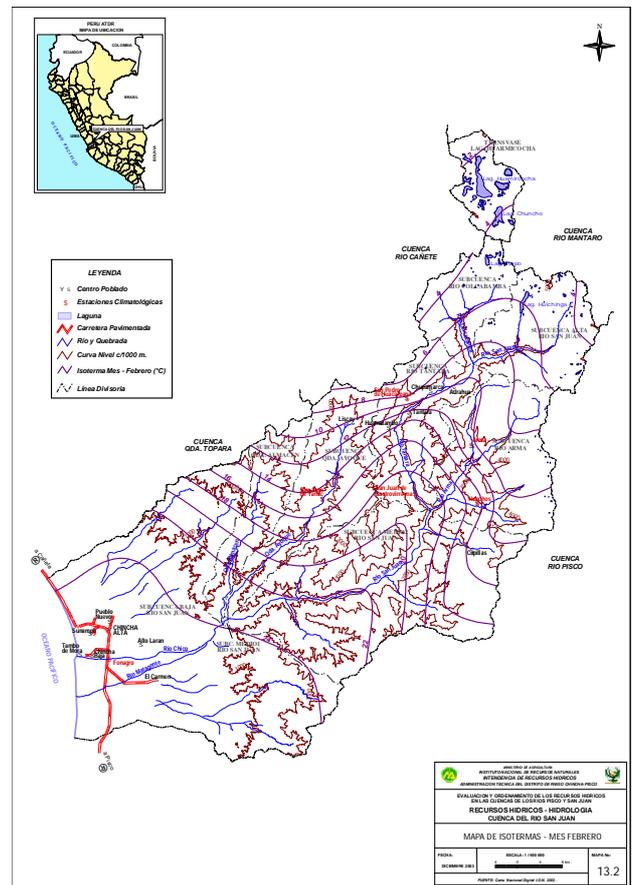
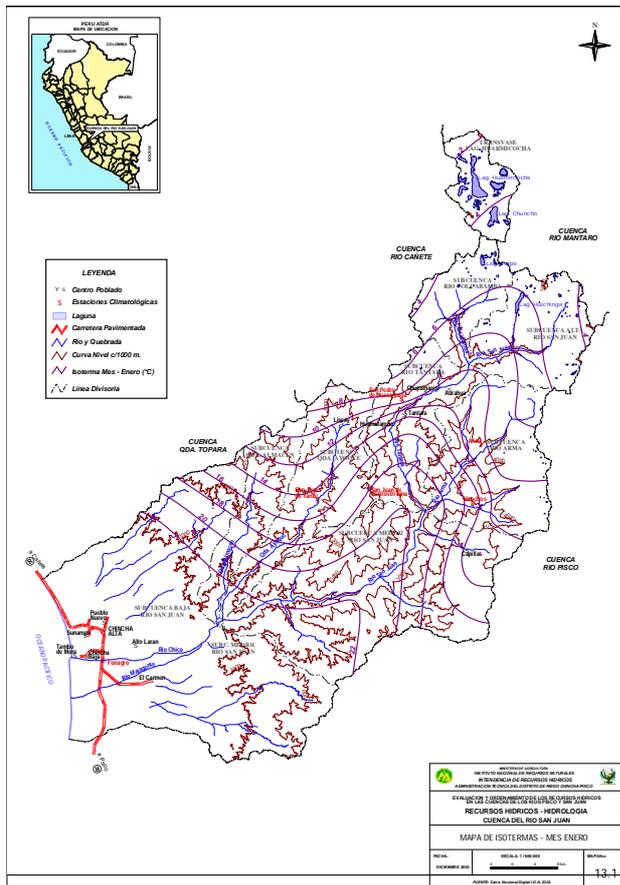
Los valores de las temperaturas medias mensuales ponderadas generadas para las unidades hidrográficas de la cuenca del río San Juan, cuadro **N°3.3.**, indican temperaturas medias anuales de 20.6 °C para la subcuenca baja San Juan, 16.0 °C para la subcuenca Almacén, y 14.9°C, 18.7°C, 11.8°C, 13.5°C, 5.4°C y 5.9°C para las subcuencas Ayoque, Media 2, Arma, Tantar, Colcabamba y Alta San Juan, respectivamente. La cuenca San Juan tiene una temperatura media anual de 16.0, correspondiéndole a la cuenca húmeda un valor de 8.9, cifra coincidente con la encontrada mediante la ecuación de regionalización encontrada para la cuenca.

**CUADRO N° 3.3.****TEMPERATURA MEDIA MENSUAL SEGUN UNIDADES HIDROGRAFICAS (C°) - Año Promedio Histórico****Ponderación de Isotermas Generadas en la Cuenca del Río San Juan**

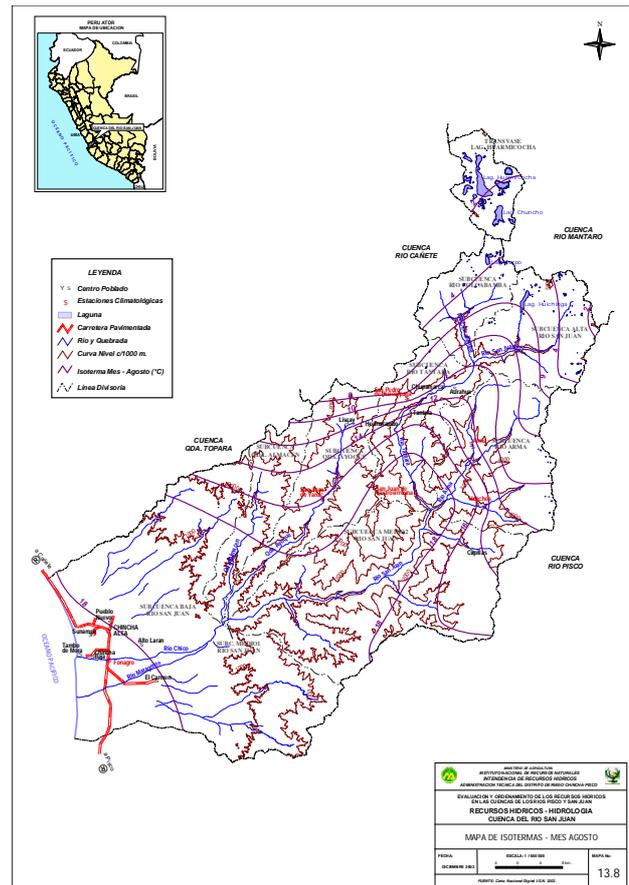
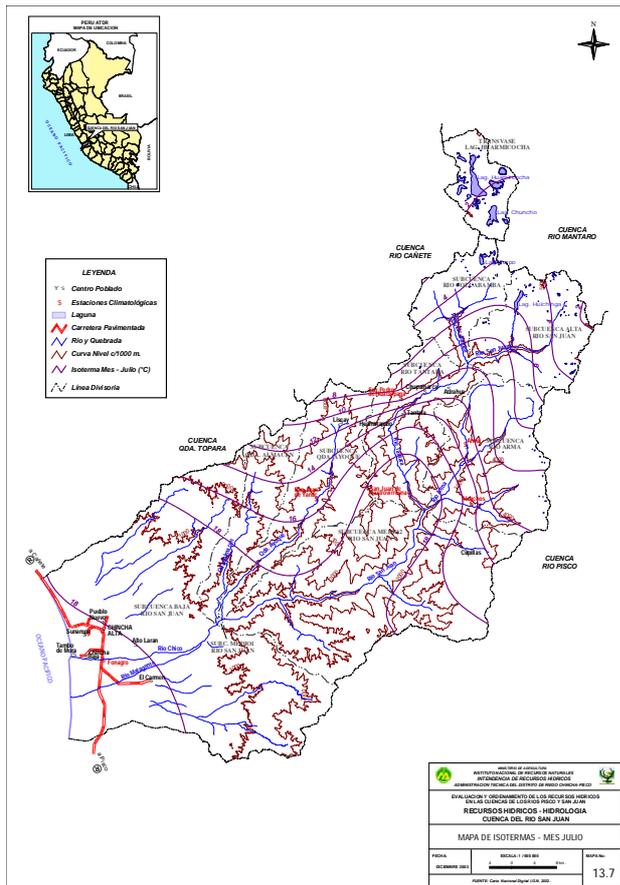
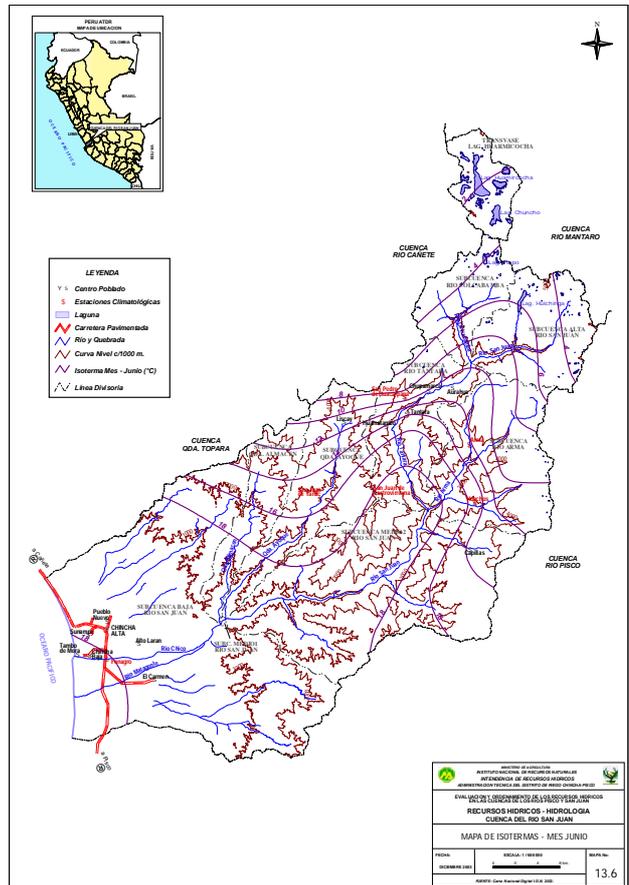
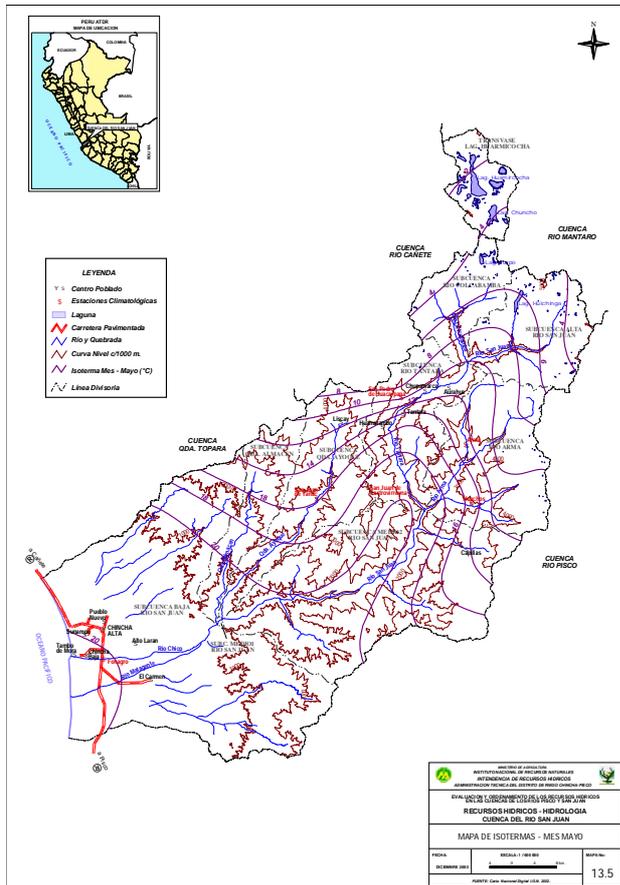
N°	SUBCUENCA	AÑO PROMEDIO												MEDIA ANUAL
		Julio	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	BAJA RIO SAN JUAN	18.3	18.4	18.5	18.8	20.0	20.7	22.4	23.9	22.5	22.4	20.4	18.6	20.6
2	QDA. ALMACEN	15.3	15.7	15.6	15.8	15.8	16.7	16.1	16.3	16.3	16.0	16.2	15.4	16.0
3	MEDIA 1 RIO SAN JUAN	19.0	19.0	19.0	19.0	21.0	21.0	23.0	23.0	23.0	23.0	21.0	19.0	21.0
4	QDA. AYOQUE	14.7	15.0	14.9	15.1	14.8	15.5	14.7	14.6	14.9	14.7	15.3	14.7	14.9
5	MEDIA 2 RIO SAN JUAN	17.9	17.8	17.9	18.1	18.1	19.0	19.5	19.6	19.7	19.3	18.9	17.6	18.7
6	RIO ARMAS	11.8	11.8	12.1	12.2	11.7	11.9	11.5	10.9	11.3	11.6	11.8	11.5	11.8
7	RIO TANTARA	13.6	13.6	13.8	14.0	13.4	13.7	13.2	12.7	13.4	13.3	13.9	13.3	13.5
8	RIO COLCABAMBA	4.7	4.8	5.2	6.0	5.6	5.9	5.7	5.3	5.9	5.7	5.6	5.0	5.4
9	ALTA RIO SAN JUAN	5.4	5.4	5.8	6.5	6.1	6.3	6.2	5.9	6.3	6.1	6.0	5.6	5.9
10	CUENCA RIO SAN JUAN	15.0	15.0	15.2	15.5	15.7	16.3	16.8	17.1	16.9	16.7	16.1	15.0	16.0
11	CUENCA HUMEDA	8.6	8.8	9.1	9.5	8.9	9.1	8.8	8.3	8.8	8.8	9.1	8.7	8.9

## MAPA – 15

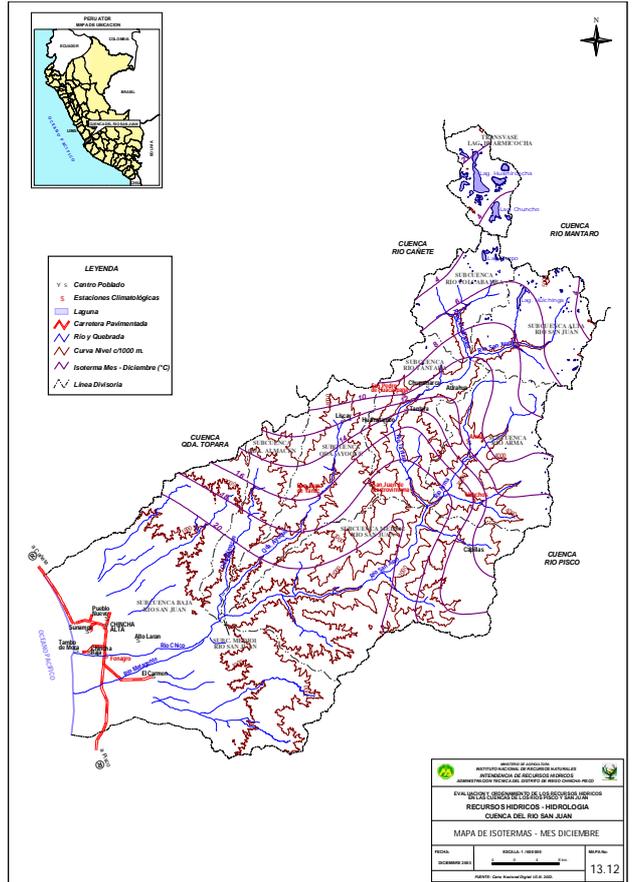
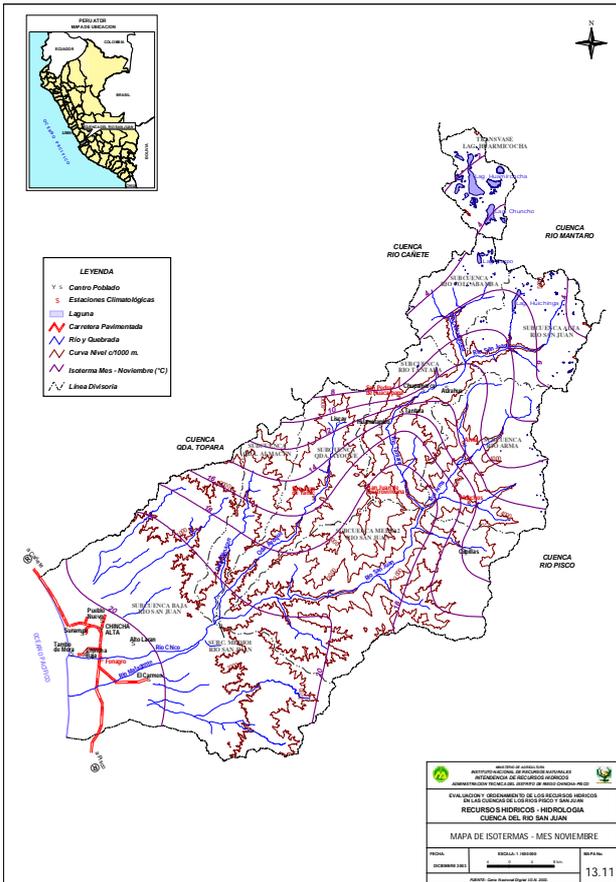
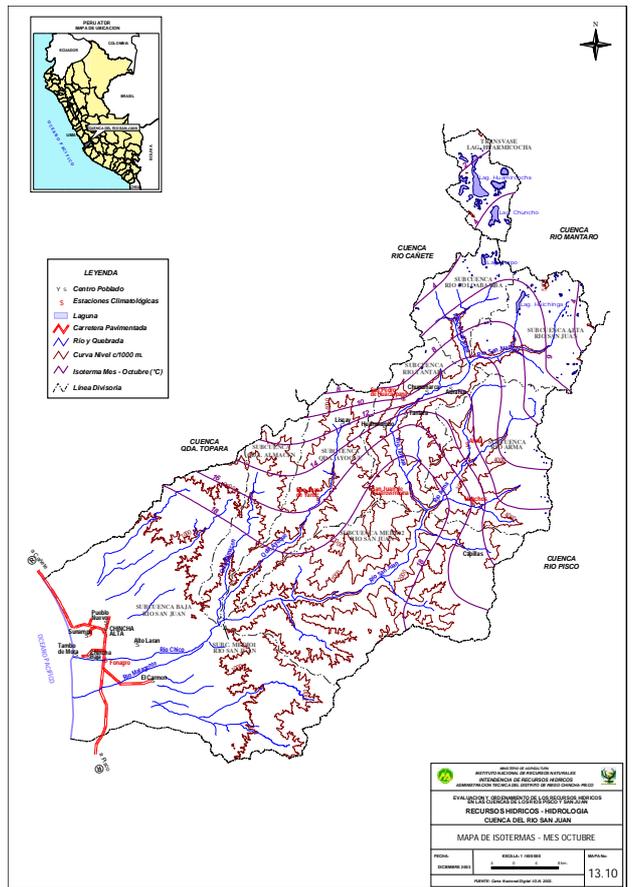
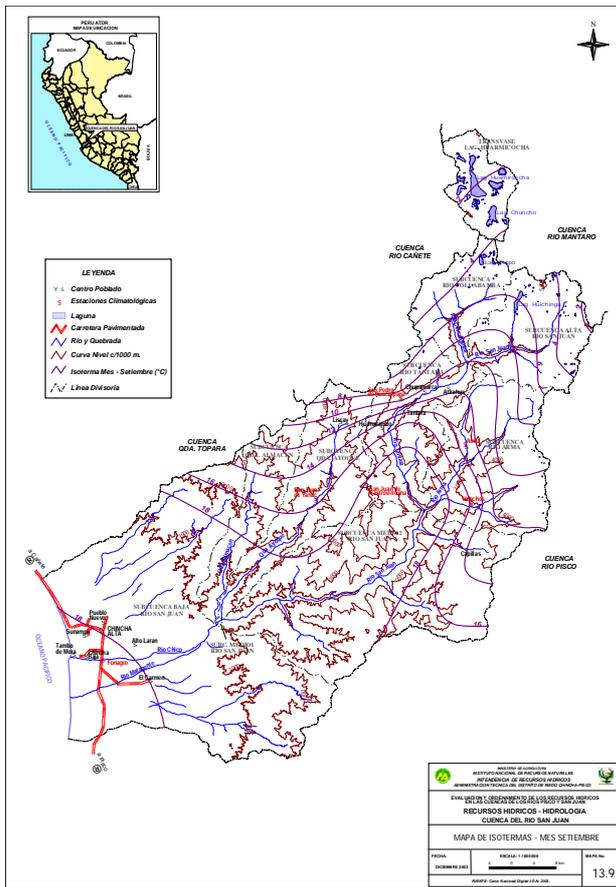
## MAPAS DE ISOTERMAS MENSUALES DEL AÑO PROMEDIO HISTORICO: ENERO - ABRIL



## MAPAS DE ISOTERMAS MENSUALES DEL AÑO PROMEDIO HISTORICO : MAYO - AGOSTO



## MAPAS DE ISOTERMAS MENSUALES DEL AÑO PROMEDIO HISTORICO : SETIEMBRE - DICIEMBRE



## 3.2. EVAPOTRANSPIRACION

### 3.2.1. ASPECTOS GENERALES

La importancia de estudiar la evapotranspiración en la cuenca del río San Juan radica en los siguientes aspectos: En la descripción del comportamiento hidrológico de la cuenca un porcentaje alto, mayor al 50%, de la precipitación total es transferido a la atmósfera por el proceso de evapotranspiración; la determinación del uso consuntivo de los cultivos, resulta de la diferencia positiva entre la evapotranspiración de cultivo (evapotranspiración potencial o de referencia) y la precipitación efectiva; y el modelo de simulación precipitación-escorrentía utilizado tiene como información de entrada a la evapotranspiración potencial de la cuenca.

Para el cálculo de esta variable hidrológica existen varios métodos, como las cubetas evaporimétricas, transferencia de masa, balance de energía, y el balance hídrico. En base a estos métodos se conoce una variedad de fórmulas que se incluyen en uno de los siguientes grupos: Radiación, temperatura, humedad relativa, combinación de algunas de las anteriores, y evaporación.

En el presente estudio, función de la información básica disponible, presentada en los Anexos 2.8, 2.9, 2.10 y 2.11, se ha empleado las siguientes fórmulas tradicionales, las cuales tienen un coeficiente de corrección en función de los siguientes parámetros meteorológicos:

Para la cuenca del río San Juan:

**Hargreaves Modificado** (parámetro base: radiación solar) - Temperatura media mensual, altitud media, latitud media.

Para el valle de Chíncha:

**Blaney-Criddle** (parámetro base: temperatura) - Humedad relativa, velocidad del viento diurno, insolación).

**Radiación** (parámetro base: radiación solar) – Humedad relativa media, velocidad del viento diurno).

**Penman** (parámetro base: radiación y aerodinámica) – Humedad relativa máxima, velocidad del viento diurno, coeficiente de velocidad viento diurno/nocturno).

**Cubeta** (parámetro base: evaporación) – Humedad relativa media, velocidad del viento diario, tipo de cubierta vegetal del entorno, distancia a barlovento de la cubierta vegetal).

### 3.2.2. INFORMACION BASICA

La información climática empleada para el cálculo de la evapotranspiración potencial está diferenciada según las zonas cuenca y valle del río San Juan.

En el primer caso se parte de información de temperatura media mensual de las estaciones meteorológicas de Fonagro, San Juan de Castrovirreyna, San Juan de Yanac, Huachos, Villa de Arma y San Pedro de Huacarpansa, ubicadas al interior de la cuenca, y Huáncano, Agnococho de la cuenca vecina Pisco. La información neta de entrada al modelo empleado (Hargreaves) es la temperatura areal para cada unidad hidrográfica, determinada en el ítem 3.1.3. (cuadro N°3.3.).

Como información complementaria se ha empleado datos de altitud y coordenadas geográficas del centro de gravedad de cada subcuenca, estos puntos geométricos se han hallado con asistencia del sistema de información geográfica en los respectivos mapas digitales.

Para el caso de la zona valle, se utiliza la información climática promedio de la estación meteorológica Fonagro, ubicada a una altitud de 50 msnm., referida a: Temperatura media, mínima y máxima, Humedad relativa media, mínima y máxima, Horas de sol, Velocidad del viento diurno y nocturno. Ver **cuadro N°3.5**. En cuanto al empleo de la información de esta estación, consideramos que es más representativa respecto al uso de datos de la estación de San Juan, cuya ubicación altitudinal (7 msnm) está por debajo del promedio altitudinal del área de cultivo del valle.

### 3.2.3. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN LA CUENCA

Función de la disponibilidad de información climática confiable en la cuenca, que en el presente caso es la temperatura media mensual, se ha empleado un método de carácter empírico, el que se apoya en la investigación de campo y en la experiencia; nos referimos a las expresiones del Sistema de Hargreaves, modelo que parte de la premisa o supuesto de que la energía disponible para la evaporación es proporcional a la temperatura; se ha definido la evapotranspiración en la cuenca del río San Juan por la fórmula de radiación HARGREAVES III MODIFICADA, expresión matemática que a continuación describimos:

$$EP = 0,0075 \cdot RSM \cdot TF \cdot FA$$

$$RSM = 0,075 \cdot RA \cdot \left(\frac{n}{N}\right)^{1/2}$$

$$FA = 1 + 0,06 \cdot AL$$

Donde:

EP	= Evapotranspiración Potencial (mm de agua)
RSM	= Radiación Solar Media
TF	= Temperatura media (°F)
FA	= Corrección por altitud
RA	= Radiación extraterrestre (mm de agua)
n/N	= Relación entre insolación actual y posible (%)
AL	= Altitud media (Km)

Los valores de la radiación extraterrestre provienen de una interpolación entre los datos presentados de tabla (publicación FAO), para la ubicación geográfica de las subcuencas en estudio.

Los resultados de los cálculos, para cada una de las subcuencas (para un año promedio), se aprecian en el cuadro **N°3.6**.

La evapotranspiración potencial total anual encontrada para la cuenca San Juan es 1469.0 mm y para la cuenca húmeda 1242.2 mm. Los valores para las subunidades hidrográficas Baja San Juan, Almacén, Ayoque, Media 1 y Media 2 San Juan, son del orden de los 1508 mm, para las cuencas Arma y Tantarà del orden de los 1414 mm, y para las subcuencas Colcabamba y Alta San Juan del orden de los 1130 mm. Como se distingue la variación de este parámetro es de menores valores a una mayor altitud.

### 3.2.4. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN EL VALLE DE CHINCHA

La evapotranspiración potencial (de referencia) mensual en el valle de Chincha es importante para las estimaciones de las necesidades de agua de los cultivos instalados en este.

Se ha empleado las fórmulas de Blanney-Criddle, Penman (Modificado y Monteith) y Radiación (Radiación y Hargreaves), con la asistencia del software "SIR" o "Sistema de Información de Riego", habiéndose encontrado, según el cuadro **N°3.7**. y gráfico **N°3.6.**, los siguientes valores de la evapotranspiración potencial anual para la estación de Fonagro (50 msnm): 1056.3, 1974.4, 1645.6, 1403.5, y 1359.9 mm/año respectivamente. Los datos según el método de la cubeta no son representativos, los datos de evaporación son de evaporímetro de Piché.

**CUADRO N°3.5.**  
**INFORMACION CLIMATICA BASICA PROMEDIO - PROMEDIO HISTORICO 1990-2002**  
**ESTACION MAP - FONAGRO (CHINCHA) - Alt = 50 msnm.**

AÑO PROMEDIO	PROMEDIO DE VARIABLES CLIMATICAS									
	T° med °C	T° máx °C	T° mín °C	HR% med %	HR% máx %	HR% mín %	Hr sol Hr	Evap-cub mm/dia	Veloc-Viento- dia m/s	Veloc-Viento- noche m/s
<b>ENE</b>	23.6	27.5	19.7	78.4	89.8	67.6	6.4	5.1	7.2	3.1
<b>FEB</b>	24.3	28.6	20.1	77.7	91.0	64.4	6.6	5.3	6.9	2.9
<b>MAR</b>	23.8	28.1	19.6	78.4	92.3	64.6	7.5	4.9	6.7	2.8
<b>ABR</b>	22.3	26.7	17.9	79.3	93.4	65.1	7.8	4.1	6.2	2.2
<b>MAY</b>	19.9	24.2	15.6	79.9	92.8	67.0	6.3	3.0	6.1	2.0
<b>JUN</b>	17.9	21.6	14.3	81.3	92.1	70.4	3.5	2.2	6.0	2.3
<b>JUL</b>	17.4	20.6	14.2	81.6	91.6	71.6	2.8	2.1	5.9	2.4
<b>AGO</b>	17.4	20.3	14.4	81.8	90.9	72.8	2.5	2.5	6.4	2.8
<b>SEP</b>	17.5	20.7	14.4	80.1	90.8	69.0	3.6	2.7	6.0	2.6
<b>OCT</b>	18.4	22.0	14.7	80.7	90.8	70.6	5.0	3.6	6.7	2.9
<b>NOV</b>	19.4	23.1	15.6	80.0	90.5	69.5	5.7	4.0	7.0	3.0
<b>DIC</b>	21.6	25.5	17.6	79.0	91.0	67.0	5.7	4.3	7.0	3.2

**CUADRO N° 3.6.**  
**EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (EP) - Hargreaves III Modificado**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

AÑO	UNIDAD HIDROGRAFICA																					
	BAJA SAN JUAN		ALMACEN		MEDIA 1 SAN JUAN		AYOQUE		MEDIA 2 SAN JUAN		ARMA		TANTARA		COLCABAMBA		ALTA SAN JUAN		CUENCA SAN JUAN		CUENCA HUMEDA	
	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)	RA (mm)	EP (mm)
ENERO	16.7	155.8	16.7	143.2	16.7	155.4	16.7	142.4	16.7	158.4	16.7	134.1	16.7	139.8	16.6	109.8	16.6	112.6	16.7	146.9	16.7	120.6
FEBRERO	16.4	144.4	16.4	128.7	16.4	139.1	16.4	127.4	16.4	141.8	16.4	117.4	16.4	123.1	16.3	96.6	16.3	99.2	16.4	132.6	16.4	105.9
MARZO	15.3	143.4	15.3	132.7	15.3	142.9	15.3	132.2	15.3	146.4	15.3	122.8	15.3	129.5	15.4	101.9	15.4	104.0	15.3	135.5	15.3	111.3
ABRIL	13.8	124.4	13.8	114.7	13.8	124.4	13.8	114.4	13.8	125.9	13.8	108.0	13.8	112.7	13.9	88.4	13.9	90.3	13.8	117.5	13.8	97.1
MAYO	12.2	108.4	12.3	105.8	12.2	108.3	12.3	106.7	12.2	114.1	12.3	99.9	12.3	105.2	12.3	80.8	12.3	82.6	12.2	105.8	12.3	90.1
JUNIO	11.3	92.4	11.4	92.6	11.3	92.1	11.4	93.9	11.3	98.8	11.4	88.8	11.4	92.7	11.4	70.6	11.4	72.6	11.3	91.7	11.4	79.5
JULIO	11.7	98.2	11.8	98.7	11.7	98.5	11.8	100.5	11.7	106.5	11.8	95.9	11.8	100.1	11.8	74.7	11.8	77.0	11.7	98.1	11.8	85.0
AGOSTO	13.0	109.1	13.0	110.7	13.0	109.2	13.0	112.4	13.0	117.7	13.0	106.0	13.0	110.7	13.1	82.8	13.1	85.2	13.0	108.9	13.0	94.5
SEPTIEMBRE	14.6	118.6	14.6	119.4	14.6	118.5	14.6	121.5	14.6	127.9	14.6	116.0	14.6	120.8	14.6	91.1	14.6	93.8	14.6	118.5	14.6	103.7
OCTUBRE	15.8	134.4	15.8	134.4	15.8	132.8	15.8	136.7	15.8	144.2	15.8	130.4	15.8	135.7	15.8	105.3	15.8	108.1	15.8	134.0	15.8	117.6
NOVIEMBRE	16.5	140.1	16.5	135.7	16.5	141.3	16.5	136.8	16.5	145.8	16.5	129.2	16.5	134.6	16.4	104.2	16.4	107.1	16.5	136.1	16.5	115.9
DICIEMBRE	16.5	147.6	16.5	144.2	16.5	146.3	16.5	144.9	16.5	154.5	16.5	134.9	16.5	140.4	16.5	109.4	16.5	112.1	16.5	143.4	16.5	121.0
<b>TOTAL</b>	<b>173.7</b>	<b>1,517.0</b>	<b>173.9</b>	<b>1,460.8</b>	<b>173.7</b>	<b>1,508.8</b>	<b>173.9</b>	<b>1,469.9</b>	<b>173.8</b>	<b>1,582.1</b>	<b>174.0</b>	<b>1,383.3</b>	<b>174.0</b>	<b>1,445.4</b>	<b>174.2</b>	<b>1,115.7</b>	<b>174.2</b>	<b>1,144.6</b>	<b>173.8</b>	<b>1,469.0</b>	<b>174.0</b>	<b>1,242.2</b>

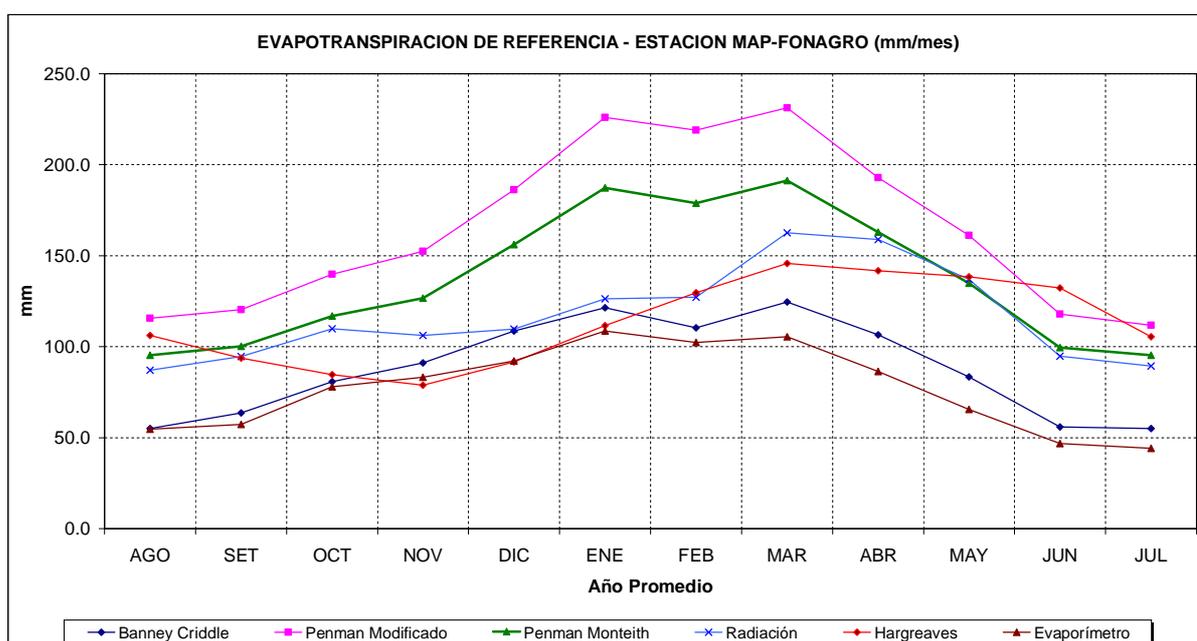
FUENTE : PROPIA

**CUADRO N° 3.7.**

**EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (DE REFERENCIA) PARA EL AÑO PROMEDIO - mm/mes**  
**DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA ESTACION MAP-FONAGRO**  
**FUENTE DE PROCESAMIENTO : SOFTWARE "SIR"**

Altitud : 50 m.s.n.m.		Latitud : 13° 28'				Longitud : 76° 08'				Alt. Anem. : 4.0 m			
MES	BLANNEY CRIDDLE		PENMAN MODIFICADO		PENMAN MONTEITH		RADIACION		HARGREAVES		EVAPORIMETRO CUB.		
	(mm/día)	(mm/mes)	(mm/día)	(mm/mes)	(mm/día)	(mm/mes)	(mm/día)	(mm/mes)	(mm/día)	(mm/mes)	(mm/día)	(mm/mes)	
AGO	1.772	54.932	3.730	115.630	3.072	95.232	2.808	87.048	3.426	106.206	1.763	54.653	
SET	2.121	63.630	4.009	120.270	3.340	100.200	3.154	94.620	3.125	93.750	1.907	57.210	
OCT	2.608	80.848	4.512	139.872	3.771	116.901	3.541	109.771	2.727	84.537	2.514	77.934	
NOV	3.039	91.170	5.081	152.430	4.225	126.750	3.538	106.140	2.626	78.780	2.774	83.220	
DIC	3.503	108.593	6.005	186.155	5.037	156.147	3.539	109.709	2.956	91.636	2.974	92.194	
ENE	3.916	121.396	7.291	226.021	6.040	187.240	4.073	126.263	3.600	111.600	3.505	108.655	
FEB	3.940	110.320	7.823	219.044	6.388	178.864	4.542	127.176	4.631	129.668	3.655	102.340	
MAR	4.017	124.527	7.462	231.322	6.173	191.363	5.247	162.657	4.701	145.731	3.402	105.462	
ABR	3.553	106.590	6.428	192.840	5.433	162.990	5.299	158.970	4.727	141.810	2.879	86.370	
MAY	2.691	83.421	5.197	161.107	4.353	134.943	4.420	137.020	4.463	138.353	2.116	65.596	
JUN	1.861	55.830	3.930	117.900	3.319	99.570	3.162	94.860	4.411	132.330	1.561	46.830	
JUL	1.774	54.994	3.608	111.848	3.077	95.387	2.880	89.280	3.403	105.493	1.424	44.144	
TOTAL		1056.251		1974.439		1645.587		1403.514		1359.894		924.608	

**GRAFICO N° 3.6.**



## 4. PLUVIOMETRIA

La precipitación constituye uno de los componentes más importantes del ciclo hidrológico en una cuenca hidrográfica es la precipitación, y en este sentido es que se realiza el estudio de este parámetro meteorológico en forma independiente y detallada.

Para poder explicar de mejor forma el suceso de la escorrentía superficial en la cuenca del río San Juan es necesario relacionarla con la precipitación y de esta forma, no sólo validar la información histórica disponible, sino también practicar una modelación matemática que reproduzca el proceso precipitación – escorrentía, para lo cual se requiere previamente cuantificar la incidencia simultánea de la precipitación sobre la cuenca, a lo que denominamos cálculo de la precipitación areal en base a información de mapas de isoyetas, generados en el presente estudio para cada uno de los años de registro (1964 – 2002).

En el presente capítulo se realiza un estudio de la precipitación total mensual, puesto que la información disponible a escala diaria es insuficiente, y por tanto nos llevaría a resultados poco adecuados.

### 4.1. RED DE ESTACIONES DE MEDICION - INFORMACION HISTORICA

Se ha establecido una red de diecisiete (13) estaciones meteorológicas de trabajo para el estudio de la precipitación, tanto al interior de la cuenca del río San Juan, como en las áreas circundantes a esta pertenecientes a las cuencas vecinas de Pisco y Mantaro, de las que procede la información pluviométrica; estas estaciones en orden creciente de ubicación altitudinal son: Fonagro, San Juan de Castrovirreyna, San Juan de Yanac, Huachos, Tantar, Huichinga, Arma y San Pedro de Huacarpana, variando su ubicación altitudinal de 50 a 3680 m.s.n.m. Así mismo se cuenta con registros de otras cinco estaciones de apoyo; Chuncho, ubicada en la cuenca Mantaro, Totor, Ticrapo, Huáncano y Bernales, ubicadas en la cuenca Pisco.

El cuadro **Nº4.1.** y gráfico **Nº4.1.** se muestra la relación de las estaciones de trabajo, con sus respectivas características de código, tipo, ubicación, estado de funcionamiento, así como la longitud de la información histórica disponible. Los registros históricos de la precipitación total mensual para las anteriores estaciones meteorológicas, así como sus respectivos histogramas, se presenta en los anexos **Nº2.3. y 2.4.**, cuyos promedios mensuales se distinguen en el cuadro **Nº4.2.**

Varias de las estaciones pertenecientes a la cuenca del río San Juan fueron paralizadas, como es el caso de las estaciones Tantar, Villa de Arma y Huichinga.

**CUADRO N°4.1.**  
**ESTACIONES METEOROLOGICAS DE TRABAJO**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y ESTACIONES DE APOYO DE CUENCAS VECINAS**

N°	NOMBRE DE ESTACION	CODIGO ESTACION	Cuenca	Tipo Estac.	Inicio Func.	Años de Observ.	UBICACION POLITICA			UBIC. GEOGRAFICA			Instituc. Responsable	OBSERVACION
							Dpto	Prov	Dist	Lat	Long	Alt		
1	FONAGRO	130791	San Juan	MAP	1986	17	Ica	Chincha	Chincha Baja	13° 28'	76° 08'	50	SENAMHI	OPERATIVA
2	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	156114	San Juan	PLU	1966	37	Huancavelica	Castrovirreyna	San Juan	13° 12'	75° 38'	2150	SENAMHI	OPERATIVA
3	SAN JUAN DE YANAC	156113	San Juan	PLU	1964	37	Ica	Chincha	Chavín	13° 13'	75° 47'	2400	SENAMHI	OPERATIVA
4	HUACHOS	151503	San Juan	PLU	1980	23	Huancavelica	Castrovirreyna	Huachos	13° 14'	75° 32'	2680	SENAMHI	OPERATIVA
5	VILLA DE ARMAS	110641	San Juan	CO	1964	27	Huancavelica	Castrovirreyna	Arma	13° 08'	75° 32'	3500	SENAMHI	OPERATIVA
6	SAN PEDRO DE HUACARPANA	156115	San Juan	CO	1964	34	Ica	Chincha	S.P.Huacarpána	13° 03'	75° 39'	3680	SENAMHI	OPERATIVA
7	LAGUNA HUICHINGA	110632	San Juan	PLU	1980	18	Huancavelica	Castrovirreyna	Aurahua	13°02"	75°34"	3480	SENAMHI	PARALIZADA
8	TANTARA	110633	San Juan	PLU	1980	18	Huancavelica	Castrovirreyna	Tantar	13°14"	75°37"	2890	SENAMHI	PARALIZADA
9	CHUNCHO	110631	Mantaro	PLU	1945	23	Lima	Yauyos	Tupe	12°45'	75°31'	4695	IRRIG-SAN JNUAN	PARALIZADA
10	BERNALES	110650	Pisco	CO	1964	39	Ica	Pisco	Humay	13° 45'	75° 57'	250	SENAMHI	OPERATIVA
11	HUANCANO	110639	Pisco	CO	1964	39	Ica	Pisco	Huancano	13° 36'	75° 37'	1006	SENAMHI	OPERATIVA
12	TICRAPO	110643	Pisco	PLU	1964	39	Huancavelica	Castrovirreyna	Ticrapo	13° 23'	75° 26'	2174	SENAMHI	PARALIZADA
14	TOTORA	110644	Pisco	PLU	1964	39	Huancavelica	Castrovirreyna	Castrovirreyna	13° 08'	75° 19'	3900	SENAMHI	PARALIZADA

MAP = Meteorológica - Agrológica - Principal  
 PLU = Pluviométrica

CO = Climatológica Ordinaria



## CUADRO N°4.2.

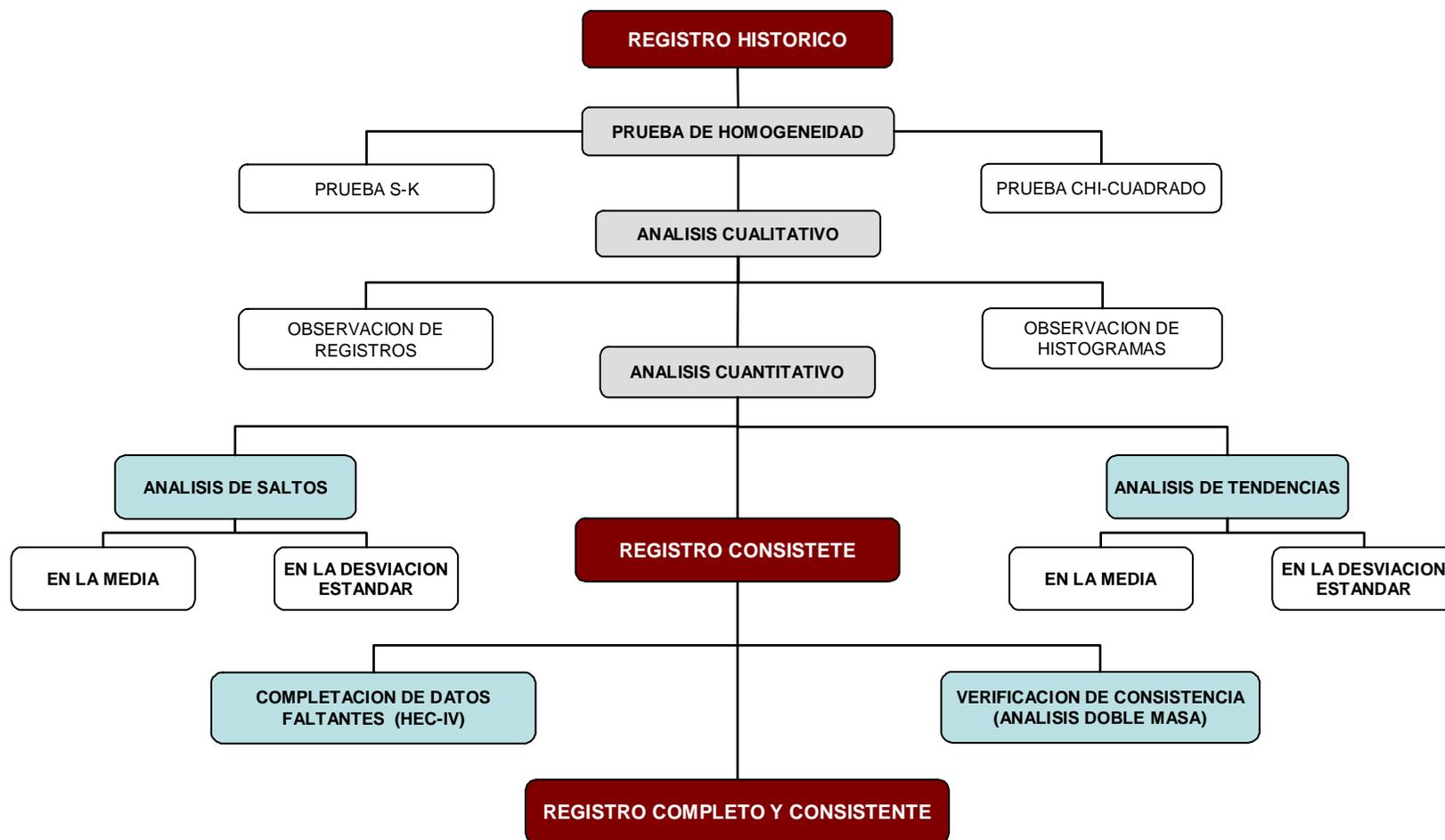
## PRECIPITACION TOTAL MENSUAL HISTORICA (mm) - Año Promedio Histórico 1964 - 2002

## ESTACIONES DE TRABAJO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y CUENCAS VECINAS

N°	ESTACION	ALTITUD msnm	AÑO PROMEDIO												TOTAL ANUAL
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	FONAGRO	50	0.4	1.0	0.3	0.0	0.5	2.9	1.2	1.3	0.7	0.2	0.2	0.3	<b>9.4</b>
2	BERNALES (*)	250	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.6</b>
3	HUANCANO (*)	1006	2.9	2.9	2.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.3	<b>9.7</b>
4	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	2150	52.2	52.0	44.2	8.9	1.0	0.1	0.0	0.7	1.1	4.2	7.6	19.6	<b>190.3</b>
5	TICRAPO (*)	2174	59.8	68.8	66.8	12.9	0.6	0.1	0.0	0.3	0.8	3.0	5.8	23.1	<b>241.9</b>
6	SAN JUAN DE YANAC	2422	23.4	34.2	42.4	7.6	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	1.7	1.1	9.0	<b>110.4</b>
7	HUACHOS	2680	98.4	128.0	117.0	27.3	2.4	0.3	0.3	1.3	2.1	8.5	14.8	53.2	<b>461.2</b>
8	TANTARA	2890	94.8	125.2	106.3	20.2	1.4	0.0	0.0	1.0	3.2	3.1	21.1	58.6	<b>455.0</b>
9	LAGUNA HUICHINGA	3480	82.8	118.3	114.5	45.3	15.1	3.8	7.0	9.8	18.5	24.4	47.5	71.6	<b>538.1</b>
10	VILLA DE ARMAS	3500	122.3	140.3	144.8	39.9	2.8	0.0	0.0	1.9	7.6	9.5	17.5	59.5	<b>579.5</b>
11	SAN PEDRO DE HUACARPANA	3680	121.7	137.1	158.7	47.6	4.9	0.4	0.3	2.4	6.3	18.1	30.6	56.9	<b>558.1</b>
12	TOTORA (*)	3900	122.2	120.0	100.0	44.2	20.7	4.8	3.3	10.3	22.8	32.8	42.9	77.7	<b>601.6</b>
13	CHUNCHO	4695	125.1	155.3	139.0	66.6	16.6	7.8	4.4	6.0	29.8	56.1	63.7	97.1	<b>767.5</b>

(\*) ESTACIONES DE LA CUENCA PISCO CONSISTENTES Y COMPLETADAS

**GRAFICO N° 4.2.**  
**ORGANIGRAMA SECUENCIAL DEL ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA**



## **4.2. ANALISIS DE CONSISTENCIA, COMPLETACION Y EXTENSION DE LA INFORMACION HISTORICA.**

El análisis de consistencia y completación de la información pluviométrica de las estaciones de trabajo, ha seguida la metodología o secuencia mostrada en el gráfico N°4.2.

Para desarrollar esta metodología de análisis de consistencia de la información básica es necesario tener la consideración de que las series históricas de precipitación total a escala mensual son consideradas **series simples e independientes de datos**, por cuanto se trata de una sola serie de observaciones con el tiempo de cambio conocido; es decir que se trata de una población de datos con **distribución normal**, entonces cabe la aplicación de los estadísticos Student y Fischer, y para ello se ha efectuado el análisis de ajuste respectivo.

La secuencia siguiente es la de verificación y corrección de saltos y/o tendencias de las series mensuales de datos, para posteriormente efectuar la completación y/o extensión de la información.

Se puntualiza que el análisis DOBLE MASA tiene como único objetivo la verificación del análisis de consistencia realizado, pues no se utiliza para la corrección de información.

### **4.2.1. AJUSTE ESTADISTICO DE SERIES Y ANALISIS DE SALTOS Y TENDENCIAS.**

El ajuste estadístico de las series de datos de precipitación mensual se realiza con las pruebas estadísticas de Chi-Cuadrado y Smirnov-Kolmogorov, mediante el software "**SIH**" de la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA, cuyos resultados para las estaciones que miden la precipitación en la cuenca, se aprecian en el anexo 2.5. Para todos los casos, y mediante los dos estadísticos, las series se ajustan a una distribución tipo normal.

El análisis estadístico de presencia de "Saltos y Tendencias" de la información pluviométrica a escala mensual, se realiza mediante los estadísticos "T" de Student para la comprobación de variaciones en la media, y "F" de Fischer en la evaluación de variancias. Estos test prueban si dos series de datos corresponden a una misma población. Se ha asumido períodos consistentes e inconsistentes luego de la correspondiente evaluación de los histogramas. Este análisis se ha efectuado con el software "**SIH**", y los resultados se exponen en el anexo 2.6.

El análisis de inconsistencias para las estaciones de trabajo ha partido de la observación de los histogramas, es decir variaciones de la tendencia gráfica de la representación de la lluvia total mensual en el tiempo, y efectuando paralelamente un análisis crítico-comparativo, entre estaciones meteorológicas de comportamiento semejante, de sus módulos pluviométricos anuales, resultando que las estaciones de trabajo no presentan inconsistencias en forma de saltos y/o tendencias.

### **4.2.2. COMPLETACION Y EXTENSION DE DATOS FALTANTES**

La completación y extensión de la información pluviométrica total mensual se ha realizado con el software HEC4, instalado como un módulo o componente del programa de cómputo "**SIH**". El HEC4 realiza una correlación múltiple cruzada entre los datos de precipitación mensual de todas las estaciones de trabajo, optimizando el coeficiente de correlación.

El anterior método es un modelo estandarizado, sin embargo para su utilización se ha verificado la correlación existente entre las estaciones de trabajo según agrupaciones de estaciones con características compatibles en cuanto a ubicación geográfica y módulo anual. En el cuadro **Nº4.3.**, matriz de correlación múltiple, se aprecia una correlación alta entre los registros de estaciones, los coeficientes de correlación son satisfactorios, del orden de 0.99.

El proceso de completación se ha efectuado realizando dos agrupaciones de estaciones según sus características análogas de ubicación y módulo total anual:

**Grupo 1:** Chuncho, Astobamba-completada y San Pedro de Huacarpana.

**Grupo 2:** Villa de Arma, Tantará, Huichinga, San Pedro de Huacarpana-completada, San Juan de Yanac, San Juan de Castrovirreyna y Huachos.

Los registros completados de precipitación mensual, así como sus respectivos histogramas, para las estaciones meteorológicas de trabajo se muestran en los anexos **Nº 2.1. y 2.2.** respectivamente. El cuadro **Nº4.4.** muestra los promedios mensuales de la información completada, cuya variación mensual se distingue en los gráficos **Nº4.3., y 4.4.** Así mismo en el mapa **Nº16** se ha representado la distribución de la precipitación total anual (promedio 1964-2002), según la ubicación de las estaciones. Realizando una comparación entre la información histórica y la consistente-completada, cuadro **Nº4.5.**, se distingue muy poca variación del promedio de los módulos anuales.

El cuadro **Nº4.6.** resume los módulos anuales de precipitación consistente y completa, de la serie 1964-2002, para las respectivas estaciones de trabajo.

#### **4.2.3. ANALISIS DOBLE MASA**

La comparación gráfica de dobles acumulaciones de los módulos anuales de precipitación o diagramas doble masa, nos ha permitido verificar, no sólo la consistencia de la información, sino también el proceso de análisis de saltos, tendencias y completación de las series de datos.

Para el proceso se ha considerado tres grupos de estaciones a comparar, para cada una de las cuales se ha determinado la ESTACION INDICE como el promedio de las series de las estaciones respectivas.

El criterio para la agrupación de estaciones es de separar estaciones con semejanza de módulo pluviométrico anual y de ubicación geográfica. Estos grupos son los mismos que del proceso de completación de datos faltantes.

En los gráficos **Nº4.5. al 4.7.** se muestra los diagramas de dobles acumulaciones, apreciándose que no existe variaciones bruscas de la pendiente de dichos gráficos, por lo que este análisis confirma la consistencia final de la información de precipitación total mensual en la cuenca del río San Juan, es decir que el análisis desarrollado ha sido adecuado.

CUADRO N°4.3.

## MATRIZ DE CORRELACION MULTIPLE - ESTACIONES DE TRABAJO

## ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y CUENCAS VECINAS

ESTACION	Altitud	FONAGRO	BERNALES (*)	HUANCANO (*)	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	TICRAPO (*)	SAN JUAN DE YANAC	HUACHOS	TANTARA	LAGUNA HUICHINGA	VILLA DE ARMAS	SAN PEDRO DE HUACARPANA	TOTORA (*)	CHUNCHO
FONAGRO	7	1.000												
BERNALES (*)	50	0.871	1.000											
HUANCANO (*)	250	0.719	0.813	1.000										
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	800	0.762	0.771	0.806	1.000									
TICRAPO (*)	1006	0.788	0.840	0.957	0.927	1.000								
SAN JUAN DE YANAC	2174	0.802	0.846	0.924	0.951	0.992	1.000							
HUACHOS	3080	0.802	0.846	0.924	0.951	0.992	1.000	1.000						
TANTARA	3246	0.823	0.856	0.904	0.959	0.984	0.998	0.998	1.000					
LAGUNA HUICHINGA	3550	0.803	0.840	0.906	0.959	0.985	0.998	0.998	0.999	1.000				
VILLA DE ARMAS	3900	0.845	0.884	0.920	0.920	0.973	0.986	0.987	0.990	0.985	1.000			
SAN PEDRO DE HUACARPANA	3956	0.808	0.847	0.914	0.960	0.986	0.998	0.998	0.999	0.998	0.989	1.000		
TOTORA (*)	4240	0.836	0.871	0.906	0.941	0.974	0.990	0.991	0.995	0.992	0.997	0.994	1.000	
CHUNCHO	4425	0.858	0.892	0.905	0.916	0.963	0.979	0.981	0.986	0.980	0.999	0.984	0.996	1.00

CUADRO N°4.4.

## PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADA Y CONSISTENTE (mm) - Año Promedio Histórico 1964 -2002

## ESTACIONES DE TRABAJO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y CUENCAS VECINAS

N°	ESTACION	ALTITUD msnm	AÑO PROMEDIO												EC. LINEAL
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	FONAGRO	50	0.2	1.2	0.3	0.0	0.6	3.5	1.5	1.2	0.7	0.2	0.3	0.2	-93.9
2	BERNALES (*)	250	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-58.5
3	HUANCANO (*)	1006	2.9	2.9	2.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.3	75.5
4	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	2150	50.4	50.8	42.1	8.1	0.9	0.1	0.0	0.6	1.2	3.7	9.7	18.0	278.2
5	TICRAPO (*)	2174	59.8	68.8	66.8	12.9	0.6	0.1	0.0	0.3	0.8	3.0	5.8	23.1	282.5
6	SAN JUAN DE YANAC	2422	25.5	34.8	42.8	7.6	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	1.6	1.0	8.0	326.4
7	HUACHOS	2680	100.1	120.0	118.8	25.6	1.6	0.2	0.2	0.9	1.4	7.7	15.3	48.7	372.1
8	TANTARA	2890	70.9	113.4	145.1	12.9	0.8	0.0	0.0	0.6	2.4	2.8	25.6	56.1	409.3
9	LAGUNA HUICHINGA	3480	81.5	112.4	111.6	41.2	10.2	3.2	9.1	9.6	18.2	21.6	46.4	73.6	513.9
10	VILLA DE ARMA	3500	125.4	145.9	152.7	49.6	3.9	0.0	0.0	1.3	6.5	9.0	15.4	53.8	517.4
11	SAN PEDRO DE HUACARPANA	3680	125.7	133.7	154.9	46.1	4.2	0.4	0.2	2.0	6.9	15.9	29.0	58.8	549.3
12	TOTORA (*)	3900	122.2	120.0	100.0	44.2	20.7	4.8	3.3	10.3	22.8	32.8	42.9	77.7	588.3
13	CHUNCHO	4695	118.9	149.0	152.6	58.4	10.8	6.6	8.8	7.9	27.2	62.4	67.9	96.9	729.2

(\*) ESTACIONES DE LA CUENCA PISCO

**CUADRO N°4.5.****COMPARACION DE INFORMACION DEL MODULO PLUVIOMETRICO ANUAL :  
INFORMACION ORIGINAL Y COMPLETADA CONSISTENTE**

ESTACIONES DE TRABAJO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y CUENCAS VECINAS

ESTACION	PRECIPITACION (mm)		
	HISTORICA	COMPLETADA CONSISTENTE	
	TOTAL ANUAL	TOTAL ANUAL	PRECIP. ECUACION
FONAGRO	9.4	9.8	0.0
BERNALES (*)	3.7	0.6	0.0
HUANCANO (*)	20.1	9.7	84.4
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	190.3	185.7	263.1
TICRAPO (*)	254.7	241.9	267.3
SAN JUAN DE YANAC	110.4	121.9	311.6
HUACHOS	461.2	440.4	359.8
TANTARA	455.0	430.6	400.5
LAGUNA HUICHINGA	538.1	538.5	522.3
VILLA DE ARMA	579.5	563.5	526.6
SAN PEDRO DE HUACARPANA	558.1	577.9	566.0
TOTORA (*)	608.2	601.6	615.5
CHUNCHO	767.5	767.4	807.2

(\*) ESTACIONES DE LA CUENCA PISCO

**CUADRO N°4.6.**  
**PRECIPITACION TOTAL ANUAL CONSISTENTE Y COMPLETADA (mm/año)**  
**ESTACIONES DE TRABAJO - CUENCA RIO SAN JUAN Y CUENCAS VECINAS**

AÑO	ESTACION / Altitud (m.s.n.m.)												
	FONAGRO 50	BERNALES 250	HUANCANO 1006	S. J. CASTROVIRREYNA 2150	TICRAPO 2174	HUACHOS 2680	TANTARA 2890	LAG. HUICHINGA 3480	VILLA ARMAS 3500	S.P. HUACARPANA 3680	TOTORA 3900	CHUNCHO 4695	S.J. YANAC 2400
1964	16.0	0.0	4.0	90.0	202.0	502.0	325.0	496.0	225.0	335.0	370.0	736.3	95.0
1965	4.0	1.0	13.0	74.0	209.0	224.0	146.0	377.0	249.0	64.4	427.0	955.5	29.0
1966	0.0	0.0	10.0	69.0	215.0	182.0	152.0	464.0	446.0	54.0	730.0	764.0	18.0
1967	21.0	0.0	15.0	330.0	496.0	603.0	678.0	860.0	821.0	715.0	810.0	960.8	278.0
1968	18.0	0.0	2.0	37.0	141.0	119.0	47.0	442.0	348.0	248.0	612.0	1069.5	25.0
1969	13.0	1.0	5.0	213.0	269.0	495.0	349.0	599.0	742.0	579.0	644.0	893.5	49.0
1970	3.0	5.0	13.0	275.0	397.0	478.0	239.0	798.0	1283.0	346.0	659.0	765.0	238.0
1971	4.0	0.0	10.0	158.0	216.0	353.0	327.0	504.0	378.0	222.0	715.0	761.0	154.0
1972	13.0	1.0	22.0	352.0	396.0	732.0	540.0	540.0	835.0	918.0	878.0	756.0	147.0
1973	25.0	4.0	8.0	245.0	358.0	612.0	853.0	378.0	835.0	879.0	874.0	640.5	190.0
1974	4.0	0.0	9.0	163.0	224.0	392.0	518.0	503.0	585.0	434.0	683.0	552.8	98.0
1975	10.0	0.0	4.0	191.0	321.0	450.0	388.0	606.0	754.0	543.0	671.0	451.0	123.0
1976	2.0	6.0	14.0	191.0	304.0	523.0	321.0	747.0	1374.0	471.0	590.0	559.0	155.0
1977	7.0	0.0	10.0	136.0	257.0	445.0	814.0	363.0	158.0	460.0	582.0	459.7	52.0
1978	4.0	0.0	8.0	44.0	47.0	251.0	281.0	432.0	310.0	481.0	439.0	828.0	26.0
1979	19.0	0.0	4.0	118.0	152.0	328.0	403.0	395.0	362.0	536.0	363.0	457.0	80.0
1980	5.0	0.0	13.0	151.0	142.0	270.0	142.0	271.0	365.0	253.0	513.0	1048.8	10.0
1981	22.0	0.0	15.0	209.0	270.0	460.0	633.0	881.0	629.0	802.0	604.0	896.0	95.0
1982	5.0	1.0	11.0	175.0	176.0	447.0	541.0	501.0	380.0	526.0	542.0	1094.0	145.0
1983	4.0	0.0	4.0	189.0	288.0	337.0	223.0	451.0	249.0	337.0	446.0	783.0	7.0
1984	6.0	0.0	7.0	265.0	350.0	633.0	697.0	616.0	625.0	441.0	890.0	841.0	183.0
1985	13.0	0.0	12.0	133.0	178.0	470.0	529.0	397.0	281.0	685.0	782.0	600.0	295.0
1986	2.0	0.0	25.2	269.0	357.0	695.0	697.0	562.0	773.0	1132.0	726.0	801.0	202.0
1987	0.0	0.0	0.0	104.0	103.0	232.0	142.0	421.0	157.0	738.0	241.0	746.0	45.0
1988	7.0	0.0	5.6	92.0	170.0	413.0	388.0	496.0	175.0	900.0	769.0	732.0	30.0
1989	14.0	0.0	11.3	189.0	138.0	592.0	627.0	668.0	340.0	801.0	740.0	682.0	216.0
1990	29.0	0.0	5.6	173.0	205.0	298.0	116.0	557.0	301.0	387.0	599.0	741.0	60.0
1991	6.0	0.0	8.6	166.0	218.0	316.0	149.0	648.0	425.0	661.0	307.0	820.0	106.0
1992	25.0	0.0	5.7	30.0	132.0	98.0	22.0	703.0	101.0	286.0	452.0	835.0	31.0
1993	10.0	0.0	14.2	272.0	435.0	443.0	604.0	741.0	717.0	913.0	787.0	787.0	161.0
1994	6.0	0.0	0.0	276.0	146.0	465.0	735.0	822.0	926.0	1111.0	360.0	708.0	328.0
1995	5.0	0.0	14.1	174.0	144.0	511.0	479.0	347.0	621.0	637.0	603.0	835.0	132.0
1996	4.0	0.0	6.0	210.0	225.0	504.0	322.0	382.0	1069.0	906.0	500.0	769.0	11.0
1997	4.0	0.0	13.0	147.0	208.0	392.0	431.0	315.0	571.0	586.0	526.0	902.0	9.0
1998	8.0	1.0	21.0	311.0	424.0	593.0	371.0	762.0	992.0	670.0	616.0	733.0	187.0
1999	14.0	1.0	1.0	242.0	205.0	666.0	1085.0	295.0	677.0	586.0	586.0	695.0	234.0
2000	7.0	0.0	15.0	287.0	302.0	563.0	379.0	675.0	758.0	616.0	781.0	520.0	205.0
2001	10.0	2.0	11.0	274.0	204.0	570.0	559.0	423.0	574.0	725.0	527.0	681.0	179.0
2002	12.0	1.0	10.0	217.0	212.0	517.0	542.0	562.0	567.0	554.0	520.0	691.0	127.0
PROMEDIO	9.77	0.62	9.75	185.67	241.95	440.36	430.62	538.46	563.54	577.91	601.64	757.70	121.92
MAX	29.00	6.00	25.20	352.00	496.00	732.00	1085.00	881.00	1374.00	1132.00	890.00	1094.00	328.00
MIN	0.00	0.00	0.00	30.00	47.00	98.00	22.00	271.00	101.00	54.00	241.00	451.00	7.00

**GRAFICO N°4.3.**  
**PRECIPITACION TOTAL MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO 1964 - 2002 - ESTACIONES CUENCA DE TRABAJO SAN JUAN**

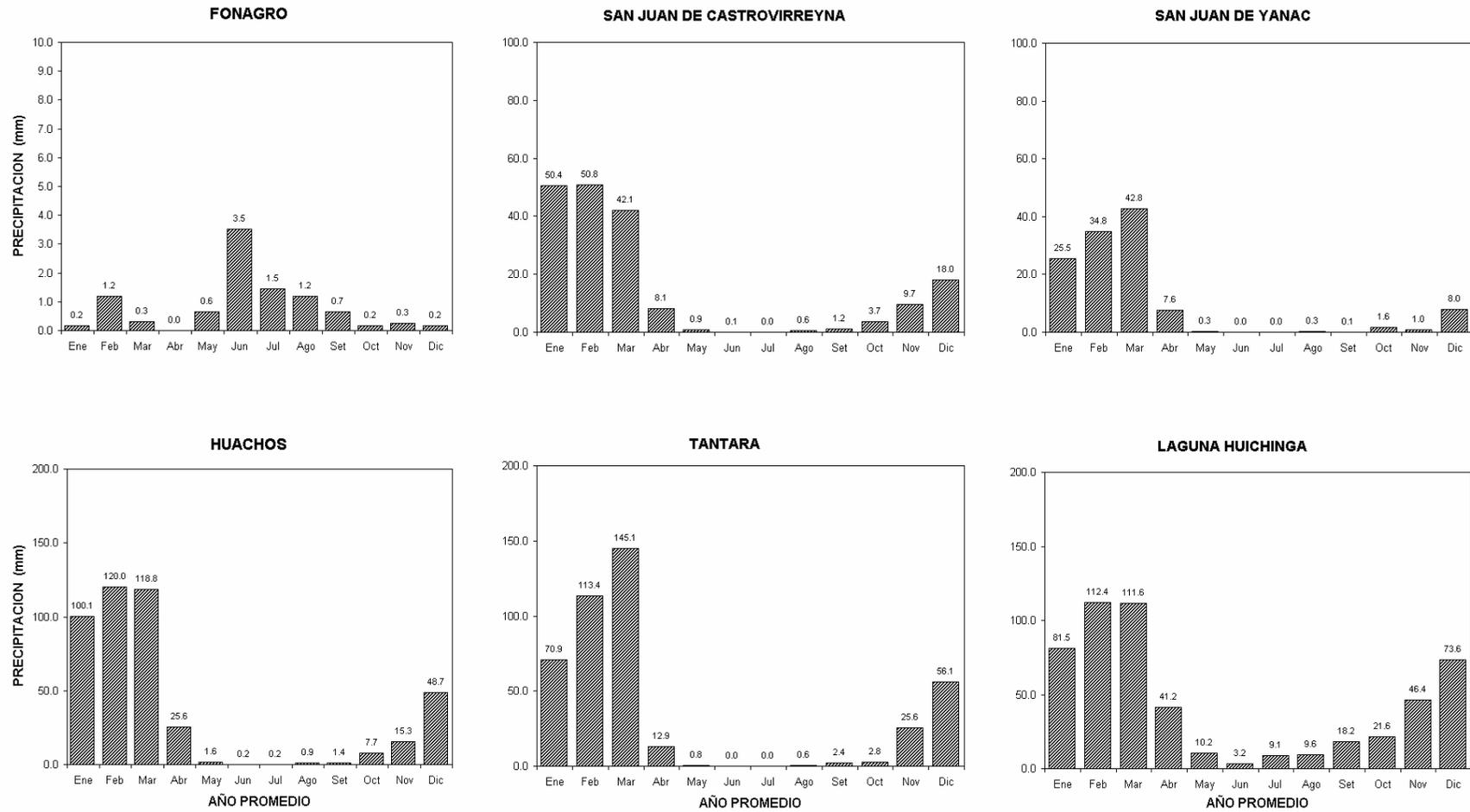


GRAFICO N°4.4.

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO 1964 - 2002 - ESTACIONES DE TRABAJO

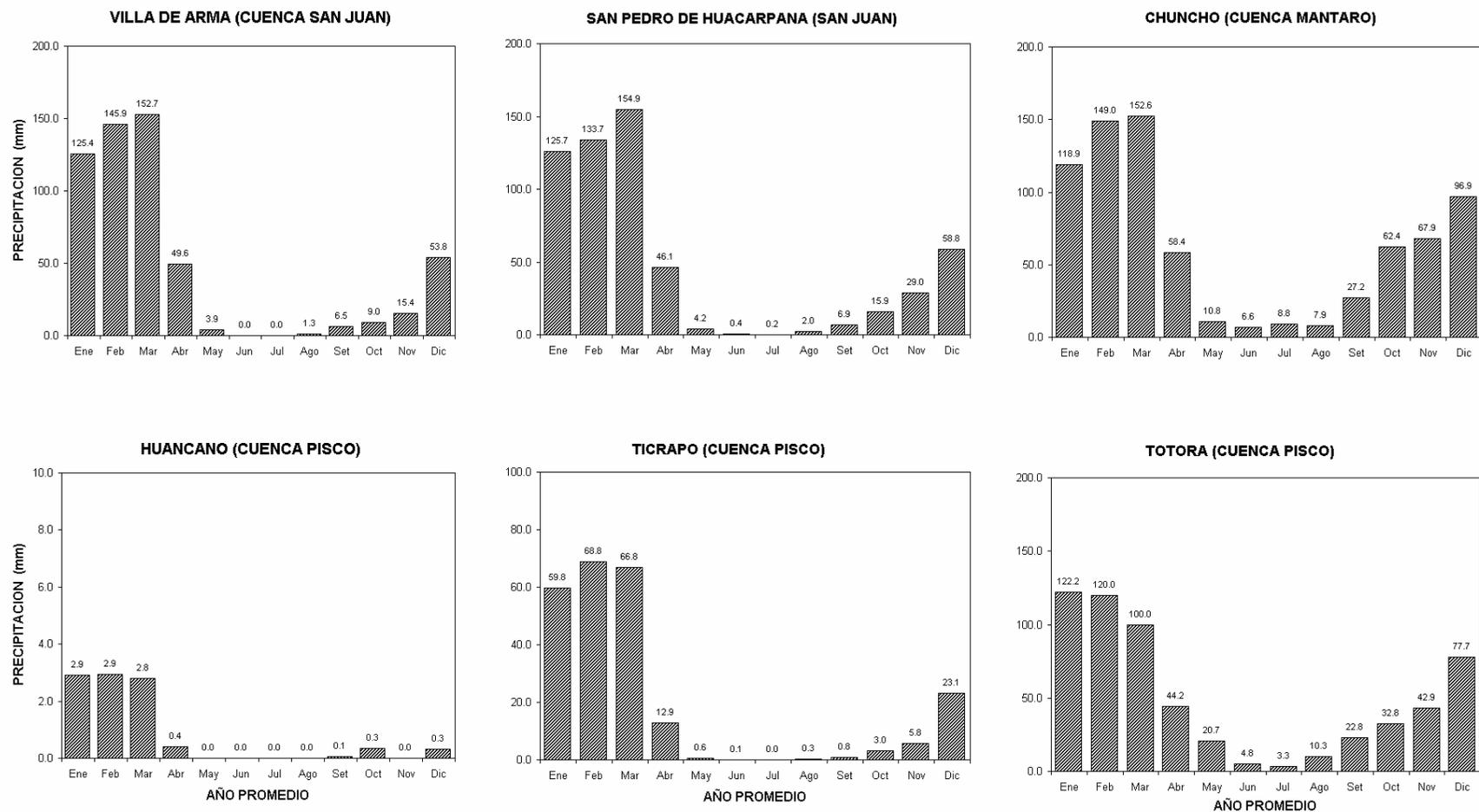


GRAFICO Nº 4.5.

DIAGRAMA MASA - PRECIPITACION TOTAL ANUAL

ESTACIONES GRUPO 01: CHUNCHO, SAN PEDRO HUACARPANA, ASTOBAMBA

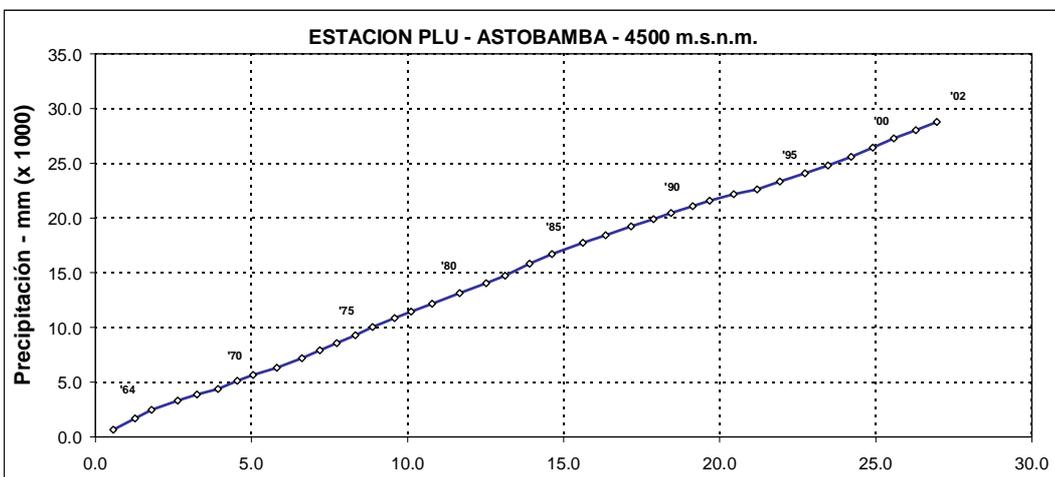
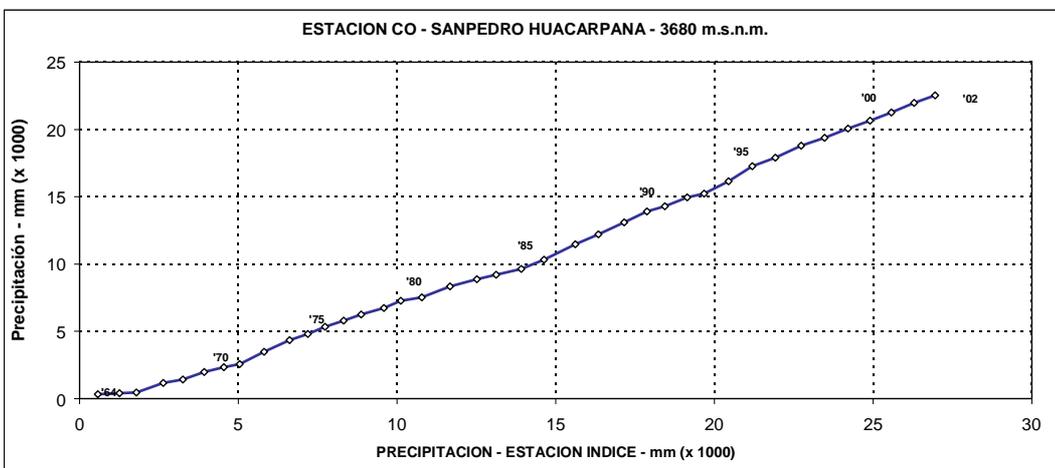
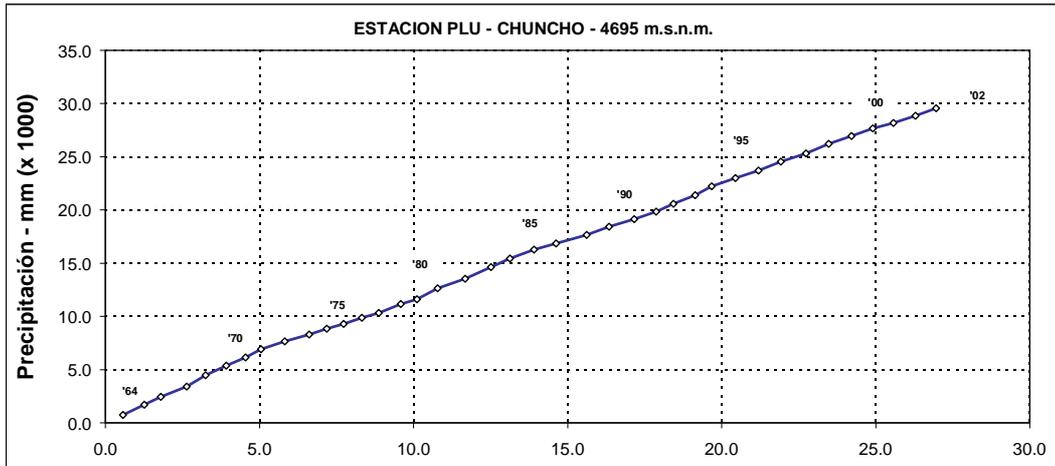


GRAFICO N°4.6.

DIAGRAMA MASA - PRECIPITACION TOTAL ANUAL

ESTACIONES GRUPO 02: VILLA DE ARMAS, LAGUNA HUICHINGA, TANTARA, HUACHOS, SAN JUAN DE YANAC, SAN JUAN CASTROVIRREYNA.

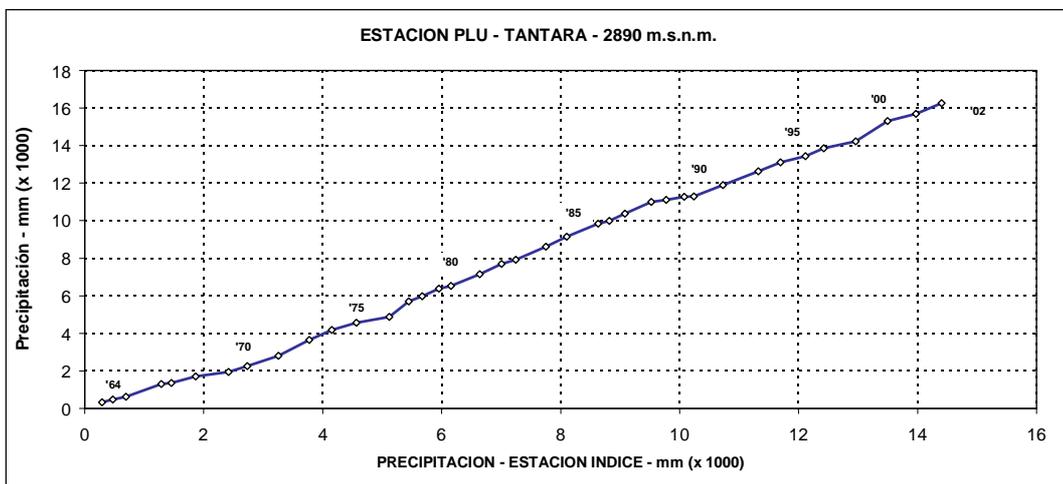
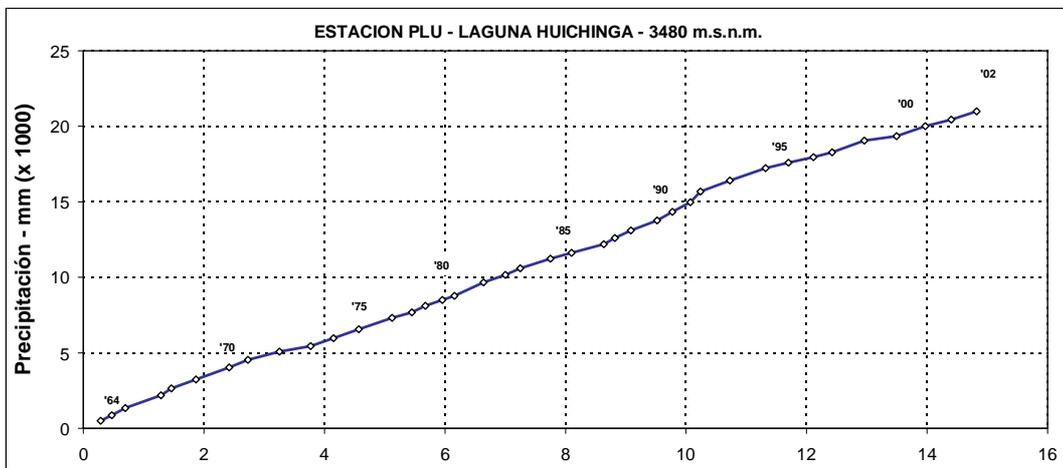
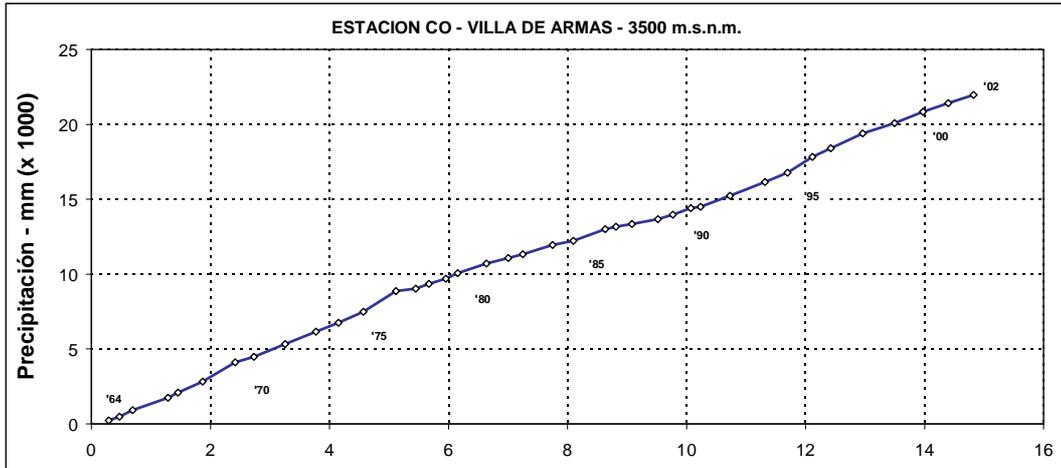
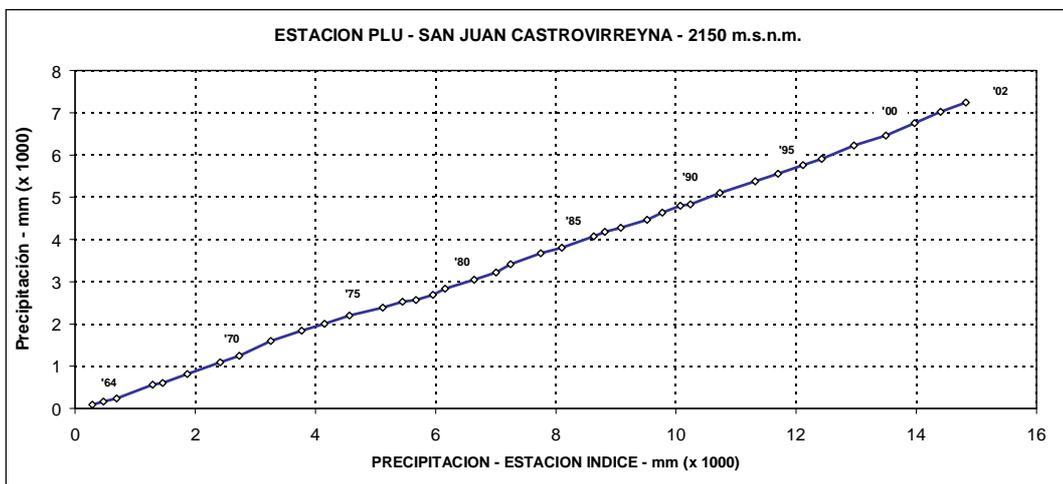
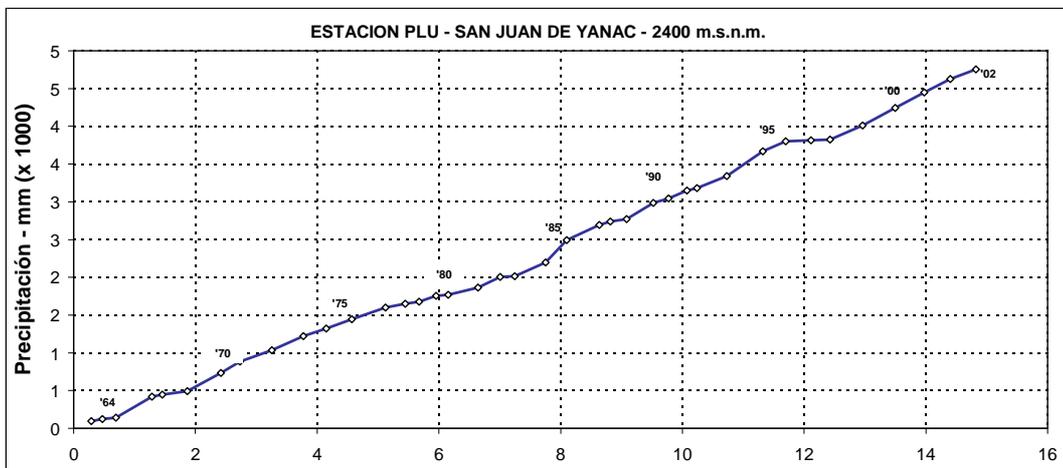
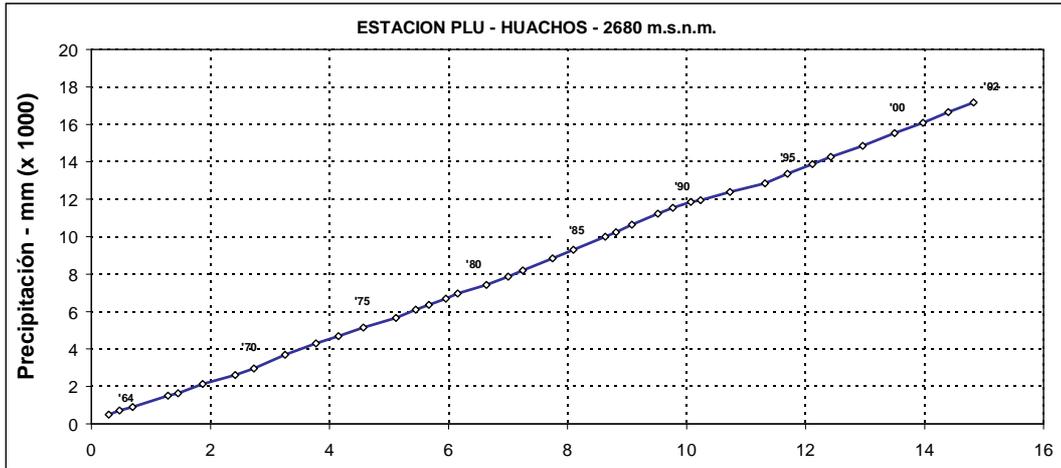


GRAFICO Nº 4.7.

DIAGRAMA MASA - PRECIPITACION TOTAL ANUAL

ESTACIONES GRUPO 02: VILLA DE ARMAS, LAGUNA HUICHINGA, TANTARA, HUACHOS, SAN JUAN DE YANAC, SAN JUAN CASTROVIRREYNA.



## MAPA - 16

### 4.3. RELACION PRECIPITACION – ALTITUD

La precipitación, como variable climática, no solamente tiene una variación estacional, sino que también está influenciada por las condiciones geográficas como altitud, latitud y longitud.

La influencia de los parámetros geográficos de superficie (latitud y longitud) no es significativa, considerando además que para la cuenca húmeda del río San Juan las variaciones de la precipitación respecto a la línea septentrional y meridional está distorsionada por la presencia de la cadena de montañas andinas, en tal sentido se ha considerado únicamente la altitud como parámetro geográfico de influencia en la precipitación.

La correlación encontrada, de mejor ajuste estadístico (muy próximo a la unidad), entre la precipitación total anual y la altitud, es de tipo polinomial de segundo grado, cuya expresión matemática es:

$$P(t) = A * (Alt)^2 + B * (Alt) + C$$

Donde:  $P(t)$  = Precipitación estimada (mm)  
 $A, B, C$  = Coeficientes de la ecuación de regresión  
 $Alt$  = Altitud (m.s.n.m) de la estación o punto de interés.

En el estudio se ha efectuado el análisis de correlación lineal considerando todas las estaciones de trabajo, que suman trece, es decir las estaciones Fonagro, San Juan de Castrovirreyna, San Juan de Yanac, Huachos, Tantar, Huichinga, Arma y San Pedro de Huacarpana, Chuncho, Totor, Ticrapo, Huáncano y Bernales.

En el proceso de análisis de regresión, mediante técnicas matriciales se ha obtenido, para el caso de la precipitación total anual media histórica, los siguientes coeficientes:

$$A = 1.5591 * 10^{-5} ;$$

$$B = 1.0704 * 10^{-2} ;$$

$$C = -39.0694$$

Coeficiente de correlación  $r = 0,984$

Como se observa, el coeficiente de correlación encontrado es óptimo, es decir que el ajuste polinomial de segundo grado es adecuado en la relación precipitación anual – altitud para la cuenca del río San Juan.

En el cuadro **Nº4.7.** y gráfico **Nº4.8.** se muestra los resultados de cálculo de la correlación precipitación-altitud para el año promedio histórico. Los coeficientes de correlación de la precipitación mensual son también altos.

Así mismo se ha efectuado el mismo análisis de correlación a nivel anual para toda la serie histórica de precipitaciones (1964-2002) con fines de generar los mapas de isoyetas a nivel anual, habiéndose encontrado también elevados coeficientes de correlación, como se aprecia en el cuadro **Nº4.8.**

**CUADRO N° 4.7.**

**ECUACIONES DE REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO HISTORICO - 1964-2000 (mm)**

**Información Completada y Consistente - Estaciones Cuenca del río San Juan y Cuencas Vecinas**

**AJUSTE ESTADISTICO DE LA REGRESIÓN : POLINOMIAL 2° GRADO :**

$$P = A \cdot (\text{Alt})^2 + B \cdot (\text{Alt}) + C$$

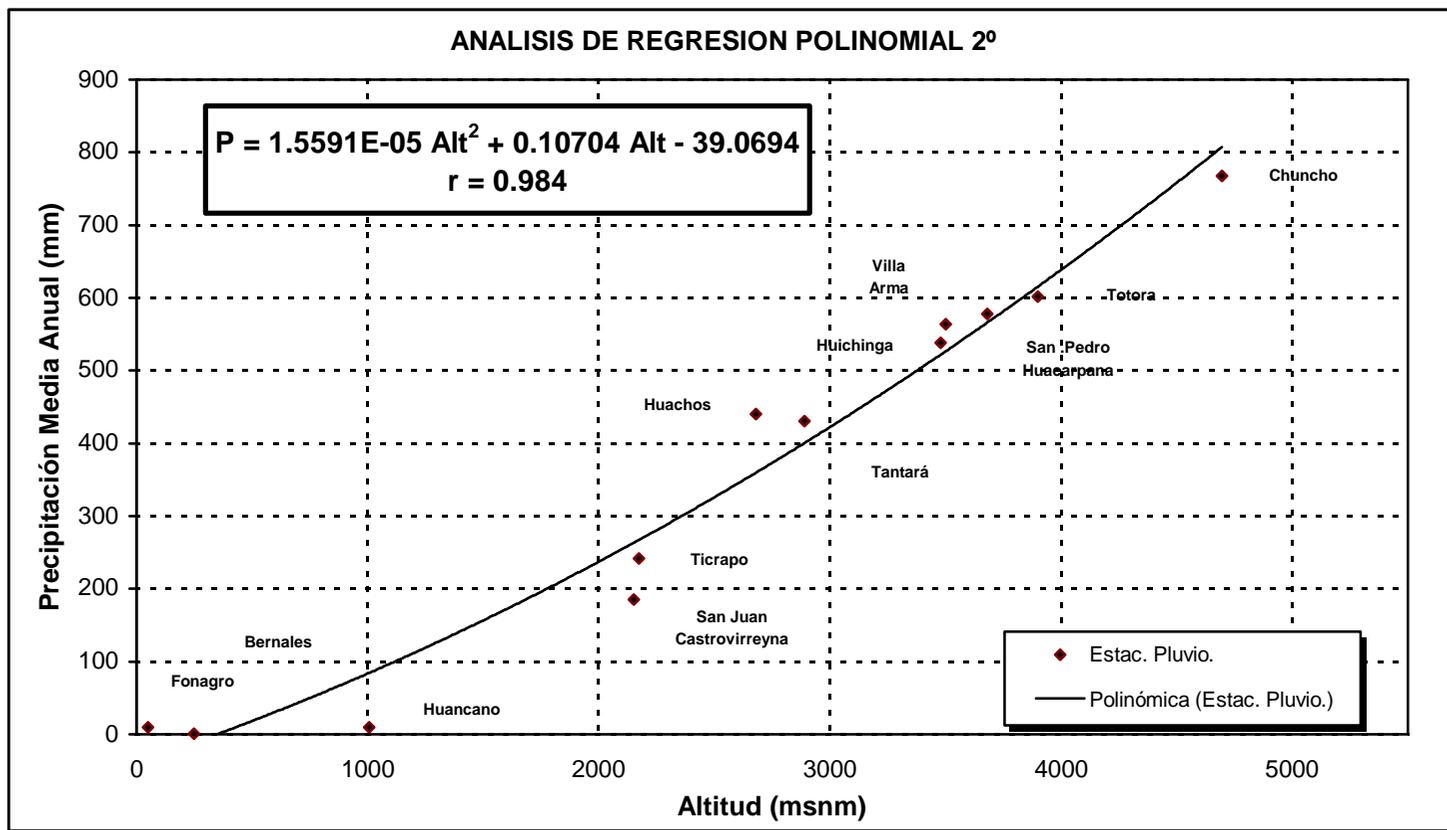
PARAMETROS DE ECUACION	AÑO PROMEDIO HISTORICO												TOTAL
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	ANUAL
<b>A</b>	-1.2297E-06	-1.8599E-06	-2.6066E-06	2.7207E-06	1.0964E-06	8.6988E-07	8.7672E-07	7.7368E-07	2.5029E-06	5.4006E-06	4.1298E-06	2.9170E-06	1.5591E-05
<b>B</b>	3.7221E-02	4.5520E-02	5.0037E-02	1.5726E-03	-2.0149E-03	-3.2097E-03	-2.7070E-03	-1.7279E-03	-6.0768E-03	-1.4511E-02	-5.6808E-03	8.6186E-03	1.0704E-01
<b>C</b>	-12.6015	-14.9772	-17.7208	-1.9715	0.4075	2.3934	1.4190	0.7512	1.6813	4.6042	1.1275	-4.1826	-39.0694
<b>CORREL.</b>	<b>0.944</b>	<b>0.954</b>	<b>0.909</b>	<b>0.953</b>	<b>0.745</b>	<b>0.844</b>	<b>0.720</b>	<b>0.748</b>	<b>0.910</b>	<b>0.949</b>	<b>0.939</b>	<b>0.971</b>	<b>0.984</b>

ALTITUD	GENERACION DE DATOS DE PRECIPITACION PARA DIFERENTES ALTITUDES												
1000.0	23.4	28.7	29.7	2.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	83.6
2000.0	56.9	68.6	71.9	12.1	0.8	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	6.3	24.7	237.4
2400.0	69.6	83.6	87.4	17.5	1.9	0.0	0.0	1.1	1.5	0.9	11.3	33.3	307.6
3000.0	88.0	104.8	108.9	27.2	4.2	0.6	1.2	2.5	6.0	9.7	21.3	47.9	422.4
3500.0	102.6	121.6	125.5	36.9	6.8	1.8	2.7	4.2	11.1	20.0	31.8	61.7	526.6
4000.0	116.6	137.3	140.7	47.9	9.9	3.5	4.6	6.2	17.4	33.0	44.5	77.0	638.6
3825.4	111.8	131.9	135.5	43.9	8.7	2.8	3.9	5.5	15.1	28.1	39.8	71.5	598.6
4500.0	130.0	152.2	154.7	60.2	13.5	5.6	7.0	8.6	25.0	48.7	59.2	93.7	758.3

(\*) = Altitud correspondiente a una lámina de lluvia anual de 300 mm (Inicio altitudinal de la cuenca húmeda)

(\*\*) = Altitud media de la cuenca húmeda

**GRAFICO N°4.8.**  
**CORRELACION PRECIPITACION / ALTITUD - ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**  
**SERIE HISTORICA DE PRECIPITACION MEDIA ANUAL COMPLETADA Y CONSISTENTE**



CUADRO N° 4.8.

## ECUACIONES DE REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm)

Información Completa y Consistente - Estaciones Cuenca del río San Juan

SERIE HISTORICA	PARAMETROS DE ECUACION			Coeficiente Correlación	PRECIPITACION PARA DIFERENTES ALTITUDES						
	A	B	C		1000	2000	3000	3500	4000	4500	4800
1964	2.0746E-05	4.1875E-02	-5.9798	<b>0.87</b>	56.6	160.8	306.4	394.7	493.5	602.6	673.0
1965	6.2051E-05	-1.3852E-01	57.3365	<b>0.88</b>	0.0	28.5	200.2	332.7	496.1	690.5	822.1
1966	4.7397E-05	-6.2097E-02	15.3830	<b>0.85</b>	0.7	80.8	255.7	378.7	525.3	695.7	809.3
1967	-4.1988E-06	2.5088E-01	-75.5032	<b>0.97</b>	171.2	409.5	639.3	751.1	860.8	968.4	1032.0
1968	8.9039E-05	-2.2306E-01	72.8024	<b>0.96</b>	0.0	-17.2	205.0	382.8	605.2	872.1	1053.6
1969	2.4092E-05	9.1021E-02	-33.8005	<b>0.97</b>	81.3	244.6	456.1	579.9	715.8	863.7	958.2
1970	-9.3801E-07	2.0527E-01	-74.6340	<b>0.77</b>	129.7	332.2	532.7	632.3	731.4	830.1	889.0
1971	2.8916E-05	2.7362E-02	-9.0979	<b>0.92</b>	47.2	161.3	333.2	440.9	563.0	699.6	788.5
1972	-1.5759E-05	2.8533E-01	-92.7674	<b>0.93</b>	176.8	414.9	621.4	712.8	796.4	872.1	913.7
1973	-2.3543E-05	3.0649E-01	-103.4961	<b>0.86</b>	179.4	415.3	604.1	680.8	745.8	798.9	825.2
1974	-2.9554E-06	1.6945E-01	-66.1671	<b>0.93</b>	100.3	260.9	415.6	490.7	564.4	636.5	679.1
1975	-1.8885E-05	2.4251E-01	-90.5934	<b>0.89</b>	133.0	318.9	467.0	526.9	577.3	618.3	638.4
1976	-1.8405E-05	2.7201E-01	-110.0933	<b>0.73</b>	143.5	360.3	540.3	616.5	683.5	741.3	771.5
1977	-2.1259E-05	2.1915E-01	-69.4103	<b>0.73</b>	128.5	283.9	396.7	437.2	467.1	486.3	492.7
1978	5.2429E-05	-7.6546E-02	12.9016	<b>0.98</b>	0.0	69.5	255.1	387.2	545.6	730.1	853.4
1979	1.1645E-08	1.1944E-01	-41.8131	<b>0.92</b>	77.6	197.1	316.6	376.4	436.1	495.9	531.8
1980	7.0314E-05	-1.5229E-01	58.4990	<b>0.94</b>	0.0	35.2	234.4	386.8	574.4	797.0	947.5
1981	1.2956E-05	1.5818E-01	-58.8812	<b>0.94</b>	112.3	309.3	532.3	653.5	781.2	915.3	998.9
1982	4.6761E-05	-1.3205E-02	6.0733	<b>0.95</b>	39.6	166.7	387.3	532.7	701.4	893.6	1020.1
1983	2.8162E-05	1.2676E-02	6.4450	<b>0.93</b>	47.3	144.4	297.9	395.8	507.7	633.8	716.1
1984	-2.1657E-06	2.1071E-01	-68.9424	<b>0.92</b>	139.6	343.8	543.7	642.0	739.3	835.4	892.6
1985	8.3072E-06	1.2568E-01	-48.9605	<b>0.87</b>	85.0	235.6	402.8	492.7	586.7	684.8	745.7
1986	-1.2687E-05	2.8080E-01	-102.4694	<b>0.90</b>	165.6	408.4	625.7	724.9	817.7	904.2	953.0
1987	4.3592E-05	-5.3456E-02	8.6769	<b>0.85</b>	0.0	76.1	240.6	355.6	492.3	650.9	756.5
1988	3.0849E-05	4.6244E-02	-31.6694	<b>0.86</b>	45.4	184.2	384.7	508.1	646.9	801.1	901.1
1989	1.9128E-06	1.7954E-01	-71.5979	<b>0.88</b>	109.9	295.1	484.2	580.2	677.2	775.1	834.3
1990	3.7290E-05	-1.7179E-02	13.6867	<b>0.94</b>	33.8	128.5	297.8	410.4	541.6	691.5	790.4
1991	3.3884E-05	1.2850E-02	-7.7515	<b>0.90</b>	39.0	153.5	335.8	452.3	585.8	736.2	834.6
1992	6.6624E-05	-1.5306E-01	51.2056	<b>0.86</b>	0.0	11.6	191.6	331.6	504.9	711.6	851.5
1993	-3.3773E-06	2.3180E-01	-82.8917	<b>0.95</b>	145.5	367.2	582.1	687.0	790.3	891.8	951.9
1994	-1.3277E-05	2.7302E-01	-118.1178	<b>0.81</b>	141.6	374.8	581.5	674.8	761.5	841.6	886.5
1995	2.3741E-05	7.7774E-02	-33.2553	<b>0.94</b>	68.3	217.3	413.7	529.8	657.7	797.5	887.0
1996	1.1600E-05	1.4857E-01	-66.7275	<b>0.83</b>	93.4	276.8	483.4	595.4	713.2	836.7	913.7
1997	3.4806E-05	2.2846E-02	-10.0145	<b>0.96</b>	47.6	174.9	371.8	496.3	638.3	797.6	901.6
1998	-1.4068E-05	2.6150E-01	-86.6144	<b>0.90</b>	160.8	380.1	571.3	656.3	734.3	805.2	844.4
1999	-2.5457E-05	2.8776E-01	-94.7161	<b>0.76</b>	167.6	379.0	539.4	600.6	649.0	684.7	700.0
2000	-1.9901E-05	2.6482E-01	-95.8128	<b>0.91</b>	149.1	354.2	519.5	587.3	645.0	692.9	716.8
2001	-5.5309E-06	1.9313E-01	-63.5299	<b>0.92</b>	124.1	300.6	466.1	544.7	620.5	693.5	736.0
2002	-9.7536E-07	1.7063E-01	-57.7418	<b>0.95</b>	111.9	279.6	445.4	527.5	609.2	690.3	738.8

AJUSTE ESTADISTICO DE LA REGRESIÓN : POLINOMIAL 2° GRADO

$$P = A \cdot (\text{Alt})^2 + B \cdot (\text{Alt}) + C$$

#### **4.4. PRECIPITACION AREAL EN LA CUENCA**

La estimación de la Precipitación ponderada sobre la superficie de la cuenca del río San Juan (precipitación areal) es importante, puesto que simula la ocurrencia simultánea de la precipitación sobre la cuenca del río San Juan, además que representa una valiosa información para poder simular el proceso precipitación-escorrentía en la cuenca.

Para su estimación es indispensable contar con información cartográfica de la distribución de la lluvia en la cuenca o mapas de isoyetas, los cuales han sido previamente generados en base a la información de precipitación total consistente y completada de las estaciones de trabajo e información cartográfica digital, empleando herramientas automáticas de generación de curvas isoyetas.

Se ha generado mapas de isoyetas a escala mensual para el año promedio histórico 1964 – 2002, incluyendo el promedio histórico.

Esta información cartográfica está disponible en el anexo **1.8** a escala gráfica.

En el mapa **Nº17** se distingue la distribución de la precipitación para el año promedio histórico 1964-2002.

##### **4.4.1. METODOS DE ESTIMACION**

Los cálculos se han desarrollado con la aplicación de tres métodos conocidos: Polígonos de Thiessen, método de las Isoyetas y método Combinado Thiessen Modificado.

###### **POLIGONOS DE THIESSEN**

El método de los polígonos de Thiessen distribuye la precipitación según el área de influencia de cada estación pluviométrica, considerando que al interior de cada una de estas áreas o polígonos la precipitación es constante; por lo que este método es aceptable en zonas no montañosas donde la precipitación no está influenciada por la variación orográfica del ámbito. En la cuenca del río San Juan, según este método, la precipitación se distribuye de acuerdo a trece polígonos, correspondiente al número de estaciones pluviométricas consideradas; los valores de la precipitación promedio para la cuenca y subcuencas resultan menores que los otros dos métodos empleados, como se observa en los cuadros **Nº4.11** y **Nº4.12**.

###### **ISOYETAS**

El método de las isoyetas efectúa una ponderación entre las curvas de distribución de la precipitación (isoyetas) en la cuenca. Los mapas de isoyetas de la cuenca del río San Juan, a nivel mensual para el año promedio histórico 1964-2002, se han logrado interpolando los correspondientes datos de precipitación de las estaciones de trabajo. Los valores de precipitación media, obtenidos con este método, son mayores que los obtenidos con el método del polígono de Thiessen, como se puede apreciar en los cuadros antes citados.

###### **THIESSEN MODIFICADO**

El método Thiessen Modificado o ponderado efectúa una doble ponderación de la precipitación, es decir considera como valor promedio de la precipitación de cada polígono la que resulta empleando el método de isoyetas. En el presente estudio se asume los resultados de este método como los más representativos de la precipitación media en la cuenca.

##### **4.4.2. PRECIPITACION AREAL EN LA CUENCA**

Para la determinación de la precipitación areal mensual en la cuenca húmeda del río San Juan se ha empleado la siguiente relación:

$$P_p^i = \sum_{j=1}^{j=12} [P_j^i * f_j^k] \quad ; \quad f_j^k = \frac{A_r^j * P_{ly}^j}{\sum (A_r^j * P_{ly}^j)}$$

En las anteriores relaciones:

$P_p^i$  = Precipitación areal (ponderada) del mes i, año k. (k=1 @ 37)

$P_j^i$  = Precipitación del mes i, de la estación j. (j=1 @ 12)

$A_r^j$  = Area de influencia de la estación j (polígono de Thiessen).

$P_{ly}^j$  = Precipitación ponderada (método de Isoyetas) del polígono o estación j.

De los cálculos efectuados se tiene que las subcuencas Alta San Juan y Colcabamba tienen una mayor precipitación areal, de 684.7 y 684.2 mm/año respectivamente; las subcuencas Tantará y Arma tienen también precipitaciones areales semejantes de 554.4 y 560.2 mm/año, para las otras subcuencas Ayoque, Almacén, Baja, Media2 y Media1 río San Juan, la precipitación areal es 188.6, 92.2, 56.9, 305.7 y 50 mm/año respectivamente, mientras que en toda la cuenca la precipitación media o areal es 297.9 mm/año. Ver cuadro **N°4.9**.

Los resultados obtenidos muestran una adecuada estimación de la precipitación areal en la cuenca húmeda del río San Juan, cuyo valor es de 560.9 mm/año, ver cuadro **N°4.10**.; así mismo concluimos que la modelación ha sido óptima al ver representados los valores puntuales de las precipitaciones máximas correspondientes al año 1967, por ejemplo, concordante con los altos caudales registrados, ver el gráfico **N°4.9**.

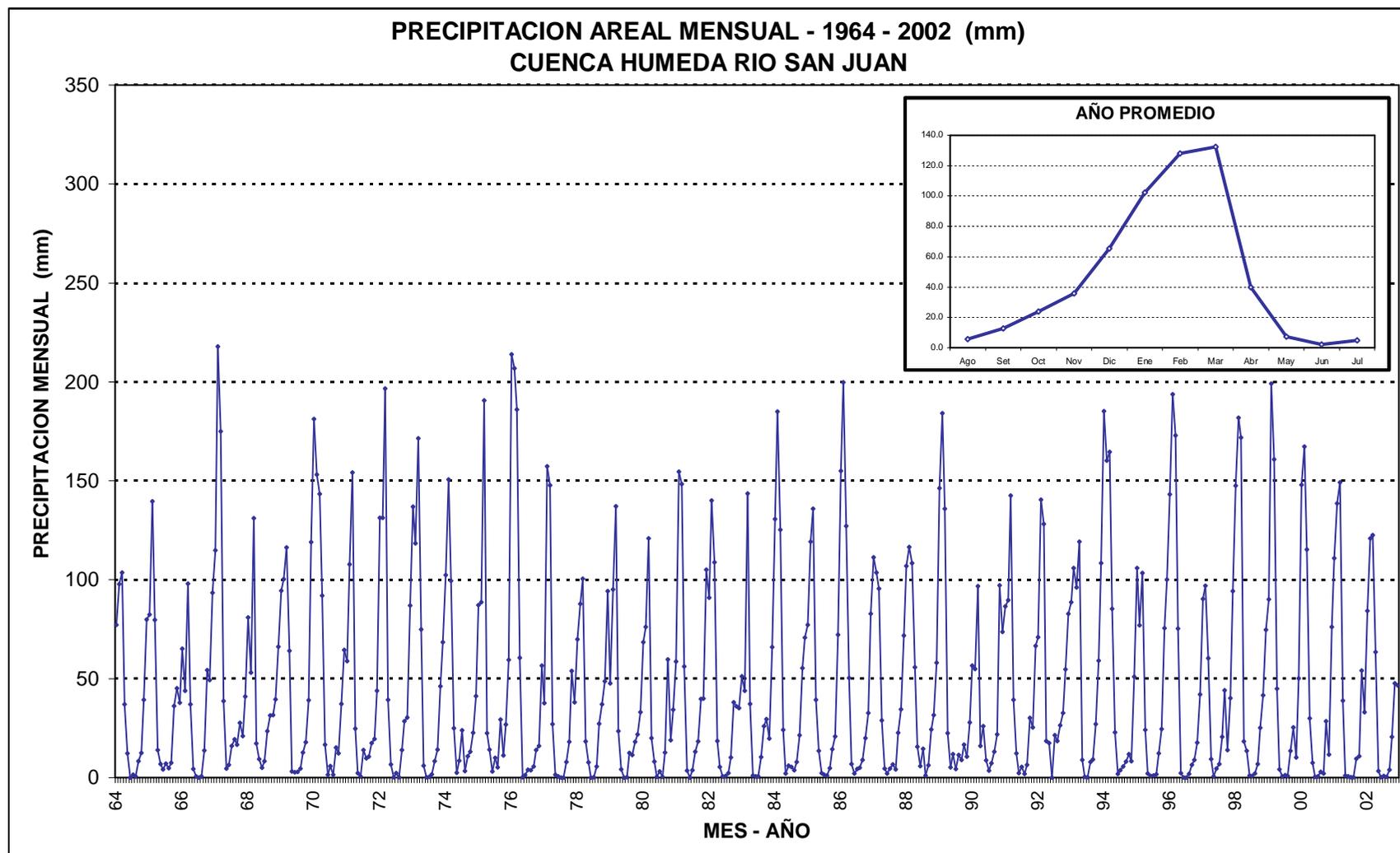
**CUADRO N°4.9.**  
**PRECIPITACION AREAL SOBRE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN (mm/año)**  
**AÑO PROMEDIO HISTORICO 1964 - 2002**

<b>CUENCA</b>	<b>AÑO PROMEDIO HISTORICO - METODO THIESSEN MODIFICADO</b>												
<b>Denominación</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
RIO COLCABAMBA	116.2	141.6	141.9	53.0	6.2	5.4	8.0	7.8	21.0	40.3	51.8	83.8	684.2
ALTA RIO SAN JUAN	118.6	139.1	139.6	53.4	7.1	5.4	7.9	8.0	21.2	39.7	51.3	83.5	684.7
RIO TANTARA	86.2	100.6	111.6	28.1	4.7	1.8	2.9	3.1	6.9	13.4	24.4	47.9	554.4
RIO ARMA	107.4	119.3	125.5	40.7	7.2	2.4	3.5	4.4	11.3	20.2	30.3	59.3	560.2
QDA. AYOQUE	42.5	49.1	58.6	13.2	1.5	0.6	1.1	1.2	1.5	4.3	9.3	17.4	188.6
QDA. ALMACEN	24.5	29.5	35.9	7.5	1.2	0.7	1.0	1.0	0.5	1.9	5.3	8.3	92.2
BAJA RIO SAN JUAN	12.6	14.0	14.9	5.4	2.5	1.6	1.0	1.0	0.5	0.7	5.1	5.5	56.9
MEDIA 2 RIO SAN JUAN	43.4	47.7	52.7	11.3	4.1	0.7	1.2	1.3	1.8	3.9	8.7	17.6	305.7
MEDIA 1 RIO SAN JUAN	10.2	11.1	11.0	5.0	1.0	2.1	1.0	1.0	0.5	0.5	5.0	5.0	50.0
CUANCA SAN JUAN	52.0	59.5	63.7	19.2	3.9	1.8	2.3	2.5	5.1	9.8	16.4	28.4	297.9
<b>HUMEDA</b>	102.3	128.2	132.4	39.8	7.5	2.3	4.8	5.8	12.9	23.9	35.9	65.3	560.9

**CUADRO Nº4.10.**  
**PRECIPITACION AREAL TOTAL MENSUAL (mm)**  
**CUENCA HUMEDA DEL RIO SAN JUAN**

		Area Cuenca Húmeda :			2267.6 Km <sup>2</sup>			Dpto.		Ica			
		Area Cuenca Total :			4388.6 Km <sup>2</sup>			Prov.		Chincha			
		Area Cuenca Estac. Conta:			3895.7 Km <sup>2</sup>			Cuenca.		Alto Larán			
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1964	77.2	97.9	103.6	37.0	12.2	0.0	1.4	0.6	8.3	12.6	39.3	80.0	470.03
1965	82.5	139.7	79.7	13.94	6.76	4.14	7.00	4.83	7.53	36.30	45.09	37.94	465.40
1966	65.2	43.8	98.0	37.01	4.38	0.68	0.00	0.65	13.83	54.33	49.23	93.50	460.65
1967	114.92	217.78	174.92	38.75	4.61	6.44	16.11	19.31	16.70	27.70	20.99	40.94	699.19
1968	81.02	53.04	131.00	17.20	9.45	5.01	8.41	23.60	31.50	31.70	39.57	66.18	497.69
1969	94.38	100.28	116.32	64.05	3.22	2.77	2.97	4.58	12.66	17.88	39.05	119.12	577.29
1970	181.29	153.08	143.27	91.89	16.58	1.39	5.90	1.40	15.10	12.24	37.20	64.53	723.87
1971	58.89	107.81	154.15	24.73	2.38	0.53	13.96	9.88	10.65	17.54	19.60	43.88	464.00
1972	131.37	131.21	196.65	39.29	6.64	0.12	2.29	0.31	13.87	28.41	30.42	86.94	667.52
1973	136.99	118.32	171.41	74.99	5.95	0.23	0.45	1.64	8.24	14.21	46.12	68.36	646.91
1974	102.48	150.58	99.39	25.05	2.43	8.53	23.94	3.29	10.76	13.15	22.64	41.18	503.43
1975	87.21	88.71	190.61	22.38	14.10	3.14	10.01	5.20	29.44	11.30	26.83	59.41	548.34
1976	213.95	206.77	185.95	60.58	0.31	1.32	4.05	3.66	5.66	13.99	15.95	56.65	768.84
1977	37.71	157.34	147.82	27.03	1.52	0.65	0.00	0.00	7.97	18.03	53.82	37.99	489.89
1978	69.88	87.79	100.45	18.22	7.76	0.00	0.20	5.72	27.19	37.10	48.60	94.35	497.28
1979	47.75	95.19	137.04	23.44	4.23	0.00	0.30	12.59	11.53	18.17	21.82	33.16	405.22
1980	68.44	76.24	120.86	19.92	8.08	0.42	3.13	0.33	12.78	59.74	18.98	34.40	423.31
1981	58.63	154.54	148.31	56.17	3.60	0.00	3.77	13.06	18.27	39.74	39.85	105.05	641.01
1982	90.98	140.08	108.88	18.59	5.45	0.68	0.91	2.39	10.29	38.12	35.96	35.13	487.45
1983	51.25	44.00	143.68	37.22	0.96	0.67	0.67	10.50	25.97	29.60	19.68	66.00	430.20
1984	130.78	184.99	125.25	24.10	2.07	5.99	5.44	3.70	7.87	21.52	55.37	70.82	637.90
1985	77.19	119.26	135.90	39.43	13.60	2.30	1.46	1.11	4.82	14.31	20.88	72.19	502.44
1986	155.09	199.69	127.17	50.32	6.96	2.15	4.47	5.06	9.04	20.00	32.68	82.79	695.44
1987	111.30	103.70	95.44	29.01	4.63	2.17	4.57	6.76	4.23	22.62	34.47	71.73	490.63
1988	106.88	116.57	108.40	55.70	15.68	5.86	14.56	1.08	6.26	24.35	31.66	58.03	545.04
1989	146.24	184.25	135.95	22.49	5.13	11.92	4.30	11.44	8.97	16.61	10.57	27.98	585.85
1990	56.66	54.90	96.70	16.04	26.07	8.74	3.53	7.24	13.08	21.84	97.20	73.60	475.62
1991	86.52	89.66	142.54	39.34	12.35	2.26	5.48	1.85	6.54	30.24	25.48	66.63	508.90
1992	70.96	140.39	128.11	18.53	17.38	0.00	21.45	18.59	26.46	32.57	54.75	82.79	611.97
1993	88.73	105.99	96.21	119.24	8.96	0.33	0.26	7.98	9.14	26.95	59.15	108.31	631.25
1994	185.22	160.26	164.63	85.22	22.81	1.82	3.69	5.62	8.05	11.89	8.25	51.08	708.54
1995	105.87	77.00	103.49	24.16	2.09	0.91	1.10	1.70	12.24	24.55	75.64	100.09	528.84
1996	143.25	193.62	172.97	75.27	2.31	0.00	0.05	1.84	6.49	8.88	17.59	42.10	664.37
1997	90.32	96.96	60.25	9.40	0.67	4.56	6.80	20.64	44.03	14.01	40.22	94.33	482.19
1998	147.55	181.84	171.96	18.24	13.47	1.11	0.79	2.12	6.84	25.13	41.56	74.66	685.27
1999	90.09	199.21	160.78	44.91	4.13	0.64	1.29	0.78	13.63	25.45	10.29	50.18	601.39
2000	148.02	167.37	115.19	30.00	7.58	0.37	0.56	3.00	2.15	28.43	11.59	76.09	590.36
2001	110.96	138.65	149.12	39.01	0.97	0.66	0.19	0.25	9.52	10.72	54.03	32.99	547.07
2002	84.27	120.82	122.67	63.51	3.36	0.20	0.82	0.46	3.93	20.70	47.65	46.70	515.08
<b>Media</b>	102.26	128.19	132.43	39.78	7.46	2.28	4.78	5.76	12.86	23.91	35.89	65.33	560.91
<b>DesvStd</b>	40.74	47.16	32.16	24.56	6.21	2.88	5.90	6.22	8.84	11.43	18.71	23.87	95.17
<b>Min</b>	37.71	43.84	60.25	9.40	0.31	0.00	0.00	0.00	2.15	8.88	8.25	27.98	405.22
<b>Max</b>	213.95	217.78	196.65	119.24	26.07	11.92	23.94	23.60	44.03	59.74	97.20	119.12	768.84

GRAFICO N°4.9.



**CUADRO N°4.11.****PRECIPITACION AREAL SOBRE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN PARA EL AÑO PROMEDIO HISTORICO 1964 - 2002 (mm/año)  
MESES : ENERO - JUNIO**

CUENCA	ENERO			FEBRERO			MARZO		
	Denominación	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif	Thiessen	Isoyetas
RIO COLCABAMBA	99.7	121.6	116.2	130.2	145.0	141.6	131.6	145.1	141.9
ALTA RIO SAN JUAN	100.9	120.1	118.6	123.9	141.9	139.1	119.9	143.1	139.6
RIO TANTARA	80.5	83.3	86.2	102.4	101.2	100.6	113.2	111.3	111.6
RIO ARMAS	106.0	112.1	107.4	125.7	123.3	119.3	126.3	129.2	125.5
QDA. AYOQUE	42.1	46.8	42.5	53.4	53.8	49.1	64.3	65.9	58.6
QDA. ALMACEN	23.1	33.4	24.5	31.6	38.2	29.5	38.7	48.5	35.9
BAJA RIO SAN JUAN	3.9	12.4	12.6	5.9	13.7	14.0	6.4	14.4	14.9
MEDIA 2 RIO SAN JUAN	42.3	36.6	43.4	49.6	40.0	47.7	50.1	43.5	52.7
MEDIA 1 RIO SAN JUAN	0.2	10.0	10.2	1.2	10.0	11.1	0.3	10.0	11.0
CUANCA SAN JUAN	46.0	52.0	52.0	56.9	59.5	59.5	59.3	63.7	63.7
HUMEDA	96.3	111.9	102.3	121.6	126.7	128.2	125.2	133.3	132.4

CUENCA	ABRIL			MAYO			JUNIO		
	Denominación	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif	Thiessen	Isoyetas
RIO COLCABAMBA	49.6	56.7	53.0	10.5	12.1	6.2	4.9	4.8	5.4
ALTA RIO SAN JUAN	46.5	52.6	53.4	12.8	11.5	7.1	4.5	4.7	5.4
RIO TANTARA	25.9	26.5	28.1	3.8	4.2	4.7	0.8	1.2	1.8
RIO ARMAS	37.0	43.1	40.7	4.6	7.3	7.2	0.8	2.2	2.4
QDA. AYOQUE	12.8	13.3	13.2	0.8	1.2	1.5	0.1	0.5	0.6
QDA. ALMACEN	6.9	11.9	7.5	0.3	1.0	1.2	0.3	0.6	0.7
BAJA RIO SAN JUAN	1.1	5.3	5.4	0.5	1.0	2.5	2.4	1.6	1.6
MEDIA 2 RIO SAN JUAN	9.7	9.3	11.3	0.6	1.6	4.1	0.1	0.6	0.7
MEDIA 1 RIO SAN JUAN	0.0	5.0	5.0	0.6	1.0	1.0	3.5	1.5	2.1
CUANCA SAN JUAN	16.1	19.2	19.2	2.7	3.4	3.9	1.6	1.7	1.8
HUMEDA	37.1	43.6	39.8	7.4	9.3	7.5	3.2	1.7	2.3

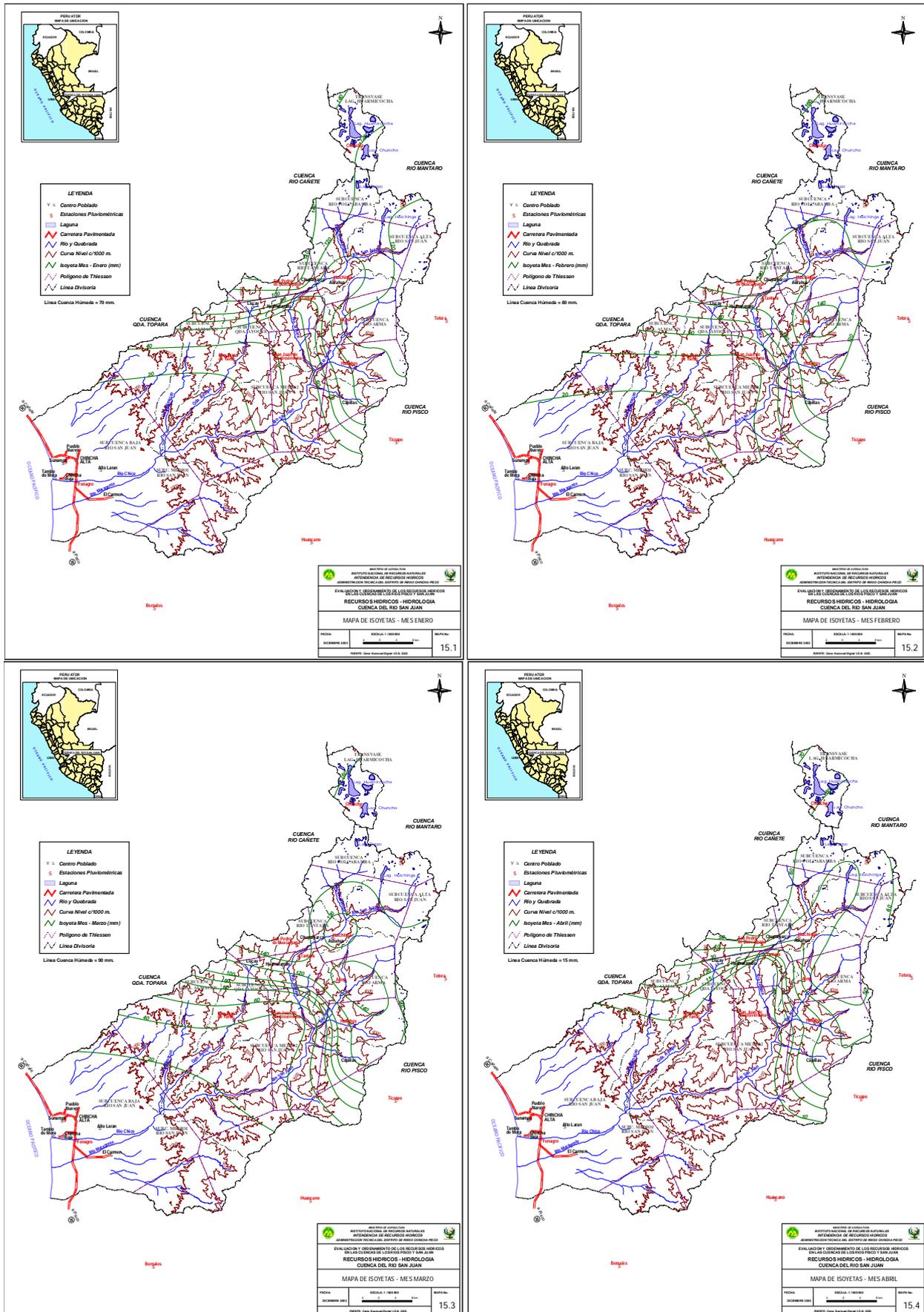
**CUADRO N°4.12.****PRECIPITACION AREAL SOBRE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN PARA EL AÑO PROMEDIO HISTORICO 1964 - 2002 (mm/año)  
MESES : JULIO - DICIEMBRE**

CUENCA	JULIO			AGOSTO			SETIEMBRE		
	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif
RIO COLCABAMBA	8.9	7.6	8.0	8.8	8.2	7.8	22.6	22.6	21.0
ALTA RIO SAN JUAN	7.7	8.6	7.9	9.3	7.6	8.0	21.7	21.1	21.2
RIO TANTARA	2.2	2.9	2.9	3.0	3.3	3.1	6.8	6.6	6.9
RIO ARMAS	1.5	3.4	3.5	2.7	4.7	4.4	6.7	11.8	11.3
QDA. AYOQUE	0.1	1.0	1.1	0.5	1.0	1.2	1.2	1.0	1.5
QDA. ALMACEN	0.1	1.0	1.0	0.4	1.0	1.0	0.2	0.6	0.5
BAJA RIO SAN JUAN	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
MEDIA 2 RIO SAN JUAN	0.0	1.1	1.2	0.4	1.2	1.3	0.6	1.5	1.8
MEDIA 1 RIO SAN JUAN	1.5	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	0.7	0.5	0.5
CUANCA SAN JUAN	1.7	2.3	2.3	2.1	2.5	2.5	4.4	5.1	5.1
HUMEDA	1.7	2.3	4.8	2.1	2.5	5.8	12.4	14.3	12.9

CUENCA	OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif	Thiessen	Isoyetas	Thies-Modif
RIO COLCABAMBA	41.5	43.3	40.3	56.8	55.1	51.8	85.0	86.8	83.8
ALTA RIO SAN JUAN	35.1	41.8	39.7	51.3	51.5	51.3	80.8	84.5	83.5
RIO TANTARA	10.0	11.7	13.4	26.5	25.4	24.4	50.9	49.5	47.9
RIO ARMAS	11.2	20.5	20.2	20.7	31.0	30.3	54.1	61.2	59.3
QDA. AYOQUE	3.6	4.6	4.3	6.7	8.7	9.3	18.4	17.9	17.4
QDA. ALMACEN	1.5	3.3	1.9	0.9	5.3	5.3	7.2	10.7	8.3
BAJA RIO SAN JUAN	0.4	0.7	0.7	0.3	5.0	5.1	1.3	5.4	5.5
MEDIA 2 RIO SAN JUAN	2.9	2.5	3.9	5.3	7.5	8.7	16.5	14.4	17.6
MEDIA 1 RIO SAN JUAN	0.2	0.5	0.5	0.3	5.0	5.0	0.2	5.0	5.0
CUANCA SAN JUAN	7.9	9.8	9.8	13.0	16.4	16.4	26.3	28.4	28.4
HUMEDA	15.0	19.4	23.9	33.2	37.0	35.9	64.6	67.4	65.3

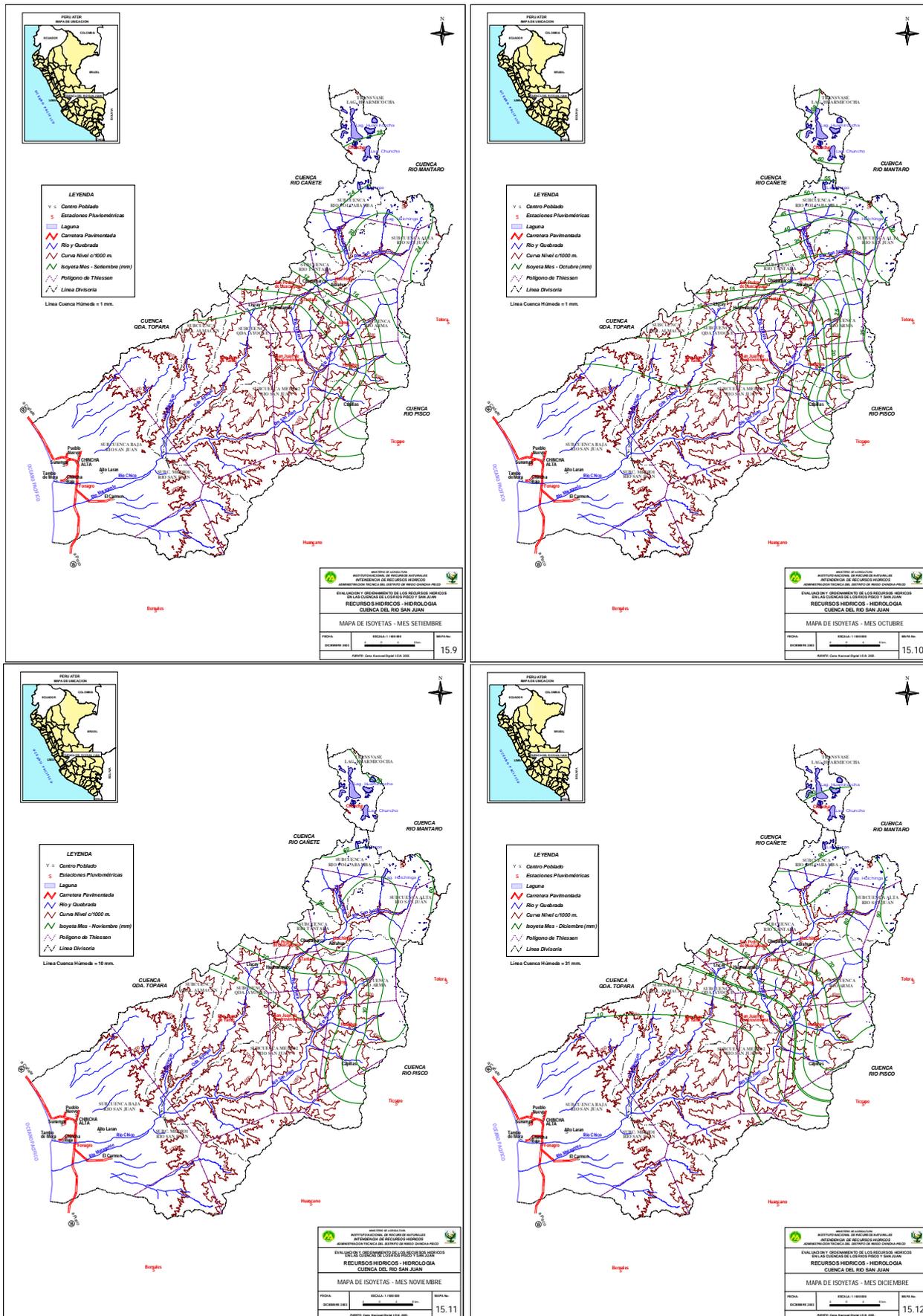
## MAPA - 17

## MAPAS DE ISOYETAS MENSUALES DEL AÑO PROMEDIO HISTORICO:





## MAPAS DE ISOYETAS MENSUALES DEL AÑO PROMEDIO HISTORICO:



## 5. ESCORRENTIA SUPERFICIAL

### 5.1. ESTACIONES HIDROMETRICAS - INFORMACION HISTORICA

En la cuenca del río San Juan sólo existe una estación hidrométrica que miden la escorrentía superficial del río San Juan y la disponibilidad hídrica para el valle de Chincha, y se sitúa en la parte baja de la cuenca, llamada Estación “Partidor Conta”, cuyas características generales se muestra en el cuadro 5.1.

**CUADRO Nº5.1.**

#### **ESTACIONES HIDROMETRICAS – CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

ESTACION	TIPO	AREA CUENCA (Km <sup>2</sup> )	ALTITUD m.s.n.m.	LAT.	LONG.	PERIODO OBSERV.	OPERADOR
Conta	(LM)	3,895.7	320	13°27'	75°58'	Set/ '22- fecha	J.U.- Chincha

LG = Estación Hidrométrica – Limnigráfica / Limnimétrica

LM = Estación Hidrométrica - Limnimétrica

#### ➤ **ESTACION CONTA**

La estación hidrométrica de Conta fue construida y concebida estructuralmente como una obra hidráulica de partición de las aguas del río San Juan hacia los sectores de riego del valle Chincha ubicados a ambos márgenes del río, mediante el canal en tierra margen derecha (aguas abajo) denominado “Río Chico” y el cauce natural, en la margen derecha, denominado a partir de este punto, como “Río Matagente”, sin embargo debido a sus condiciones apropiadas de ubicación respecto a la “cabecera de valle”, cauce alineado aguas arriba, canal de 50 m de ancho y revestido con concreto, tramo de flujo de agua con régimen subcrítico antes de la partición, y ausencia de otra zona con características más apropiadas para cumplir la función de sección de aforos del agua aprovechable para el valle Chincha, es que la estructura “Partidor Conta” toma el nombre de estación hidrométrica-limnimétrica “Conta” o en algunos casos el nombre “Punta de Diamante”. La estación opera desde el año 1934, teniéndose sin embargo registros desde el año 1922. La estación Conta se ubica en la cuenca baja del río San Juan a una altitud de 320 msnm., por su ubicación mide todo el escurrimiento de la cuenca húmeda del río para un área de drenaje de cuenca igual a 3,895.7 Km<sup>2</sup> y define el inicio del ámbito del sistema de riego del valle. En la actualidad las mediciones las realiza la Junta de Usuarios del subdistrito de riego Chincha. En esta estación de aforos se realizan las mediciones en la época de lluvias o flujo de agua natural procedente de la cuenca húmeda; para los meses de abastecimiento del valle con agua del sistema regulado propio y de transvase, las mediciones, en la actualidad, se realizan utilizando las estructuras de aforo (aforadores Parshall) de los canales de derivación a los diferentes sectores de riego del valle: Canal Irrigación Pampa Ñoco (mediante un aforador Parshall w=4’); Canal Chincha Alta o Canal La Compuerta (aforador Parshall w=10’); Canal “Toma la Pelota” (Parshall w=12’) y canal Punta la Isla.

La estación hidrométrica Conta se ubica cartográficamente en el **Mapa N°12 – Hidrográfico y Estaciones Hidrométricas**.

La información histórica disponible se refiere a registros diarios de caudal medio, los que provienen del promedio aritmético de tres observaciones o mediciones diarias; 7:00 a.m. 12:00 del día y 6:00 p.m., del periodo 1958 – 2002, digitado en el proyecto del registro histórico impreso de la ATDR Chincha-Pisco (Libro de descargas del ex Ministerio de Fomento – Dirección de Aguas é Irrigación), puesto que no se encontró información digital de registros hidrométricos históricos del río San Juan en la estación Conta, tanto en la ATDR, como en la Junta de Usuarios. Los reportes de los **anexos 1.1. y 1.2.** son impresiones de la base de datos del software SIH, implementada con el proyecto. En el **cuadro N°5.2.** se muestra las series mensuales históricas de caudal aforado, y en el **gráfico N°5.1.** el respectivo hidrograma.

De los estadísticos encontrados se tiene un promedio de caudal anual igual a  $15.46 \text{ m}^3/\text{s}$ , el mayor caudal medio histórico le corresponde al mes de marzo,  $63.72 \text{ m}^3/\text{s}$ , y el mínimo medio mensual histórico es para el mes de julio,  $0.43 \text{ m}^3/\text{s}$ . El caudal mensual máximo registrado es de  $494.19 \text{ m}^3/\text{s}$  (feb.1967); el río San Juan en la estación Conta presenta en varios años, entre los meses de mayo a enero, caudales nulos.

En el **cuadro N°5.3.** se ha calculado los correspondientes volúmenes de caudal mensual históricos-aforados, siendo el valor de aporte medio anual igual a  $480.71 \text{ Hm}^3$ .

## **5.2. ANALISIS ESTADISTICO DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACION**

El análisis de consistencia de la información hidrométrica ha seguido la metodología según el diagrama secuencial del análisis de la información pluviométrica, gráfico N°4.2.

La verificación de la homogeneidad de los datos de caudal medio mensual, o ajuste de las series a una distribución de probabilidades tipo normal, se ha efectuado mediante las conocidas pruebas de Kolmogoroff-Smirnow (prueba K-S) y de Chi-Cuadrado para un nivel de significancia del 5%. Mediante la herramienta de cálculo "SIH" de la Intendencia de recursos Hídricos del INRENA se ha encontrado que la serie de datos de 69 años se ajusta a una distribución de probabilidades tipo normal sólo mediante el estadístico K-S, valor calculado (0.16) es menor al tabulado (0.1637); mientras que en la segunda prueba de Chi-Cuadrado la serie de datos mensual no se ajusta a una distribución de probabilidades tipo normal, estadístico calculado (22.3) es mayor al tabulado (9.49). Ver los reportes del SIH, correspondientes a la estación Conta, de análisis de homogeneidad de los datos según los métodos S-K y Chi-cuadrado. Esta falta de ajuste a una distribución de probabilidades normal es un indicativo que para el análisis estocástico de la información hidrométrica del río San Juan se deberá realizar previamente una transformación de las series.

## CUADRO N°5.2.

## CAUDAL MEDIO MENSUAL - HISTORICO AFORADO (m3/s)

Estación : CONTA  
Cuenca : RIO SAN JUAN  
FUENTE : ATDR

Latitud : 75° 58' "S"  
Longitud : 13° 27' "W"  
Altitud : 320 msnm.

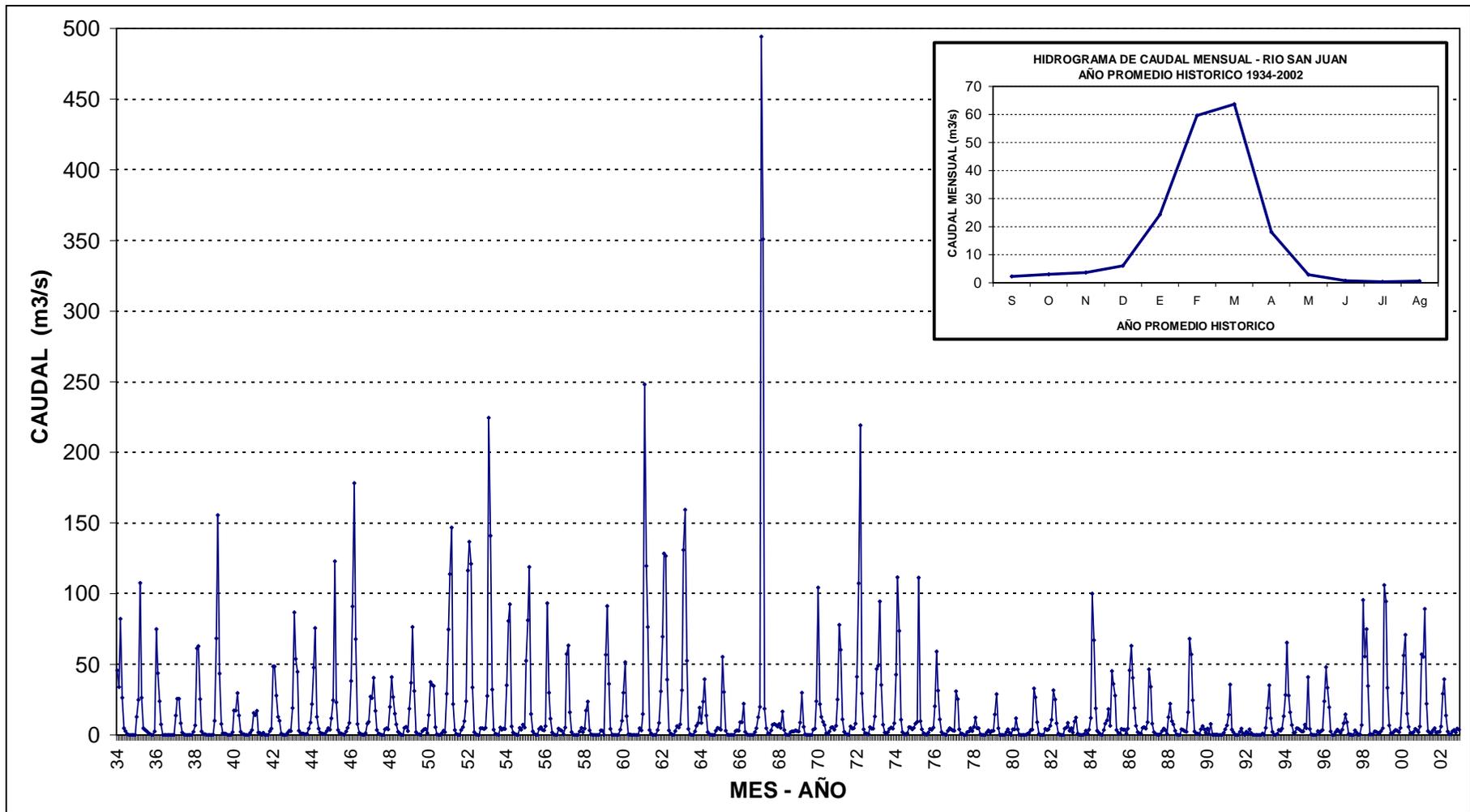
Dpto. : ICA  
Prov. : CHINCHA  
Dist. : ALTO LARAN

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	MEDIO
1934	45.82	33.92	82.24	26.48	4.84	2.80	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.41
1935	12.82	24.84	107.48	26.40	4.86	3.78	2.74	1.41	0.76	0.00	0.00	2.41	15.63
1936	74.85	43.66	23.84	7.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50
1937	13.78	25.54	25.53	8.18	1.80	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25	6.48
1938	6.75	61.27	62.81	25.50	2.47	0.66	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	13.34
1939	10.16	68.38	155.64	43.38	7.68	1.14	0.92	0.68	0.00	0.00	0.00	1.91	24.16
1940	17.35	17.26	29.75	13.85	2.20	0.83	0.39	0.00	0.00	0.00	1.47	3.44	7.21
1941	15.53	14.20	17.08	1.74	1.20	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	2.77	4.58	4.89
1942	48.50	48.51	28.02	12.80	10.05	0.97	0.23	0.00	0.00	1.61	3.04	2.75	13.04
1943	19.17	86.80	53.82	44.66	3.02	1.34	1.07	0.77	0.49	0.84	4.50	8.87	18.78
1944	21.87	47.73	75.57	12.74	4.63	1.69	0.94	0.69	0.81	2.83	4.87	3.77	14.85
1945	11.84	24.74	122.98	23.23	3.63	1.62	0.94	0.43	0.36	2.59	5.04	8.62	17.17
1946	38.12	91.07	178.34	67.85	7.84	1.62	0.86	0.36	0.00	1.19	8.05	9.26	33.71
1947	27.26	26.06	40.50	17.08	3.57	1.12	0.38	0.00	0.00	4.07	4.68	3.91	10.72
1948	19.86	40.86	26.86	15.15	7.58	2.14	1.03	0.00	0.00	4.91	5.75	2.65	10.57
1949	18.72	36.87	76.47	31.16	1.95	0.80	0.53	0.00	2.78	4.05	4.29	1.16	14.90
1950	14.01	37.42	35.52	34.79	5.43	0.60	0.00	0.00	1.33	2.98	2.10	29.06	13.60
1951	74.76	113.94	146.88	21.75	3.51	0.86	0.21	0.00	3.60	5.60	9.81	23.92	33.74
1952	116.30	136.86	121.24	33.72	2.13	0.45	0.00	0.00	4.72	4.72	4.22	4.92	35.77
1953	27.62	224.39	141.08	32.25	3.88	0.70	0.41	0.00	5.24	3.85	4.46	4.39	37.36
1954	35.24	80.76	92.53	6.06	1.80	0.80	0.24	0.00	5.15	3.74	7.27	5.35	19.91
1955	52.64	81.25	119.00	14.87	2.61	0.73	0.16	0.00	4.22	5.52	3.73	3.33	24.01
1956	6.35	93.33	29.88	11.45	1.88	0.45	0.00	0.00	4.62	3.54	3.00	0.52	12.92
1957	5.19	57.35	63.47	16.17	2.01	0.07	0.00	0.00	0.00	2.50	5.08	2.01	12.82
1958	4.60	17.31	23.57	3.18	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	3.12	4.62
1959	0.00	56.80	91.27	36.19	4.18	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	9.96	16.87
1960	29.80	51.56	13.41	0.57	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.83	3.32	8.64
1961	14.82	248.08	119.61	76.36	3.58	1.16	0.03	0.00	0.00	3.58	8.58	30.88	42.22
1962	69.59	128.56	126.73	39.29	3.32	1.09	0.24	0.00	2.87	6.33	5.27	7.48	32.57
1963	31.65	131.07	159.29	52.63	4.36	0.51	0.00	0.00	2.54	6.60	8.59	19.29	34.71
1964	8.58	23.65	39.47	13.87	2.13	0.39	0.00	0.00	0.00	3.00	5.02	4.55	8.39
1965	3.90	55.19	30.45	3.09	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	2.81	3.36	2.93	8.49
1966	9.05	9.16	22.19	2.31	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89	4.81	12.53	5.21
1967	19.81	494.19	350.99	18.60	4.83	1.19	0.67	3.28	7.26	7.68	6.96	6.00	76.79
1968	7.89	4.97	16.55	3.48	0.41	0.04	0.00	1.92	2.44	2.51	3.33	2.67	3.85
1969	2.55	8.83	30.01	5.71	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	4.57	23.93	6.66
1970	104.36	21.79	12.72	9.34	7.00	1.30	0.69	2.52	5.39	5.49	3.84	6.42	15.07



GRAFICO N°5.1.

HIDROGRAMA RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA - CAUDAL MEDIO MENSUAL HISTORICO AFORADO (m<sup>3</sup>/s)







El análisis cualitativo o análisis de histogramas de los datos mensuales ha permitido detectar que algunos valores puntuales son muy altos, los que se han verificado con los correspondientes datos de precipitación areal sucedidos en el mismo tiempo, ver **cuadro N°5.4**. Para la transformación de precipitación a caudal se ha trabajado también con los correspondientes valores de los coeficientes de escorrentía mensual, hallados previamente: febrero-1961, febrero-1967, marzo-1967 y marzo-1972. Como se distingue en el respectivo cuadro, las precipitaciones areales teóricas derivadas de los caudales máximos registrados son incompatibles con la información pluviométrica real, comprobándose que se tiene relaciones entre caudal registrado y caudal factible que promedian 2.1. La validez de este análisis se sustenta en el hecho de que la información de caudales es menos confiable que la de precipitación pues, la primera obedece a estimaciones que no se basan en mediciones rigurosas, mientras que el segundo parámetro sí es medido por pluviómetros. Por consiguiente, por los fines del presente trabajo, de tener énfasis en la estimación de la disponibilidad hídrica para consumo agrícola, es que consideramos esta información mensual puntual "no confiable".

**CUADRO N° 5.4.**  
**VALIDACION DE DATOS MAXIMOS DE CAUDAL MENSUAL (ESTACION CONTA)**  
**CON INFORMACION PLUVIOMETRICA EN LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

Area Cuenca Húmeda: 2267.63 Km<sup>2</sup>

FECHA DE EVENTO	CAUDAL REGISTRADO (m <sup>3</sup> /s)	Precipitación Areal Teórica (mm)	Precipitación Areal Real (mm)	CAUDAL FACTIBLE (m <sup>3</sup> /s)	Q_Rg / Q_Fb
Febrero, 1961	<b>248.08</b>	276.68	200.00	<b>179.33</b>	1.38
Febrero, 1967	<b>494.19</b>	551.16	217.78	<b>195.26</b>	2.53
Marzo, 1967	<b>350.99</b>	489.66	174.92	<b>125.39</b>	2.80
Marzo, 1972	<b>219.11</b>	305.67	196.65	<b>140.96</b>	1.55

El análisis estadístico de presencia de "Saltos y Tendencias" de la información hidrométrica mensual, se realiza mediante los estadísticos "T" de Student para la comprobación de variaciones en la media y "F" de Fischer en la evaluación de variaciones en la desviación estándar. Para ello se ha empleado el software "SIH". De los cálculos realizados, se tiene que las series mensuales de caudal del río San Juan en la estación Conta evidencia un salto en la media y desviación estándar, periodos 1934-1972 y 1973-2002, con magnitudes  $T_c=3.265 > T_t=1.960$  y  $F_c=2.878 > F_t=1.00$ ; existiendo también una tendencia en la media para todo el periodo de magnitud  $T_c=2.539 > T_t=1.960$ ; sin embargo para fines de la corrección estadística de las inconsistencias existentes, no se ha encontrado elementos de contundente justificación para elegir el periodo consistente, además se utiliza el concepto de "mantener" en lo que sea posible la información histórica, puesto que la variación de la media es sustancial, teniéndose que para el primer periodo su valor es 17.019 m<sup>3</sup>/s y para el segundo 10.110 m<sup>3</sup>/s.

## CHI-CUADRADO

## CHI-CUADRADO

K-S

K-S

## SALTOS

## TENDENCIAS

### 5.3. CORRECCION DE DATOS INCONSISTENTES

Según lo analizado en el ítem 5.2. existen datos mensuales históricos aforados del río San Juan medidos en la estación de Conta (febrero-1961, febrero-1967, marzo-1967 y marzo-1972) que son inconsistentes, por lo que para su corrección se ha proseguido del siguiente modo:

- Se ha observado la gran influencia de la precipitación en la escorrentía para el mes de febrero, por lo que los datos correspondientes a las fechas feb.'61 y feb.'67 se han corregido según los valores correspondientes a la precipitación areal correspondiente sucedida, 179.33 y 195.26 m<sup>3</sup>/s respectivamente.
- Sin embargo para el mes de marzo se distingue una mayor dependencia de la escorrentía función del caudal del mes anterior, entonces la corrección realizada asume este criterio, adoptándose para los datos correspondientes a las fechas mrz.'67 y mrz.'72 el modelo estocástico de Thomas Fiering, este asume que en los procesos hidrológicos existe generalmente una correlación entre los caudales de meses sucesivos, y está basado en un proceso de análisis autocorrelativo Markoviano de primer orden con números aleatorios con una distribución de probabilidades normal (modelo lineal). En este modelo se calculan los caudales mensuales para cada año con la siguiente fórmula recursiva:

$$Q_i = \bar{Q}_i + r_{(i,i-1)} (Q_{i-1} - \bar{Q}_{i-1}) \frac{S_i}{S_{i-1}} + Z_i S_i \sqrt{1-r_{(i,i-1)}^2}$$

Siendo:

$Q_i ; Q_{i-1}$	=	Caudal mensual en el mes $i$ ; $(i-1)$
$\bar{Q}_i ; \bar{Q}_{i-1}$	=	Caudal medio mensual en el mes $i$ ; $(i-1)$
$r_{(i, i-1)}$	=	Coef. de correlación entre los caudales del mes $i$ ; $(i-1)$
$S_i , S_{i-1}$	=	Desviación estándar del caudal del mes $i$ ; $(i-1)$
$Z_i$	=	Número aleatorio perteneciente a una distribución de probabilidades normal con $U_x=0$ , $S_x=1$ .

Los valores encontrados correspondientes a esas fechas son 189.11 y 155.39 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

En el **anexo N°1.1.** se muestra las series e hidrograma del caudal medio mensual corregido.

De los estadísticos encontrados el promedio de caudal anual es 14.75 m<sup>3</sup>/s (disminuye en 4.6% del valor histórico registrado), el mayor caudal medio histórico le corresponde al mes de marzo, 60.45 m<sup>3</sup>/s, y el mínimo medio mensual es para el mes de julio, 0.43 m<sup>3</sup>/s. El caudal mensual máximo de la serie corregida es 224.39 m<sup>3</sup>/s, mientras que el mínimo mantiene su valor nulo. El aporte volumétrico medio anual ha disminuido a 458.94 Hm<sup>3</sup>.

### 5.4. NATURALIZACION DE LAS SERIES DE CAUDAL MEDIO MENSUAL

En la actualidad en la estación de aforo Conta no sólo se registra el caudal del río San Juan, sino que también se mide el caudal de descarga del sistema de regulación propio y de transvase parcial existente en la cuenca alta, de los vasos de almacenamiento Canya, Huarmicocha, Chuncho, Turpo, Ñuñunga, Obispo y Huichinga.

La necesidad de contar con caudales separados del río y del sistema de regulación parcial es de gran importancia hidrológica, pues se requiere tener la disponibilidad del río San Juan como un sistema natural, lo cual además permitirá realizar simulaciones o modelaciones de generación de caudales sintéticos. Para estos propósitos uno de los principales limitantes es la total falta de registros de caudal de descarga de las lagunas, y muy a pesar que existen estructuras de aforo a la salida de las lagunas Turpo y Huichinga, que miden toda la escorrentía regulada, no se tiene disponible la respectiva información; por lo que se recurre a la separación de caudales regulados a partir de la información disponible de la estación Conta.

Para los fines de restauración de los caudales a su régimen natural o naturalización de las series de caudal se ha proseguido por separado, tanto para el periodo de descarga de almacenamientos, como para el periodo de llenado de lagunas represadas (meses de temporada lluviosa).

#### 5.4.1. NATURALIZACION EN LOS MESES DE DESCARGA DE LAGUNAS

Se ha empleado la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal Naturalizado} = Q_{\text{registro}} - Q_{\text{laguna}}$$

Procediéndose de la siguiente forma:

- Definición, en los registros mensuales de caudal, periodo 1940-2002, de los meses de evidencia de súbito incremento de caudal registrado para los meses de julio a enero (del siguiente año cronológico), que son los meses de estiaje en los que se presenta caudales mínimos y/o nulos, y transformación a unidades de volumen.
- Comparación con la información histórica mensual de volúmenes de agua regulados, cuya información se tiene disponible.
- Diferencia algebraica de estas cantidades para cada mes respectivo.

#### 5.4.2. NATURALIZACION EN LOS MESES DE ALMACENAMIENTO DE LAGUNAS

Para este propósito, se tiene el concepto de conservación del volumen total escurrido en un año hidrológico. En este proceso de naturalización se tiene como principal restricción el desconocimiento de los caudales de ingreso a los vasos de almacenamiento, por lo que asumimos que el volumen neto almacenado descargado está distribuido en forma proporcional a los registros de caudal históricos entre los meses de precipitaciones, de enero a abril. La ecuación de restitución es:

$$\text{Caudal Nat.} = Q_{\text{registro}} + Q_{\text{proporción de volumen descargado}} - Q_{\text{pérdidas por evaporación y conducción}}$$

De los registros existentes de volúmenes de almacenamiento de las lagunas, que son pocos, se ha determinado el porcentaje de aporte de las lagunas propias o de la cuenca, este es 30.2%, es decir que las lagunas de transvase aportan el 69.8% de volumen a la cuenca San Juan. Este porcentaje ha sido uno de los factores multiplicativos para determinar el caudal neto a descontar en el proceso de naturalización de los caudales totales.

En el cálculo de las pérdidas por evaporación ( $C_e$ ) de los vasos propios de almacenamiento se ha considerado una sola área total ( $A_t$ ) de espejo de agua como la suma de los cuatro almacenamientos existentes (Turpo, Obispo, Nuñunga y Huichinga) igual a 3.64 Km<sup>2</sup>. Se ha empleado la siguiente ecuación:

$$C_e = K * A_t * E_t$$

$E_t$  = Evaporación total anual (mm) en la zona de ubicación de vasos, que de un análisis regional de variación de este parámetro se tiene para una altitud media de ubicación de almacenamientos 4377 msnm. un valor igual a 681.54 mm/año. Ver cuadro N°5.5.

$A_t$  = Área total de espejo de agua de almacenamientos.

$K$  = Corrección por área de evaporación, asumida como 0.75.

Los valores encontrados de las pérdidas por evaporación ( $C_e$ ) para un año promedio se observa en el cuadro N°5.5., siendo el valor medio anual equivalente a 0.059 m<sup>3</sup>/s (1.859 Hm<sup>3</sup>).

**CUADRO N° 5.5.**

**PERDIDAS POR EVAPORACION DE VASOS DE ALMACENAMIENTO PROPIOS  
SISTEMA REGULADO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

AÑO PROMEDIO	ALT.MEDIA DE VASOS msnm	EVAPORACION REGIONALIZADA mm ( * )	AREA LAGUNAS Km2	COEFICIENTE CORRECCION	EVAPORACION DE LAGUNAS	
					MMC	m3/s
Ene	4377	36.93	3.64	0.75	0.101	0.038
Feb	4377	29.60	3.64	0.75	0.081	0.033
Mar	4377	31.05	3.64	0.75	0.085	0.032
Abr	4377	34.11	3.64	0.75	0.093	0.036
May	4377	58.41	3.64	0.75	0.159	0.059
Jun	4377	73.49	3.64	0.75	0.200	0.077
Jul	4377	79.81	3.64	0.75	0.218	0.081
Ago	4377	76.30	3.64	0.75	0.208	0.078
Set	4377	84.39	3.64	0.75	0.230	0.089
Oct	4377	67.51	3.64	0.75	0.184	0.069
Nov	4377	62.40	3.64	0.75	0.170	0.066
Dic	4377	47.55	3.64	0.75	0.130	0.048
<b>ANUAL</b>	----	<b>681.54</b>	----	----	<b>1.859</b>	<b>0.059</b>

Las correcciones de la variación anual de los volúmenes de evaporación se han realizado considerando la variabilidad de las áreas de espejo de almacenamiento propias a los tipos de lagunas. Las correcciones de los volúmenes de almacenamiento, por lo que el factor correctivo ha sido: Volumen Año / Volumen Promedio.

Para la estimación de las pérdidas por conducción de las aguas almacenadas se ha tomado en cuenta que en los meses de estiaje el suelo del cauce se encuentra menos saturado, por lo que si cabe el criterio de restitución de dichas pérdidas. Tomando en cuenta que para la cuenca de Pisco estas pérdidas fueron determinadas en un rango de 9 a 13% en base a información existente de volúmenes descargados en la zona de almacenamiento y volúmenes regulados aforados en la cabecera de valle (estación Letrayoc), es que para la cuenca San Juan, considerando que se trata de una cuenca con un menor coeficiente de escorrentía, se ha tomado el mayor valor, 13%.

De esta forma se han obtenido los caudales naturalizados o de régimen natural a escala mensual, en el **cuadro N°5.6.** y **gráfico N°5.2.** se presenta las series mensuales e hidrograma de caudal medio mensual naturalizado (y corregido) del río San Juan en la estación Conta.

Comparando los resultados con la serie histórica corregida se tiene, para el promedio histórico de caudal mensual un menor valor, 14.02 m<sup>3</sup>/s, por lo que la diferencia porcentual encontrada es de 4.95%.

Así mismo es importante notar que los caudales correspondientes a los meses de descarga de caudal regulado (julio – diciembre) han sufrido una notoria disminución porcentual: 7%, 77.6%, 95.6%, 94.7%, 92.6% y 59.0% respectivamente.

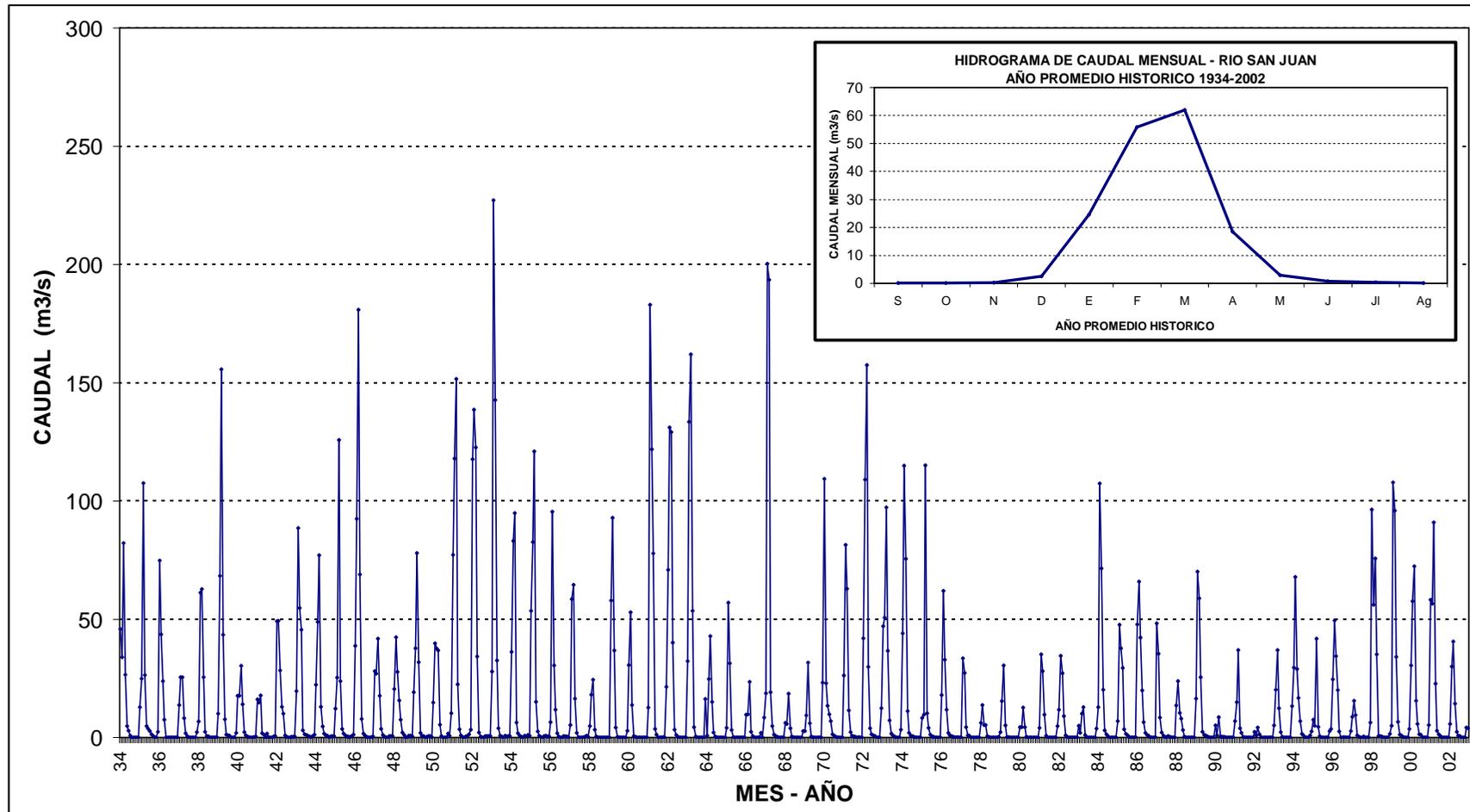
En los meses de llenado de los reservorios, enero a abril, los incrementos porcentuales son del orden 1.2%, 2.8%, 2.4% y 2.6% respectivamente.

En el **cuadro N°5.7.** se presenta las series mensuales del volumen total mensual descargado por el río San Juan en la estación Conta, que en promedio anual es 435.51 Hm<sup>3</sup>.





**GRAFICO N°5.2.**  
**HIDROGRAMA RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA - CAUDAL MEDIO MENSUAL HISTORICO NATURALIZADO (m<sup>3</sup>/s)**







## 5.5. AJUSTE ESTADÍSTICO DE LAS SERIES DE CAUDAL

Los datos de caudal medio mensual naturalizados y corregidos, periodo 1934-2002 del río San Juan en la estación Conta, han sido sometidos a un análisis estadístico de ajuste a las distribuciones teóricas de probabilidad del cuadro N°5.8., para cada mes y para toda la serie continua.

CUADRO N°5.8.

Tipo de Distribución	Rango	Parámetros
<b>Normal</b>		
$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$-\mu \leq x \leq \mu$	$\mu = X_m, \sigma = S_x$
<b>Log-Normal (2 Parámetros)</b>		
$f(x) = \frac{1}{x \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln y - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}}$	$x > 0$	$\mu_y = Y_m, \sigma_y = S_y$ Donde $y = \log x$
<b>Pearson Tipo III (Gamma 3 var.)</b>		
$f(x) = \frac{\lambda^\beta (x - \varepsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(x - \varepsilon)}}{\Gamma(\beta)}$	$x \geq \varepsilon$	$\lambda = S_x / \beta^{0.5}, \beta = (2/Cs)^2$ $\varepsilon = \text{Med} - S_x \cdot \beta^{0.5}$ Cs = Coef. de Sesgo (x).
<b>Log-Pearson Tipo III</b>		
$f(x) = \frac{\lambda^\beta (y - \varepsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y - \varepsilon)}}{x \Gamma(\beta)}$	$\log x \geq \varepsilon$	$\Gamma$ = Función Gamma Donde: $y = \log x$
<b>Gumbel (Valor Extremo Tipo I)</b>		
$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} - e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}}$	$-\mu \leq x \leq \mu$ N=Nro. datos $20 \leq N \leq 200$	$\mu = Y_N \cdot \alpha - X_m$ $\alpha = S_x / SN$ YN= -6E-6.N <sup>2</sup> +0.0009N+0.5256 SN = -2E-5.N <sup>2</sup> +0.0036N+1.0713
<b>Weibull (Valor Extremo Tipo III)</b>		
$f(x) = \alpha \lambda x^{\alpha-1} e^{-\lambda x^\alpha}$	$x > 0$	$C^2 v_x = 2 \Gamma(2/\alpha) \cdot \alpha / [\Gamma^2(1/\alpha)] - 1$ $\lambda = (1/\mu^\alpha) \cdot \Gamma^\alpha(1/\alpha + 1)$ Cv = Coef. Variación ( $\sigma / \mu$ )

El ajuste de las series se ha efectuado mediante el estadístico "Smirnow Kolmogoroff" para un nivel de significancia de 5%, determinándose la probabilidad empírica con la relación de Weibull:  $f=m/(n+1)$ , donde m es el orden descendente de la serie y n es el número total de datos. En el proceso analítico de ajuste, **cuadro N°5.9. y gráficos 5.3., 5.4. y 5.5.**, se ha encontrado que los datos correspondientes a los meses de enero y febrero se ajustan a una distribución de probabilidades Weibull, los datos del mes de marzo a una distribución de probabilidades Log-Normal-2P, los meses de abril a junio a un modelo Pearson III. Los meses julio a diciembre no se ajustan estadísticamente a ninguna de las distribuciones teóricas propuestas.

La serie total de caudales medios mensuales (828 datos) no se ajusta a ninguna de las distribuciones teóricas de probabilidad; sin embargo se tiene un "mejor" ajuste de las series a una distribución teórica de probabilidades tipo Weibull.

CUADRO N°5.9.

**AJUSTE A DISTRIBUCIONES TEORICAS DE PROBABILIDAD**

Prueba Smirnow - Kolmogoroff (Test "K-S")

SERIE DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES CORREGIDOS - NATURALIZADOS - 1934-2002 - RIO SAN JUAN

CAUDAL MEDIO MENSUAL RIO SAN JUAN - EST. CONTA					DISTRIBUCION TEORICA DE PROBABILIDADES											
					NORMAL		LOG-NORMAL-2 P.		GUMBELL TIPO I		PEARSON III		LOG-PEARSON III		WEIBULL	
MES	PARAMETROS BASICOS				EST. S-K	BONDAD	EST. S-K	BONDAD	EST. S-K	BONDAD	EST. S-K	BONDAD	EST. S-K	BONDAD	EST. S-K	BONDAD
	MEDIA	DESV. ESTAD.	CFTE. SESGO	CFTE. VAR.	[Pe - Pt]mx (A)	DE AJUSTE	[Pe - Pt]mx (A)	DE AJUSTE	[Pe - Pt]mx (A)	DE AJUSTE	[Pe - Pt]mx (A)	DE AJUSTE	[Pe - Pt]mx (A)	DE AJUSTE	[Pe - Pt]mx (A)	DE AJUSTE
ENE	52.77	37.95	1.14	0.72	0.178	MALO !	0.119	BUENO !	0.161	BUENO !	0.105	BUENO !	N/Ajust	MALO !	<b>0.068</b>	BUENO !
FEB	88.49	45.22	0.44	0.51	0.135	BUENO !	0.106	BUENO !	0.094	BUENO !	0.040	BUENO !	N/Ajust	MALO !	<b>0.040</b>	BUENO !
MAR	88.76	43.39	0.62	0.49	0.196	MALO !	<b>0.077</b>	BUENO !	0.142	BUENO !	0.145	BUENO !	N/Ajust	MALO !	0.113	BUENO !
ABR	34.09	23.18	1.30	0.68	0.133	BUENO !	0.108	BUENO !	0.097	BUENO !	<b>0.034</b>	BUENO !	N/Ajust	MALO !	0.038	BUENO !
MAY	8.61	5.76	1.58	0.67	0.109	BUENO !	N/Ajust	MALO !	0.070	BUENO !	<b>0.068</b>	BUENO !	N/Ajust	MALO !	0.091	BUENO !
JUN	3.81	2.26	1.57	0.59	0.126	BUENO !	N/Ajust	MALO !	0.117	BUENO !	<b>0.108</b>	BUENO !	N/Ajust	MALO !	0.186	MALO !
JUL	2.46	1.24	1.48	0.50	0.200	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.213	MALO !	<b>0.200</b>	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.386	MALO !
AGT	1.99	1.03	1.90	0.52	0.333	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.317	MALO !	<b>0.253</b>	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.614	MALO !
SET	1.67	0.67	0.57	0.40	<b>0.376</b>	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.360	MALO !	0.413	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.657	MALO !
OCT	2.53	2.40	3.38	0.95	0.338	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.363	MALO !	<b>0.318</b>	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.571	MALO !
NOV	6.78	9.00	3.29	1.33	<b>0.323</b>	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.376	MALO !	0.342	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.600	MALO !
DIC	16.21	18.94	2.75	1.17	0.287	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.332	MALO !	0.292	MALO !	N/Ajust	MALO !	<b>0.286</b>	MALO !
TOT	25.68	39.24	2.03	1.53	0.321	MALO !	N/Ajust	MALO !	0.354	MALO !	0.448	MALO !	N/Ajust	MALO !	<b>0.281</b>	MALO !

NUMERO DE DATOS (n) = 69 Serie Mensual ; 828 Serie Total

ESTADISTICO S-K LIMITE (Ao) (Serie Mensual) = 0.1635

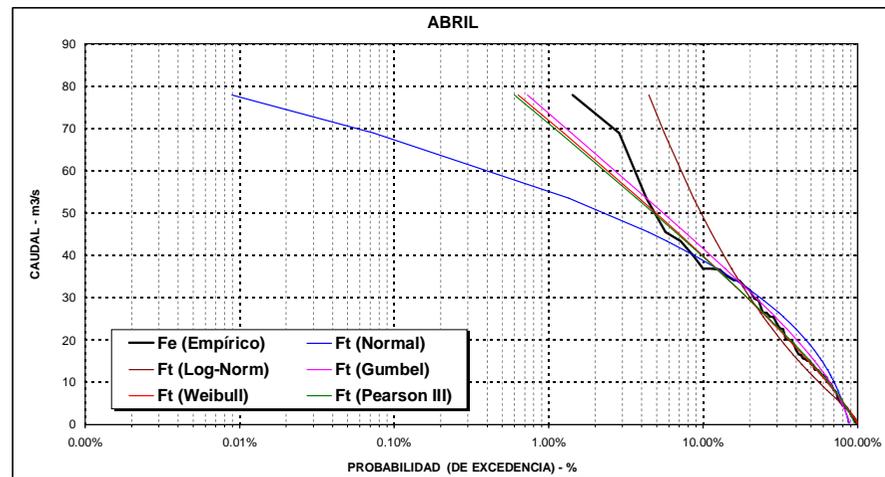
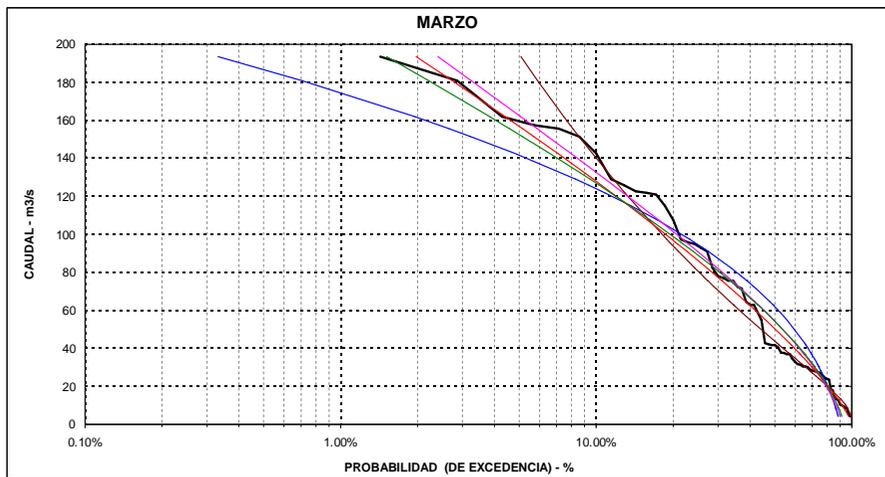
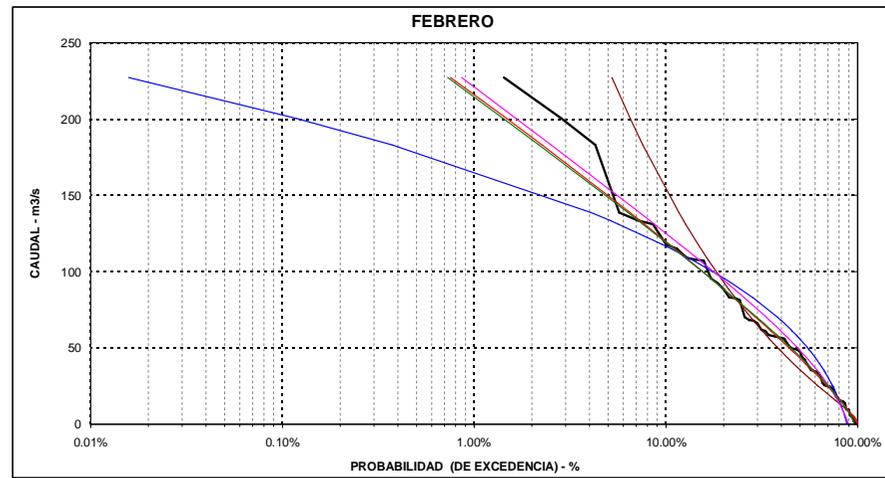
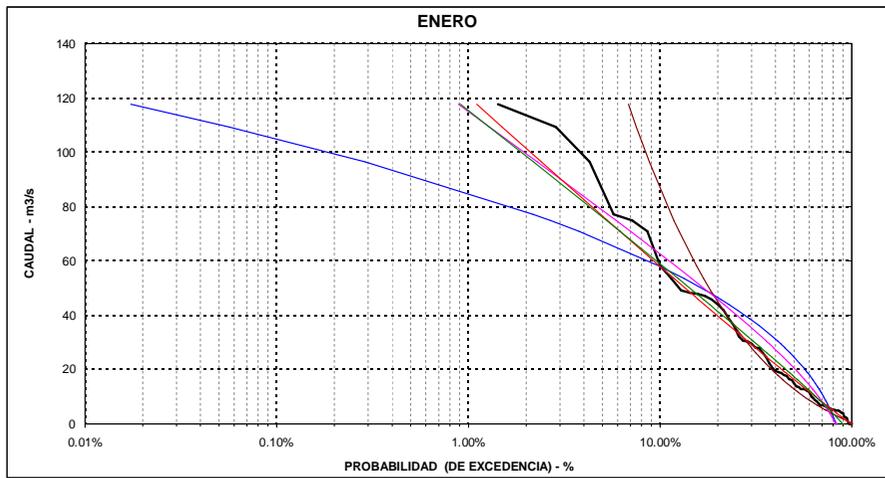
PRUEBA : Si  $A \leq A_o$  ; SE ACEPTA

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 5.00%

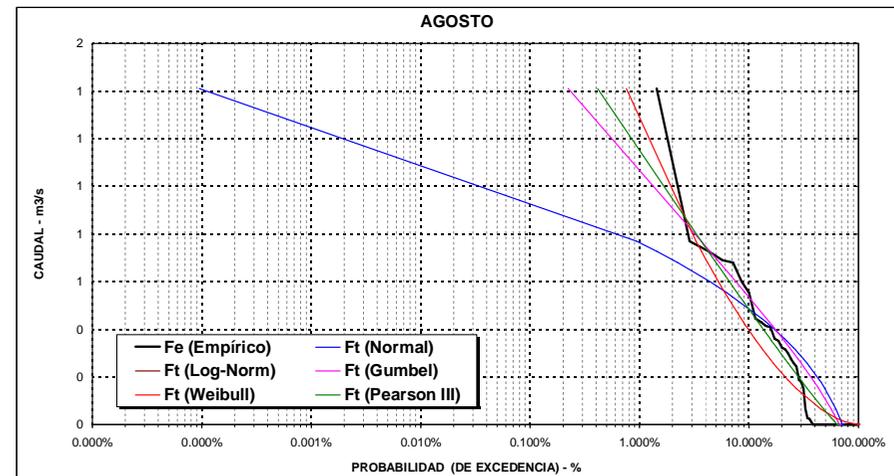
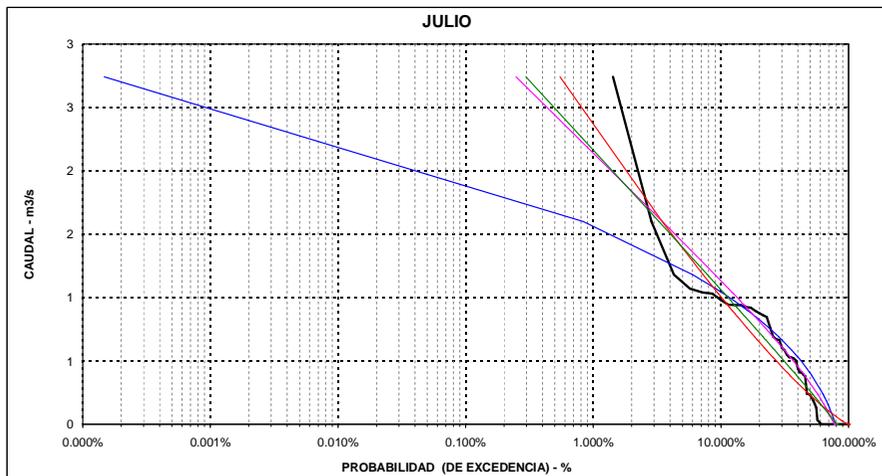
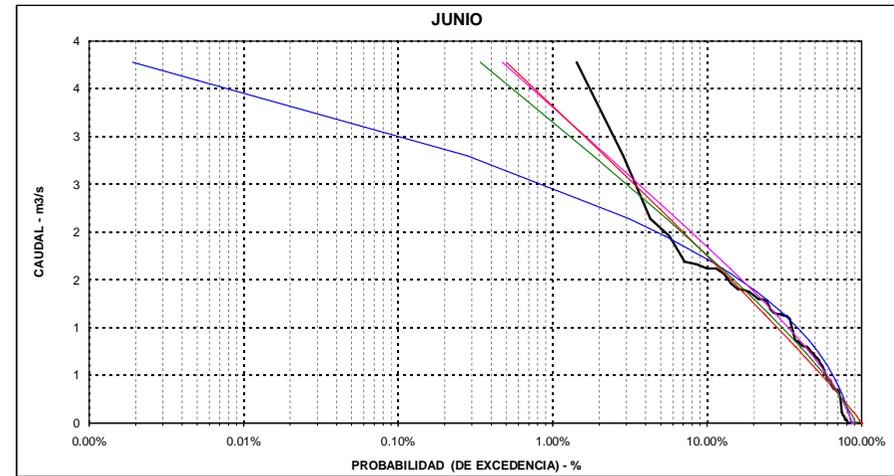
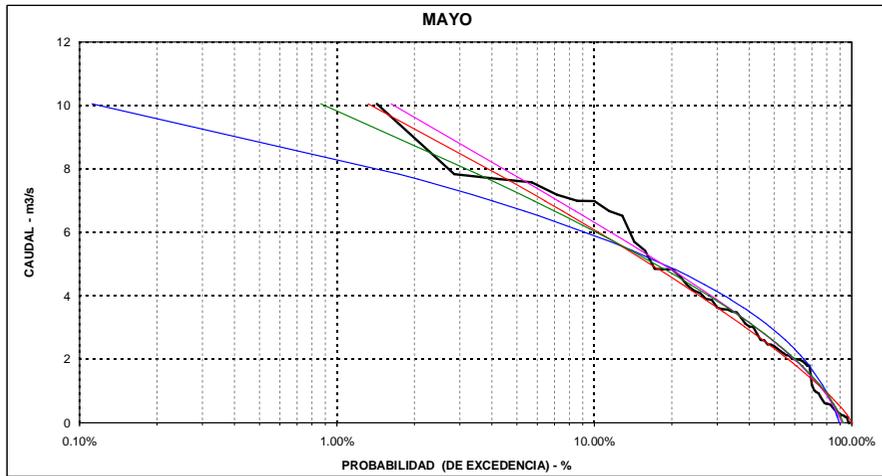
ESTADISTICO S-K LIMITE (Ao) (Serie Total) = 0.0472

(Ajuste Bueno)

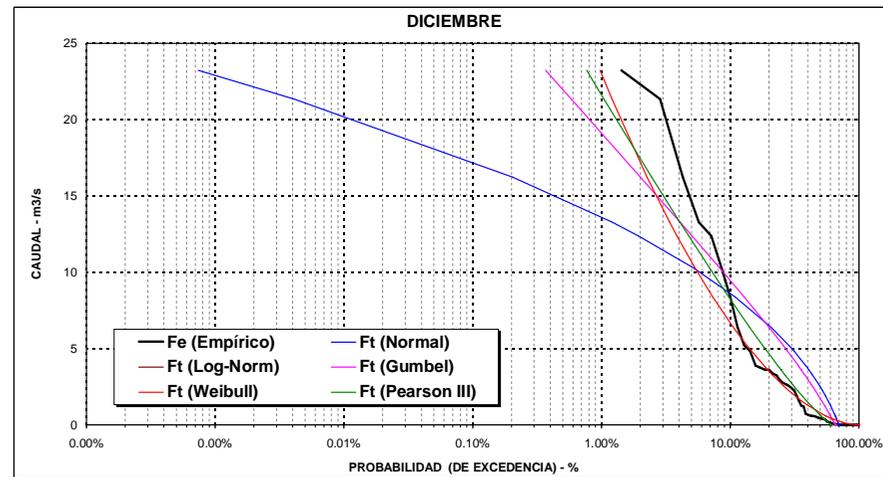
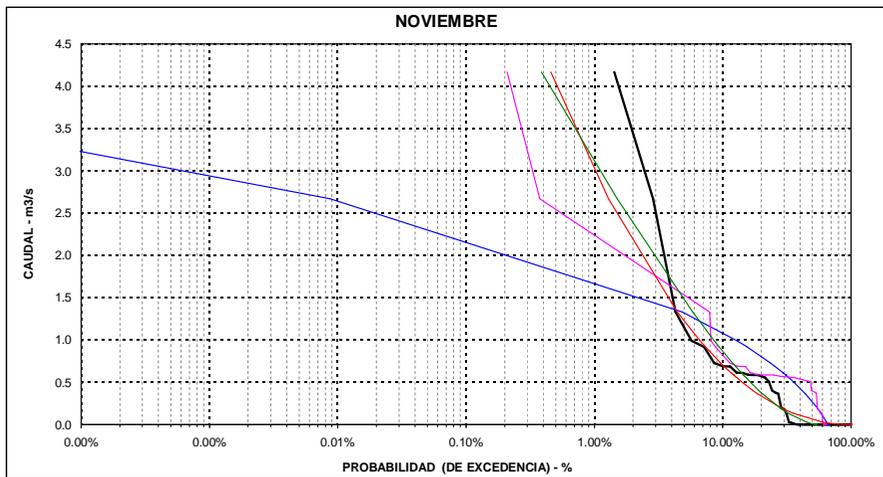
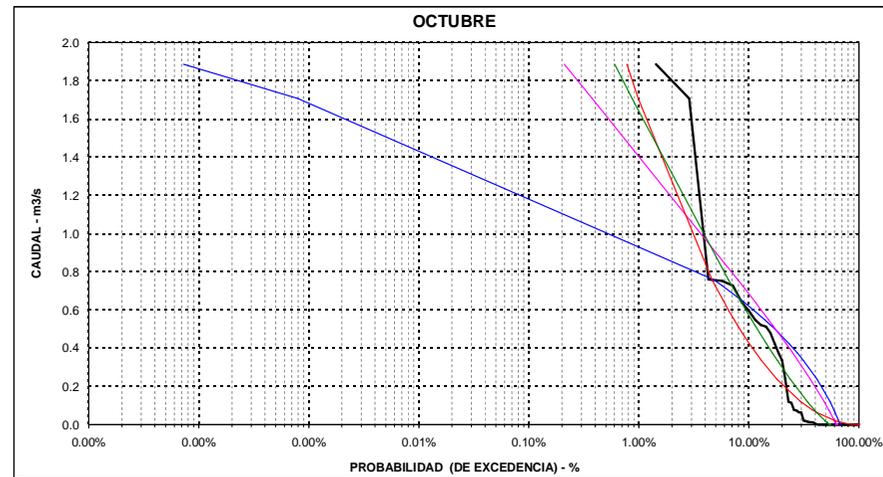
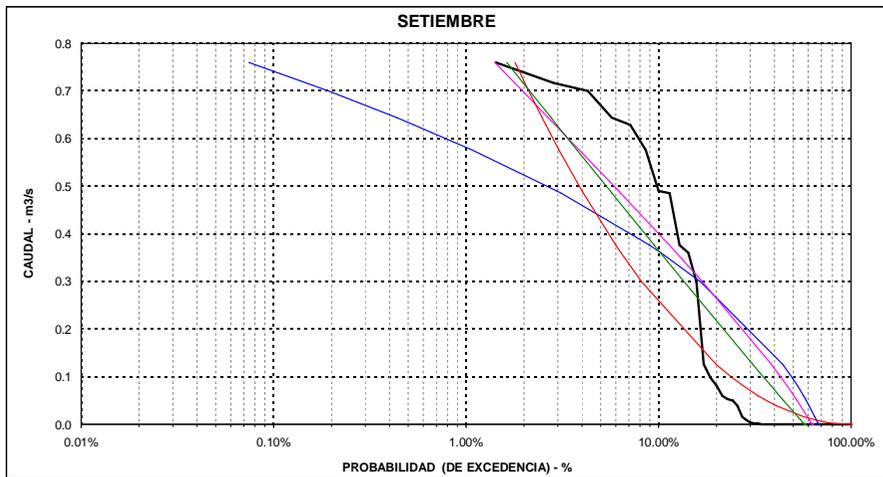
**GRAFICO N°5.3.**  
**AJUSTE ESTADISTICO DE LA SERIE HISTORICA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES A DISTRIBUCIONES TEORICAS DE PROBABILIDAD (Ft)**  
 SERIE MENSUAL NATURALIZADA - CORREGIDA - 1934-2002 - RIO SAN JUAN



**GRAFICO N°5.4.**  
**AJUSTE ESTADISTICO DE LA SERIE HISTORICA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES A DISTRIBUCIONES TEORICAS DE PROBABILIDAD (Ft)**  
 SERIE MENSUAL NATURALIZADA - CORREGIDA - 1934-2002 - RIO SAN JUAN



**GRAFICO N°5.5.**  
**AJUSTE ESTADISTICO DE LA SERIE HISTORICA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES A DISTRIBUCIONES TEORICAS DE PROBABILIDAD (Ft)**  
 SERIE MENSUAL NATURALIZADA - CORREGIDA - 1934-2002 - RIO SAN JUAN



## 5.6. RELACION PRECIPITACION – ESCORRENTIA

Considerando que la mayoría de cuencas hidrográficas del Perú, y como es el caso de la presente cuenca, los registros de precipitación son más abundantes y confiables que los de escurrimiento, es importante contar con instrumentos (relaciones matemática-hidrológicas) que conlleven a la determinación del escurrimiento a partir de la precipitación y de las características físicas de la misma (geomorfología).

Existe un variado número de métodos para relacionar la escorrentía con la precipitación, dependiendo de la información disponible, entre los que podemos citar: Ecuaciones empíricas, Hidrograma unitario, Método de las abstracciones, Modelación matemática.

Para la aplicación del primer método existe la principal restricción de que en la cuenca sólo se cuenta con una estación de aforo, por lo que no existe el número suficiente de variables para la generación de la respectiva ecuación empírica  $Q = f(P, \text{variables-físicas})$ . Sin embargo el concepto de rendimiento hídrico unitario en la cuenca, por unidad de área de drenaje, nos permite poder efectuar transposiciones al interior de la cuenca de otros rendimientos hídricos en función del área de drenaje respectiva. En el presente caso, este rendimiento hídrico unitario de la cuenca, función del área de la cuenca húmeda es para el año promedio  $0.006183 \text{ m}^3/\text{s}/\text{Km}^2$ , equivalente a un volumen total medio anual de  $0.192 \text{ Hm}^3/\text{Km}^2$ . En el cuadro **N°5.10**. se ha calculado los rendimientos hídricos mensuales, así como su probabilidad de ocurrencia (persistencia).

El segundo método, del hidrograma unitario, es el más aplicado; analiza la interacción entre la lluvia y escorrentía tomando la cuenca como un sistema agregado lineal, en el que la respuesta (escorrentía) se caracteriza únicamente por su función impulso (precipitación). El hidrograma unitario es la función respuesta de pulso unitario para un sistema hidrológico lineal, y es el hidrograma de escorrentía directa resultante de 1 cm de exceso de lluvia generado uniformemente sobre el área de drenaje a una tasa constante a lo largo de una duración efectiva. (Ven te Chow, Hidrología Aplicada).

Uno de los métodos más usados para calcular el hidrograma unitario es el cálculo matricial:  $[P]*\{U\} = \{Q\}$ ; donde U es el hidrograma unitario, P es la precipitación y Q es la escorrentía. En el presente caso de la cuenca del río San Juan se presentó el inconveniente de inversión de la matriz por la existencia de excesivos “ceros”, por lo que no se hizo este cálculo. Un concepto sencillo y sintético del hidrograma unitario es el **coeficiente de escorrentía (C)**, que por analogía respecto a la ecuación matricial de solución del hidrograma es el término  $\{U\}$ .

### 5.6.1. COEFICIENTE DE ESCORRENTIA MEDIO DE LA CUENCA

Si consideramos que la relación precipitación-escorrentía es lineal, es válido el concepto de Coeficiente de Escorrentía (C), como la relación entre el grado máximo de escurrimiento y la intensidad de lluvia (Q/P); la variación de este coeficiente se debe básicamente al grado de infiltración, a la cubierta superficial y a la intensidad de la lluvia; manifestando además variaciones a lo largo del año hidrológico, es decir mayor valor en estaciones secas y menor en períodos lluviosos.

**CUADRO N°5.10.**  
**RENDIMIENTO HIDRICO UNITARIO DEL RIO SAN JUAN PARA LA CUENCA HUMEDA**  
**SERIE HISTORICA CORREGIDA Y NATURALIZADA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES**

AREA CUENCA HUMEDA : **2267.6** Km<sup>2</sup>

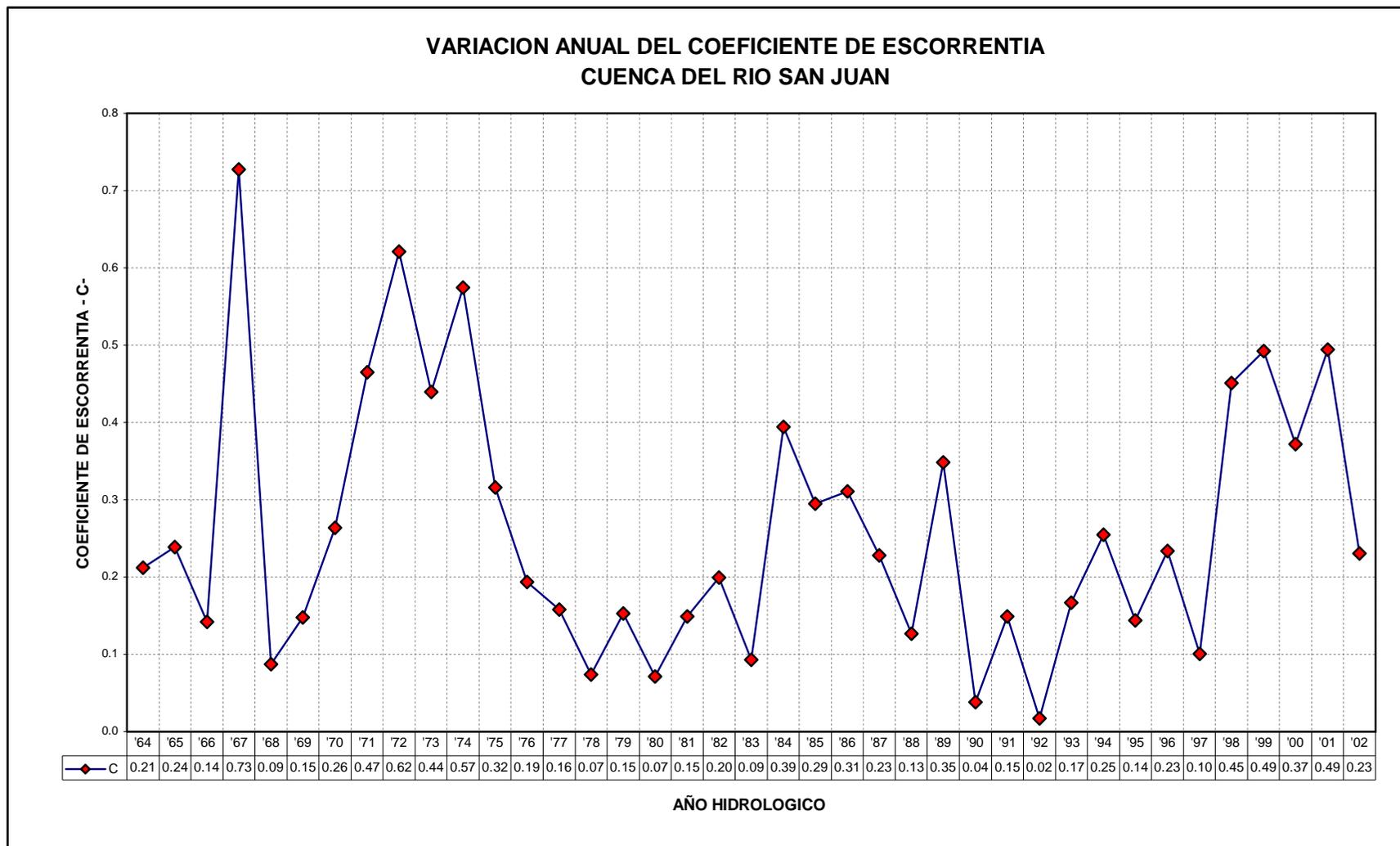
CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m <sup>3</sup> /s/Km <sup>2</sup> )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
<b>MEDIA</b>	1.087E-02	2.461E-02	2.731E-02	8.176E-03	1.283E-03	3.484E-04	1.764E-04	6.615E-05	4.410E-05	7.056E-05	1.191E-04	1.098E-03	6.183E-03
<b>50.00</b>	6.549E-03	2.099E-02	1.840E-02	6.326E-03	1.061E-03	3.087E-04	1.014E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.984E-04	4.494E-03
<b>75.00</b>	2.721E-03	9.531E-03	1.200E-02	2.719E-03	3.830E-04	4.344E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.283E-03
<b>90.00</b>	1.778E-03	4.146E-03	4.596E-03	1.095E-03	1.204E-04	0.000E+00	9.779E-04						
<b>95.00</b>	6.480E-04	1.395E-03	3.779E-03	5.019E-04	8.136E-05	0.000E+00	5.338E-04						
VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( Hm <sup>3</sup> /Km <sup>2</sup> )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>MEDIA</b>	2.911E-02	6.007E-02	7.315E-02	2.119E-02	3.444E-03	8.996E-04	4.763E-04	1.764E-04	1.102E-04	1.896E-04	3.087E-04	2.946E-03	1.921E-01
<b>50.00</b>	1.754E-02	5.122E-02	4.927E-02	1.640E-02	2.843E-03	8.001E-04	2.717E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.315E-04	1.389E-01
<b>75.00</b>	7.287E-03	2.326E-02	3.215E-02	7.046E-03	1.026E-03	1.126E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.088E-02
<b>90.00</b>	4.761E-03	1.012E-02	1.231E-02	2.837E-03	3.225E-04	0.000E+00	3.035E-02						
<b>95.00</b>	1.736E-03	3.405E-03	1.012E-02	1.301E-03	2.179E-04	0.000E+00	1.678E-02						

**CUADRO Nº5.11.**  
**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA MEDIO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**  
**AÑO PROMEDIO 1964 - 2002**

Area Cuenca Húmeda : 2267.60 Km<sup>2</sup>

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1964	0.01	0.27	0.49	0.47	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.21
1965	0.06	0.44	0.46	0.26	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.24
1966	0.17	0.24	0.28	0.08	---	---	---	---	---	---	---	0.11	0.14
1967	0.19	0.99	1.31	0.56	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.73
1968	0.09	0.11	0.17	0.26	---	---	---	---	---	---	---	0.05	0.09
1969	0.03	0.10	0.32	0.11	---	---	---	---	---	---	---	0.23	0.15
1970	0.71	0.16	0.11	0.12	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.26
1971	0.53	0.81	0.48	0.53	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.47
1972	0.38	0.89	0.95	0.87	---	---	---	---	---	---	---	0.17	0.62
1973	0.41	0.46	0.67	0.56	---	---	---	---	---	---	---	0.06	0.44
1974	0.51	0.82	0.90	0.51	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.57
1975	0.11	0.12	0.71	0.52	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.32
1976	0.10	0.32	0.21	0.22	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.19
1977	0.00	0.23	0.22	0.18	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.16
1978	0.11	0.17	0.06	0.33	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.07
1979	0.05	0.17	0.26	0.25	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.15
1980	0.08	0.06	0.12	0.25	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.07
1981	0.08	0.24	0.22	0.20	---	---	---	---	---	---	---	0.05	0.15
1982	0.15	0.27	0.29	0.55	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.20
1983	0.11	0.05	0.08	0.39	---	---	---	---	---	---	---	0.07	0.09
1984	0.12	0.62	0.67	0.96	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.39
1985	0.11	0.43	0.33	0.85	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.29
1986	0.36	0.36	0.39	0.45	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.31
1987	0.51	0.37	0.10	0.08	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.23
1988	0.15	0.22	0.11	0.16	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.13
1989	0.13	0.41	0.51	1.29	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.35
1990	0.11	0.02	0.11	0.03	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.04
1991	0.09	0.18	0.31	0.12	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.15
1992	0.04	0.01	0.04	0.08	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.02
1993	0.07	0.21	0.45	0.12	---	---	---	---	---	---	---	0.14	0.17
1994	0.19	0.46	0.21	0.22	---	---	---	---	---	---	---	0.06	0.25
1995	0.08	0.07	0.48	0.21	---	---	---	---	---	---	---	0.04	0.14
1996	0.20	0.27	0.24	0.30	---	---	---	---	---	---	---	0.08	0.23
1997	0.11	0.17	0.19	0.11	---	---	---	---	---	---	---	0.08	0.10
1998	0.77	0.33	0.52	2.20	---	---	---	---	---	---	---	0.03	0.45
1999	0.07	0.58	0.70	0.87	---	---	---	---	---	---	---	0.09	0.49
2000	0.24	0.37	0.74	0.59	---	---	---	---	---	---	---	0.08	0.37
2001	0.62	0.44	0.72	0.67	---	---	---	---	---	---	---	0.00	0.49
2002	0.08	0.27	0.39	0.26	---	---	---	---	---	---	---	0.10	0.23
<b>Media</b>	0.20	0.33	0.40	0.43	---	---	---	---	---	---	---	0.04	<b>0.26</b>
<b>Min</b>	0.00	0.01	0.04	0.03	---	---	---	---	---	---	---	0.00	<b>0.02</b>
<b>Max</b>	0.77	0.99	1.31	2.20	---	---	---	---	---	---	---	0.23	<b>0.73</b>

GRAFICO N°5.6.



En la cuenca del río San Juan existe información de precipitación areal de la cuenca (impulso) y escorrentía (respuesta) medida en la estación de Conta, por lo que es factible estimar el valor medio del coeficiente de escurrimiento de la cuenca, tanto para los meses lluviosos (dic-ene), como para el año promedio, ello para cada año del periodo con información histórica de precipitaciones: 1964-2002, ver el **cuadro N° 5.11**. Se tiene que el coeficiente medio histórico de escorrentía de la cuenca es de 0.26, con una variación de 0.02 (mínimo), correspondiente al año seco de 1992, hasta un valor de 0.73 (máximo), correspondiente al año muy húmedo (1967). En el **gráfico N°5.6**, se muestra la variación anual del coeficiente medio de escorrentía, existiendo total compatibilidad con la variación de de los periodos secos y lluviosos históricos de la serie respectiva.

### 5.6.2. EXCESO DE PRECIPITACION Y ESCORRENTIA DIRECTA

El cuarto método, descrito anteriormente que relaciona la precipitación con la escorrentía es el de las abstracciones, estas son las pérdidas relacionadas con la precipitación y su transformación en escorrentía. El exceso de precipitación, o precipitación efectiva (Pe), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo, después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa.

Asumiendo que la cuenca no contara con información de caudales, existiría la necesidad de realizar las respectivas abstracciones a la precipitación neta sucedida para poder transformarla en escorrentía directa, Las abstracciones incluye la intercepción de la precipitación por la vegetación del terreno, el almacenamiento en depresiones en la superficie del suelo, e infiltración del agua en el suelo. Para este propósito existen dos metodologías bastante aplicadas:

- Abstracciones utilizando ecuaciones de infiltración

Supone que todas las abstracciones surgen de la infiltración, en base a la ecuación de Green-Ampt. En el presente caso no se ha empleado este método por las restricciones de no contar con parámetros específicos de los suelos de la cuenca, los cuales obedecen a muestras representativas de campo y su respectivo análisis en laboratorio.

- **Método SCS para las abstracciones (Método del Número de Curva)**

Método desarrollado por el Soil Conservation Service de los EE.UU., que se basa en la aplicación de curvas que relacionan la precipitación P y la respectiva precipitación efectiva Pe, las cuales con generadas a partir de información de tipo de suelo y uso de la tierra.

Gracias al empleo de sistemas de información geográfica para la representación cartográfica de la cuenca del río San Juan, se he confeccionado mapas temáticos de la distribución areal de los respectivos números de curva en base a la superposición de los mapas temáticos de suelos y uso de los mismos, ver **mapa N°18** de coeficientes de escurrimiento, en base al cual se tiene definida la superficie de influencia de cada número de curva y el respectivo valor ponderado para la cuenca húmeda, base para la estimación de la realización de las respectivas abstracciones, ver **cuadro N°5.12.**, encontrándose un número de curva ponderado, para una condición normal de antecedente de humedad de CN=82. **CUADRO N°5.12.**

**NUMEROS DE CURVA DE ESCURRIMIENTO  
INFLUENCIA AREAL EN LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

NUMEROS DE ESCURRIMIENTO	SUPERFICIE (Km2)		PORCENTAJE (%)		PONDERACION AREA * CN
	CUENCA TOTAL	CUENCA HUMEDA	CUENCA TOTAL	CUENCA HUMEDA	
50	227.40	0.00	5.18	0.00	0.00
55	37.20	0.00	0.85	0.00	0.00
60	274.10	0.00	6.25	0.00	0.00
65	142.70	0.00	3.25	0.00	0.00
71	77.80	0.00	1.77	0.00	0.00

Las ecuaciones matemáticas que emplea este método son:

$$\text{Exceso de precipitación: } Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

$$\text{Retención Potencial máxima: } S = \frac{1,000}{CN} - 10$$

Condición Seca y húmeda de antecedente de humedad: CN(I), CN(III)

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad ; \quad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

La estimación efectuada de la escorrentía directa de la cuenca del río San Juan para un año hidrológico promedio mediante este método se ha realizado empleando distintas condiciones de antecedente de humedad del suelo para los respectivos meses, ver el **cuadro N°5.13.**, la información generada ha sido contrastada con los datos registrados también del año promedio histórico 1933-2002 naturalizados y corregidos, observándose satisfactorios resultados, ver **gráfico N°5.7.** El rendimiento hídrico mensual medio anual calculado es 14.02 m<sup>3</sup>/s y el histórico es el mismo (14.02 m<sup>3</sup>/s); sin embargo el ajuste tiende a ser mejor en los meses de estiaje, con menores valores en los meses lluviosos, este hecho es un indicativo de que los caudales registrados (en la estación Conta) en los meses lluviosos no son confiables, pues no obedecen a mediciones o aforos estandarizados.

**CUADRO N°5.13.**

**ESCORRENTIA DIRECTA - METODO SCS - NUMERO DE CURVA  
CUENCA HUMEDA DEL RIO SAN JUAN**

AÑO PROMEDIO	DIAS DEL MES	CONDICION ANTERIOR DE HUMEDAD	NUMERO DE CURVA	RETENCION POTENCIAL MAXIMA mm	PRECIP. AREAL mm	ESCORRENTIA DIRECTA		
						CALCULADA		MEDIDA
						mm	m³/s	m³/s
Ago	31.0	AMC I	65.9	131.3	5.8	3.8	3.21	0.15
Sep	30.0	AMC I	65.9	131.3	12.9	1.5	1.33	0.10
Oct	31.0	AMC I	65.9	131.3	23.9	0.0	0.04	0.16
Nov	30.0	AMC I	65.9	131.3	35.9	0.7	0.58	0.27
Dic	31.0	AMC I	65.9	131.3	65.3	9.0	7.59	2.49
Ene	31.0	AMC I	65.9	131.3	102.3	27.9	23.59	24.64
Feb	29.0	AMC II	82.2	55.1	128.2	79.7	72.10	55.80
Mar	31.0	AMC II	82.2	55.1	132.4	83.5	70.68	61.93
Abr	30.0	AMC III	91.4	24.0	39.8	20.8	18.16	18.54
May	31.0	AMC III	91.4	24.0	7.5	0.3	0.23	2.91
Jun	30.0	AMC I	65.9	131.3	2.3	5.4	4.69	0.79
Jul	31.0	AMC I	65.9	131.3	4.8	4.2	3.56	0.40
<b>TOTAL</b>			<b>72.9</b>	<b>100.7</b>	<b>560.9</b>	<b>236.6</b>	<b>17.15</b>	<b>14.02</b>

NUMERO DE CURVA PONDERADA - Condición Normal de Antecedente de Humedad :

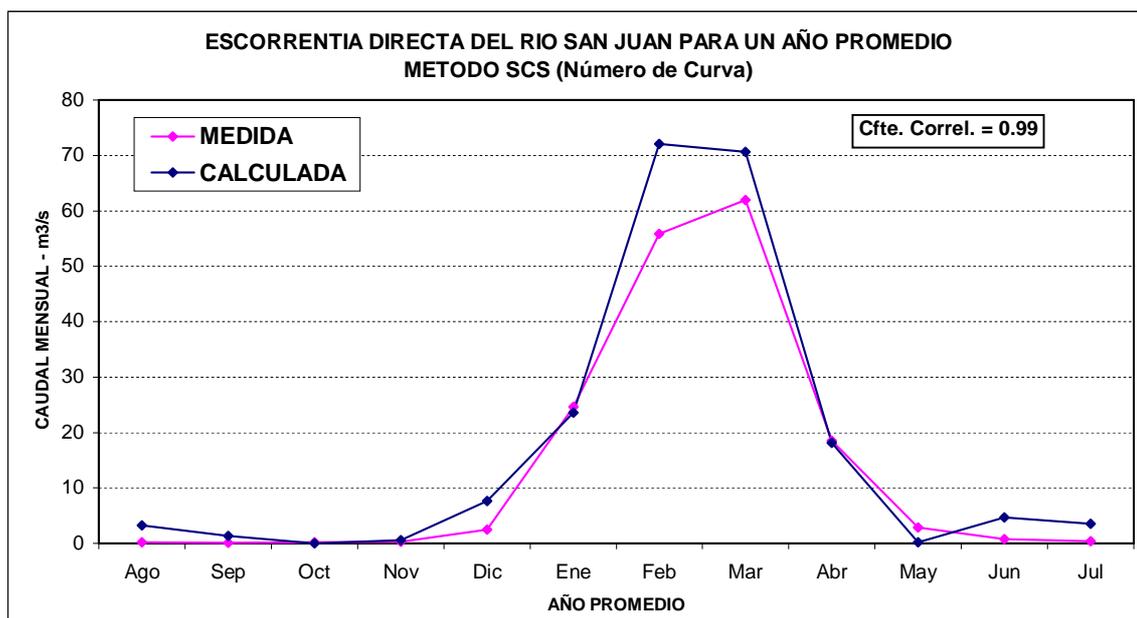
**82.2**

Retención Potencial Máxima :  $S = 1000/CN - 10$

Exceso de precipitación (pulg) :  $Pe = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S)$

AREA CUENCA HUMEDA (Km2) **2,267.60**

**GRAFICO N°5.7.**



## MAPA - 18

## 5.7. ANALISIS DE PERSISTENCIA – PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES.

La disponibilidad hídrica del río San Juan, en la estación hidrométrica de Conta, define el volumen neto de agua aprovechable aguas abajo de esta, que coincide con el valle agrícola del sub-distrito de riego Chincha, y está determinada por las variaciones estacionales y anuales de su caudal bajo distintos porcentajes de probabilidad de ocurrencia, a lo que normalmente denominamos niveles de persistencia de caudales medios mensuales a escala mensual y anual.

El análisis estadístico de probabilidad de ocurrencia de caudales medios mensuales, en el presente caso está regido por el uso del agua con fines de riego, pues para otros aspectos, como los de diseño de infraestructura hidráulica mayor, por ejemplo, se considerará la disponibilidad de caudales máximos.

Los cálculos del análisis de persistencia de caudales medios mensuales del río San Juan se han realizado tanto para la serie histórica-aforada de 69 años (1934-2002) como para la serie naturalizada-correctada del mismo periodo; efectuándose el respectivo ajuste estadístico empírico con el modelo Weibull, pues es el de mejor justificación estadística.

$$\text{Dist. Prob. Empírica WEIBULL : } P(X \geq x_m)_{emp} = \frac{m}{n + 1}$$

Donde n es el número total de datos y m es la posición de un valor en una lista ordenada por magnitud descendente del respectivo valor de caudal al que se refiere la probabilidad P de excedencia.

Para el ajuste teórico de la distribución de probabilidades de las series, que no se ajusta para los meses en los que se presenta demasiados meses “secos” (caudal nulo), se ha recurrido a un modelo de tipo exponencial, de tal manera que el caudal para un cierto nivel de probabilidad está dado por:  $Q=e^{(a+b.P)}$ .

$$\text{Dist. Prob. Teórica EXPONENCIAL : } P(X \geq x_m)_{teór} = \frac{\ln(Q_m) - a}{b}$$

Donde a,b son los coeficientes del ajuste, obtenidos por regresión.

En los **cuadros N°5.14. y 5.15.** mostramos los resultados del análisis de persistencia para las series histórica-aforada y naturalizada-correctada respectivamente, con información de la probabilidad de ocurrencia de los caudales medios mensuales y volúmenes totales medios mensuales del río San Juan en la estación Conta al 50, 75, 90 y 95% de persistencia, se ha resaltado la persistencia al 75% dado que este es un porcentaje seguro de ocurrencia de caudales para que sean tomados como disponibles en el sistema de riego del valle de Chincha. Se tiene, para la serie de caudales medios mensuales naturalizados-correctados una disponibilidad hídrica promedio y al 75% de persistencia de 14.02 m<sup>3</sup>/s (435.51 Hm<sup>3</sup>) y 5.18 m<sup>3</sup>/s (160.74 Hm<sup>3</sup>) respectivamente, para un ajuste empírico, presentándose el menor valor (al 75%) en el mes de setiembre con caudales nulos, y el mayor valor en el mes de marzo con 27.22 m<sup>3</sup>/s. Los **gráficos 5.8. y 5.9.** comparan las variaciones de persistencia mensual empírica y teórica. El **gráfico 5.10.** muestra la variación de caudales en el año promedio para las distintas persistencias halladas.

**CUADRO N°5.14.**  
**DISPONIBILIDAD HIDRICA - RIO SAN JUAN (ESTACION CONTA)**  
**SERIE HISTORICA AFORADA DE CAUDALES : 1934 - 2002 (69 años)**  
**AJUSTE EMPIRICO - WEIBULL :  $m/(n+1)$**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m <sup>3</sup> / s )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
<b>MEDIA</b>	24.35	59.62	63.72	18.06	2.91	0.79	0.43	0.67	2.27	3.03	3.65	6.07	15.46
<b>50.00</b>	14.82	45.34	39.47	13.87	2.41	0.70	0.23	0.00	2.22	3.08	3.73	3.77	10.80
<b>75.00</b>	6.47	20.49	25.43	5.89	0.87	0.10	0.00	0.00	<b>0.00</b>	1.40	1.71	2.60	5.41
<b>90.00</b>	3.90	8.83	9.71	2.31	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.52	2.16
<b>95.00</b>	2.73	2.95	7.93	1.09	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.24
VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( MMC )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>MEDIA</b>	65.21	145.52	170.67	46.81	7.81	2.04	1.15	1.80	5.87	8.11	9.45	16.26	480.71
<b>50.00</b>	39.70	110.66	105.71	35.96	6.45	1.81	0.62	0.00	5.76	8.26	9.67	10.10	334.70
<b>75.00</b>	17.32	50.02	68.12	15.26	2.33	0.26	0.00	0.00	<b>0.00</b>	3.75	4.44	6.97	168.45
<b>90.00</b>	10.43	21.56	25.99	6.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	1.39	67.17
<b>95.00</b>	7.32	7.19	21.25	2.81	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	39.08

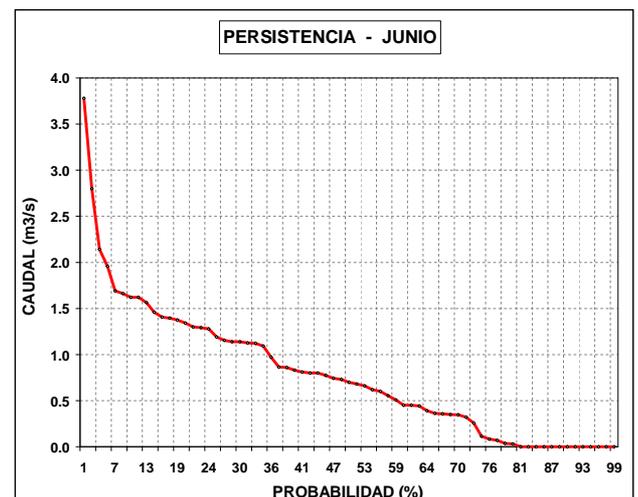
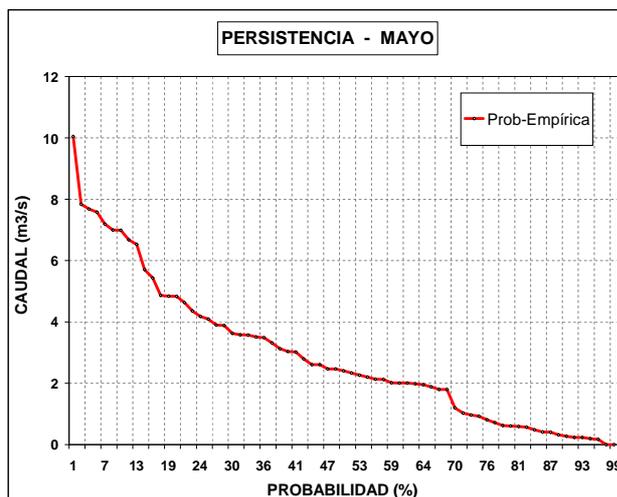
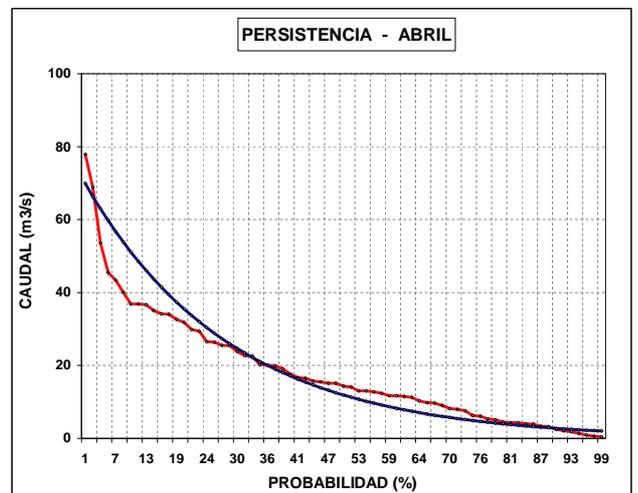
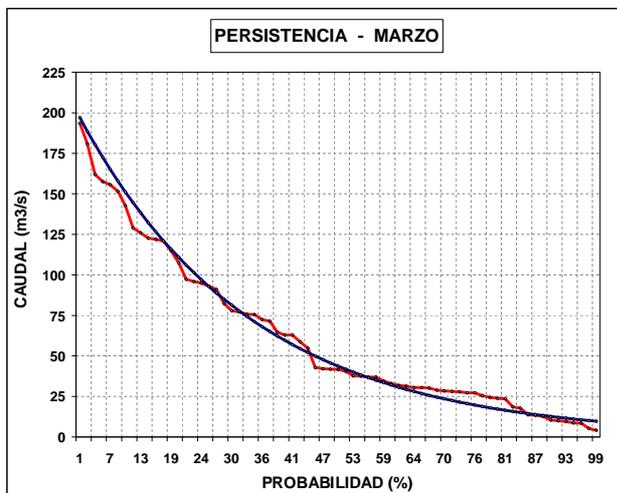
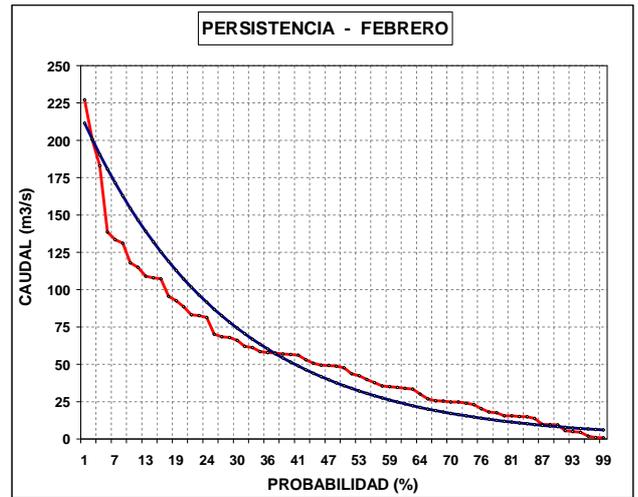
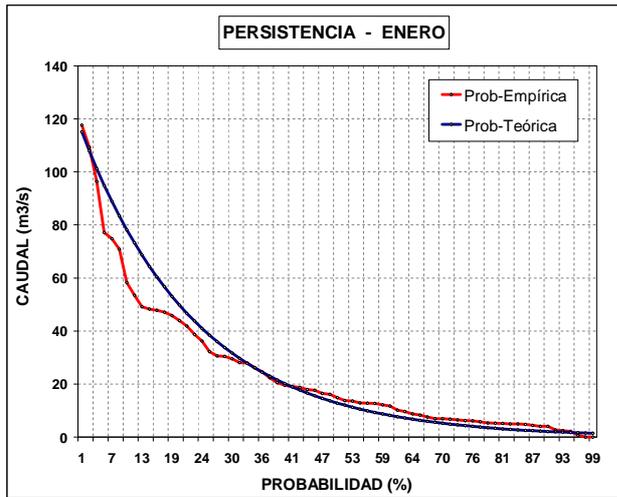
**CUADRO N°5.15.**  
**DISPONIBILIDAD HIDRICA - RIO SAN JUAN (ESTACION CONTA)**  
**SERIE HISTORICA CORREGIDA Y NATURALIZADA : 1934 - 2002 (69 años)**

**AJUSTE EMPIRICO - WEIBULL :  $m/(n+1)$**

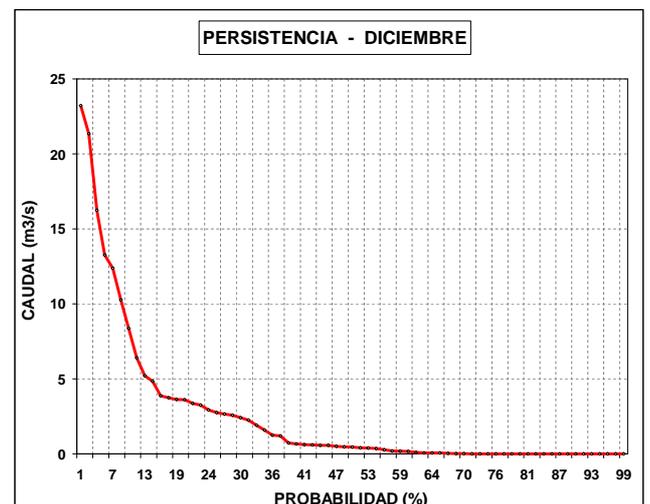
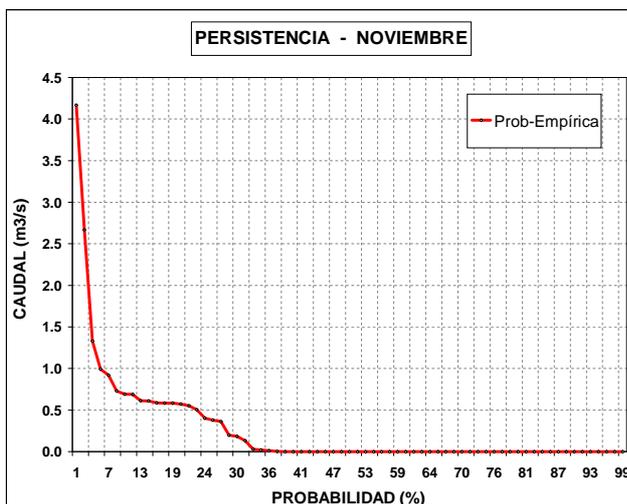
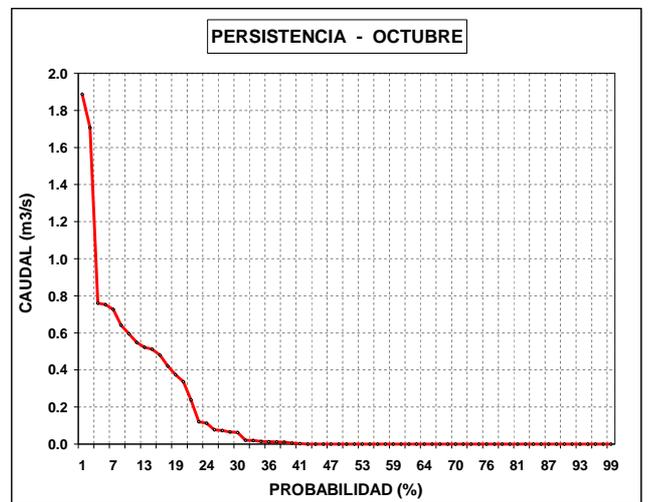
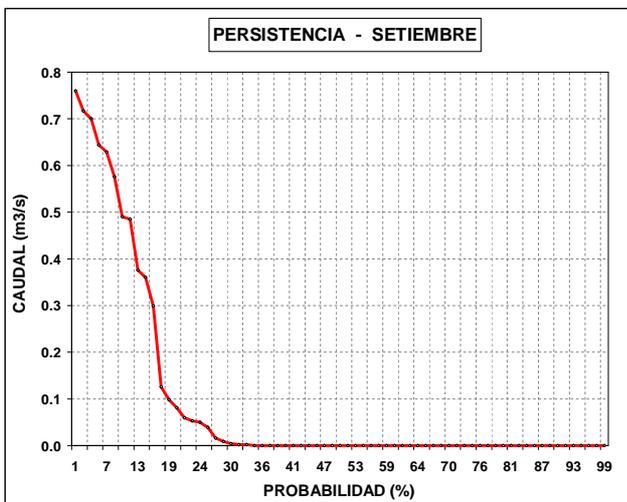
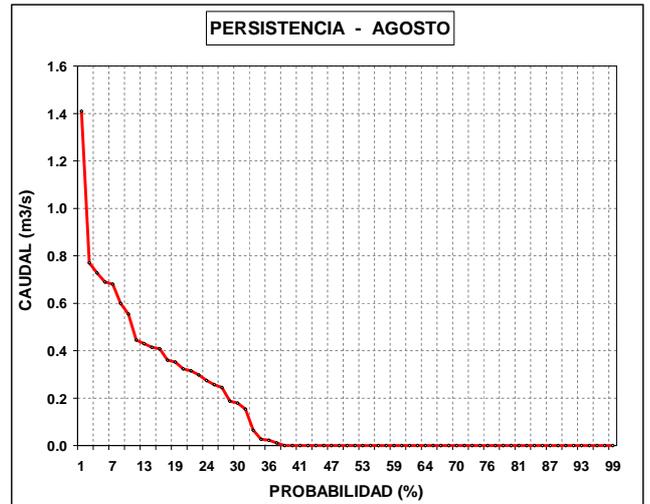
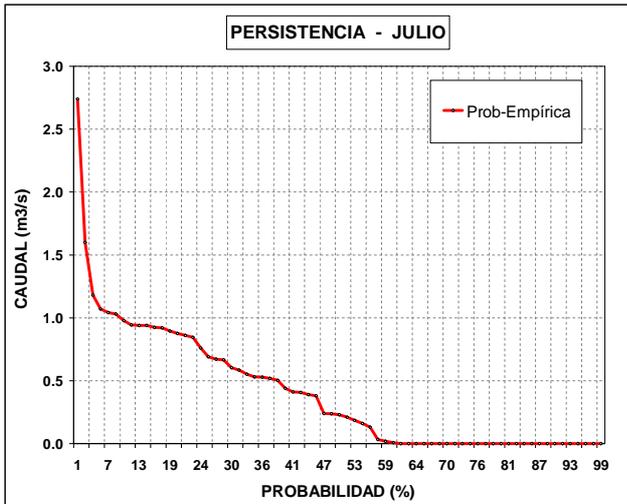
<b>CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m<sup>3</sup> / s )</b>													
<b>Pers(%)</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>MEDIA</b>
<b>MEDIA</b>	24.64	55.80	61.93	18.54	2.91	0.79	0.40	0.15	0.10	0.16	0.27	2.49	14.02
<b>50.00</b>	14.85	47.59	41.71	14.34	2.41	0.70	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	10.19
<b>75.00</b>	6.17	21.61	27.22	6.16	0.87	0.10	0.00	0.00	<b>0.00</b>	0.00	0.00	0.00	5.18
<b>90.00</b>	4.03	9.40	10.42	2.48	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22
<b>95.00</b>	1.47	3.16	8.57	1.14	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21
<b>VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( MMC )</b>													
<b>Pers(%)</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>MEDIA</b>	66.00	136.21	165.87	48.06	7.81	2.04	1.08	0.40	0.25	0.43	0.70	6.68	435.51
<b>50.00</b>	39.77	116.15	111.72	37.18	6.45	1.81	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	314.91
<b>75.00</b>	16.52	52.75	72.90	15.98	2.33	0.26	0.00	0.00	<b>0.00</b>	0.00	0.00	0.00	160.74
<b>90.00</b>	10.80	22.95	27.91	6.43	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.82
<b>95.00</b>	3.94	7.72	22.95	2.95	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.06

GRAFICO N°5.8.

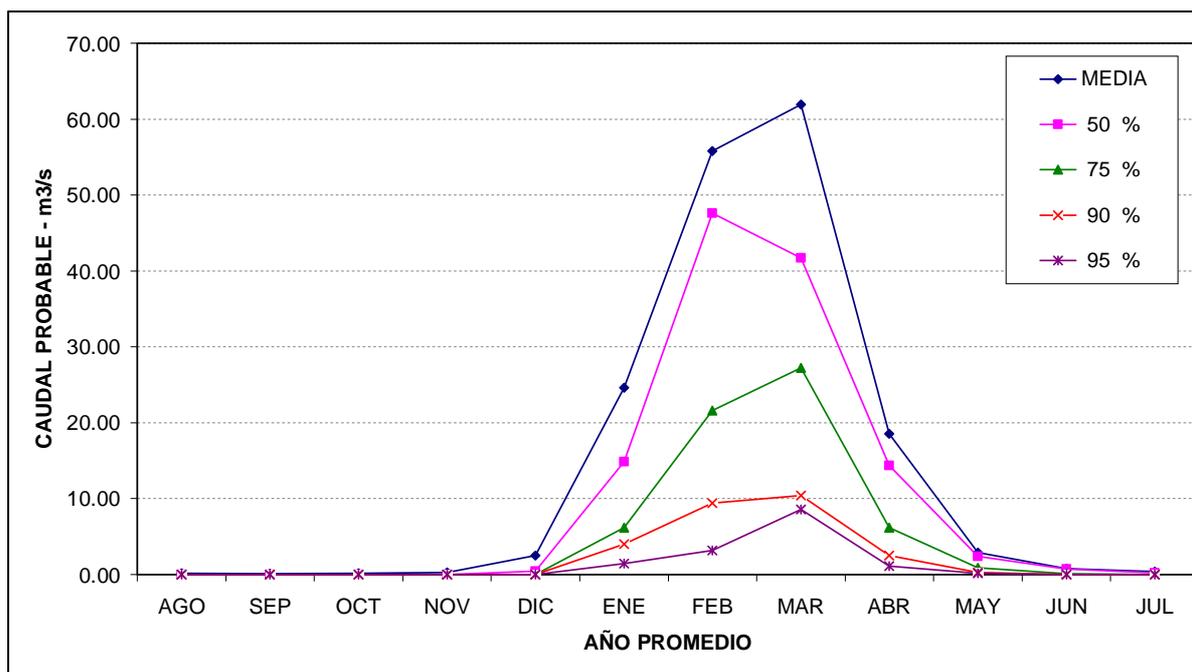
PROBABILIDAD EMPIRICA DE OCURRENCIA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES - RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA  
SERIE DE CAUDALES NATURALIZADOS - CORREGIDOS 1934 - 2002



**GRAFICO N°5.9.**  
**PROBABILIDAD EMPIRICA DE OCURRENCIA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES - RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA**  
**SERIE DE CAUDALES NATURALIZADOS - CORREGIDOS 1934 - 2002**



**GRAFICO N°5.10.**  
**PERSISTENCIA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES - RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA**  
**SERIE DE CAUDALES NATURALIZADOS - CORREGIDOS 1934 - 2002**



## 5.8. ANALISIS DE CAUDALES MAXIMOS

### 5.8.1. INFORMACION HISTORICA - METODOLOGIA DE ANALISIS

La información básica utilizada para el análisis probabilístico del suceso de caudales máximos extremos u extraordinarios del río San Juan proviene de una selección, para cada año del periodo 1934-2002, de los caudales máximos diarios respectivos a cada año de los registros históricos-aforados en la estación Conta, correspondiéndole los mayores registros 1268.8 m<sup>3</sup>/s y 1202.58 m<sup>3</sup>/s para los años 1934 y 1948, los cuales fueron desestimados por ser excesivamente altos y no ser compatibles con los respectivos promedios históricos, pues no existen los respectivos registros históricos diarios (la información procede de un dato puntual anotado en el cuaderno de registros históricos (Ministerio de Fomento-Dirección de Aguas e Irrigaciones); por tanto el mayor registro histórico máximo diario es 784.16 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al año 1972 (mes de marzo). El menor caudal máximo diario observado es 14.86 m<sup>3</sup>/s para el año seco 1992. Esta información se muestra en el **cuadro 5.16.** y **gráfico 5.11.**

Un proceso previo seguido ha sido el análisis estadístico de ajuste de la serie histórica de trabajo a distintas distribuciones teóricas de probabilidad (Distribución Normal, Log-Normal-2P, Gumbel Tipo I, Pearson III y Weibull) mediante el estadístico Smirnow-Kolmogorov; encontrándose un "mejor ajuste estadístico" de la serie a una distribución GUMBEL-Tipo I. **Ver el cuadro N°5.17. y Gráfico N°5.12.**

El análisis hidrológico de cálculo probabilístico de caudales máximos se realiza para distintos periodos de retorno o probabilidades de no excedencia, empleando varias distribuciones teóricas de probabilidad.

### 5.8.2. ANALISIS DE FRECUENCIA – CAUDALES MAXIMOS PARA PERIODOS EXTENDIDOS.

El análisis de frecuencia, o probabilidad de ocurrencia de caudales máximos del río San Juan en la estación de aforo Conta, basado en el empleo de las distribuciones de probabilidad teórica Normal, Log-Normal-2P, Pearson III, Log-Pearson III, Gumbel Tipo I y Weibull, para los periodos de retorno extendidos de 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100, 200, 500 y 1,000 años, muestra los valores más bajos para la distribución Normal y los más altos para una distribución de probabilidades Log-Normal. En concordancia con el análisis de ajuste estadístico antes realizado, se asume los caudales máximos para una distribución de probabilidades Gumbel Tipo I. Ver los reportes del **cuadro N°5.18.** y **gráfico N°5.13.**, los que muestran bastante similitud de resultados para la distribución de probabilidad Pearson III.

Por consiguiente se estima que los caudales máximos esperados del río San Juan y en la estación Conta son 641.36 m<sup>3</sup>/s, 730.85 m<sup>3</sup>/s, 820.01 m<sup>3</sup>/s y 937.64 m<sup>3</sup>/s para periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años respectivamente.

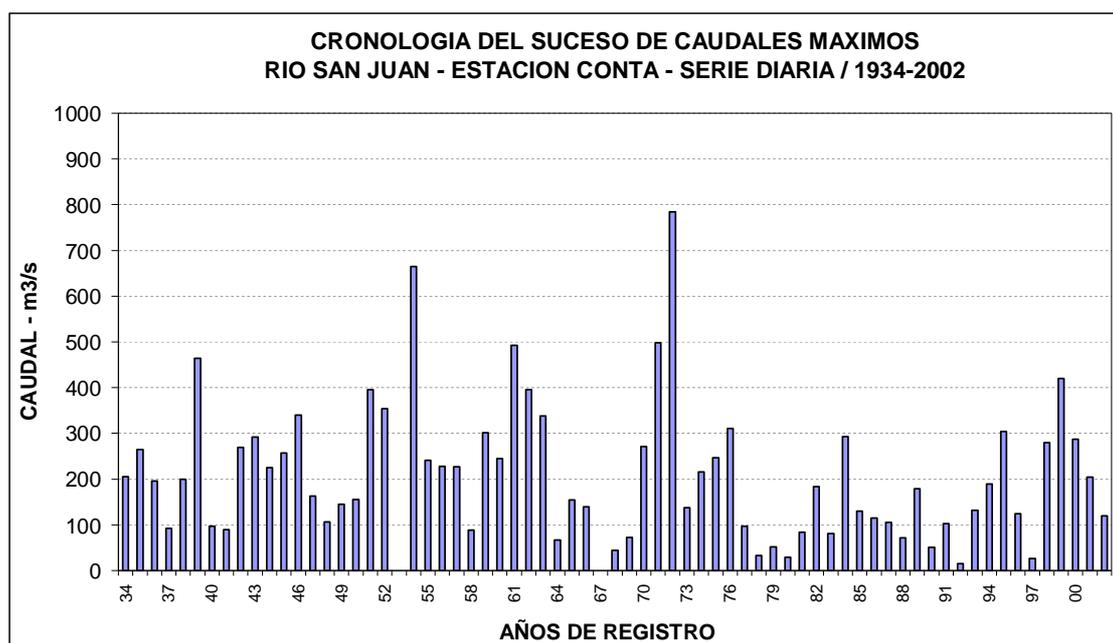
CUADRO N°5.16.

CAUDALES MAXIMOS EXTREMOS RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA (m<sup>3</sup>/s)

FUENTE: CAUDALES HISTORICOS MEDIOS DIARIOS - SERIE 1934 - 2002

AÑO	CAUDAL MAXIMO DIARIO	AÑO	CAUDAL MAXIMO DIARIO	AÑO	CAUDAL MAXIMO DIARIO	AÑO	CAUDAL MAXIMO DIARIO
1934	205.36	1953	---	1972	784.16	1991	102.49
1935	264.50	1954	664.40	1973	137.53	1992	14.86
1936	196.20	1955	241.45	1974	215.66	1993	131.48
1937	92.40	1956	227.83	1975	246.87	1994	189.02
1938	200.00	1957	226.52	1976	311.13	1995	303.68
1939	464.40	1958	88.36	1977	97.13	1996	124.62
1940	97.31	1959	301.42	1978	33.00	1997	26.49
1941	89.29	1960	245.17	1979	52.03	1998	280.00
1942	269.49	1961	492.83	1980	29.00	1999	419.61
1943	292.30	1962	395.06	1981	83.95	2000	287.32
1944	225.27	1963	337.84	1982	183.60	2001	204.31
1945	256.68	1964	66.95	1983	81.20	2002	119.13
1946	339.61	1965	154.12	1984	292.87		
1947	163.33	1966	139.13	1985	129.70	<b>PROMEDIO</b>	<b>211.65</b>
1948	106.46	1967	---	1986	115.00	<b>DESV. EST.</b>	<b>149.15</b>
1949	145.10	1968	43.92	1987	105.00	<b>MAXIMO</b>	<b>784.16</b>
1950	155.42	1969	72.14	1988	71.27	<b>MINIMO</b>	<b>14.86</b>
1951	395.74	1970	271.57	1989	178.46	<b>COEF. VAR.</b>	<b>0.70</b>
1952	354.00	1971	497.84	1990	50.67	<b>COEF. SESGO</b>	<b>1.45</b>

GRAFICO N°5.11.



CUADRO N°5.17.

## AJUSTE A DISTRIBUCIONES TEORICAS DE PROBABILIDAD

SERIE DISCRETA 1934-2002 DE CAUDALES MAXIMOS MEDIOS DIARIOS HISTORICOS - ESTACION CONTA - RIO SAN JUAN

CAUDAL MAXIMO MEDIO DIARIO RIO SAN JUAN - EST. CONTA					AJUSTE A DISTRIBUCIONES TEORICAS DE PROBABILIDAD - Prueba Smirnow - Kolmogoroff (Test "K-S")											
					NORMAL		LOG-NORMAL-2 P.		GUMBEL TIPO I		PEARSON		LOG-PEARSON		WEIBULL	
MES	PARAMETROS BASICOS				EST. S-K [Pe - Pt]mx (A)	BONDAD DE AJUSTE	EST. S-K [Pe - Pt]mx (A)	BONDAD DE AJUSTE	EST. S-K [Pe - Pt]mx (A)	BONDAD DE AJUSTE	EST. S-K [Pe - Pt]mx (A)	BONDAD DE AJUSTE	EST. S-K [Pe - Pt]mx (A)	BONDAD DE AJUSTE	EST. S-K [Pe - Pt]mx (A)	BONDAD DE AJUSTE
	MEDIA	DESV. ESTAD.	CFTE. SESGO	CFTE. VAR.												
TOT	211.65	149.15	1.45	0.70	0.0792	BUENO !	0.0934	BUENO !	<b>0.0578</b>	<b>BUENO !</b>	0.0584	BUENO !	----	----	0.1396	BUENO !

NUMERO DE DATOS (n) = 69

ESTADISTICO S-K LIMITE (Ao) (Serie Mensual) **0.1635**

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 5.00%

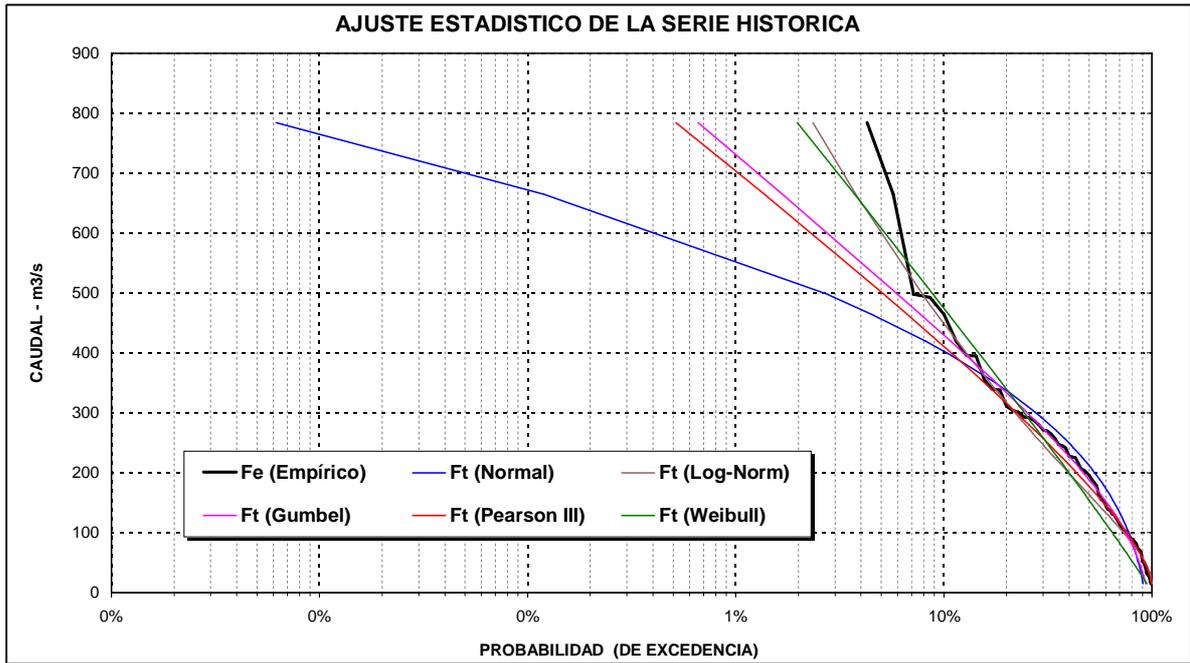
PRUEBA : Si  $A \leq A_o$  ; SE ACEPTA (Ajuste Bueno)

CUADRO N°5.18.

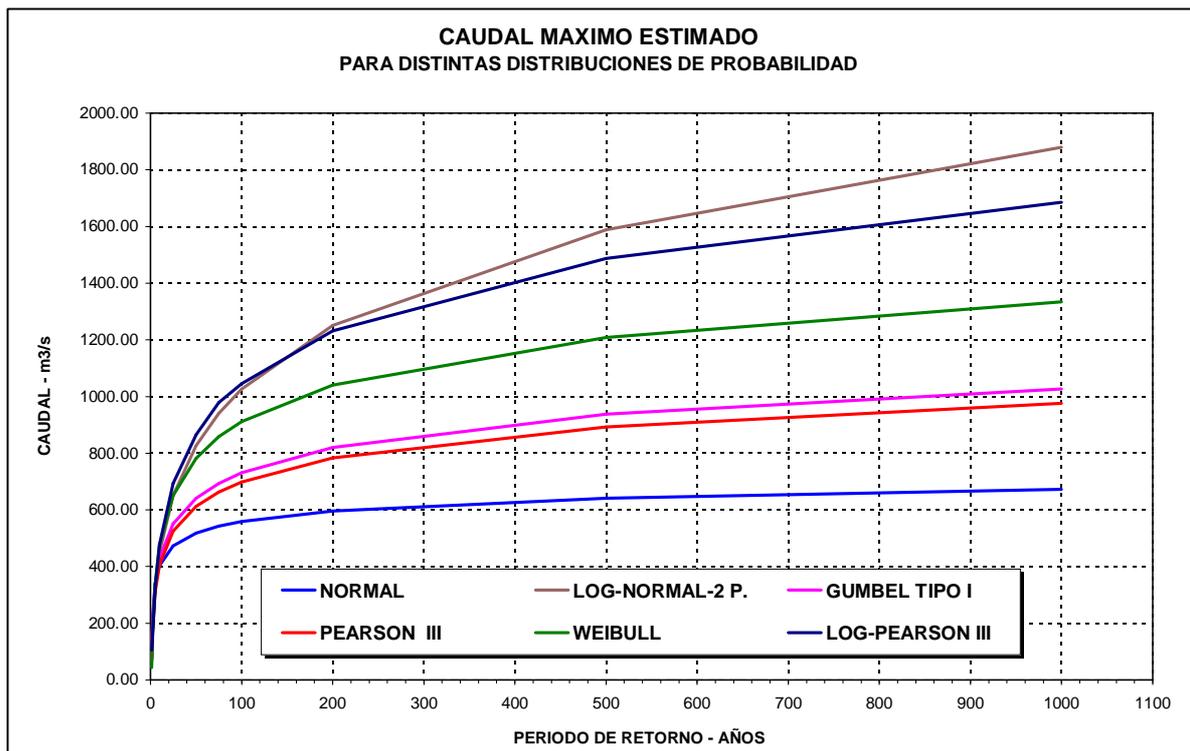
## PROBABILIDAD DEL SUCESO DE CAUDALES MAXIMOS

PERIODO DE RETORNO - AÑOS	PROBABILIDAD De No Excedencia	CAUDAL MAXIMO PROBABLE PARA DIFERENTES DISTRIBUCIONES TEORICAS DE PROBABILIDAD - m <sup>3</sup> /s					
		NORMAL	LOG-NORMAL-2 P.	GUMBEL TIPO I	PEARSON III	LOG-PEARSON III	WEIBULL
1.2	16.7%	67.36	75.65	<b>66.52</b>	73.09	105.30	43.74
2	50.0%	211.65	162.73	<b>188.24</b>	171.79	142.00	153.58
5	80.0%	337.18	316.85	<b>333.51</b>	310.58	324.00	339.17
10	90.0%	402.79	448.87	<b>429.69</b>	405.54	477.00	475.02
25	96.0%	472.77	650.79	<b>551.21</b>	524.99	693.00	650.94
50	98.0%	517.97	827.27	<b>641.36</b>	612.49	866.00	781.99
75	98.7%	542.22	940.94	<b>693.76</b>	662.87	979.00	857.99
100	99.0%	558.62	1026.55	<b>730.85</b>	698.32	1046.00	911.66
200	99.5%	595.84	1250.74	<b>820.01</b>	782.88	1232.00	1040.16
500	99.8%	640.93	1589.01	<b>937.64</b>	893.18	1487.00	1208.52
1000	99.9%	672.56	1879.54	<b>1026.54</b>	975.73	1686.00	1334.89

**GRAFICO N°5.12.**  
**PROBABILIDAD DEL SUCESO DE CAUDALES MAXIMOS**  
**ESTACION CONTA - RIO SAN JUAN**



**GRAFICO N°5.13.**



## 5.9. ANALISIS DE SEQUIAS

En la cuenca del río San Juan, parte baja del valle, se tiene problemas de déficit o abastecimiento de agua para el consumo agrícola, aspecto que se torna mucho más crítico en situaciones de presencia de una sequía, de las que no se tiene mayor conocimiento en cuanto a su magnitud, duración ni intensidad; por lo que consideramos de suma importancia realizar en el presente estudio hidrológico un análisis y determinación de estos parámetros que definen la ocurrencia de sequías históricas en la cuenca.

### 5.9.1. INFORMACION BASICA – METODOLOGIA DE ANALISIS

Un análisis de sequías se puede realizar a partir de registros de precipitaciones (frecuencia de ocurrencia de días consecutivos sin lluvia) o de información hidrométrica, que es la que en el presente caso, por ausencia de la primera, asumimos como información básica, y ésta se refiere a la serie histórica 1934-2002 de caudales medios mensuales naturalizados-correctados del río San Juan en la estación de aforo Conta. A partir de esta información existen varias metodologías para el análisis de sequías como el método empírico, el analítico y el experimental o de generación; en el presente caso asumimos un modelo mixto empírico-experimental, que se basa en la muestra histórica por considerar aceptable el tamaño de muestra disponible, 69 años. Un segundo método analítico es el de la estimación de los caudales mínimos probables, realizando un ajuste probabilístico según la teoría de extremos para distintos modelos estadísticos de distribuciones teóricas de probabilidad, lo cual no nos dice nada respecto a la duración de las sequías.

Para el presente caso definimos una sequía como la deficiencia en el abastecimiento de agua en un tiempo significativo asociado con la demanda para varias actividades humanas. (Guerrero y Yevjevich, 1975). Sin embargo para facilitar la descripción de las sequías sucedidas en la cuenca consideramos apropiado definir una sequía basados en “Runs” negativos. Se define un Run, según Mood (1940), como la sucesión de eventos similares precedidos y sucedidos por eventos diferentes, con el número de elementos en un run referido a toda su longitud.

Para el presente caso; considerando al abastecimiento de agua como la disponibilidad hídrica del río San Juan en la estación Conta y como demanda la suma de los consumos potenciales de agua con fines agrícola y humano en la cuenca, asumido por razones de seguridad igual a la media histórica, 435.51 Hm<sup>3</sup>/año (14.02 m<sup>3</sup>/s/año); los RUNS negativos están definidos como la diferencia aritmética entre abastecimiento y demanda, y representan la base para definir las sequías críticas sucedidas.

Se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Estandarización de la serie de caudales: 
$$Z_t = \frac{X_t - X_m}{S}$$

Donde:  $X_t$  = Serie hidrológica anual, mensual  
 $X_m$  = Promedio de la serie  
 $S$  = Desviación estándar

- Ploteo de la serie estandarizada  $Z_t$  en el eje de las ordenadas versus el tiempo en el eje de las abscisas.
- Definición y cálculo a partir de este gráfico de la duración (D), magnitud (M) e intensidad ( $I=M/D$ ) de la sequía crítica histórica.

### 5.9.2. CUANTIFICACION Y DESCRIPCION DE LAS SEQUIAS CRITICAS

A partir de los gráficos de los Runs negativos de la serie estandarizada, **gráficos 5.14. al 5.17.**, se ha identificado CINCO sequías críticas: abr.'77 - ene.'79 (22 meses de Duración), abr.'79 - ene.'81 (22 meses de Duración), abr.'82 - ene.'84 (22 meses de Duración), may.'89 - ene.'91 (21 meses de Duración) y la más severa de abr.'91 - ene.'93 (22 meses de Duración), cuyas MAGNITUDES son 710.34, 719.65, 660.57, 702.56 y 758.70 Hm<sup>3</sup> respectivamente como volumen de agua acumulada (suma de déficits). La sequía más frecuente sucede en el periodo may - dic, dura en promedio 9.0 meses con una intensidad de -35.17 Hm<sup>3</sup>/mes. **Ver cuadro 5.19.**

**CUADRO N°5.19.**  
**ANALISIS DE SEQUIAS CRITICAS - METODO DEL RUN NEGATIVO**  
**CAUDAL MEDIO MENSUAL NATURALIZADO-CORREGIDO / RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA**

SEQUIA CRITICA							OBSERVACION
MAGNITUD			DURACION meses	INTENSIDAD Hm <sup>3</sup> / mes	PERIODO DE SUCESO		
CAUDAL PROMEDIO m3/s	CAUDAL TOTAL m3/s	VOL.ACUMUL. Hm <sup>3</sup>			INICIO	FIN	
-13.28	-119.52	-316.52	9.00	-35.17	MAY	DIC	LA MÁS FRECUENTE
-12.21	-268.51	-710.34	22.00	-32.29	abr-77	ene-79	SEVERA
-12.40	-272.85	-719.65	22.00	-32.71	abr-79	ene-81	SEVERA
-11.39	-250.60	-660.57	22.00	-30.03	abr-82	ene-84	SEVERA
-12.69	-266.58	-702.56	21.00	-33.46	may-89	ene-91	SEVERA
<b>-13.08</b>	<b>-287.86</b>	<b>-758.70</b>	<b>22.00</b>	<b>-34.49</b>	<b>abr-91</b>	<b>ene-93</b>	<b>LA MÁS SEVERA</b>
64.48	322.42	833.49	5.00	166.70	dic-61	abr-62	SOBRANTE CRITICO

FUENTE : PROPIA

GRAFICO N°5.14.

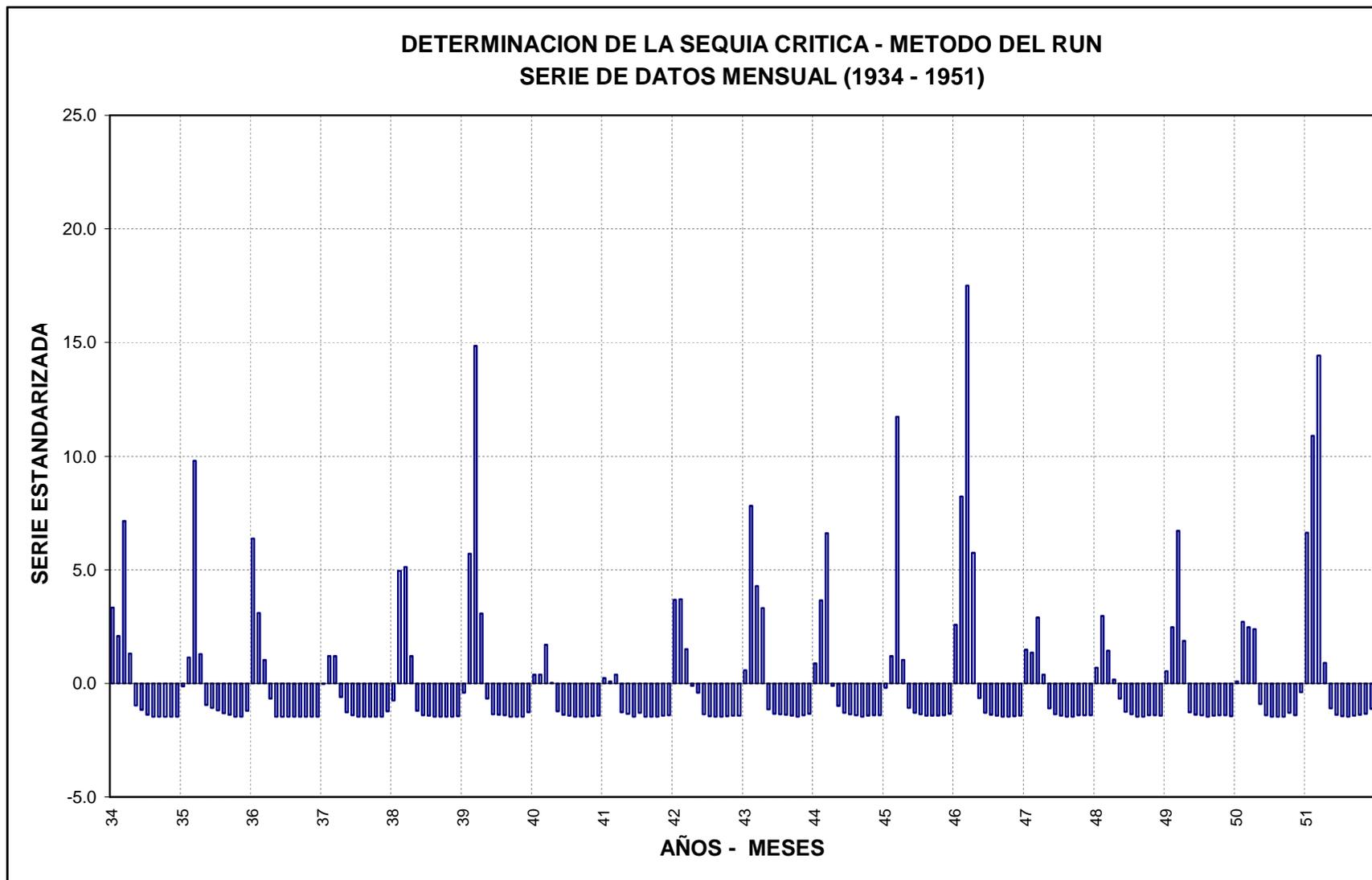


GRAFICO N°5.15.

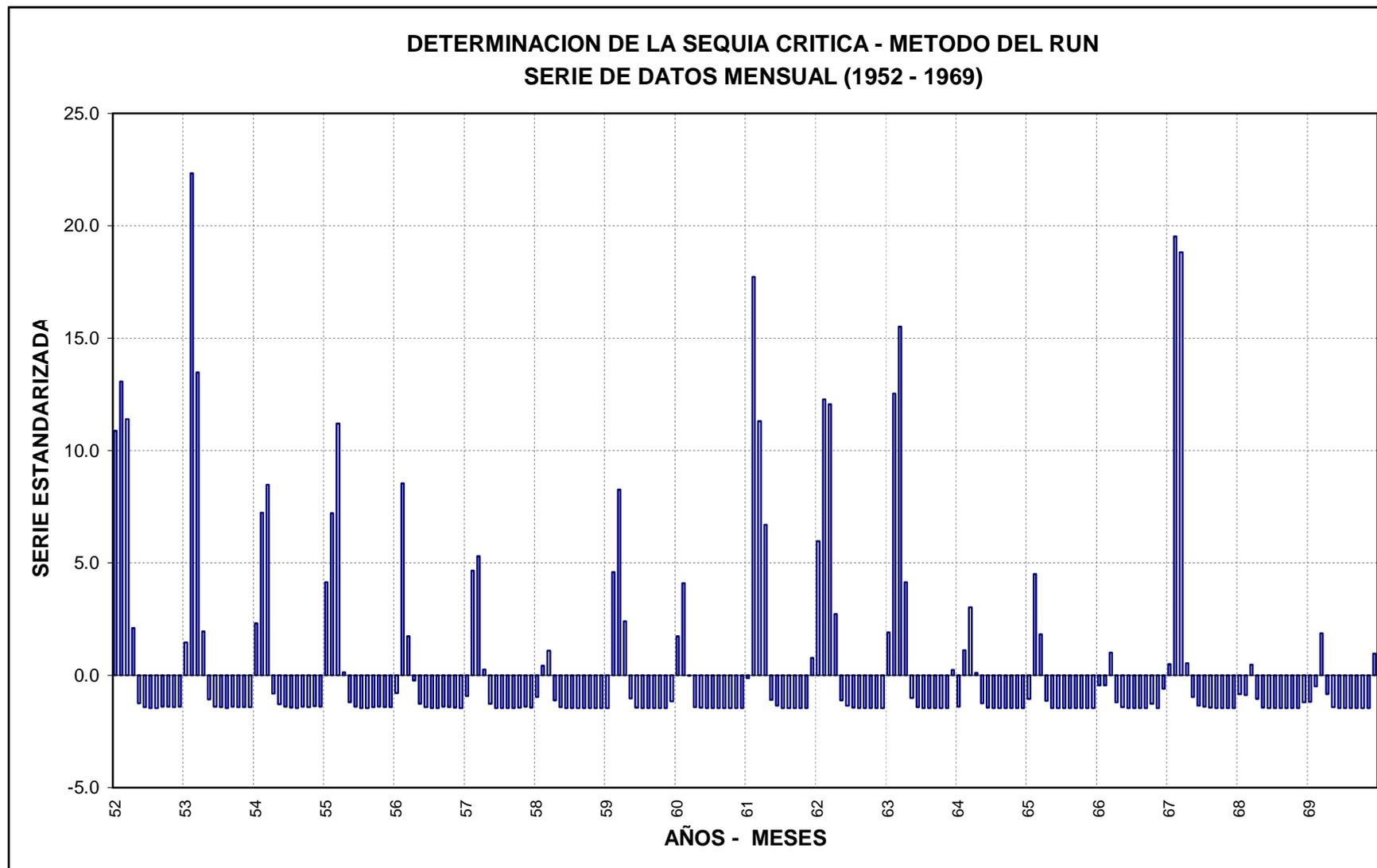


GRAFICO N°5.16.

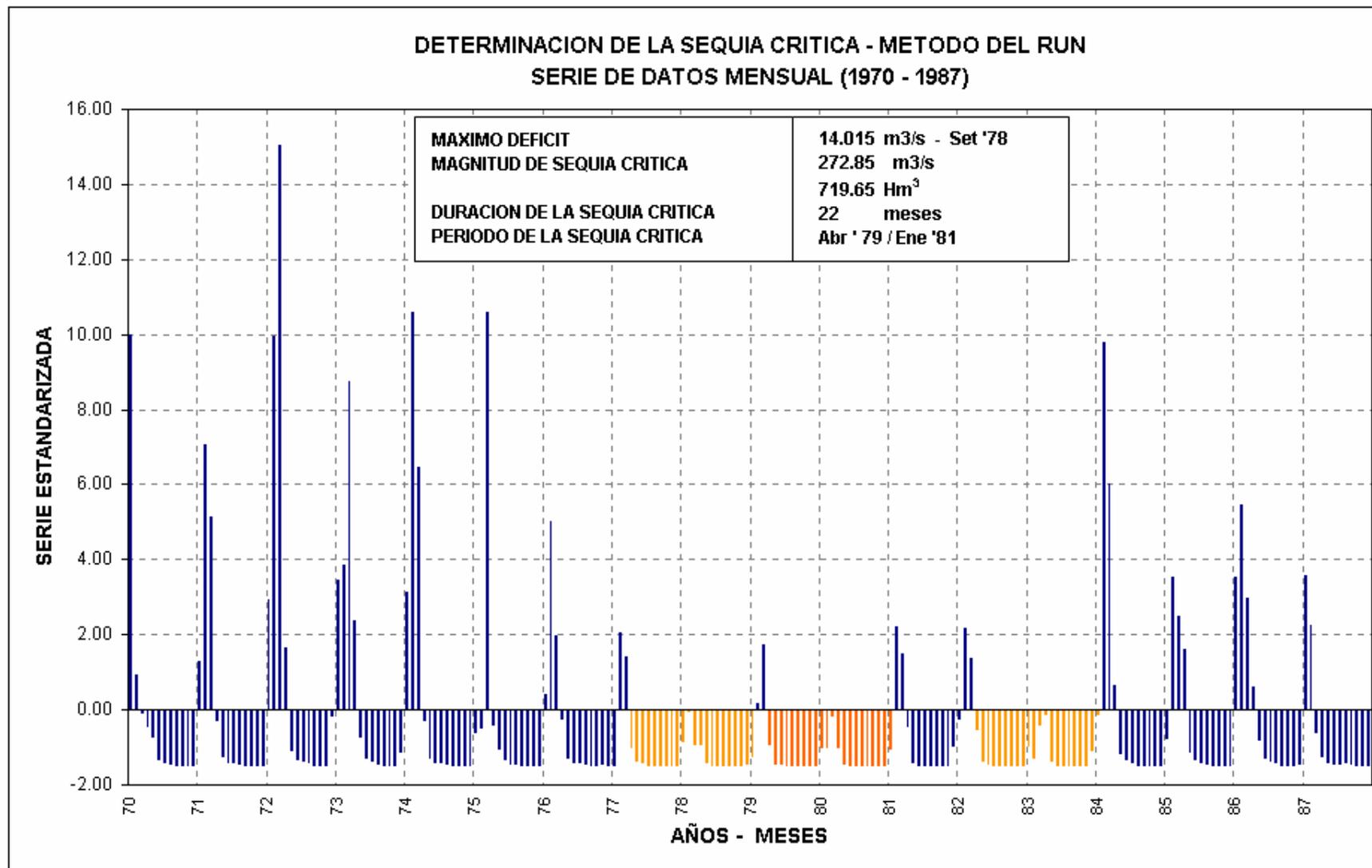
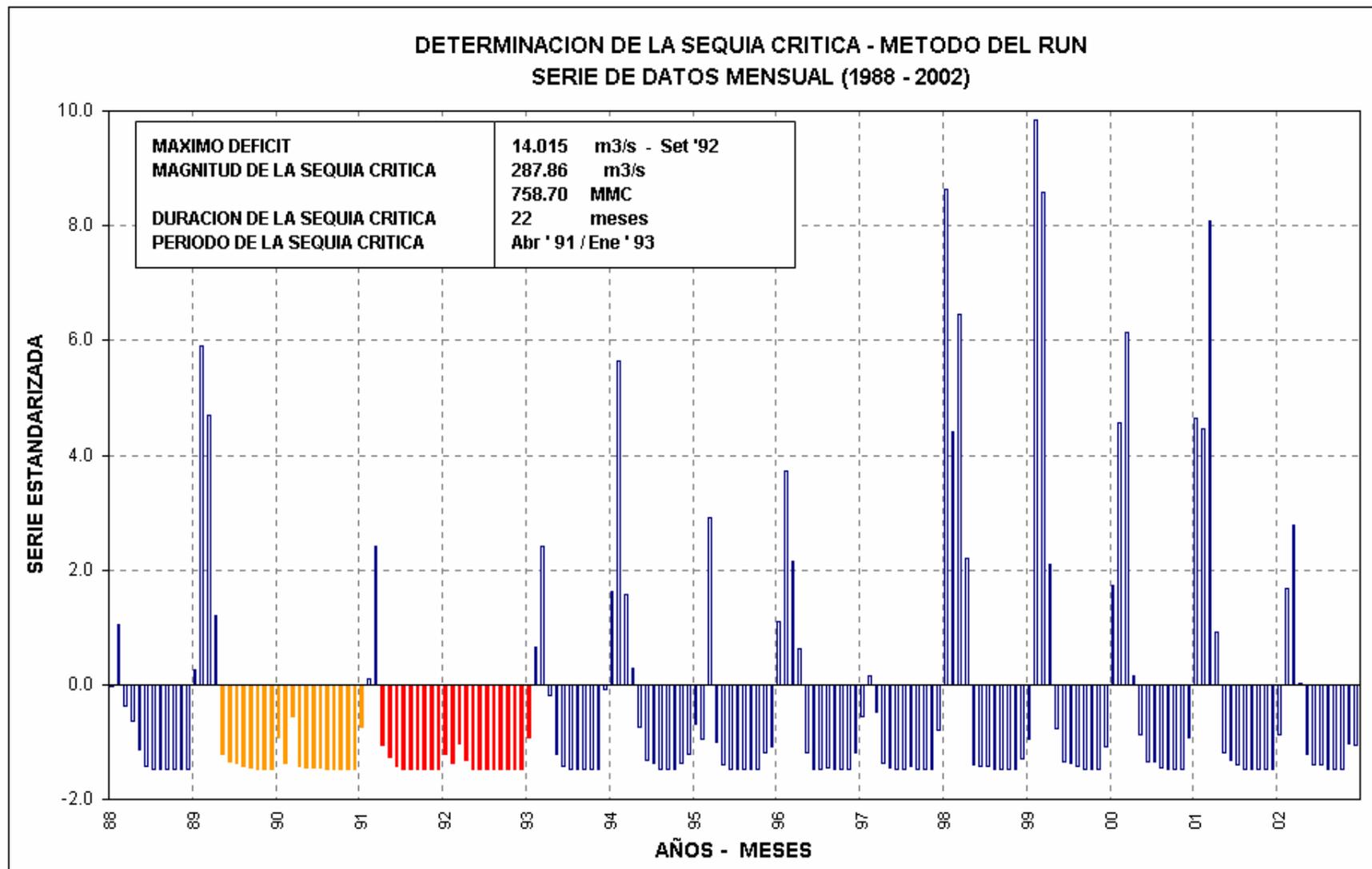


GRAFICO N°5.17.



## 5.10. ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Bajo la misma justificación en la que se sustenta el análisis de sequías efectuado, presencia de déficit estacional en el abastecimiento de agua para riego en el valle de Chincha, justificamos el análisis de la capacidad de embalse del río San Juan, teniéndose además que debido al desequilibrio estacional y espacial entre las demandas de agua y la disponibilidad hídrica, existe un importante volumen anual de agua, escurrido en temporada lluviosa, que descarga en el mar y que constituye un recurso potencial de regulación por almacenamiento que se viene perdiendo.

La oferta volumétrica media anual del río San Juan es 435.51 Hm<sup>3</sup> (ítem 5.4), el consumo total anual en el valle promedia los 180.67 Hm<sup>3</sup>/año (ítem 8.3.2); por lo que la suma acumulada de las diferencias mensuales de oferta-demanda resulta 322.61 Hm<sup>3</sup>. Este volumen almacenado, o parte de este, no sólo cubriría el déficit existente, sino también se ampliaría la frontera agrícola del valle; sin embargo para mayor seguridad hidrológica, si se considera la disponibilidad hídrica del río San Juan al 75% de persistencia, se tendría un volumen medio anual disponible para regulación de 74.37 Hm<sup>3</sup>, suficiente para cubrir el actual déficit del valle Chincha.

### 5.10.1. INFORMACION BASICA – METODOLOGIA DE ANALISIS

El análisis de la capacidad de embalse del río San Juan parte de la serie histórica 1934-2002 de caudales medios mensuales naturalizados-correctados del río San Juan en la estación de aforo Conta. A partir de esta información existen varias metodologías para el análisis de almacenamiento como el método tradicional (diagrama Rippl o curva de masa), el analítico y el experimental o de generación; en el presente caso asumimos un modelo mixto empírico-experimental, que se basa en la muestra histórica con un aceptable tamaño de muestra disponible, 69 años.

Para evaluar y cuantificar las características relacionadas con la capacidad efectiva de almacenamiento, se utiliza el método estadístico del “RANGO”. Para una regulación total considerada, es decir con la demanda equivalente a una fracción (1) del promedio muestral de la disponibilidad; adoptamos el método del “RANGO AJUSTADO”.

### 5.10.2. CUANTIFICACION Y DESCRIPCION DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DEL RIO SAN JUAN.

Se ha determinado la capacidad de embalse del río San Juan a partir de las series mensual y anual de datos hidrométricos, para el primer caso se tiene una capacidad de almacenamiento igual a 4882.54 Hm<sup>3</sup>, mientras que para la serie anual, la capacidad de embalse calculada es 4,594.66 Hm<sup>3</sup>. Los cálculos se muestran en el **cuadro N°5.20.**, en el que cada valor mensual es el volumen útil acumulado de almacenamiento (diferencia entre disponibilidad y demanda).

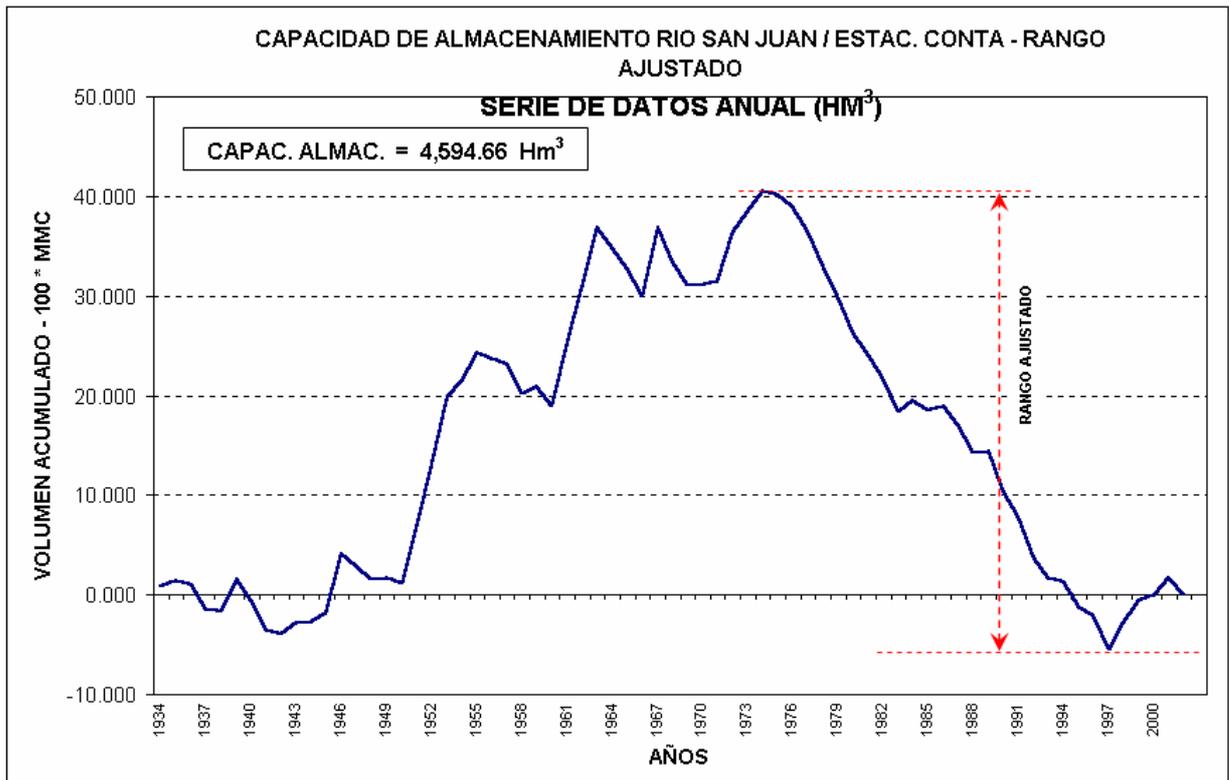
La representación gráfica de la variación cronológica de la capacidad de embalse del río San Juan se muestra en los **gráficos N°5.18. y 5.19.**, tanto para la serie anual como mensual, respectivamente. En ellos se ha graficado la magnitud del “rango ajustado”.



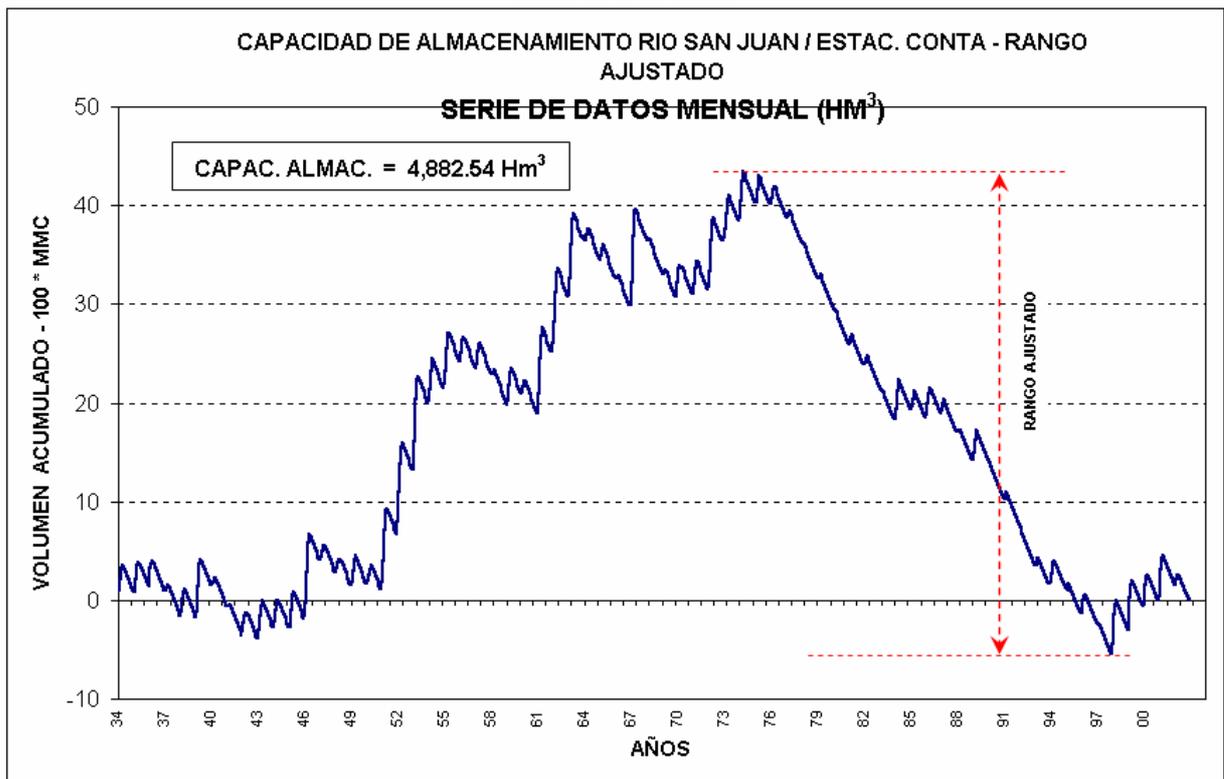
**CUADRO N°5.20. (continuación)**  
**CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DEL RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA (Hm<sup>3</sup>)**  
**SERIE HISTORICA NATURALIZADA - 1934 / 2002 - METODO DEL RANGO AJUSTADO**

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOTAL (Hm <sup>3</sup> ) :													SERIE MENSUAL = 4,882.54 Hm <sup>3</sup>	SERIE ANUAL = 4,594.66 Hm <sup>3</sup>
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL	
1969	3318.06	3304.72	3353.44	3332.88	3297.89	3261.59	3225.30	3189.01	3152.72	3116.60	3080.30	3106.21	3106.21	
1970	3362.75	3382.51	3382.00	3371.23	3353.69	3320.77	3286.33	3250.76	3214.47	3178.18	3141.89	3105.60	3105.60	
1971	3139.53	3301.90	3434.05	3427.66	3397.42	3363.23	3328.33	3292.91	3256.62	3220.53	3184.24	3148.11	3148.11	
1972	3223.96	3453.80	3839.44	3880.46	3854.62	3821.90	3788.22	3753.41	3717.14	3680.85	3644.56	3641.41	3641.41	
1973	3731.24	3818.48	4042.84	4101.48	4084.44	4052.46	4018.70	3983.60	3947.31	3911.02	3874.73	3847.47	3847.47	
1974	3928.98	4173.31	4339.46	4332.27	4301.37	4266.85	4232.11	4196.66	4160.37	4124.12	4087.87	4051.58	4051.58	
1975	4037.58	4024.75	4296.65	4286.98	4261.65	4228.67	4193.47	4157.87	4121.71	4085.42	4049.14	4012.89	4012.89	
1976	4024.70	4139.62	4191.54	4185.69	4154.77	4120.71	4085.83	4050.19	4014.11	3977.83	3941.87	3905.74	3905.74	
1977	3869.54	3914.82	3951.54	3926.49	3892.79	3858.50	3822.26	3785.96	3749.67	3713.38	3677.09	3640.79	3640.79	
1978	3621.14	3618.35	3596.07	3573.62	3538.83	3502.75	3466.46	3430.17	3393.89	3357.62	3321.33	3286.01	3286.01	
1979	3255.61	3257.01	3302.52	3279.40	3243.58	3207.59	3171.29	3135.00	3098.71	3062.43	3026.14	2989.84	2989.84	
1980	2965.26	2939.77	2937.29	2912.16	2876.72	2840.43	2804.14	2767.85	2731.55	2695.26	2658.97	2622.68	2622.68	
1981	2597.28	2646.61	2685.58	2674.38	2640.01	2603.71	2567.42	2531.13	2494.84	2458.55	2422.25	2398.91	2398.91	
1982	2394.05	2442.21	2478.71	2465.79	2431.99	2396.63	2360.34	2324.04	2287.88	2251.59	2215.30	2179.05	2179.05	
1983	2156.10	2124.45	2115.09	2111.91	2078.37	2042.15	2005.86	1969.57	1933.28	1896.98	1860.69	1834.43	1834.43	
1984	1832.56	2058.24	2213.33	2229.43	2201.28	2168.63	2133.82	2097.52	2061.23	2024.94	1988.65	1952.35	1952.35	
1985	1934.58	2014.44	2079.19	2118.99	2092.02	2059.78	2025.75	1989.96	1953.71	1917.41	1881.12	1845.09	1845.09	
1986	1936.90	2061.64	2138.33	2153.67	2134.86	2103.64	2070.13	2035.79	1999.50	1963.27	1926.97	1891.19	1891.19	
1987	1984.18	2034.51	2020.91	1989.99	1955.86	1920.48	1884.69	1850.01	1814.49	1778.20	1741.99	1705.70	1705.70	
1988	1705.87	1727.92	1719.54	1704.01	1676.09	1640.94	1604.65	1568.39	1532.11	1495.82	1459.52	1423.23	1423.23	
1989	1431.03	1566.10	1687.30	1717.00	1687.32	1653.95	1620.06	1584.85	1548.89	1512.60	1476.34	1440.14	1440.14	
1990	1417.67	1383.49	1370.42	1335.11	1299.54	1263.92	1227.98	1191.69	1155.40	1119.10	1082.81	1046.52	1046.52	
1991	1028.82	1029.02	1091.85	1065.90	1034.93	999.54	963.26	926.97	890.68	854.39	818.10	781.80	781.80	
1992	751.99	718.06	693.01	660.28	623.98	587.69	551.40	515.11	478.81	442.52	406.23	369.94	369.94	
1993	347.58	360.73	423.52	419.21	389.17	353.82	317.52	281.23	244.94	208.65	172.35	171.62	171.62	
1994	214.35	343.75	384.87	391.77	374.20	341.70	307.75	271.45	235.16	198.92	165.01	135.59	135.59	
1995	119.50	95.35	171.07	146.44	111.77	75.47	39.18	2.89	-33.40	-69.67	-99.04	-125.64	-125.64	
1996	-96.12	-11.76	44.19	59.90	30.58	-5.71	-42.00	-77.89	-114.18	-150.47	-186.76	-215.71	-215.71	
1997	-228.51	-226.97	-237.68	-271.63	-307.30	-343.59	-379.88	-415.06	-451.35	-487.65	-523.94	-543.08	-543.08	
1998	-321.11	-220.60	-54.23	0.47	-34.15	-69.00	-103.95	-140.18	-176.47	-212.76	-249.05	-281.11	-281.11	
1999	-304.12	-77.22	143.39	195.28	176.87	143.53	109.72	74.37	38.07	1.78	-34.51	-61.12	-61.12	
2000	-15.92	88.30	246.11	249.99	228.98	196.03	162.90	127.09	90.80	54.51	18.21	-4.14	-4.14	
2001	115.48	217.15	424.64	447.25	418.45	385.78	351.27	314.97	278.68	242.39	206.10	169.81	169.81	
2002	148.90	185.90	258.20	259.09	229.25	194.88	160.21	123.99	87.70	51.40	25.91	0.00	0.00	

**GRAFICO N°5.18.**



**GRAFICO N°5.19.**



## **6. MODELACION MATEMATICA - HIDROLOGICA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES.**

### **6.1. IMPORTANCIA DE LA MODELACION**

La necesidad de la aplicación de modelos matemáticos – hidrológicos de generación de caudales medios mensuales en la cuenca del río San Juan está sustentada en los siguientes aspectos:

- La información histórica disponible de caudales medios mensuales del río San Juan en la estación de aforo Conta no es totalmente confiable, puesto que en los periodos de lluvia no se efectúan mediciones hidrológicas estandarizadas, y en muchos casos se tiene conocimiento que se han realizado “estimaciones subjetivas” de datos de caudal.
- El hecho de contar con una sola estación de aforo del río San Juan nos sitúa en un punto de incertidumbre por contar solamente con una serie de mediciones de caudal, no existiendo la real posibilidad de contrastar y validar la información disponible por comparación con otra serie de caudal aforado en otra sección del río.
- Considerando la directa dependencia o relación de la escorrentía respecto a la precipitación en la cuenca, es importante distinguir que la información de precipitación es más confiable que la hidrométrica, aspecto que nos impulsa a realizar modelaciones matemáticas que simulen dicha relación, es decir se emplee modelos de transformación lluvia-escorrentía, como los modelos Témez y Plan MERISS.
- Es indispensable contar con series de datos hidrométricos más confiables desde el punto de vista estadístico. Los modelos estocásticos auto regresivos nos ofrecen esta bondad de generar varios grupos de series sintéticas de caudal de una longitud mayor a la histórica registrada y con parámetros estadísticos más homogéneos, estos por ejemplo, “remueven” la correlación existente en la información histórica.
- La interpretación del ciclo hidrológico en la cuenca del río San Juan implica el conocimiento de sus componentes básicos, tales como evapotranspiración real, infiltración, escorrentía subterránea, déficit de escurrimiento, agotamiento de la cuenca, etc. La cuantificación directa y/o medición en campo de estos parámetros es dificultosa, por lo que resulta más apropiado su estimación por métodos hidrológicos indirectos, como es la modelación matemática.
- La realización de inferencias estadísticas en la determinación probabilística de la disponibilidad hídrica, capacidad de almacenamiento y ocurrencia de sequías del río San Juan en la sección de aforo Conta, requiere la generación de varias series sintéticas de caudal a partir de los datos históricos disponibles; y en esta tarea es de sustancial importancia la aplicación de modelos estocásticos auto correlativos.

## 6.2. MODELACION ESTOCASTICA - MODELO AUTO CORRELATIVO

### 6.2.1. DESCRIPCION GENERAL DEL MODELO

La Modelación Estocástica es la representación matemática de un proceso hidrológico que se encuentra gobernado por una ley probabilística, siendo algunas de sus finalidades generar series hidrológicas sintéticas así como predecir series hidrológicas futuras.

La generación de series sintéticas ayuda a determinar el riesgo (confiabilidad) que existe, por citar un caso en el abastecimiento de agua a los sistemas de irrigación, es decir establece los rangos de confiabilidad en un balance hídrico.

Por otro lado la predicción de series hidrológicas futuras son necesarias para determinar por ejemplo el planeamiento de un reservorio a corto plazo.

Existen varios modelos estocásticos desarrollados como son los AR(n), ARMA(p, q), ARIMA(p, d, q); sin embargo para el caso de series mensuales en donde los componentes determinísticos son periódicos podemos determinar dos modelos a utilizar en el presente estudio.

Estos dos modelos son el modelo auto regresivo AR(n) y el modelo mixto ARMA para series mensuales conocido como PARMA(p, q).

#### A. MODELO AUTO REGRESIVO AR(n)

Denominados también Markovianos, presentan la siguiente formulación matemática general:

$$Y_{v,\tau} = m_{\tau} + S_{\tau} Z_{v,\tau}$$

$$Z_{v,\tau} = \sum_{j=1}^n \alpha_{j,\tau-j} Z_{v,\tau-j} + \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{i,\tau-i} \alpha_{j,\tau-j} \rho_{|i-j|,\tau-1} \right]^{0.5} e_{v,\tau}$$

Donde:

n : Representa el orden del modelo

$Y_{v,\tau}$ : Representa el caudal para el año v y el mes  $\tau$

$e_{v,\tau}$ : Representa el componente estocástico para el año v y el mes  $\tau$

$m_{\tau}$ : Representa la media mensual de Y para el mes  $\tau$

$S_{\tau}$ : Representa la desviación estándar mensual de Y para el mes  $\tau$

$\alpha_{j,\tau-j}$ : Coeficiente de auto regresión

$\rho_{|i-j|,\tau-1}$ : Coeficiente de auto correlación

La complejidad de la modelación va en razón directa al incremento del orden n del modelo.

#### B. MODELO PARMA (p, q)

Es una variante del modelo ARMA que permite hacer la modelación para series mensuales.

Un modelo PARMA (p, q) presenta la siguiente formulación matemática general:

$$\varphi_{\tau}(\mathbf{B}) Y_{v,\tau} = \theta_{\tau}(\mathbf{B}) e_{v,\tau}$$

Siendo los parámetros definidos por:

$$\varphi_{\tau}(\mathbf{B}) = 1 - \varphi_{1,\tau} \mathbf{B}^1 - \varphi_{2,\tau} \mathbf{B}^2 - \dots - \varphi_{p,\tau} \mathbf{B}^p$$

$$\theta_{\tau}(\mathbf{B}) = 1 - \theta_{1,\tau} \mathbf{B}^1 - \theta_{2,\tau} \mathbf{B}^2 - \dots - \theta_{q,\tau} \mathbf{B}^q$$

Donde:

p, q : Representan el orden del modelo

$Y_{v,\tau}$  : Representa el caudal para el año v y el mes  $\tau$

$e_{v,\tau}$  : Representa componente estocástica para el año v y el mes  $\tau$

$B^c$  : Operador  $B^c Y_{v,\tau} = Y_{v,\tau-1}$

$\varphi_{p,\tau}$  : Parámetro autoregresivo mensual hasta orden p

$\theta_{q,\tau}$  : Parámetro promedio de movimiento mensual hasta orden q

En la determinación de los parámetros se hace uso del método de momentos o el de mínimos cuadrados siendo la complejidad del modelo mayor con el aumento de p y q.

### 6.2.2. APLICACION DEL MODELO

El desarrollo de la modelación matemática estocástica auto regresiva se ha realizado con la asistencia del software SAMS - V98. La secuencia seguida es:

#### ➤ Normalización de las series mensuales de caudal

La normalización de las series, mes a mes, tiene por objeto minimizar el coeficiente de asimetría. Se ha empleado la transformación "Box-Cox" para todos los meses, como el modelo que mejores ajustes tiene. Estos modelos de transformación, forman parte del mismo software empleado y se definen por las ecuaciones:

Transformación Logarítmica :  $Y = \ln(X + a)$

Transformación Potencial :  $Y = (X + a)^b$

Transformación Box-Cox :  $Y = \frac{(X + a)^b - 1}{b}$  ;  $b <> 0$

## CUADRO N°6.1.

## PARAMETROS DEL MODELO

MODELO DE ANALISIS, MODELACION Y SIMULACION ESTOCASTICA DE CUADALES MEDIOS MENSUALES - SAMS - V.98

MODELO : PARMA (p,q) = (1,0)

ESTANDARIZACION DE DATOS : SI

AÑO PROMEDIO	NORMALIZACION DE LAS SERIES							PARAMETROS DEL MODELO	
	TIPO DE TRANSFORMACION	COEFICIENTES		Estadístico Computado	ESTADISTICOS DECRPTIVOS			phi_1	VAR. RESID.
		a	b		MEDIA	DESV.EST.	COEF.ASIM.		
Enero	BOX_COX	1.000	0.150	0.092	3.533	1.584	0.092	0.485	0.765
Febrero	BOX_COX	5.000	0.200	-0.036	5.834	1.766	-0.036	0.475	0.774
Marzo	BOX_COX	5.000	0.140	0.016	5.311	1.332	0.016	0.713	0.491
Abril	BOX_COX	5.000	0.010	-0.005	2.997	0.672	-0.005	0.766	0.413
Mayo	BOX_COX	0.100	0.440	-0.002	1.113	1.321	-0.002	0.698	0.512
Junio	BOX_COX	0.500	0.010	-0.012	0.103	0.555	-0.012	0.805	0.352
Julio	BOX_COX	0.150	0.001	0.224	-0.971	0.883	0.224	0.798	0.363
Agosto	BOX_COX	0.001	0.001	0.657	-4.794	2.772	0.657	0.598	0.642
Septiembre	BOX_COX	0.001	0.001	1.134	-5.333	2.428	1.134	0.175	0.970
Octubre	BOX_COX	0.001	0.001	0.773	-4.837	2.666	0.773	0.423	0.821
Noviembre	BOX_COX	0.001	0.001	0.742	-4.689	2.963	0.742	0.669	0.552
Diciembre	BOX_COX	0.030	0.001	0.146	-0.907	2.171	0.146	0.177	0.969

ESTADISTICO LIMITE DE AJUSTE (90% significancia) : **0.4623**

BOX-COX :

 $Y = ((X + a)^b - 1) / b ; b \neq 0$

Los coeficientes a,b encontrados del modelo boc-cox, los estadísticos descriptivos media, desviación estándar y sesgo de las series normalizadas, así como los parámetros del test de normalización, se muestran en el **cuadro 6.1**.

➤ **Modelación Estocástica - Selección del Modelo**

Se emplea el modelo PARMA (p,q) para la generación a escala mensual; el orden del modelo se ajusta al primer orden de auto correlación, es decir p=1, no realizándose un movimiento mensual, es decir q=0.

➤ **Estandarización de las series**

Realizada mes a mes mediante la expresión  $Z_t = \frac{X_t - \bar{X}}{S}$ ; para la remoción de la desviación estándar.

➤ **Determinación de los parámetros del modelo**

Los parámetros **phi-1**, para cada mes, se han determinado mediante el método de los **momentos**. Estos se muestran en el **cuadro 6.1**.

➤ **Verificación de la modelación**

La verificación del carácter de los parámetros encontrados, es decir si son los más apropiados para el modelo, se realiza con las pruebas de ajuste a los residuales de la serie modelada, las que son: Prueba de normalidad mediante el estadístico Smirnow-Kolmogorov (Test S-K) para un nivel de significancia del 10% (0.462 en el presente caso) y Prueba de independencia de residuales mediante el test Portmanteau (Anderson), siendo el estadístico esperado, al 5% de significancia estadística, de 26.3 para el presente caso.

Como se observa en el **cuadro N°6.2**, no se ha logrado un ajuste para todos los meses, debido fundamentalmente a la presencia de meses con caudal nulo.

**CUADRO N°6.2.**  
**PRUEBAS DE AJUSTE DE LAS SERIES GENERADAS**  
**MODELO PARMA (1,0)**

MES	NORMALIDAD DE RESIDUALES		INDEPENDENCIA DE RESIDUALES	
	Test Smirnov-Kolmogorov		Test Portmanteau (Anderson)	
	Estad. Computado	Criterio	Estad. Computado	Criterio
Enero	-0.656	Rechazado	18.963	ACEPTADO
Febrero	0.248	ACEPTADO	19.913	ACEPTADO
Marzo	0.478	Rechazado	9.393	ACEPTADO
Abril	-0.217	ACEPTADO	15.285	ACEPTADO
Mayo	0.379	ACEPTADO	10.768	ACEPTADO
Junio	-0.475	Rechazado	13.278	ACEPTADO
Julio	0.531	Rechazado	27.408	Rechazado
Agosto	0.582	Rechazado	29.785	Rechazado
Septiembre	1.158	Rechazado	55.250	Rechazado
Octubre	0.618	Rechazado	58.103	Rechazado
Noviembre	0.664	Rechazado	32.256	Rechazado
Diciembre	0.487	Rechazado	9.474	ACEPTADO

Estadístico Esperado (10% sig.) =

**0.462**

(5% sig.) =

**26.3**

➤ **Generación de series sintéticas de caudal medio mensual**

Con los parámetros phi-1 encontrados, los que son estadísticamente consistentes, se ha generado 10 series de caudal sintético con una longitud de serie de 70 años, cuyos principales estadísticos descriptivos se comparan con los históricos para validar la modelación y la generación de series sintéticas de caudal del río San Juan.

### 6.2.3. SERIES SINTETICAS GENERADAS

Las 10 series de caudal sintético generadas, de longitud 70 años, conjuntamente que sus respectivos hidrogramas se muestran en los cuadros y gráficos de los **anexos 1.3. y 1.4.** del presente trabajo. En el **cuadro 6.3. y gráfico 6.1.** se muestra la serie promedio generada y su respectivo hidrograma, y para fines de una muestra aleatoria en el presente informe en el **cuadro 6.4. y gráfico 6.2.** se muestra la **serie N°03** generada y sus respectivo hidrograma. Es importante advertir que en todos los casos el modelo conserva el valor promedio histórico.

### 6.2.4. VALIDACION DE LA INFORMACION SINTETICA GENERADA

➤ **Comparación de los estadísticos descriptivos de las series generadas versus los históricos.**

Se ha encontrado una similitud satisfactoria entre el promedio, desviación estándar, coeficiente de asimetría, coeficiente de variación, valores máximos, valores mínimos y correlación mes a mes de retardos con orden 1 y 2 de las series generadas e históricas, ver el **cuadro 6.5.** y los **gráficos 6.3. y 6.4.**

➤ **Verificación de los límites de los correlogramas mensuales de los residuales del promedio de las series generadas.**

En los **gráficos 6.5. y 6.6.** de correlogramas de residuales para cada mes con retardos k de 1 a 24, se observa el ajuste dentro de los límites de Anderson, los que están definidos por la siguiente expresión:

$$\text{Lím. Anderson al 95\% L : } 95\% L = (+,-) \frac{-1 + 1.96 * \sqrt{n - k - 2}}{n - k - 1}$$

Donde n es el tamaño de muestra, 75 y k es el retardo, 1 a 24.

➤ **Comparación de los parámetros de sequía y capacidad de almacenamiento histórico y generado.**

Según lo mostrado en el **cuadro 6.6. y gráfico 6.7.,** de análisis de sequías y capacidad de almacenamiento histórico y generado, no se tiene una similitud confiable de los parámetros Magnitud del Máximo Sobrante (MSb), Capacidad de Almacenamiento (CAP) y Coeficiente de URST (CH); lo cual es un indicativo que no ha existido una adecuada modelación o la serie histórica no es confiable. Esta última posibilidad estaría además sustentada por lo manifestado en el ítem 6.1. y el hecho que la capacidad máxima de embalse generado 1,247.60 m<sup>3</sup>/s es menor que el histórico 1,881.73 m<sup>3</sup>/s, (la unidad se debe a que el software no convierte unidades de caudal a volumen), se deberá tomar con ciertas restricciones esta información sintética generada con la modelación estocástica.

**CUADRO N°6.3.****SERIES SINTETICAS GENERADAS DE CAUDAL MEDIO MENSUAL - RIO SAN JUAN (EST. CONTA) - MODELO SAMS (m3/s)  
SERIE PROMEDIO**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>MEDIO</b>
1	14.17	35.91	31.34	13.87	2.08	0.41	0.32	0.59	0.03	0.02	0.04	1.61	<b>8.37</b>
2	29.32	44.81	58.22	22.84	3.11	1.08	0.76	0.08	0.03	0.12	1.32	0.94	<b>13.55</b>
3	21.14	59.60	72.20	19.59	3.50	0.78	0.33	1.54	0.04	0.91	1.25	0.77	<b>15.14</b>
4	34.85	70.21	66.18	16.71	2.22	0.66	0.32	0.70	0.25	0.26	0.36	1.16	<b>16.16</b>
5	18.49	74.52	76.42	17.84	2.73	1.08	0.34	1.41	0.03	0.13	0.14	2.65	<b>16.31</b>
6	41.08	53.07	80.19	14.25	2.56	0.80	0.29	0.02	0.00	0.16	0.13	1.62	<b>16.18</b>
7	35.98	53.67	58.75	20.52	2.38	0.68	0.33	0.22	0.05	1.02	0.05	5.19	<b>14.90</b>
8	40.41	52.15	65.94	17.50	2.49	0.78	0.36	0.03	0.22	0.37	0.24	4.63	<b>15.42</b>
9	18.41	38.10	77.51	27.00	3.05	0.83	0.36	0.19	0.03	0.89	9.73	15.15	<b>15.94</b>
10	25.43	57.54	50.13	16.00	2.26	0.56	0.24	0.01	0.01	0.04	0.14	0.52	<b>12.74</b>
11	27.90	62.37	45.99	21.17	3.49	1.09	0.55	0.09	0.01	0.15	0.05	2.25	<b>13.76</b>
12	34.74	71.55	68.86	15.49	3.13	0.66	0.51	0.32	0.01	5.07	0.44	3.60	<b>17.03</b>
13	17.36	58.86	84.49	32.21	5.06	1.47	0.69	0.03	0.00	0.02	0.02	1.86	<b>16.84</b>
14	16.96	56.77	54.33	14.75	3.02	0.95	0.51	0.15	0.02	0.06	0.02	9.27	<b>13.07</b>
15	16.73	45.94	63.89	17.53	2.40	0.80	0.45	0.78	0.03	0.14	0.12	6.23	<b>12.92</b>
16	19.43	54.42	57.83	13.52	3.05	0.73	0.29	0.29	0.01	0.07	0.13	3.13	<b>12.74</b>
17	21.43	65.21	64.74	17.66	2.81	0.84	0.43	0.03	0.01	0.11	0.30	6.43	<b>15.00</b>
18	12.03	46.19	75.51	17.59	2.43	0.78	0.53	0.04	0.05	0.15	0.16	1.17	<b>13.05</b>
19	25.66	74.16	85.11	21.81	2.54	0.78	0.17	0.02	0.02	2.93	0.10	5.46	<b>18.23</b>
20	12.18	28.05	45.22	12.54	3.25	0.70	0.45	0.14	0.02	0.10	0.17	1.42	<b>8.69</b>
21	34.23	70.30	71.17	27.26	3.00	0.93	0.51	0.26	0.23	0.39	0.17	2.30	<b>17.56</b>
22	14.13	28.96	53.10	17.77	3.64	1.09	0.46	0.37	0.01	0.10	0.05	9.06	<b>10.73</b>
23	24.38	54.68	70.22	29.50	3.67	0.97	0.36	0.10	0.07	0.12	0.03	2.87	<b>15.58</b>
24	19.27	83.06	75.23	19.73	3.13	0.96	0.59	0.05	0.02	0.02	0.25	2.67	<b>17.08</b>
25	20.97	37.55	49.21	15.97	2.11	0.34	0.10	0.02	0.01	0.22	0.30	8.69	<b>11.29</b>
26	34.14	59.21	64.57	19.45	3.08	0.96	0.43	0.11	0.01	0.01	0.01	7.40	<b>15.78</b>
27	55.81	73.09	77.97	21.20	2.95	0.85	0.45	0.18	0.01	0.35	0.18	4.48	<b>19.79</b>

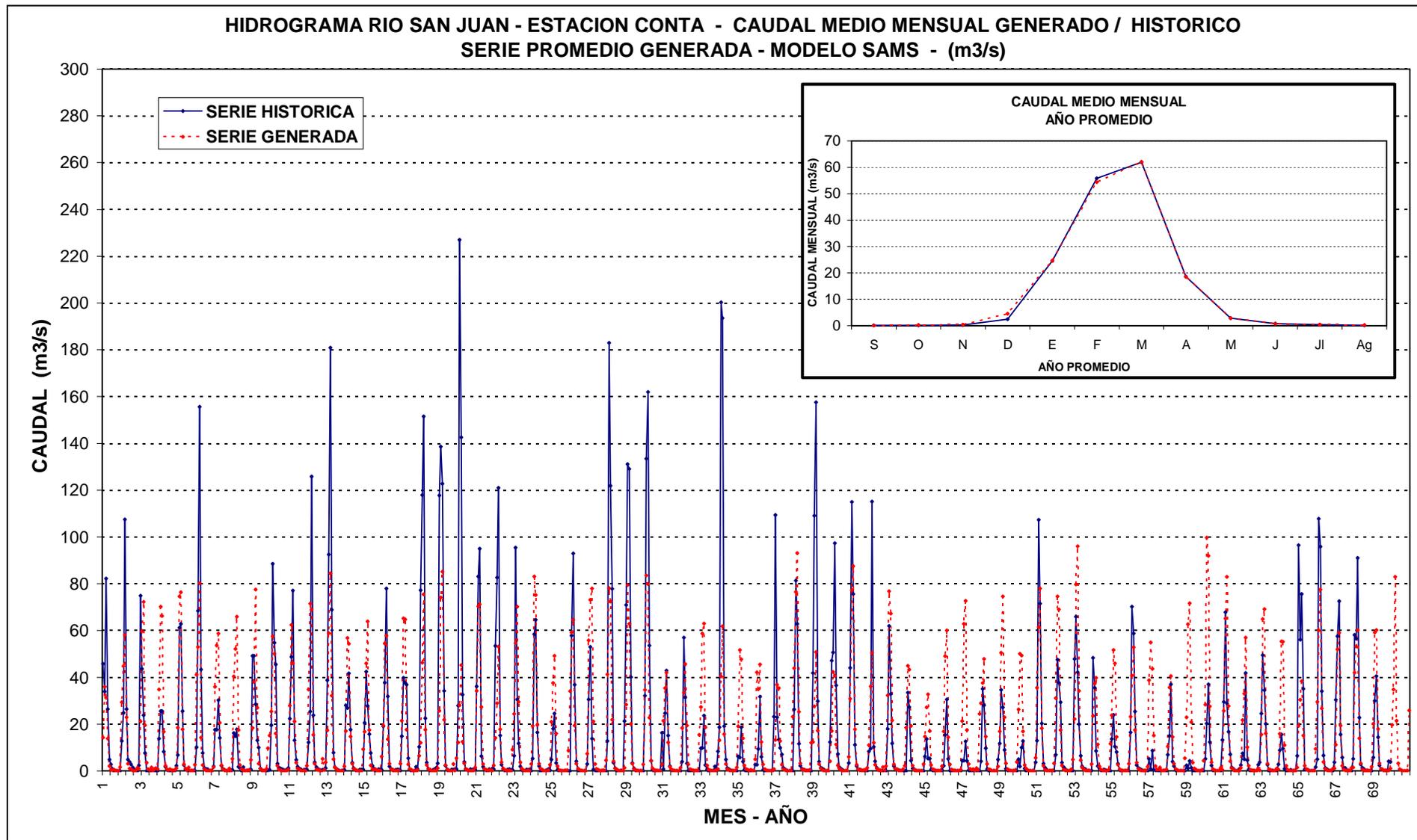
**CUADRO N°6.3. (Continuación)****SERIES SINTETICAS GENERADAS DE CAUDAL MEDIO MENSUAL - RIO SAN JUAN (EST. CONTA) - MODELO SAMS (m3/s)****SERIE PROMEDIO**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>MEDIO</b>
28	41.33	78.17	72.32	21.90	4.10	0.97	0.52	0.11	0.01	0.01	0.08	1.26	<b>18.40</b>
29	28.28	79.46	62.83	20.10	3.05	0.70	0.51	0.09	0.03	0.02	0.01	2.72	<b>16.48</b>
30	34.68	83.51	79.89	22.71	4.19	1.17	0.34	0.24	0.08	0.05	0.03	2.89	<b>19.15</b>
31	21.51	35.42	41.95	12.25	1.79	0.74	0.29	0.16	0.00	0.03	0.06	1.34	<b>9.63</b>
32	18.43	33.48	45.64	19.41	2.79	0.78	0.48	0.28	0.05	0.08	0.02	15.44	<b>11.41</b>
33	27.25	58.74	62.93	18.64	2.38	0.65	0.24	0.01	0.05	0.08	0.25	0.72	<b>14.33</b>
34	13.12	40.44	61.88	15.78	2.90	0.72	0.37	0.06	0.10	0.01	0.09	1.46	<b>11.41</b>
35	19.11	51.72	47.73	13.99	2.37	0.76	0.66	0.10	0.45	0.08	0.22	5.06	<b>11.85</b>
36	42.15	34.91	45.53	12.38	2.80	0.71	0.25	0.05	0.03	0.03	0.07	0.79	<b>11.64</b>
37	13.26	36.82	35.34	12.71	2.67	0.78	0.50	0.16	0.01	0.01	0.03	23.27	<b>10.46</b>
38	43.97	76.44	93.07	25.22	3.19	0.62	0.42	0.34	0.09	0.05	0.46	12.11	<b>21.33</b>
39	12.34	27.60	50.88	17.12	2.88	1.02	0.40	0.20	0.01	0.02	0.06	4.07	<b>9.72</b>
40	17.08	42.28	40.66	11.24	2.31	0.98	0.48	0.02	0.07	0.02	0.11	6.08	<b>10.11</b>
41	30.77	77.19	87.50	17.82	2.67	0.76	0.27	0.43	0.04	0.48	0.35	1.29	<b>18.30</b>
42	11.06	36.13	50.50	12.09	2.68	1.09	0.48	0.25	0.04	1.56	0.08	2.03	<b>9.83</b>
43	32.29	76.84	67.30	21.56	2.82	0.92	0.78	0.27	0.07	0.08	0.69	2.24	<b>17.16</b>
44	18.43	44.87	43.26	19.20	2.14	0.48	0.30	0.01	0.01	0.06	0.01	3.00	<b>10.98</b>
45	14.69	27.22	32.82	17.00	2.50	0.71	0.43	0.08	0.01	0.04	0.08	2.10	<b>8.14</b>
46	16.94	49.00	60.06	14.45	2.84	0.64	0.29	0.18	0.01	0.01	0.01	0.51	<b>12.08</b>
47	21.32	62.86	72.64	17.44	2.99	0.91	0.49	0.72	0.04	1.12	0.25	24.44	<b>17.10</b>
48	28.99	37.64	47.93	14.67	2.90	0.77	0.47	0.05	0.06	0.01	0.07	1.86	<b>11.28</b>
49	16.82	50.55	74.64	22.88	3.23	0.70	0.26	0.07	0.02	0.05	0.17	3.88	<b>14.44</b>
50	26.25	50.14	49.27	16.90	2.49	0.96	0.33	0.04	0.06	0.05	0.01	5.58	<b>12.67</b>
51	35.47	61.48	78.00	18.27	2.16	0.46	0.18	0.00	0.06	0.10	0.10	3.18	<b>16.62</b>
52	31.17	74.58	69.01	17.53	2.33	0.56	0.33	0.11	0.01	0.05	0.71	4.89	<b>16.77</b>
53	22.24	79.67	96.00	34.20	4.54	1.49	0.55	0.10	0.09	0.10	0.04	3.00	<b>20.17</b>
54	23.53	37.37	39.83	11.35	1.95	0.64	0.33	0.12	0.01	0.03	0.43	11.61	<b>10.60</b>

**CUADRO N°6.3. (Continuación)****SERIES SINTETICAS GENERADAS DE CAUDAL MEDIO MENSUAL - RIO SAN JUAN (EST. CONTA) - MODELO SAMS (m3/s)****SERIE PROMEDIO**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>MEDIO</b>
55	23.84	51.63	46.02	14.51	2.58	0.73	0.23	0.14	0.03	0.11	0.02	3.12	<b>11.91</b>
56	23.13	40.77	52.88	17.54	3.45	0.94	0.51	0.06	0.03	0.08	0.09	1.71	<b>11.76</b>
57	38.70	54.93	43.65	15.08	2.05	0.55	0.65	1.46	0.03	0.17	0.21	0.54	<b>13.17</b>
58	10.41	35.62	40.49	14.59	3.08	0.86	0.37	0.01	0.00	0.02	0.03	5.46	<b>9.24</b>
59	22.94	62.67	71.60	20.81	3.57	0.98	0.59	0.06	0.06	0.01	0.26	4.40	<b>15.66</b>
60	28.30	99.70	91.97	27.67	3.62	0.73	0.28	0.03	0.05	0.08	1.36	0.44	<b>21.18</b>
61	25.65	65.25	82.96	27.72	4.14	1.19	0.53	0.13	0.06	0.07	0.08	1.38	<b>17.43</b>
62	21.76	33.07	56.98	10.14	2.14	0.45	0.29	0.20	0.05	0.04	1.09	0.34	<b>10.55</b>
63	15.55	64.83	69.09	15.95	3.09	0.73	0.37	0.03	0.05	0.11	0.97	0.57	<b>14.28</b>
64	15.91	55.43	55.25	11.07	2.13	0.46	0.19	0.03	0.02	0.08	0.02	1.54	<b>11.84</b>
65	19.22	30.45	38.35	15.20	2.17	0.67	0.50	0.04	0.06	0.04	0.08	9.46	<b>9.68</b>
66	29.47	59.99	77.56	26.76	3.76	0.94	0.51	0.05	0.08	0.08	0.91	1.00	<b>16.76</b>
67	11.12	51.99	59.06	19.32	2.26	0.55	0.24	0.04	0.37	0.07	1.31	1.52	<b>12.32</b>
68	42.01	53.15	60.26	13.98	3.18	0.64	0.33	0.06	0.25	0.03	0.14	1.80	<b>14.65</b>
69	20.17	59.24	60.17	17.85	3.17	0.83	0.52	0.10	0.25	0.07	0.12	1.01	<b>13.63</b>
70	19.72	34.86	82.95	21.39	3.17	0.73	0.33	0.02	0.01	0.03	0.12	25.89	<b>15.77</b>
<b>Media</b>	24.53	54.40	62.04	18.42	2.89	0.80	0.41	0.21	0.06	0.28	0.39	4.56	<b>14.08</b>
<b>DesvStd</b>	9.67	16.57	15.75	5.09	0.64	0.22	0.14	0.32	0.08	0.73	1.18	5.42	<b>3.24</b>
<b>Min</b>	10.41	27.22	31.34	10.14	1.79	0.34	0.10	0.00	0.00	0.01	0.01	0.34	<b>8.14</b>
<b>Max</b>	55.81	99.70	96.00	34.20	5.06	1.49	0.78	1.54	0.45	5.07	9.73	25.89	<b>21.33</b>
<b>VOL (MMC)</b>	65.70	132.78	166.17	47.75	7.74	2.08	1.09	0.55	0.15	0.74	1.00	12.22	<b>437.98</b>

GRAFICO N°6.1.



**CUADRO N°6.4.****SERIES SINTETICAS GENERADAS DE CAUDAL MEDIO MENSUAL - MODELO SAMS (m3/s)****SERIE N° 3**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>MEDIO</b>
1	4.570	23.920	24.190	15.670	4.390	0.330	0.270	0.000	0.010	0.080	0.160	0.250	<b>6.153</b>
2	0.320	13.350	21.900	-0.250	0.880	0.200	0.300	0.030	0.000	0.020	0.220	-0.020	<b>3.722</b>
3	9.020	5.620	15.510	18.720	5.350	1.470	1.070	0.010	0.000	0.000	0.000	0.080	<b>4.738</b>
4	21.220	84.950	24.320	3.840	1.360	0.010	-0.020	0.010	2.150	0.760	0.020	0.000	<b>12.604</b>
5	0.300	26.970	57.800	34.180	4.720	0.330	0.050	0.010	0.000	0.010	0.000	0.400	<b>10.398</b>
6	35.300	37.110	44.180	9.750	3.690	1.000	0.380	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	<b>10.958</b>
7	25.000	144.010	201.050	92.320	8.380	2.810	1.970	0.040	0.020	0.000	0.000	0.270	<b>39.656</b>
8	36.360	59.480	91.100	14.100	4.440	1.680	0.350	0.000	0.000	0.010	0.030	1.180	<b>17.394</b>
9	11.210	31.940	98.600	48.820	6.350	1.590	0.530	0.230	0.000	0.100	0.010	0.050	<b>16.619</b>
10	28.570	55.100	56.950	35.360	6.300	1.910	0.480	0.010	0.000	0.070	1.030	0.190	<b>15.498</b>
11	4.890	17.620	62.380	7.500	4.330	1.220	0.400	0.010	0.000	0.020	0.000	0.480	<b>8.238</b>
12	6.200	282.740	162.650	40.540	4.580	1.480	3.140	2.790	0.030	0.000	0.000	0.080	<b>42.019</b>
13	9.920	21.300	102.480	45.200	8.490	3.530	1.480	0.230	0.000	0.150	0.150	0.140	<b>16.089</b>
14	8.820	33.770	25.430	17.120	2.390	0.680	0.510	0.030	0.000	0.010	0.060	0.080	<b>7.408</b>
15	12.280	38.970	22.390	4.750	0.200	-0.210	-0.120	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	<b>7.860</b>
16	-0.710	20.990	39.320	7.220	3.070	0.540	0.220	0.000	0.000	0.280	0.010	0.000	<b>6.514</b>
17	68.890	345.930	210.550	24.600	1.930	0.420	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170	<b>54.387</b>
18	22.740	13.650	0.850	-0.090	1.600	0.760	0.590	0.060	0.010	0.000	0.000	1.790	<b>3.823</b>
19	8.290	132.730	163.090	49.740	4.960	1.660	0.200	0.000	0.040	0.020	0.020	0.330	<b>30.090</b>
20	4.440	17.590	51.290	12.870	2.680	0.460	0.410	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170	<b>7.493</b>
21	5.770	1.220	12.130	5.730	0.400	0.350	0.430	0.370	0.000	0.000	0.000	0.320	<b>2.227</b>
22	6.760	40.910	97.490	14.370	2.400	1.200	0.750	1.230	0.060	0.150	0.030	1.070	<b>13.868</b>
23	9.280	31.200	35.870	29.730	3.790	1.000	0.120	0.020	0.000	0.000	0.000	0.020	<b>9.253</b>
24	11.940	89.940	145.220	22.240	2.890	1.330	0.650	0.010	0.000	0.010	0.030	0.010	<b>22.856</b>
25	1.230	4.140	19.080	10.780	2.680	0.680	0.110	0.020	0.000	0.000	0.000	1.550	<b>3.356</b>

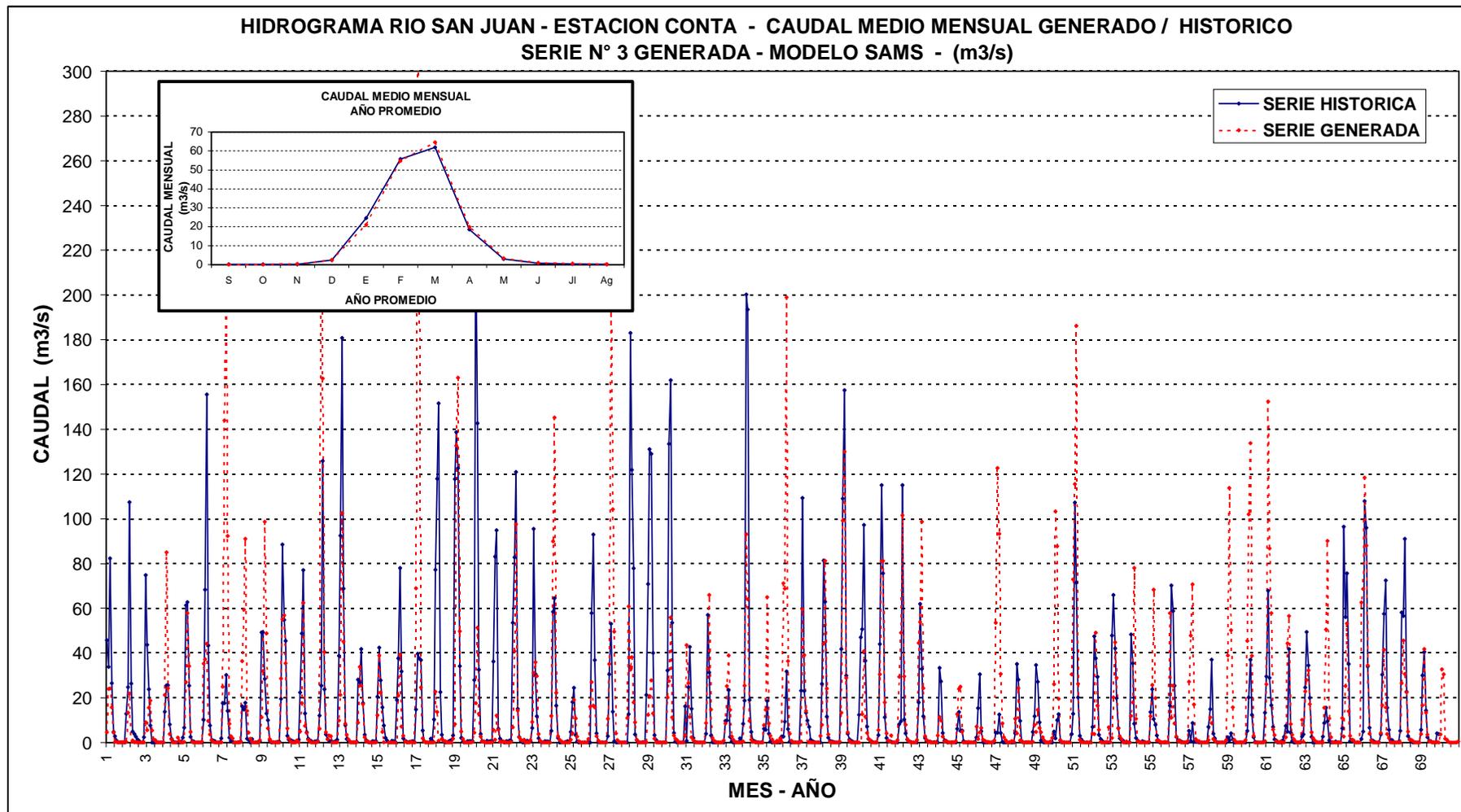
**CUADRO N°6.4. (Continuación)****SERIES SINTETICAS GENERADAS DE CAUDAL MEDIO MENSUAL - MODELO SAMS (m3/s)****SERIE N° 3**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>MEDIO</b>
26	15.980	26.940	16.470	15.760	2.920	1.020	0.160	0.000	0.070	0.010	0.000	10.610	<b>7.495</b>
27	35.150	219.990	104.290	49.510	4.190	1.080	0.190	0.000	0.000	0.000	0.000	10.960	<b>35.447</b>
28	60.840	32.510	38.110	17.930	9.090	1.270	0.180	0.010	0.000	0.000	0.030	0.150	<b>13.343</b>
29	12.350	20.770	27.800	13.090	1.770	0.220	0.080	0.000	0.010	0.000	0.000	0.220	<b>6.359</b>
30	20.210	27.410	55.870	11.320	3.110	1.760	1.120	0.020	0.000	0.000	0.000	3.280	<b>10.342</b>
31	43.500	26.460	11.390	2.360	1.140	0.400	0.010	0.000	0.000	0.020	0.000	0.140	<b>7.118</b>
32	8.730	32.910	65.940	14.760	2.110	0.870	0.260	0.000	0.000	0.000	0.000	0.960	<b>10.545</b>
33	8.650	25.270	38.860	14.660	2.750	1.310	0.300	0.000	0.000	0.070	0.130	0.540	<b>7.712</b>
34	25.450	93.130	63.990	9.690	1.310	0.380	0.320	0.030	0.010	0.000	0.000	0.020	<b>16.194</b>
35	7.780	14.560	65.010	8.620	3.050	1.500	0.110	0.010	0.850	0.290	1.920	0.280	<b>8.665</b>
36	71.130	68.790	198.920	36.350	3.900	0.770	0.150	0.000	0.000	0.020	0.000	0.460	<b>31.708</b>
37	59.560	39.090	14.110	-1.720	0.250	0.140	-0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	3.030	<b>11.618</b>
38	7.900	44.150	81.130	24.120	3.600	0.300	0.120	0.020	0.020	0.010	0.000	0.450	<b>13.485</b>
39	13.340	99.230	129.970	28.920	4.600	0.800	0.130	0.000	0.000	0.000	0.230	0.040	<b>23.105</b>
40	-0.760	12.720	40.780	11.610	4.250	1.750	0.910	0.080	0.000	0.000	0.140	5.510	<b>7.068</b>
41	30.500	80.970	81.130	17.960	4.060	0.960	0.400	3.220	0.000	0.000	0.000	1.190	<b>18.366</b>
42	29.320	49.040	101.570	29.580	8.020	1.650	0.650	0.210	0.000	0.000	0.000	1.160	<b>18.433</b>
43	44.480	53.910	98.670	24.360	2.860	1.230	0.090	0.420	0.000	0.000	0.030	0.030	<b>18.840</b>
44	3.160	11.440	9.930	2.630	0.410	0.730	0.250	0.000	0.030	0.090	0.030	0.610	<b>2.443</b>
45	12.640	24.020	24.870	4.930	0.060	-0.070	0.080	0.330	0.000	0.000	0.000	-0.010	<b>6.693</b>
46	7.200	1.540	4.540	6.460	1.350	0.720	0.290	0.240	0.010	0.000	0.000	0.920	<b>1.939</b>
47	53.570	122.650	93.230	30.710	8.590	2.370	1.040	0.080	0.000	0.250	0.690	0.310	<b>26.124</b>
48	10.710	4.180	24.370	1.020	0.760	-0.010	-0.050	0.080	0.090	0.010	0.000	0.310	<b>4.153</b>
49	7.930	4.770	14.550	6.560	4.650	2.320	0.910	0.000	0.000	0.000	0.480	2.070	<b>3.687</b>
50	26.120	103.310	87.760	19.480	1.050	0.210	0.230	0.000	0.000	0.000	0.000	30.500	<b>22.388</b>
51	73.010	115.550	186.270	26.180	1.230	0.230	0.120	0.010	0.030	0.000	0.000	-0.030	<b>36.603</b>

**CUADRO N°6.4. (Continuación)****SERIES SINTETICAS GENERADAS DE CAUDAL MEDIO MENSUAL - MODELO SAMS (m3/s)****SERIE N° 3**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>MEDIO</b>
52	3.920	3.890	49.150	16.490	5.720	0.250	-0.050	0.000	0.070	0.390	6.910	0.190	<b>7.907</b>
53	2.110	20.180	44.830	28.920	6.420	2.800	1.650	0.110	0.000	0.550	0.010	0.040	<b>8.968</b>
54	11.880	17.930	78.010	10.640	0.590	0.230	0.120	0.030	0.000	0.000	0.000	0.280	<b>9.976</b>
55	11.800	25.690	68.360	19.870	0.990	0.880	0.380	0.000	0.100	0.290	0.000	0.060	<b>10.702</b>
56	57.760	11.090	25.490	8.640	2.750	0.560	0.940	0.030	0.010	0.000	0.000	0.660	<b>8.994</b>
57	27.230	47.750	70.770	17.060	1.530	0.560	0.690	0.020	0.010	0.000	0.000	-0.010	<b>15.056</b>
58	1.180	11.360	8.770	1.650	0.810	0.080	-0.080	0.000	0.000	0.010	0.070	1.180	<b>2.283</b>
59	38.870	113.730	50.140	15.770	1.230	0.190	0.040	0.000	0.140	0.000	0.000	1.070	<b>18.432</b>
60	45.380	102.090	133.800	38.700	3.010	0.050	0.020	0.040	0.000	0.020	0.020	0.630	<b>26.980</b>
61	26.040	152.320	86.680	57.860	5.820	3.400	0.710	0.340	0.050	0.400	0.020	0.000	<b>27.803</b>
62	2.410	44.390	56.540	8.310	3.520	1.360	0.530	0.030	0.020	0.290	10.210	0.300	<b>10.659</b>
63	22.850	27.910	32.280	17.240	4.640	2.070	0.960	0.150	0.050	0.000	0.090	0.020	<b>9.022</b>
64	15.540	50.480	90.070	10.780	2.370	0.230	0.100	0.000	0.000	0.080	0.050	10.980	<b>15.057</b>
65	2.630	25.330	53.310	13.950	2.950	1.260	1.180	0.000	0.020	0.000	0.000	62.610	<b>13.603</b>
66	68.720	118.410	88.080	34.410	4.000	0.900	0.190	0.000	0.000	0.020	0.040	4.320	<b>26.591</b>
67	16.650	41.400	15.770	3.860	2.060	0.190	0.010	0.000	0.000	0.010	0.010	0.010	<b>6.664</b>
68	26.480	45.660	30.680	22.390	4.850	1.220	1.100	0.610	0.000	0.010	0.010	0.000	<b>11.084</b>
69	3.740	16.650	41.790	13.380	3.460	0.470	0.540	0.000	0.040	0.230	0.350	0.030	<b>6.723</b>
70	3.610	32.680	30.430	1.790	1.240	0.350	-0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.480	<b>6.416</b>
<b>Media</b>	21.049	54.849	64.576	19.932	3.304	1.010	0.505	0.160	0.057	0.068	0.332	2.505	<b>14.086</b>
<b>DesvStd</b>	19.754	62.364	50.663	16.076	2.192	0.802	0.543	0.525	0.274	0.143	1.475	8.666	<b>10.624</b>
<b>Min</b>	0.300	1.220	0.850	1.020	0.060	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>1.939</b>
<b>Max</b>	73.010	345.930	210.550	92.320	9.090	3.530	3.140	3.220	2.150	0.760	10.210	62.610	<b>54.387</b>
<b>VOL (MMC)</b>	56.38	133.87	172.96	51.66	8.85	2.62	1.35	0.43	0.15	0.18	0.86	6.71	<b>436.024</b>

GRAFICO N°6.2.



**CUADRO N° 6.5.****ESTADISTICOS DE LAS SERIES GENERADAS - RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA****MODELO DE ANALISIS, MODELACION Y SIMULACION ESTOCASTICA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SAMS - V.98**

MODELO : PARMA ( p,q ) = (1,0)

NUMERO DE SERIES GENERADAS : 10

NUMERO DE AÑOS SIMULADOS : 70

MES	PROMEDIO		DESVIACION ESTANDAR	
	HISTORICO	GENERADO	HISTORICO	GENERADO
ene	24.64	24.53	25.82	27.03
feb	55.80	54.40	47.20	48.21
mar	61.93	62.04	48.12	49.22
abr	18.54	18.42	15.72	16.59
may	2.91	2.89	2.32	2.21
jun	0.79	0.80	0.72	0.74
jul	0.40	0.41	0.50	0.52
ago	0.15	0.21	0.26	0.87
sep	0.10	0.06	0.21	0.22
oct	0.16	0.28	0.36	1.57
nov	0.27	0.39	0.63	2.00
dic	2.49	4.56	4.75	14.11

MES	COEF. ASIMETRIA		COEF. VARIACION	
	HISTORICO	GENERADO	HISTORICO	GENERADO
ene	1.74	2.29	1.05	1.10
feb	1.47	1.66	0.85	0.88
mar	0.94	1.58	0.78	0.79
abr	1.45	2.00	0.85	0.90
may	0.89	0.99	0.80	0.76
jun	1.35	1.48	0.92	0.92
jul	1.80	2.19	1.23	1.28
ago	2.30	6.24	1.78	4.05
sep	2.12	5.49	2.18	3.51
oct	3.11	5.97	2.21	4.42
nov	4.23	5.44	2.36	3.97
dic	2.79	4.58	1.91	2.98

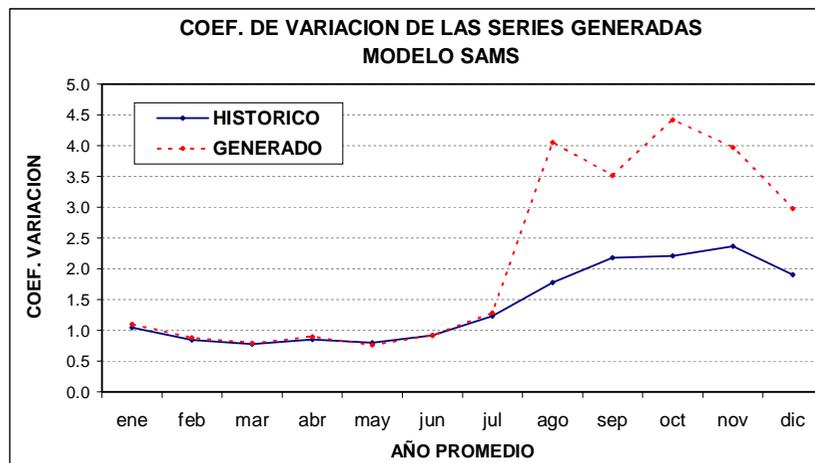
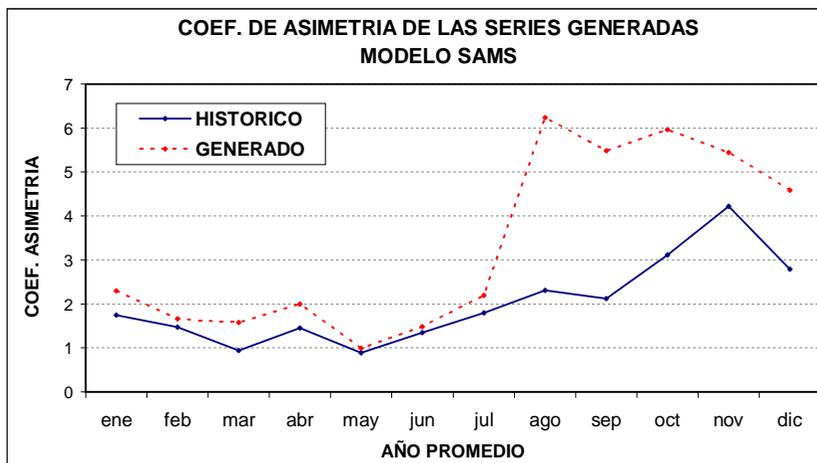
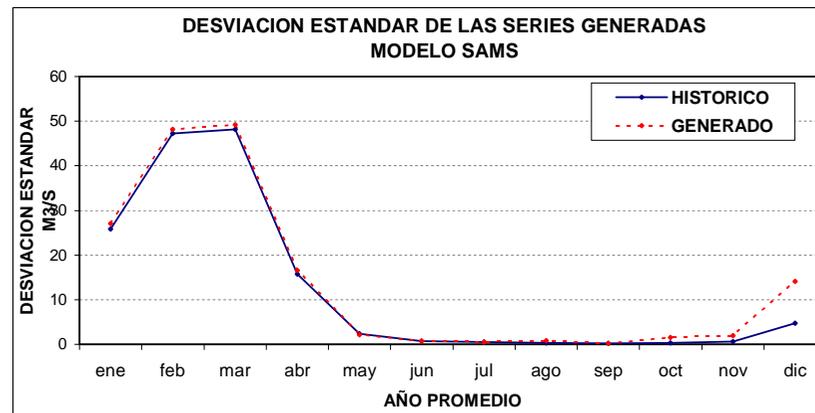
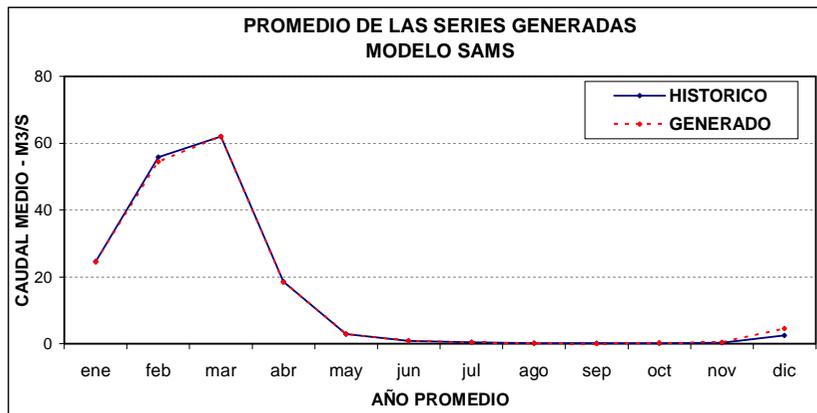
MES	MAXIMO		MINIMO	
	HISTORICO	GENERADO	HISTORICO	GENERADO
ene	117.70	148.00	0.03	-0.04
feb	227.08	239.57	0.86	-0.53
mar	193.52	258.61	4.20	1.16
abr	77.87	91.30	0.38	-0.77
may	10.05	9.95	0.00	-0.06
jun	3.78	3.49	0.00	-0.22
jul	2.74	2.71	0.00	-0.10
ago	1.41	6.78	0.00	0.00
sep	0.76	1.63	0.00	0.00
oct	1.89	12.62	0.00	0.00
nov	4.17	15.10	0.00	0.00
dic	23.22	90.78	0.00	-0.03

MES	CORRELACION MES A MES			
	RETARDO ORDEN 1		RETARDO ORDEN 2	
	HISTORICO	GENERADO	HISTORICO	GENERADO
ene	0.51	0.37	0.13	-0.03
feb	0.33	0.36	0.16	0.13
mar	0.72	0.66	0.29	0.21
abr	0.70	0.73	0.60	0.54
may	0.52	0.66	0.45	0.49
jun	0.68	0.78	0.43	0.53
jul	0.80	0.73	0.52	0.58
ago	0.72	0.36	0.60	0.27
sep	0.26	-0.02	0.21	-0.02
oct	0.33	0.17	-0.16	-0.02
nov	0.20	0.26	0.19	0.10
dic	-0.01	0.00	0.13	0.06

**GRAFICO N° 6.3.**  
**ESTADISTICOS DE LAS SERIES GENERADAS**

MODELO DE ANALISIS, MODELACION Y SIMULACION ESTOCASTICA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SAMS - V.98

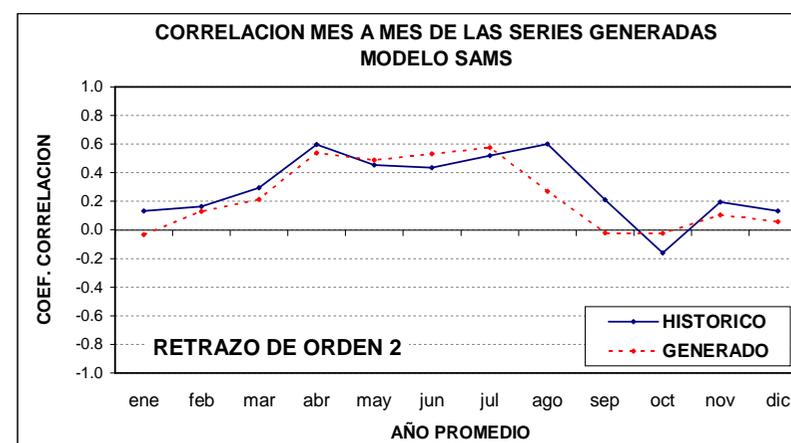
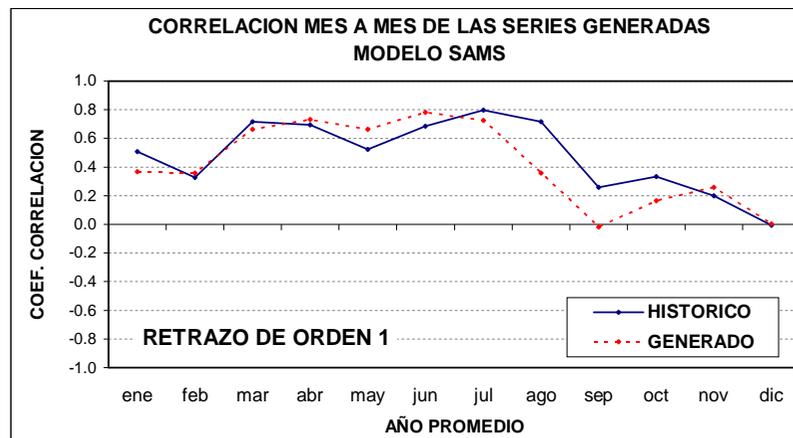
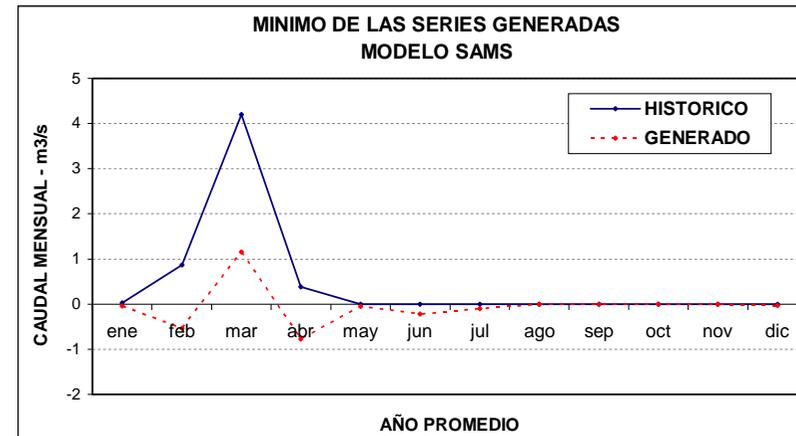
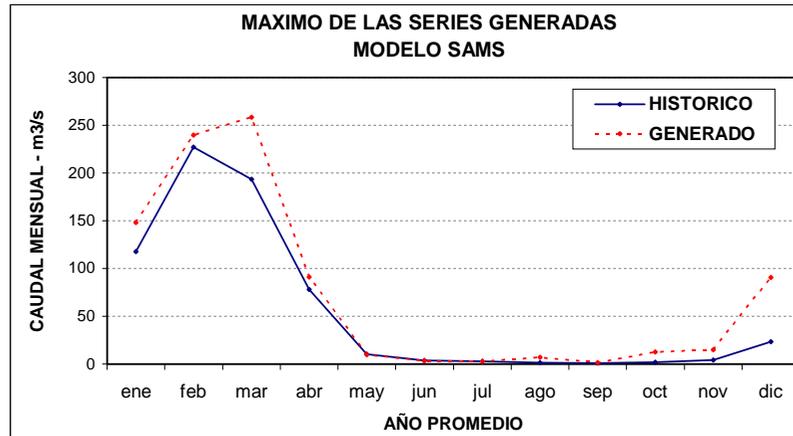
MODELO : PARMA ( p,q ) = (1,0)



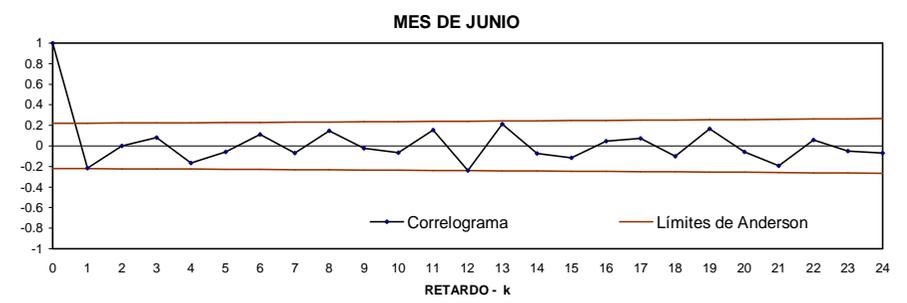
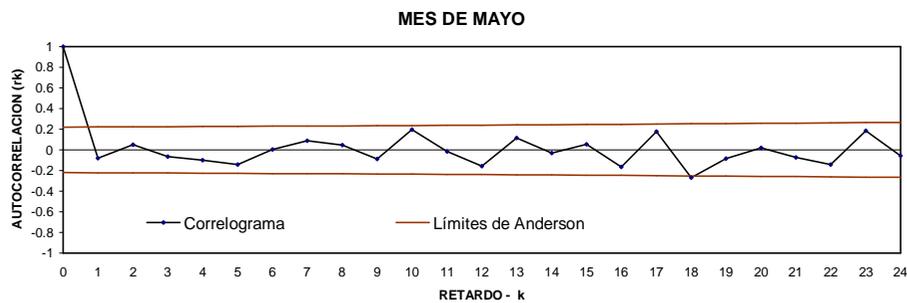
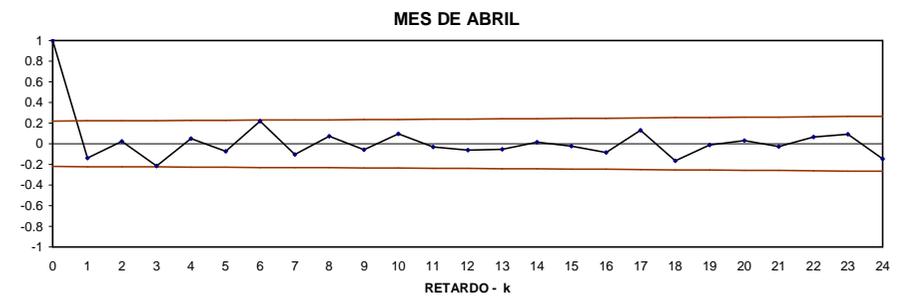
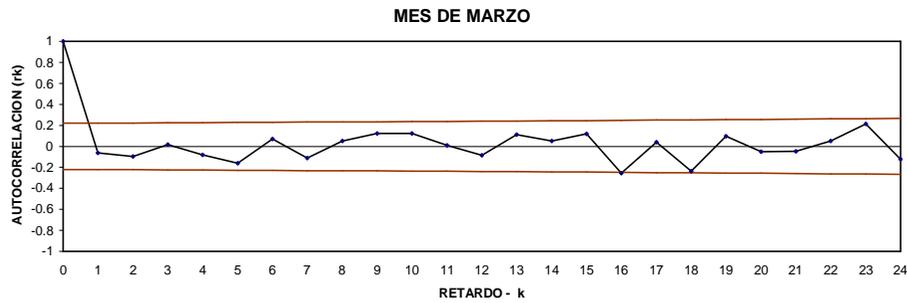
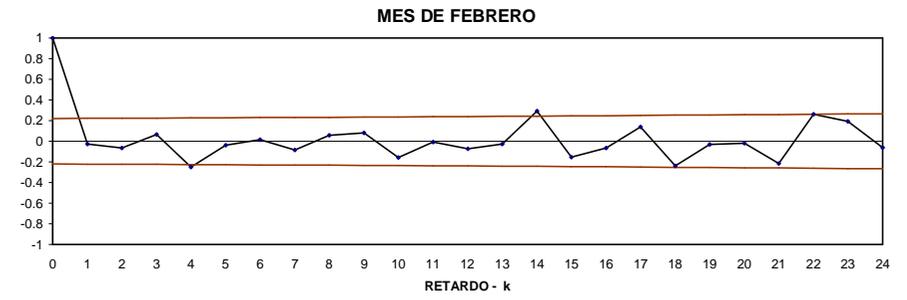
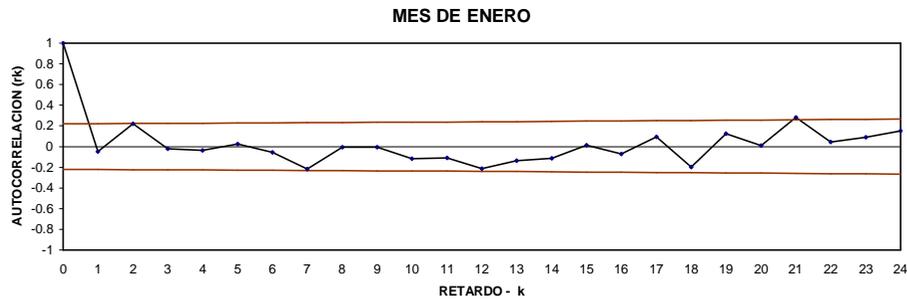
**GRAFICO N° 6.4.  
ESTADISTICOS DE LAS SERIES GENERADAS**

MODELO DE ANALISIS, MODELACION Y SIMULACION ESTOCASTICA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SAMS - V.98

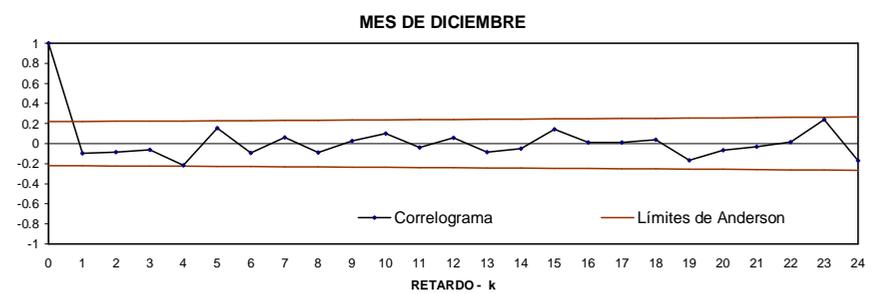
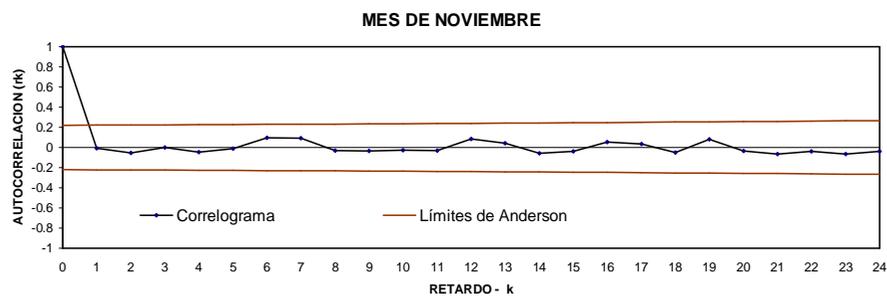
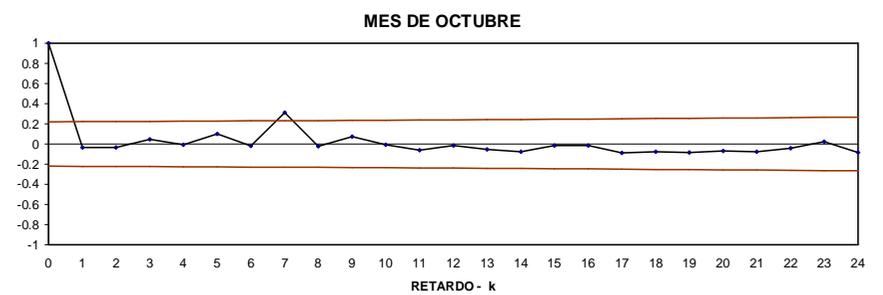
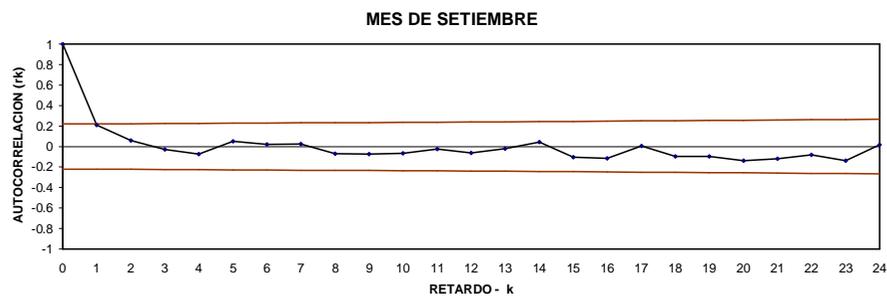
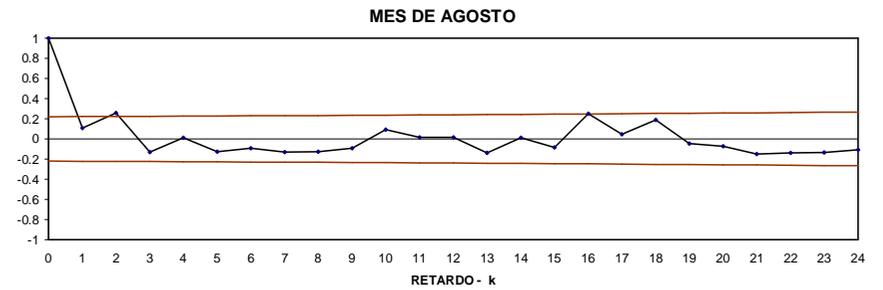
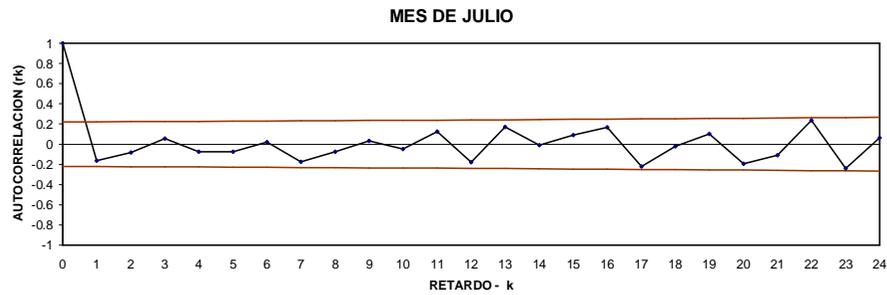
MODELO : PARMA ( p,q ) = (1,0)



**GRAFICO N°6.5.**  
**CORRELOGRAMA DE RESIDUALES - MODELO PARMA (1,0)**



**GRAFICO N°6.6.**  
**CORRELOGRAMA DE RESIDUALES - MODELO PARMA (1,0)**



**CUADRO N°6.6.****ANALISIS DE SEQUIAS Y CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO**

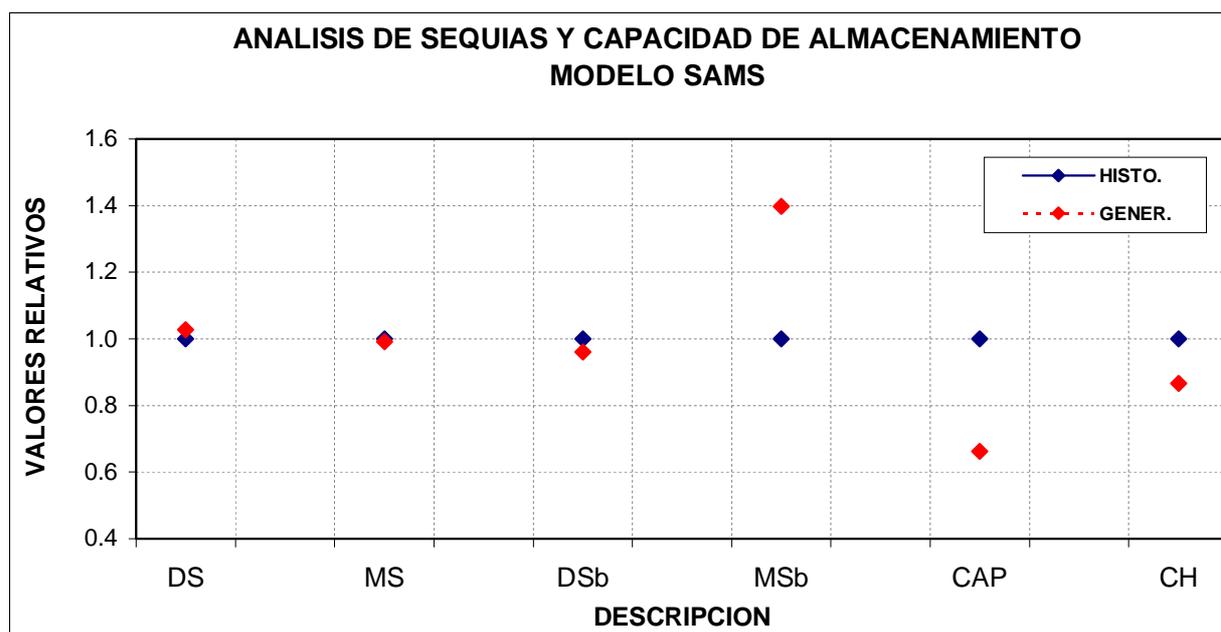
MODELO SAMS - V.98

MODELO : PARMA (1,0)

NUMERO DE SERIES GENERADAS : 10

NUMERO DE AÑOS SIMULADOS : 70

DESCRIPCION	SIMB.	VAL. ABSOLUTOS		VAL. RELATIVOS		
		HISTO.	GENER.	HISTO.	GENER.	
Duración Máxima de la Sequía Crítica	Meses	DS	22.00	22.60	1.00	1.03
Máximo Déficit o Sequía Crítica	m3/s	MS	287.86	285.26	1.00	0.99
Duración Máxima del Sobrante	Meses	DSb	5.00	4.80	1.00	0.96
Máximo Sobrante	m3/s	MSb	375.51	524.68	1.00	1.40
Capacidad Máxima de Almacenamiento		CAP	1,881.73	1,247.60	1.00	0.66
Coeficiente de HURST	1	CH	0.69	0.59	1.00	0.87

**GRAFICO N°6.7.**

### 6.3. MODELACION MATEMATICA DETERMINISTICA MODELO PRECIPITACION-APORTACION (MODELO TEMEZ).

#### 6.3.1. DESCRIPCION GENERAL DEL MODELO

Este conocido modelo determinístico, reproduce los procesos esenciales de transporte de agua que tienen lugar en las diferentes fases del ciclo hidrológico. Considera que el terreno se divide en dos zonas: (1) La superior no saturada, o de humedad del suelo, y (2) la inferior o acuífero, que funciona como un embalse subterráneo con desagüe a la red superficial de drenaje.

Según las fases del ciclo hidrológico, una parte  $T$  de agua precipitada  $P$ , acaba siendo drenada y sale por el río, mientras el resto, después de almacenarse en la zona de humedad del suelo, alimenta la evapotranspiración en fechas posteriores. El excedente  $T$  se descompone en una parte que discurre en superficie ( $E$ ) y otra parte que infiltra hasta el acuífero ( $I$ ). La primera evacua por el cauce dentro del periodo de tiempo presente, mientras que el agua infiltrada se incorpora al acuífero, desaguando parte en el presente intervalo y permaneciendo el resto en el embalse subterráneo para salir en fechas posteriores.

$$T_i = 0, \quad \text{si } P_i \leq P_0; \quad P_0 = C(H_{\max} - H_{i-1})$$

$$T_i = \frac{(P_i - P_0)^2}{P_i + \delta - 2P_0}, \quad \text{si } P_i > P_0; \quad \delta = H_{\max} - H_{i-1} + EP_i$$

Una vez estimado el excedente, la humedad en el suelo ( $H$ ) al final del periodo resultará:

$$H_i = \max(0; H_{i-1} + P_i - T_i - EP_i)$$

Habiéndose producido una evapotranspiración real ( $E$ ) igual a:

$$E_i = \min(H_{i-1} + P_i - T_i; EP_i)$$

Esta última expresión indica que se puede evapotranspirar toda el agua disponible con el límite superior de la evapotranspiración potencial.

El modelo adopta una ley de infiltración al acuífero ( $I$ ) función del excedente y del parámetro de infiltración máxima ( $I_{\max}$ ):

$$I_i = I_{\max} \frac{T_i}{T_i + I_{\max}}$$

La infiltración aumenta con el excedente, siendo asintótica para valores altos del mismo al valor límite  $I_{\max}$ .

Esta infiltración ( $I$ ) se admite que se convierte en recarga al acuífero ( $R$ ), en tanto que el resto del excedente ( $T-I$ ) será drenado por el cauce. Para ello se ha supuesto que el tiempo de paso por la zona no saturada es inferior al intervalo de tiempo de simulación. La ley de los caudales subterráneos resulta:

$$Q_i = Q_{i-1} \cdot e^{-\alpha t} + \alpha R_i \cdot e^{-\alpha t/2}$$

La aportación a lo largo del periodo t (i-1, i)  $A_{SUBi}$ , resulta:

$$A_{SUBi} = V_{i-1} - V_i + R_i \cdot t$$

La relación entre el caudal de descarga (Q) y el volumen (V) almacenado en el acuífero es:  $Q_i = \alpha \cdot V_i$ .

La aportación total (A) será la suma de la escorrentía superficial (excedente menos infiltración) y la aportación subterránea:

$$A_i = T_i - I_i + A_{SUBi}$$

### PARAMETROS DEL MODELO

$H_{max}$	:	Capacidad máxima de humedad del suelo (mm).
C	:	Parámetro de excedente (1).
$I_{max}$	:	Capacidad máxima de infiltración (mm).
$\alpha$	:	Coefficiente de la rama de descarga (1/días).

### CALIBRACION DEL MODELO

La Calibración ha consistido en la determinación de los parámetros del modelo que conducen a una reproducción adecuada del funcionamiento observado del sistema. La fase de calibración del modelo tiene como objetivo minimizar los errores del mismo, comparando los n valores observados ( $Q_o$ ) y simulados ( $Q_s$ ) mediante una función objetivo (F.O.), que para el presente caso ha sido adimensional de tipo cuadrático:

$$F.O. = \sqrt{\frac{\sum (Q_o - \bar{Q}_o)^2 - \sum (Q_o - Q_s)^2}{(\sum (Q_o - \bar{Q}_o)^2) \cdot n}}$$

### 6.3.2. APLICACION DEL MODELO

Consiste en la modelación matemática o generación de caudales sintéticos a partir de información de precipitación sobre la cuenca, evapotranspiración potencial de la misma e información de las series de caudal. La secuencia ha sido la siguiente:

➤ **Determinación de Información de Precipitación sobre la cuenca**

Corresponde a la precipitación areal sobre la cuenca húmeda del río San Juan. Su módulo mensual medio anual del periodo 1964-2002 es 563.9 mm, determinada en el ítem 4.4. del presente trabajo.

➤ **Determinación de Información de Evapotranspiración Potencial de la cuenca**

Corresponde a la evapotranspiración potencial del año promedio histórico para la cuenca húmeda (1242 mm/año), determinada en el ítem 3.2.3., mediante el empleo de la ecuación Hargreaves III Modificada. Esta información se ha considerado como constante para toda la serie simulada (1964-2002).

➤ **Determinación de Información de caudales medios mensuales del río San Juan.** Esta corresponde a la serie de caudales medios mensuales naturalizados y corregidos del río San Juan en la estación de aforo Conta del periodo 1964-2002, determinada en el ítem 5.3., cuyo valor medio anual es 11.06 m<sup>3</sup>/s.

➤ **Modelación determinística**

Ha consistido en la aplicación del modelo de transformación precipitación-escorrentía para el periodo 1964-2002, dada la disponibilidad de información pluviométrica para este periodo. El proceso de modelación consiste en la optimización (minimización) de la diferencia entre los caudales mensuales generados y observados, y la calibración en este proceso de los parámetros del modelo mediante los métodos de ensayo-error y minimización de la función objetivo propuesta.

En el proceso de calibración se ha determinado los siguientes parámetros, mediante el método de ensayo – error y la minimización de la función objetivo.

<b>H max</b>	=	90 mm	$\alpha$	=	0.035 días <sup>-1</sup>
<b>I max</b>	=	6 mm	<b>Ho</b>	=	50.0 mm
<b>C</b>	=	0.24	<b>Qo</b>	=	0.20 m <sup>3</sup> /s
<b>F.O.</b>	=	0.037364			

De los parámetros encontrados comentamos que éstos tienen un apropiado significado físico: El parámetro **C** representa el coeficiente de escorrentía de la cuenca, el parámetro  $\alpha$  representa el coeficiente de agotamiento de la cuenca.

### 6.3.3. SERIE DE CAUDALES GENERADA

El modelo reproduce una sola serie de caudales medios mensuales del río San Juan, ver **cuadro 6.7.** y **gráfico 6.8.**, cuyo promedio mensual para el año promedio es 9.68 m<sup>3</sup>/s, menor al histórico (14.02 m<sup>3</sup>/s), así mismo el modelo reproduce menores caudales en la temporada lluviosa, con un promedio mensual de caudales máximos de 20.92 m<sup>3</sup>/s, respecto a la serie histórica de 36.55 m<sup>3</sup>/s. Ello afianza el hecho que supone que la información histórica–aforada no es confiable.

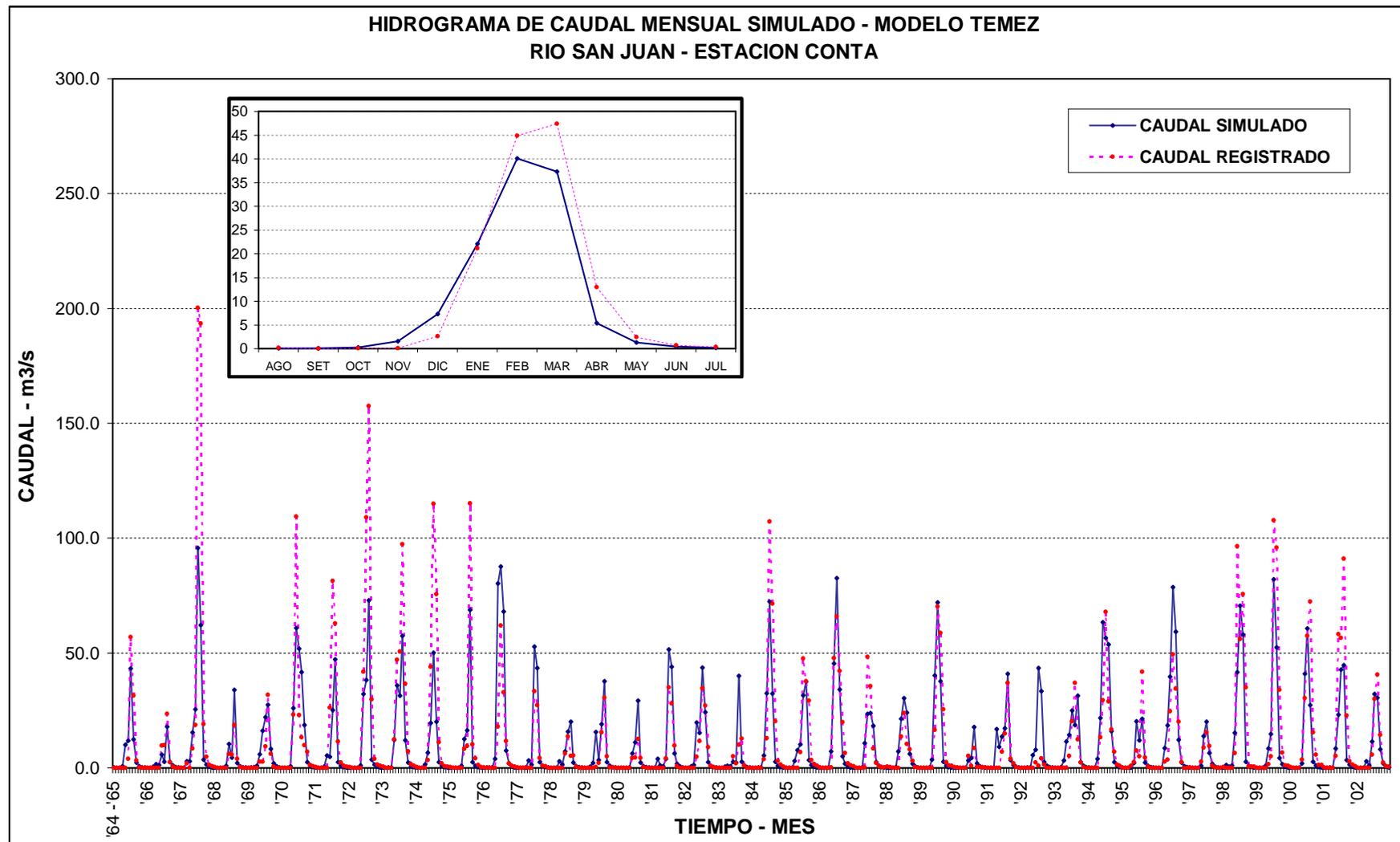
**CUADRO N°6.7.****GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES [m<sup>3</sup>/s] - Cuenca Río San Juan / Estación Conta****MODELO MATEMATICO DETERMINISTICO -TEMEZ-**

<b>AÑO</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>MEDIO</b>
1964/1965	0.12	0.04	0.01	0.72	9.99	11.94	43.29	12.47	2.26	0.78	0.27	0.09	6.83
1965/1966	0.03	0.01	0.47	1.67	1.29	5.81	2.72	18.05	2.54	1.03	0.35	0.12	2.84
1966/1967	0.04	0.01	2.82	2.88	15.54	25.50	95.66	62.11	3.54	1.38	0.47	0.16	17.51
1967/1968	0.06	0.02	0.08	0.06	0.86	10.41	4.54	33.96	2.24	0.77	0.26	0.09	4.45
1968/1969	0.04	0.23	0.37	0.96	5.95	16.16	22.04	27.56	8.23	2.03	0.70	0.24	7.05
1969/1970	0.08	0.03	0.01	0.70	25.96	60.98	51.97	41.71	18.63	2.48	0.85	0.29	16.97
1970/1971	0.10	0.03	0.01	0.55	5.37	4.93	25.16	47.19	2.57	0.90	0.31	0.11	7.27
1971/1972	0.04	0.01	0.00	0.00	1.16	32.12	38.30	72.88	3.52	1.38	0.47	0.16	12.50
1972/1973	0.05	0.02	0.10	0.24	12.16	35.93	31.49	57.53	11.97	2.30	0.79	0.27	12.74
1973/1974	0.09	0.03	0.01	1.51	6.69	19.56	50.03	20.15	2.50	0.88	0.30	0.12	8.49
1974/1975	0.05	0.02	0.01	0.00	0.86	12.59	16.43	68.75	2.59	0.89	0.31	0.11	8.55
1975/1976	0.04	0.14	0.11	0.09	3.88	80.38	87.70	68.11	7.57	2.06	0.71	0.24	20.92
1976/1977	0.08	0.03	0.01	0.00	3.23	1.49	52.81	43.56	2.57	0.92	0.31	0.11	8.76
1977/1978	0.04	0.01	0.00	2.82	1.46	7.13	15.86	20.08	2.30	0.79	0.27	0.09	4.24
1978/1979	0.03	0.08	0.58	2.23	15.66	3.46	18.97	37.71	2.47	0.86	0.29	0.10	6.87
1979/1980	0.03	0.01	0.00	0.00	0.27	6.28	11.09	29.25	2.34	0.81	0.28	0.10	4.21
1980/1981	0.03	0.01	3.96	1.03	0.69	4.01	51.52	43.99	6.23	1.87	0.64	0.22	9.52
1981/1982	0.07	0.03	0.75	1.19	19.79	15.31	43.69	24.32	2.53	0.87	0.30	0.10	9.08
1982/1983	0.03	0.01	0.60	0.82	0.80	2.62	2.31	40.14	2.70	1.09	0.37	0.13	4.30
1983/1984	0.04	0.05	0.17	0.12	5.45	32.43	72.47	32.25	2.65	0.92	0.32	0.11	12.25
1984/1985	0.04	0.01	0.00	3.13	7.67	10.24	31.60	37.46	3.40	1.34	0.46	0.16	7.96
1985/1986	0.05	0.02	0.01	0.00	7.14	45.37	82.71	34.06	5.09	1.74	0.60	0.21	14.75

**CUADRO N°6.7. (continuación)****GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES [m³/s] - Cuenca Río San Juan / Estación Conta****MODELO MATEMATICO DETERMINISTICO -TEMEZ-**

<b>AÑO</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>MEDIO</b>
1986/1987	0.07	0.02	0.01	0.26	10.73	23.46	23.86	18.36	2.51	0.93	0.32	0.11	6.72
1987/1988	0.04	0.01	0.01	0.36	7.25	21.37	30.37	24.00	6.06	1.84	0.63	0.22	7.68
1988/1989	0.07	0.03	0.02	0.22	3.68	40.32	71.96	37.74	2.67	0.92	0.32	0.11	13.17
1989/1990	0.04	0.01	0.00	0.00	0.08	3.30	4.36	17.74	2.01	0.74	0.28	0.10	2.39
1990/1991	0.03	0.01	0.00	16.80	9.12	13.68	17.30	40.89	3.37	1.33	0.45	0.16	8.60
1991/1992	0.05	0.02	0.15	0.15	5.65	7.97	43.41	33.43	2.56	0.88	0.30	0.10	7.89
1992/1993	0.04	0.06	0.29	3.20	11.52	14.42	24.91	18.66	31.42	2.53	0.87	0.30	9.02
1993/1994	0.10	0.03	0.07	4.02	21.68	63.49	56.56	53.76	15.90	2.44	0.84	0.29	18.27
1994/1995	0.10	0.03	0.01	0.00	2.19	20.38	12.00	21.42	2.34	0.82	0.28	0.10	4.97
1995/1996	0.03	0.01	0.02	8.65	18.47	39.71	78.73	59.34	12.16	2.33	0.80	0.28	18.38
1996/1997	0.09	0.03	0.01	0.00	0.96	13.78	20.15	6.45	1.82	0.63	0.22	0.07	3.69
1997/1998	0.03	1.34	0.60	1.01	15.32	41.68	70.57	58.05	2.77	0.96	0.33	0.11	16.06
1998/1999	0.04	0.01	0.03	0.97	8.38	14.66	82.15	52.37	4.23	1.58	0.54	0.19	13.76
1999/2000	0.06	0.02	0.04	0.03	2.05	41.01	60.65	27.28	2.73	1.01	0.35	0.12	11.28
2000/2001	0.04	0.01	0.10	0.08	8.35	23.16	42.83	44.75	3.45	1.35	0.46	0.16	10.40
2001/2002	0.05	0.02	0.01	2.86	1.15	11.57	32.17	30.62	8.10	2.03	0.70	0.24	7.46
<b>MEDIA</b>	0.06	0.07	0.30	1.56	7.33	22.07	40.11	37.32	5.38	1.33	0.46	0.16	9.68
<b>MAX</b>	0.12	1.34	3.97	16.80	25.96	80.38	95.66	72.88	31.42	2.53	0.87	0.30	20.92
<b>MIN</b>	0.03	0.01	0.00	0.00	0.08	1.49	2.31	6.45	1.82	0.63	0.22	0.07	2.39
<b>DES.VEST.</b>	0.03	0.22	0.78	3.04	6.71	18.71	26.28	16.85	5.87	0.59	0.20	0.07	4.78
<b>VOL (MMC)</b>	0.14	0.18	0.78	4.18	19.62	53.87	107.44	96.74	14.42	3.44	1.22	0.42	302.45

GRAFICO N°6.8.



## 6.4. MODELACION DETERMINISTICA / ESTOCASTICA – MODELO PLAN MERISS (MODELO LUTZ SCHOLZ).

### 6.4.1. GENERALIDADES

El proyecto especial “Plan de mejoramiento de riego en la sierra y selva”, PLAN MERISS, en el año 1980 ha implementado un modelo matemático combinado para la estimación de caudales a escala mensual, el que ha sido calibrado en cuencas de la sierra peruana comprendidas entre Cusco y Cajamarca; el mismo que consideramos importante para su aplicación en la presente cuenca del río San Juan, puesto que validará la información hidrométrica histórica a partir de información de la precipitación efectiva de la cuenca, aplicación que además está sustentada en el hecho que la cuenca alta o cuenca húmeda está inscrita en el área de cuencas de calibración del modelo.

Este modelo matemático es combinado porque tiene una parte determinística y otra estocástica. La parte determinística describe los procesos físicos que se producen en la cuenca y que pueden ser determinados, correspondiendo a esta parte la generación de caudales mensuales durante el año promedio. La parte estocástica considera una influencia aleatoria, que en el presente caso es en la generación de series hidrológicas para periodos extendidos.

El cálculo por modelo tiene la ventaja de poder constatar la influencia de cada componente del balance hidrológico y en consecuencia tener la posibilidad de calibrar el modelo por aforos.

### 6.4.2. DESCRIPCION GENERAL DEL MODELO

El elemento constitutivo del modelo es el cálculo en base a la precipitación mensual teniendo en cuenta las características de la cuenca. En base a los datos disponibles se ha establecido y calibrado modelos parciales para las influencias de mayor importancia al escurrimiento y la retención de la cuenca.

El modelo comprende dos etapas:

Primero se establece el balance hídrico, para determinar la influencia de los parámetros meteorológicos de la cuenca durante el año promedio.

Posteriormente se determina los caudales para el periodo extendido, mediante un proceso Markoviano (de regresión triple) teniendo en cuenta la precipitación efectiva como variable de impulso para determinar los parámetros estadísticos de la distribución empírica tales como el promedio, la desviación estándar y sesgo.

## A. GENERACION DE CAUDALES MENSUALES DURANTE EL AÑO HIDROLOGICO

Se lleva a cabo mediante el cálculo del balance hídrico de la cuenca:

$$CM = P - D + G - A \quad (\text{mm/mes}) ; \text{ donde:}$$

$C_m$  = Caudal medio mensual

$P$  = Precipitación total mensual

$D$  = Déficit de escurrimiento

$G$  = Gaste de la retención

$A$  = Alimentación de la retención

El término  $(P-D)$  se reemplaza por la precipitación efectiva PE, que indica la parte de la precipitación que causa escurrimiento, entonces:

$$CM = PE + G - A$$

Esta operación permite tener en cuenta una relación variable entre el escurrimiento y la precipitación que representa a la naturaleza de manera más adecuada que un coeficiente de escurrimiento fijo durante todo el año.

### PRECIPITACION EFECTIVA

Asumiendo que los caudales promedio observados pertenecen a un estado de equilibrio entre el gasto y abastecimiento de la retención de la cuenca, se calcula la precipitación efectiva para el coeficiente de escurrimiento promedio de manera que la relación entre precipitación efectiva y total sea igual a dicho coeficiente.

Su cálculo está en base al método del USBR en su forma polinomial.

### GASTO Y ABASTECIMIENTO DE LA RETENCION

Durante la estación seca el gasto de la retención alimenta los ríos y mantiene la descarga básica, la cual se puede representar mediante un proceso de agotamiento según la fórmula:

$$CM_t = e^{-at} \cdot CM_o$$

Donde;

$CM_t$  = Caudal del mes t

$CM_o$  = Caudal inicial

a = Coeficiente de agotamiento

t = Tiempo

Los caudales del periodo seco se calculan sumando la lámina de escurrimiento del proceso de agotamiento y la precipitación efectiva del mes respectivo.

$$CM_t = PE_t + G_t$$

La retención de la cuenca que se agota al final de la estación seca es alimentada por las lluvias y descargas de la estación lluviosa que sigue.

Los caudales del periodo lluvioso son calculados restando de la precipitación efectiva una parte que entra en la retención de la cuenca:

$$CM_t = PE_t - A_t$$

La retención depende de la extensión de los almacenes hídricos de la cuenca. Se puede distinguir como los de mayor importancia. Acuíferos, lagunas, pantanos y nevados. Cada uno tiene una lámina específica de retención, variando para esta región entre 200 y 500 mm/año.

## B. GENERACION DE CAUDALES MENSUALES PARA PERIODOS EXTENDIDOS

El modelo consiste en una combinación de un proceso Markoviano de primer orden con una variable de impulso. El elemento constitutivo del modelo Markoviano es la autorregresión del evento en el tiempo con el mismo evento en el tiempo t-1.

La variable de impulso para descargas es la precipitación efectiva. Para aumentar el rango de los valores y obtener una aproximación adecuada a la realidad, se considera además una variable aleatoria. La ecuación integral es:

$$CM_t = B1 + B2.CM_{t-1} + B3.PE_t + z.S.(1-r^2)^{1/2} ; \text{ donde:}$$

- $CM_t$  = Caudal del mes t  
 $CM_{t-1}$  = Caudal del mes anterior  
 $PE_t$  = Precipitación efectiva  
 $B1$  = Factor constante  
 $B2$  = Factor de influencia del valor  $CM_{t-1}$   
 $B3$  = Factor de influencia del valor  $PE_t$   
 $r$  = Coeficiente de regresión  
 $S$  = Desviación de residuos  
 $z$  = Variable aleatoria con distribución normal, con media cero y desviación tipo unitaria.

Los valores  $B1$ ,  $B2$ , y  $B3$  se obtiene por un proceso de regresión triple mediante los caudales y precipitaciones efectivas durante el año promedio.

Para iniciar el proceso de simulación, la elección del valor inicial se puede hacer siguiendo los siguientes criterios:

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo
- Con el caudal promedio de cualquier mes.

#### 6.4.3. APLICACION DEL MODELO

En la implementación del modelo se ha seguido la siguiente secuencia:

##### ➤ **Requerimiento de información**

Registro de precipitaciones mensuales sobre la cuenca (precipitación areal). Es la correspondiente a la determinada en el ítem 4.4.2., siendo la precipitación media anual de la cuenca **P = 563.9 mm/año.**

Precipitación efectiva. Calculada en el **cuadro N°6.8.** mediante la utilización de las curvas PEI y PEII del método USBR. La precipitación efectiva total anual resultante es de **PE = 129.7 mm/año.**

Registro de caudales medios mensuales. Se utiliza los caudales corregidos y naturalizados de la estación de Conta, determinados en el ítem 5.4., para el año promedio histórico, cuyo valor medio anual es de **151.10 mm.**

##### ➤ **Determinación de los parámetros del modelo**

Coeficientes anuales medios de escorrentía: Determinados en el **cuadro N°6.8.** mediante la aplicación de las ocho fórmula empíricas propuestas en el modelo; asumiéndose finalmente un valor de **C = 0.23.**

Coeficiente de agotamiento: Calculado en el **cuadro N°6.8.** mediante la aplicación de las fórmulas empíricas del modelo, las están en función del área, retención, vegetación de la cuenca; asumiéndose finalmente un valor de **a = 0.040 días<sup>-1</sup>.**

Retención de la cuenca: Es la correspondiente a los datos de campo de la cuenca húmeda del río San Juan; las fuentes hídricas, en orden de mayor a menor contribución a la retención son: Lagunas (0.66 Km<sup>2</sup> de superficie), nevados (0.98 Km<sup>2</sup> de área) y acuíferos (109.91 Km<sup>2</sup>), mapeados según variaciones de 6%, 8% y 9% de pendiente de terreno, siendo las subcuencas Colcabamba y Alta San Juan, las de mayor aporte. La retención total determinada es 11.6 **mm/año**. Ver **cuadro N°6.8**.

Parámetros del modelo en su segunda parte estocástica: Factores resultantes de la regresión triple: **B1 = -0.628 mm/mes**, **B2 = 0.210**, **B3 = 0.848**, **S = 0.883 mm/mes** y **r = 0.999**, mostrados en el **cuadro N°6.9**.

#### **6.4.4. CAUDALES GENERADOS**

El proceso ha consistido primeramente en la aplicación del modelo en su parte determinística para la generación de caudales medios mensuales para el año promedio hidrológico, cuyos resultados se muestran en el **cuadro N°6.9.**, resultando el caudal mensual medio anual generado 129.7 mm (10.43 m<sup>3</sup>/s), menor al aforado, 151.1 mm (11.06 m<sup>3</sup>/s, para el periodo 1964-2002; y 14.02 m<sup>3</sup>/s, para el periodo 1934-2002).

El proceso siguiente, de generación de caudales para el periodo extendido 1964-2002, se basa en la utilización de toda la serie del mismo periodo de la precipitación areal de la cuenca húmeda, en base a la cual se ha calculado la precipitación efectiva mediante la ponderación de las curvas PEI y PEII; el modelo original sólo emplea una curva (la que mayor incidencia porcentual tiene), sin embargo consideramos que la ponderación realizada es más exacta y por tanto real.

En el **cuadro 6.10.** se muestra la serie extendida generada y su respectivo hidrograma en el **gráfico 6.9.** Se han generado 10 series de información hidrométrica, que se exponen en los anexos 1.5. y 1.6., respectivamente; sin embargo no existe una significativa variación de éstas, es decir que la variable aleatoria no tiene mucha incidencia en el modelo estocástico.

Así como el modelo Témez, el presente modelo también reproduce menores caudales. Ello, una vez más, confirma la suposición de la inconsistencia de los caudales aforados del río San Juan en la época lluviosa.

**CUADRO N°6.8.**  
**GENERACION DE CAUDALES MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO**  
**PARAMETROS DEL MODELO MATEMATICO -PLAN MERISS- (Lutz Scholz)**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA**

PRECIPITACION EFECTIVA						COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO		
MES	TOTAL P	PE I	PE II	PE III	PE	a = -ln(Q/Qo)/Dias		FORMULAS EMPIRICAS
AGO	5.9	0.0	0.7	1.5	0.6	123	0.0361	<b>a = f (Area Cuenca)</b>
SEP	13.1	0.0	1.5	3.0	1.3	153	0.0434	
OCT	24.0	0.1	2.5	5.0	2.1	184	0.0294	a1 = 0.0128
NOV	35.6	0.4	3.7	7.2	3.2	214	0.0227	a2 = 0.0088
DIC	65.8	2.5	9.6	16.7	8.5	----	----	a3 = 0.0048
ENE	102.9	9.5	26.0	42.7	23.4	----	----	a4 = 0.0018
FEB	129.0	19.8	44.9	69.3	41.0	----	----	<b>a = f ( Area, ETP, Temp., Retención de la cuenca</b>
MAR	133.2	22.0	48.4	73.5	44.3	----	----	
ABR	39.9	0.6	4.3	8.1	3.7	----	----	a5 = 0.00750
MAY	7.3	0.0	0.9	1.8	0.8	31	0.0541	
JUN	2.3	0.0	0.3	0.6	0.3	61	0.0489	
JUL	4.9	0.0	0.6	1.2	0.5	92	0.0389	
ANUAL	563.9	54.9	143.4	230.6	129.7	a	<b>0.0391</b>	
C12		C21	C23	C32	Cfte. De Agotamiento Asumido =			<b>0.0400</b>
0.155		0.845	1.157	-0.157				

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
FORMULA EMPIRICA	C
C1= 0.914-2.36E-4 x Pc - 0.0581 x Tc	0.27
C2= 0.682-0.0526 x Tc - 1.36E-4 x Tc <sup>2</sup>	0.20
C3= 1.813-1.87E-4 x Pc - 1.12E-3 x ETP	0.32
C4= 5.21-7.31E-3 x ETP + 2.68E-6 x ETP <sup>2</sup>	0.26
C5= 3.16E12 x Pc <sup>0.571</sup> x ETP <sup>-3.686</sup>	0.33
C6= 6.47 - 0.0691 x Ln(Pc)- Ln( ETP)	0.33
C7= (Pc -Do) / Pc	0.28
C8= (Pc -D1) / Pc	0.30
Do=0.872 x Pc + 1.032 x ETP - 1380	393.6
D1=Pc / (0.9 + Pc <sup>2</sup> /Ct <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup>	406.3
<b>COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ASUMIDO</b>	<b>0.23</b>

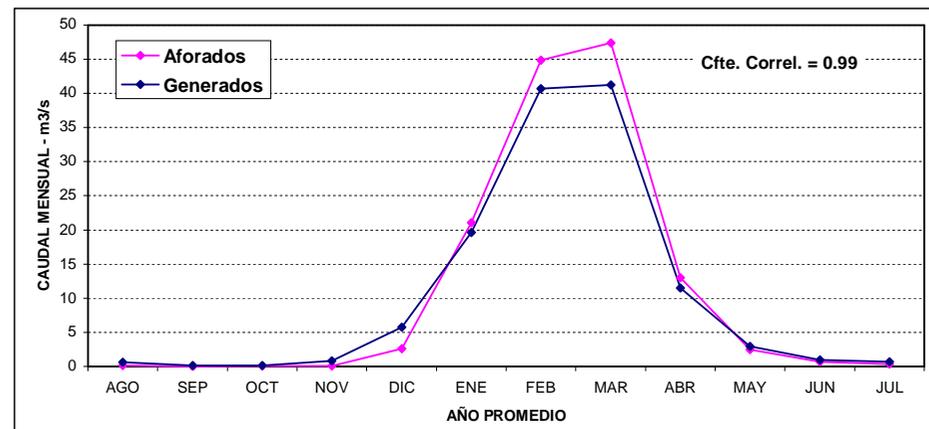
RETENCION EN LA CUENCA				
FUENTE	PEND.%	AREA Km2	LAMINA mm/año	RETENCION m3/año
LAGUNAS	---	0.66	500.0	3.29E+05
NEVADOS	---	0.58	500.0	2.90E+05
acuiferos	6	26.49	270.0	7.15E+06
acuiferos	8	44.26	255.0	1.13E+07
acuiferos	9	39.91	247.5	9.88E+06
AREA DE ACUIFEROS POR SUBCUENCA (Km2)				
PEND.	Cocab. - Alta	Tantar	Huachos	Ayoq-Capillas
6%	26.488	0.000	0.000	0.000
7%	21.350	5.230	9.540	8.140
8%	11.572	12.780	7.210	8.350
<b>RETENCION DE LA CUENCA - mm/año</b>				<b>11.6</b>

**CUADRO N°6.9.**

**GENERACION DE CAUDALES MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO  
MODELO MATEMATICO -PLAN MERISS- (Lutz Scholz)  
CUENCA DEL RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA**

AÑO PROMEDIO	PRECIPITACION MENSUAL		CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES MENSUALES			
	Total (P) [mm]	Efectiva (PE) [mm]	Gasto		Abastecimiento		Generados		Aforados	
			bi	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes	mm/mes	m3/s	m3/s	mm/mes
AGO	5.9	0.6	0.00	0.1			0.7	0.61	0.15	0.2
SEP	13.1	1.3	0.00	0.0	0.10	1.2	0.2	0.16	0.02	0.0
OCT	24.0	2.1	0.00	0.0	0.17	2.0	0.1	0.12	0.06	0.1
NOV	35.6	3.2			0.20	2.3	0.9	0.85	0.10	0.1
DIC	65.8	8.5			0.20	2.3	6.2	5.76	2.59	3.1
ENE	102.9	23.4			0.20	2.3	21.1	19.63	21.09	24.9
FEB	129.0	41			0.13	1.5	39.5	40.72	44.86	47.9
MAR	133.2	44.3			0.00	0.0	44.3	41.26	47.39	56.0
ABR	39.9	3.7	0.30	8.2			11.9	11.47	12.98	14.8
MAY	7.3	0.8	0.09	2.4			3.2	2.95	2.43	2.9
JUN	2.3	0.3	0.03	0.7			1.0	0.97	0.66	0.8
JUL	4.9	0.5	0.01	0.2			0.7	0.67	0.36	0.4
TOTAL	563.9	129.7	0.43	11.6	1.00	11.6	129.7	10.43	11.06	151.1

PARAMETROS BASICOS CALCULADOS	
Area de la cuenca húmeda (Km²)	2,267.6
Altitud Media de la cuenca húmeda (m.s.n.m.)	3,825.4
Precipitación Media Anual de la cuenca (mm)	563.9
Temperatura Media Anual de la cuenca (°C)	8.9
ETP Media Anual de la cuenca (mm)	1,242.2
Retención de la cuenca (mm/año)	11.6
Duración de la temporada seca: abr-oct. (días)	214.0
Coef. de Escorrentía asumido para el modelo	0.230
Coef. de Agotamiento asumido para el modelo (días <sup>-1</sup> )	0.04000
<b>REGRESION TRIPLE</b>	
B1 [mm/mes]	-0.628
B2	0.210
B3	0.848
S [mm/mes]	0.883
r	0.999



**CUADRO N°6.10.**

**GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA PERIODOS EXTENDIDOS [m<sup>3</sup>/s]  
 MODELO MATEMATICO -PLAN MERISS- (Lutz Scholz)  
 RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA**

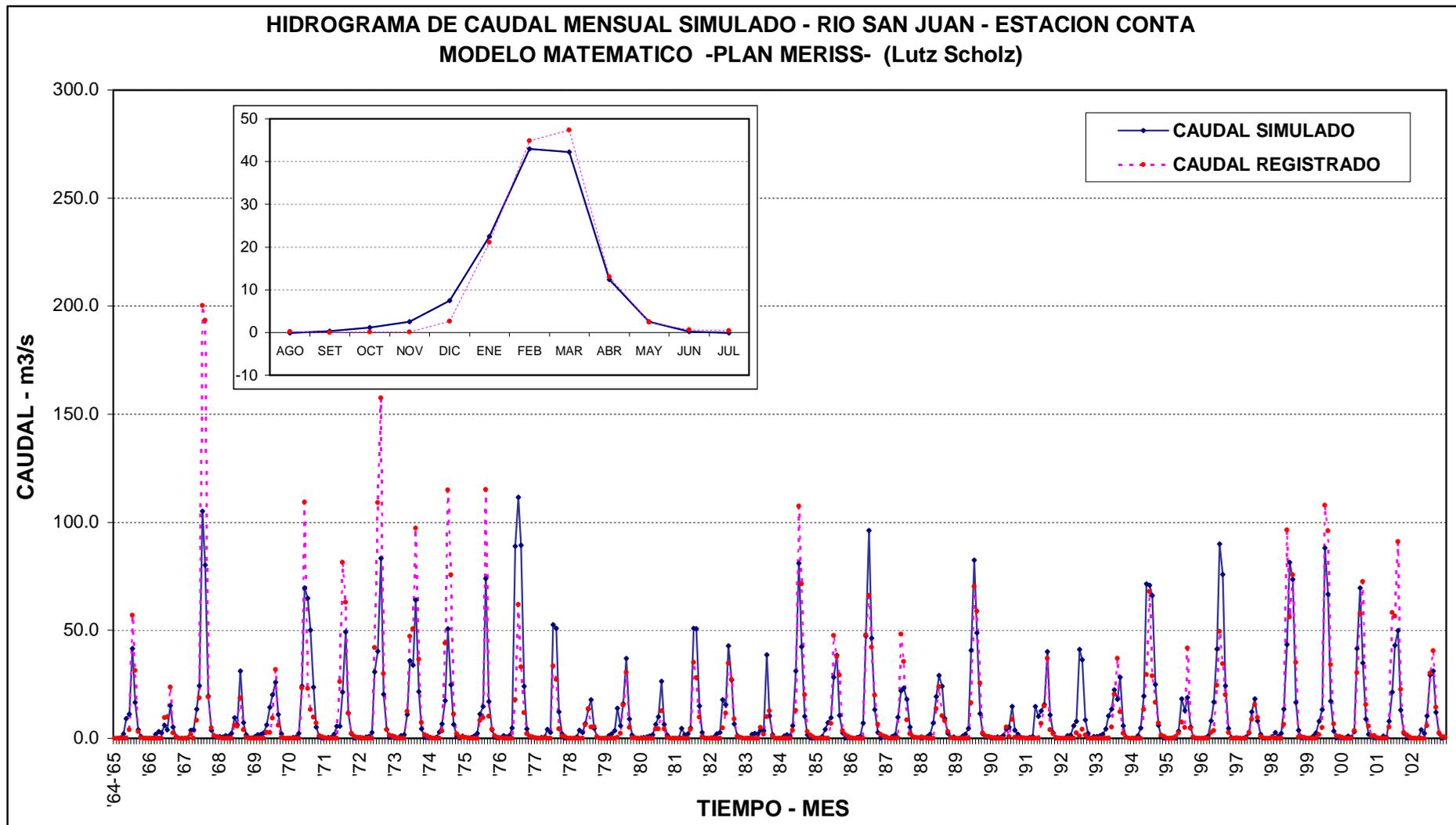
<b>AÑO</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>TOTAL</b>
1964/1965	-0.33	0.05	0.25	2.17	9.17	11.29	41.54	16.68	4.00	0.74	-0.02	0.01	7.13
1965/1966	-0.15	0.02	1.79	3.10	2.59	6.01	4.04	15.11	5.19	0.79	-0.30	-0.60	3.13
1966/1967	-0.60	0.21	3.74	3.93	13.57	24.31	105.22	80.17	19.52	3.79	0.84	0.62	21.28
1967/1968	0.76	0.68	1.30	1.07	2.35	9.52	6.14	31.21	7.35	1.56	0.15	0.14	5.19
1968/1969	0.93	1.68	1.85	2.58	6.14	14.41	20.05	26.02	11.05	2.01	0.05	-0.37	7.20
1969/1970	-0.30	0.32	0.68	2.25	24.13	69.66	64.76	50.07	23.59	5.22	0.69	0.02	20.09
1970/1971	-0.39	0.37	0.45	1.96	5.71	5.58	21.37	49.26	11.70	2.04	-0.06	0.39	8.20
1971/1972	0.22	0.27	0.66	0.93	2.62	30.77	40.26	83.34	20.28	4.14	0.39	-0.27	15.30
1972/1973	-0.53	0.18	1.20	1.63	11.06	36.00	33.78	63.95	21.61	4.29	0.37	-0.43	14.43
1973/1974	-0.41	-0.06	0.47	2.89	6.65	17.55	50.77	24.63	6.41	0.96	0.29	0.99	9.26
1974/1975	-0.18	0.18	0.41	1.02	2.34	11.24	14.85	74.06	17.00	3.96	0.58	0.29	10.48
1975/1976	-0.11	1.30	0.53	1.30	4.71	88.96	111.47	89.26	24.18	4.44	0.54	-0.17	27.20
1976/1977	-0.32	-0.15	0.32	0.60	4.06	2.76	52.53	50.80	12.28	2.07	-0.09	-0.50	10.36
1977/1978	-0.63	-0.15	0.59	3.84	2.67	6.87	13.56	17.97	4.53	0.89	-0.33	-0.63	4.10
1978/1979	-0.25	1.15	2.06	3.53	13.85	5.78	16.03	36.90	8.96	1.54	-0.14	-0.53	7.41
1979/1980	0.16	0.35	0.68	1.02	1.68	6.47	9.99	26.33	6.53	1.36	-0.27	-0.36	4.49
1980/1981	-0.60	0.20	4.55	1.64	2.02	4.78	50.89	50.77	15.01	2.73	0.05	-0.17	10.99
1981/1982	0.27	0.68	2.16	2.62	17.77	15.62	42.74	26.95	6.55	1.20	-0.17	-0.50	9.66
1982/1983	-0.41	0.10	1.95	2.30	2.13	3.77	3.58	38.70	10.40	1.63	-0.14	-0.55	5.29
1983/1984	0.09	1.12	1.57	1.12	5.77	31.19	81.02	42.30	10.25	1.73	0.29	-0.06	14.70
1984/1985	-0.21	-0.07	0.93	4.19	7.35	9.59	28.29	38.51	10.54	2.46	0.14	-0.41	8.44

**CUADRO N°6.10. (Continuación)**

**GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA PERIODOS EXTENDIDOS [m<sup>3</sup>/s]  
 MODELO MATEMATICO -PLAN MERISS- (Lutz Scholz)  
 RIO SAN JUAN - ESTACION CONTA**

<b>AÑO</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>TOTAL</b>
1985/1986	-0.56	-0.24	0.47	0.85	7.02	47.30	96.28	46.29	13.24	2.66	0.20	-0.17	17.78
1986/1987	-0.25	0.10	0.81	1.76	9.78	21.93	23.25	17.98	5.26	0.89	-0.12	-0.18	6.77
1987/1988	-0.07	-0.26	0.79	1.84	7.10	19.35	29.02	24.07	9.22	2.38	0.40	0.55	7.87
1988/1989	-0.37	-0.15	0.98	1.77	4.63	40.65	82.50	48.92	11.51	2.14	0.68	-0.12	16.10
1989/1990	0.22	0.12	0.57	0.32	1.33	4.31	5.19	14.79	3.67	1.80	0.42	-0.24	2.71
1990/1991	-0.06	0.36	0.87	14.81	10.20	12.72	15.58	40.17	10.91	2.49	0.23	-0.01	9.02
1991/1992	-0.46	-0.17	1.28	1.35	5.92	7.90	41.16	36.30	8.59	2.32	-0.05	0.73	8.74
1992/1993	0.81	1.32	1.85	4.31	10.32	13.43	22.40	18.04	28.32	5.78	0.71	-0.37	8.91
1993/1994	-0.10	0.10	1.18	4.75	19.56	71.47	70.79	66.15	24.90	5.99	0.84	-0.05	22.13
1994/1995	-0.09	-0.06	0.17	0.09	3.26	18.22	12.92	18.97	5.11	0.71	-0.33	-0.58	4.87
1995/1996	-0.52	0.19	1.04	8.13	16.87	41.30	90.06	75.92	24.30	4.53	0.50	-0.45	21.82
1996/1997	-0.44	-0.13	0.05	0.71	2.46	12.26	18.25	8.02	1.85	-0.10	-0.24	-0.14	3.55
1997/1998	0.78	2.71	0.88	2.39	13.54	43.43	81.36	73.52	16.56	3.72	0.28	-0.37	19.90
1998/1999	-0.43	-0.17	0.98	2.54	7.91	13.30	88.03	66.74	17.16	3.27	0.21	-0.43	16.59
1999/2000	-0.62	0.19	1.10	0.36	3.19	41.56	69.50	34.99	8.98	1.88	-0.13	-0.54	13.37
2000/2001	-0.39	-0.46	1.13	0.50	7.91	21.34	43.07	49.92	13.00	2.24	0.00	-0.49	11.48
2001/2002	-0.62	-0.04	0.17	3.85	2.35	10.40	29.22	31.08	12.04	2.21	-0.07	-0.45	7.51
<b>MEDIA</b>	-0.16	0.31	1.12	2.53	7.41	22.45	42.93	42.23	12.41	2.49	0.17	-0.17	11.14
<b>MAX</b>	0.93	2.71	4.55	14.81	24.13	88.97	111.47	89.26	28.32	5.99	0.84	0.99	27.20
<b>MIN</b>	-0.63	-0.46	0.05	0.09	1.33	2.76	3.58	8.02	1.85	-0.10	-0.33	-0.63	2.71
<b>DES.VEST.</b>	0.42	0.63	0.92	2.59	5.57	20.58	31.36	21.99	6.89	1.48	0.34	0.40	6.19
<b>VOL (MMC)</b>	-0.42	0.83	2.90	6.77	19.86	54.79	114.99	109.47	33.23	6.44	0.45	-0.45	348.86

GRAFICO N°6.9.



## **6.5. ANALISIS DE PERSISTENCIA CON CAUDALES GENERADOS**

### **6.5.1. MODELO DETERMINISTICO TEMEZ**

El cálculo de la disponibilidad hídrica del río San Juan con información generada mediante el modelo Témez (serie 1964-2002), se ha realizado para un ajuste empírico Weibull, a los niveles de persistencia 50, 75, 90 y 95%. Ver el **cuadro N°6.11**.

Para el ajuste empírico, la disponibilidad hídrica del caudal mensual medio anual al 75 % de persistencia es 4.57 m<sup>3</sup>/s, (histórico naturalizado = 5.18 m<sup>3</sup>/s), presentándose el menor valor en los meses de setiembre y octubre con 0.01 m<sup>3</sup>/s (histórico naturalizado = 0.0 m<sup>3</sup>/s). La mayor disponibilidad 23.36 m<sup>3</sup>/s le corresponde al mes de marzo ((histórico naturalizado = 27.22 m<sup>3</sup>/s).

### **6.5.2. MODELO COMBINADO PLAN MERISS**

En forma análoga se ha determinado la disponibilidad hídrica del río San Juan con información generada mediante este modelo, para un ajuste empírico, a los niveles de persistencia 50, 75, 90 y 95% de probabilidad. Ver el **cuadro N°6.12**.

Para el ajuste empírico, la disponibilidad hídrica del caudal mensual medio anual al 75 % de persistencia es 5.10 m<sup>3</sup>/s, (histórico naturalizado = 5.18 m<sup>3</sup>/s), presentándose el menor valor en los meses de junio a setiembre con 0.00 m<sup>3</sup>/s (histórico naturalizado = 0.0 m<sup>3</sup>/s). La mayor disponibilidad 24.52 m<sup>3</sup>/s le corresponde al mes de marzo ((histórico naturalizado = 27.22 m<sup>3</sup>/s).

Como conclusión, es importante notar que los modelos Témez y Plan Meriss determinan menores disponibilidades para el año promedio, sin embargo el modelo Meriss tiene un mejor ajuste respecto a la disponibilidad hídrica con información histórica naturalizada.

**CUADRO N°6.11.**  
**DISPONIBILIDAD HIDRICA - RIO SAN JUAN (ESTACION CONTA)**  
**SERIE GENERADA 1964-2002 - MODELO DETERMINISTICO TEMEZ**

**AJUSTE EMPIRICO - WEIBULL :  $m/(n+1)$**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m <sup>3</sup> / s )													
Pers(%)	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	MEDIA
<b>MEDIA</b>	0.05	0.07	0.30	1.56	7.33	22.07	40.11	37.32	5.38	1.33	0.46	0.16	9.68
<b>50.00</b>	0.04	0.02	0.02	0.62	5.80	14.99	35.24	35.76	2.72	1.02	0.35	0.12	8.06
<b>75.00</b>	0.04	0.01	0.01	0.06	1.26	7.76	18.55	23.36	2.51	0.88	0.30	0.10	4.57
<b>90.00</b>	0.03	0.01	0.00	0.00	0.79	3.45	4.53	18.02	2.26	0.78	0.27	0.09	2.52
<b>95.00</b>	0.03	0.01	0.00	0.00	0.26	2.56	2.69	12.17	2.00	0.73	0.26	0.09	1.74
VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( MMC )													
Pers(%)	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	TOTAL
<b>MEDIA</b>	0.15	0.16	0.81	4.05	19.63	57.20	107.44	99.96	13.95	3.55	1.18	0.42	308.50
<b>50.00</b>	0.11	0.05	0.06	1.61	15.53	38.84	94.38	95.79	7.04	2.73	0.91	0.32	257.38
<b>75.00</b>	0.10	0.03	0.02	0.14	3.36	20.11	49.68	62.56	6.51	2.34	0.78	0.28	145.92
<b>90.00</b>	0.09	0.03	0.01	0.01	2.11	8.93	12.12	48.25	5.86	2.09	0.70	0.25	80.44
<b>95.00</b>	0.08	0.03	0.01	0.00	0.70	6.64	7.22	32.59	5.19	1.97	0.68	0.24	55.34

**CUADRO N°6.12.**  
**DISPONIBILIDAD HIDRICA - RIO SAN JUAN (ESTACION CONTA)**  
**SERIE GENERADA 1964-2002 - MODELO PLAN MERISS (LUTZ SCHOLZ)**

**AJUSTE EMPIRICO - WEIBULL :  $m / (n+1)$**

<b>CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m<sup>3</sup> / s )</b>													
<b>Pers(%)</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>MEDIA</b>	0.00	0.31	1.11	2.52	7.41	22.44	42.92	42.23	12.40	2.49	0.16	0.00	11.14
<b>50.00</b>	0.00	0.13	0.91	2.01	6.09	13.86	37.03	38.60	10.91	2.08	0.12	0.00	9.27
<b>75.00</b>	0.00	0.00	0.53	3.13	2.59	7.66	15.89	24.52	6.54	1.54	0.00	0.00	5.10
<b>90.00</b>	0.00	0.00	0.23	4.36	2.20	4.72	6.06	16.56	4.47	0.80	0.00	0.00	3.15
<b>95.00</b>	0.00	0.00	0.16	8.47	1.67	3.79	4.03	14.54	3.67	0.74	0.00	0.00	2.93
<b>VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( MMC )</b>													
<b>Pers(%)</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>MEDIA</b>	0.00	0.75	2.97	6.54	19.86	58.16	114.96	113.11	32.14	6.67	0.41	0.00	354.68
<b>50.00</b>	0.00	0.31	2.45	5.22	16.32	35.93	99.18	103.37	28.27	5.58	0.30	0.00	295.57
<b>75.00</b>	0.00	0.00	1.43	8.11	6.93	19.86	42.57	65.67	16.96	4.12	0.00	0.00	162.55
<b>90.00</b>	0.00	0.00	0.62	11.29	5.88	12.22	16.24	44.35	11.59	2.14	0.00	0.00	100.06
<b>95.00</b>	0.00	0.00	0.43	21.95	4.49	9.81	10.80	38.94	9.51	1.98	0.00	0.00	92.98

## 7. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDROLOGICO DE LA CUENCA.

### REGULACION PARCIAL POR ALMACENAMIENTO

#### 7.1. LA CUENCA Y EL CICLO HIDROLOGICO

La escorrentía del río San Juan se debe a todo un proceso natural de transformación precipitación–escorrentía (ciclo hidrológico), el cual ocurre en el espacio físico natural de la cuenca.

El componente natural o parámetro meteorológico más importante de este ciclo hidrológico es la precipitación, la que para el caso de la cuenca húmeda San Juan proviene del ascenso de las nubes desde el Océano Atlántico hacia la cordillera andina, estas son de carácter netamente convectivo, concentradas en los meses de verano (diciembre a abril). Conjuntamente que los fenómenos de retención superficial (que para la cuenca es del orden de los 11.6 mm/año) y el proceso de infiltración, se abastecen los acuíferos de la cuenca alta y media. Dependiendo de las condiciones estacionales de un año hidrológico se combinan los procesos de agotamiento de la retención (aporte subterráneo) y flujo superficial, generándose entonces la escorrentía o caudal total de salida del sistema a través de su cauce final, río San Juan.

Los períodos o ciclos básicos que comprende el ciclo hidrológico de la cuenca del río San Juan están determinados por los sucesos estacionales de la precipitación y escorrentía superficial; definiéndose los periodos de lluvia y estiaje. Según los respectivos registros pluviométricos, la época lluviosa está determinada por el suceso del 93.28% de la escorrentía (82.7% de la precipitación) en los meses de noviembre a marzo (151 días), correspondiéndole el restante 6.72% de escorrentía anual (17.3% de precipitación) a los meses abril a octubre (214 días) que define la época de sequía o estiaje.

#### 7.1.1. DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL CICLO HIDROLOGICO EN LA CUENCA

Para cuantificar y describir el funcionamiento hidrológico de la cuenca del río San Juan empleamos el concepto de balance hidrológico, el cual permite inferir, con cierto grado de seguridad, sus características y comportamiento frente a los factores incidentes principales, tales como: precipitación, evapotranspiración real, infiltración, flujo subterráneo y escorrentía superficial.

La ecuación básica simplificada de balance hidrológico de una cuenca es:

$$(P + Q_i) - E(E_t) \pm \Delta S = Q_s$$

Donde:

- P = Precipitación en todas sus formas.
- Q<sub>i</sub> = Caudal ingresado a la cuenca, superficial o subterráneo.
- E(E<sub>t</sub>) = La energía solar, representada en este caso por la evaporación y la evapotranspiración en la cuenca.
- ΔS = Variación en el almacenamiento que puede producirse en el sistema.
- Q<sub>s</sub> = Caudal de salida o escorrentía en todas las formas que comprende (corrientes superficiales, subálveas y subterráneas).

Si consideramos el factor dinámico del funcionamiento hidrológico de una cuenca se debe establecer los elementos que constituyen la función de entrada (X<sub>t</sub>) y

también la función de salida ( $Y_t$ ). En la anterior ecuación de balance hidrológico el primer miembro representa la función de entrada y el segundo la de salida.

Para describir cuantitativamente el funcionamiento hidrológico de la cuenca empleamos el modelo determinístico TEMEZ, desarrollado en el ítem 6.3., el cual está definido por el concepto que rige al análisis de sistemas, es decir, que considera las funciones de entrada y analiza el complejo de variables que ello representa; define el papel del bloque transformador y, según la respuesta esperada, procesa la función de salida (en la estación de Conta) con las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} 1) \quad & P + Q_{st} = ETP + I + Q_t \pm a \\ 2) \quad & P = ETP + I + Q_s \pm a \\ 3) \quad & Q_t = Q_{st} + Q_s \end{aligned}$$

Donde: P = Precipitación areal sobre la cuenca húmeda  
 Q<sub>st</sub> = Caudal Subterráneo  
 Q<sub>s</sub> = Flujo Superficial  
 Q<sub>t</sub> = Caudal Total en el punto de control (Conta)  
 ETP = Evapotranspiración Real en la cuenca  
 I = Infiltración total en la cuenca  
 a = Variación en el almacenamiento del sistema

El **cuadro 7.1.** y **gráfico 7.1.** muestran los valores y variación a través de un año hidrológico de los parámetros que describen el funcionamiento del ciclo hidrológico de la cuenca, así como su relación mediante las anteriores ecuaciones de balance hidrológico. De cuyos resultados podemos comentar lo siguiente:

- En el año hidrológico promedio, el 76.7% de la precipitación total anual sobre la cuenca, se pierde por evapotranspiración, el 3.61% se infiltra hacia los acuíferos y el restante 20.39% fluye superficialmente. La variación anual de almacenamiento del sistema es de 4 mm/año (0.71%).
- En el año promedio, del total de ingreso de agua a la cuenca en forma de precipitación y flujo subterráneo, el 74.37% se pierde por el proceso de evapotranspiración, mientras que el 22.82% representa el caudal o escurrimiento total del río San Juan (en la estación Conta).
- En el año promedio, para la temporada de estiaje (abril-octubre), el 58.18% de la escorrentía le corresponde al aporte subterráneo y la diferencia al flujo superficial.
- En un año promedio hidrológico un significativo porcentaje, 93.28% del caudal total se presenta en la época lluviosa de noviembre a marzo, mientras que el restante 6.72% es aportado en los meses de estiaje de abril a octubre. Esta característica define al río San Juan como de régimen marcadamente estacional, pues el aporte unitario de escorrentía en la época de lluvias (0.82 mm/día) es 19.7 veces mayor que el correspondiente a la temporada de estiaje (0.04 mm/día), existiendo una rápida disminución de la escorrentía en el cambio de uno a otro periodo, en un porcentaje de 85.9% (los caudales para los meses de marzo y abril son 44.1 y 6.2 mm respectivamente).

### CUADRO N°7.1

#### PARAMETROS DEL CICLO HIDROLOGICO PARA EL AÑO PROMEDIO HISTORICO 1964-2002 CUENCA HUMEDA DEL RIO SAN JUAN

Mes	Días	Precipitación Media ( P ) (mm)	Infiltración ( I ) (mm)	Evapotranspiración Real ( ETR ) (mm)	Aporte Subterráneo ( Qst ) (mm)	Flujo Superficial ( Qs ) (mm)	Caudal Total ( Qt ) (mm)	VARIACION DE ALMACENAJE ( a ) (mm)
Nov	30	35.6	1.1	33.3	0.5	1.3	1.8	0.1
Dic	31	65.8	3.1	55.9	1.5	7.2	8.7	0.3
Ene	31	102.9	4.4	75.6	2.7	23.4	26.1	0.5
Feb	28	129.0	4.9	84.3	3.6	39.5	43.2	-0.3
Mar	31	133.2	5.1	89.5	4.2	39.9	44.1	1.4
Abr	30	39.9	1.4	35.7	3.0	3.2	6.2	0.4
May	31	7.3	0.0	7.3	1.3	0.2	1.6	0.2
Jun	30	2.3	0.0	2.3	0.5	0.1	0.5	0.1
Jul	31	4.9	0.0	4.9	0.2	0.0	0.2	0.0
Ago	31	5.9	0.0	7.2	0.1	0.0	0.1	1.3
Sep	30	13.1	0.1	13.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Oct	31	24.0	0.3	23.5	0.2	0.2	0.4	0.0
SUMA	ANUAL	563.9	20.4	432.5	17.7	115.0	132.7	0.3
	LLUVIAS *	466.5	18.6	338.5	12.5	111.3	123.8	----
	SECAS **	97.4	1.8	94.0	5.2	3.7	8.9	----

PROMEDIO ANUAL			PROMEDIO ANUAL				
Qt	Qt(secas)	Qt(lluvias)	P	ETR	I	Qs	a
132.7	8.9	123.8	563.9	432.5	20.4	115.0	-4.0
100.00%	6.72%	93.28%	100.00%	76.70%	3.61%	20.39%	-0.71%
PROMEDIO ANUAL - PERIODO DE SECAS -			PROMEDIO ANUAL				
Qt	Qst	Qs	P + Qst	ETR	I	Qt	a
8.9	5.2	3.7	581.6	432.5	20.4	132.7	0.3
100.00%	58.18%	41.82%	100.00%	74.37%	3.50%	22.82%	0.06%

(\*) PERIODO DE LLUVIAS = NOVIEMBRE - MARZO

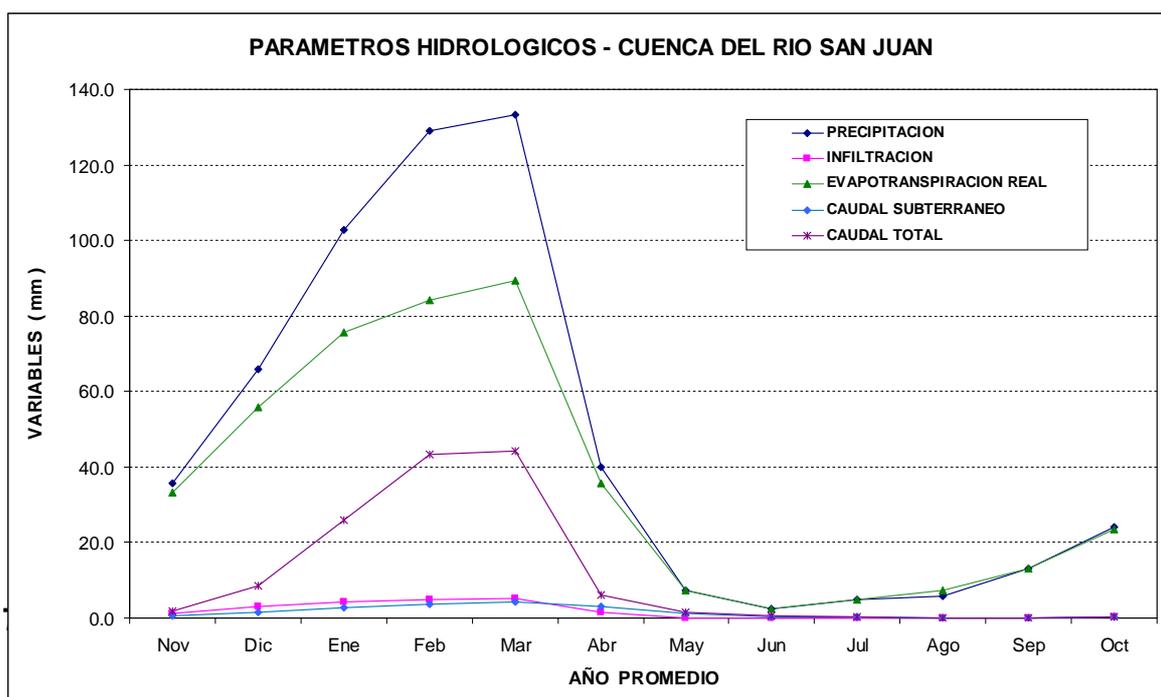
(\*\*) PERIODO DE SECAS = ABRIL - OCTUBRE = 214 DIAS

Qt = Qst + P - ( ETR + I ) +/- a

Qt = Qst + Qs

P = ( ETR + I ) + Qs

### GRAFICO N°7.1



El siguiente gráfico, simplifica el esquema del funcionamiento hidráulico de la cuenca. El dren principal es el río San Juan y sus principales afluentes son el río Colcabamba que tiene un aporte de escorrentía medio anual de  $1.36 \text{ m}^3/\text{s}$ , por la margen derecha, y río Arma con un aporte hídrico medio anual de  $2.95 \text{ m}^3/\text{s}$ , por la margen izquierda; por la margen derecha, ya en el límite superior de la cuenca baja, confluyen las quebradas Ayoque y Almacén, de escorrentía estacional, es decir sólo en el periodo de lluvias. En el punto de confluencia del río Arma (zona de Palca) el río San Juan tiene un aporte hídrico, aguas abajo de la confluencia, de  $8.54 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $265.34 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ), para un área de drenaje de  $1,381.6 \text{ Km}^2$ . En los cuadros **N°7.2.**, **7.3.** y **7.4.** se muestra la probabilidad de ocurrencia de la escorrentía de las subcuencas Colcabamba, Arma y del río San Juan en la zona de Palca para una año promedio histórico, escorrentías obtenidas en base al rendimiento unitario del río San Juan (estación Conta) para la cuenca húmeda.

En la parte alta de la cuenca, sobre los 4200 msnm., se sitúan cuatro lagunas que han sido represadas y denominadas Turpo, Obispo, Nuñunga, y Huarmicocha; constituyéndose en los almacenamientos propios que regulan parcialmente la escorrentía de la cuenca. La laguna Turpo, ubicada en la subcuenca del río Colcabamba recibe el escurrimiento regulado de transvase de la laguna Chuncho, mediante un canal-túnel, ubicada en la cuenca vecina del río Mantaro; esta laguna a la vez recibe dos aportes: por transvase de la laguna Huarmicocha (ubicada en la cuenca interna del mismo nombre) a través de un canal-túnel; y un segundo aporte propio del almacenamiento Canya o Canllacocho y del drenaje de parte de la cuenca de influencia a través el canal "Chuncho-Cabras", en actual proceso de revestimiento. El sistema regulado, propio y de transvase, tiene una capacidad máxima (nominal) de almacenamiento de  $100.8 \text{ Hm}^3$ , volumen que amerita ser verificado mediante trabajos de batimetría, su cuenca de es de  $217.97 \text{ Km}^2$ , y su rendimiento hídrico medio anual es de  $41.86 \text{ Hm}^3$  ( $1.35 \text{ m}^3/\text{s}$ ). En el cuadro **N°7.5.** se ha estimado la disponibilidad hídrica del sistema regulado propio y de transvase de la cuenca San Juan, con un aporte máximo en el mes de marzo de  $5.95 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El aporte hídrico, bajo su régimen natural, medio anual del río San Juan es de  $14.02 \text{ m}^3/\text{s}$ , equivalente a un volumen medio anual acumulado de  $435.51 \text{ Hm}^3$ , medido en la estación hidrométrica de Conta, a 320 msnm.; el aporte de los almacenamientos en este mismo punto se da generalmente entre los meses de agosto a diciembre y es del orden de los  $37.46 \text{ Hm}^3$  ( $3.61 \text{ m}^3/\text{s/mes}$ ). El sistema de conducción desde los almacenamientos hasta la estación de aforo (108 Km aprox. a través del cauce del río San Juan) tiene en promedio 13% de pérdidas en los 2 a tres días aproximadamente de llegada del agua.

Otra fuente hídrica que también es importante, como aporte a la disponibilidad del agua en la cuenca, zona de valle, son las aguas de recuperación, las que están constituidas por aguas de origen sub-superficial que afloran en la cuenca baja entre los 100 a 300 msnm. debido a los resúmenes subterráneos procedentes de la cuenca aguas arriba de la estación de aforo.

La principal demanda de agua superficial en la cuenca es la agrícola; sistemas de riego de la cuenca alta-media (Tantatá, Huachos y San Juan) y principalmente el valle de Chíncha, situado aguas abajo de la estación de aforo de Conta; las demandas de estas áreas de riego ( $2,540 \text{ Ha}$  y  $24,360 \text{ Ha}$ ) son  $51.80 \text{ Hm}^3/\text{año}$  y  $180.67 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , respectivamente.

Por el carácter estacional de la ocurrencia de caudales y debido al uso "intensivo" del agua para fines agrícolas en el valle y cuenca media-alta, se tiene problemas de déficit de agua. Realizando un balance hídrico en la sección de control

Conta (cabecera del valle Chíncha) para una disponibilidad hídrica al 75% de persistencia y considerando una demanda hídrica total (consumo agrícola y poblacional) de 180.7 Hm<sup>3</sup> se tiene escasez de agua en los meses de mayo a enero en el orden de los 54.5 Hm<sup>3</sup>. En la disponibilidad de agua se ha considerado los aportes naturales del río San Juan, aguas de recuperación y descarga del sistema regulado propio y de transvase. Los problemas de déficit son aún mayores considerando que en el valle Chíncha las dotaciones de agua agrícola son mínimas, frecuencias de riego extremas y área neta bajo riego disminuida; son pues estas prácticas las que atenúan el déficit de agua existente.

Considerando, en la sección de aforo Conta, que el rendimiento volumétrico total medio anual del río San Juan es mayor que el uso consuntivo hídrico total, se tiene que el volumen medio anual de superávit es 80.47 Hm<sup>3</sup> al 75% de probabilidad, como valor seguro que la cuenca descarga al océano pacífico cada año en el periodo lluvioso febrero-abril.

En la cuenca baja se usa agua de origen subterráneo, la cual es explotada mediante variados tipos de pozos, constituyéndose, en vista de la existencia de déficit de abastecimiento estacional con agua superficial, en una importante fuente de agua para el abastecimiento de las demandas poblacional, industrial y agrícola del valle. El respectivo estudio de la potencialidad y uso de este recurso hídrico subterráneo no es materia del presente trabajo, siendo desarrollado por el respectivo componente de "aguas subterráneas del presente proyecto de ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca San Juan.

**CUADRO N°7.2.**  
**PROBABILIDAD DE APOORTE HIDRICO DE LA SUBCUENCA DEL RIO COLCABAMBA - AÑO PROMEDIO HISTÓRICO**

AREA DE CUENCA DE INFLUENCIA: **220.70** Km<sup>2</sup>

CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m <sup>3</sup> /s )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
<b>MEDIA</b>	2.40	5.43	6.03	1.80	0.28	0.08	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.24	1.36
<b>50.00</b>	1.45	4.63	4.06	1.40	0.23	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.99
<b>75.00</b>	0.60	2.10	2.65	0.60	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
<b>90.00</b>	0.39	0.92	1.01	0.24	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
<b>95.00</b>	0.14	0.31	0.83	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12

VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( Hm <sup>3</sup> )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>MEDIA</b>	6.42	13.26	16.14	4.68	0.76	0.20	0.11	0.04	0.02	0.04	0.07	0.65	42.39
<b>50.00</b>	3.87	11.30	10.87	3.62	0.63	0.18	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	30.65
<b>75.00</b>	1.61	5.13	7.10	1.56	0.23	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.64
<b>90.00</b>	1.05	2.23	2.72	0.63	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.70
<b>95.00</b>	0.38	0.75	2.23	0.29	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70

**CUADRO N°7.3.**  
**PROBABILIDAD DE APOORTE HIDRICO DE LA SUBCUENCA ARMA - AÑO PROMEDIO HISTÓRICO**

AREA DE CUENCA DE INFLUENCIA: **476.80** Km<sup>2</sup>

CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m <sup>3</sup> /s )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
<b>MEDIA</b>	5.18	11.73	13.02	3.90	0.61	0.17	0.08	0.03	0.02	0.03	0.06	0.52	2.95
<b>50.00</b>	3.12	10.01	8.77	3.02	0.51	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	2.14
<b>75.00</b>	1.30	4.54	5.72	1.30	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.09
<b>90.00</b>	0.85	1.98	2.19	0.52	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47
<b>95.00</b>	0.31	0.67	1.80	0.24	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25

VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( Hm <sup>3</sup> )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>MEDIA</b>	13.88	28.64	34.88	10.11	1.64	0.43	0.23	0.08	0.05	0.09	0.15	1.40	91.57
<b>50.00</b>	8.36	24.42	23.49	7.82	1.36	0.38	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	66.22
<b>75.00</b>	3.47	11.09	15.33	3.36	0.49	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.80
<b>90.00</b>	2.27	4.83	5.87	1.35	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.47
<b>95.00</b>	0.83	1.62	4.83	0.62	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00

CUADRO N°7.4.

**PROBABILIDAD DE DISPONIBILIDAD HIDRICO DEL RIO SAN JUAN EN LA ZONA DE PALCA - AÑO PROMEDIO HISTÓRICO**

AREA DE CUENCA DE INFLUENCIA/ 1381.60 Km2

CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m <sup>3</sup> /s )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
<b>MEDIA</b>	15.01	34.00	37.73	11.30	1.77	0.48	0.24	0.09	0.06	0.10	0.16	1.52	8.54
<b>50.00</b>	9.05	28.99	25.41	8.74	1.47	0.43	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	6.21
<b>75.00</b>	3.76	13.17	16.58	3.76	0.53	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.15
<b>90.00</b>	2.46	5.73	6.35	1.51	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35
<b>95.00</b>	0.90	1.93	5.22	0.69	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74

VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( Hm <sup>3</sup> )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>MEDIA</b>	40.21	82.99	101.06	29.28	4.76	1.24	0.66	0.24	0.15	0.26	0.43	4.07	265.34
<b>50.00</b>	24.23	70.77	68.07	22.65	3.93	1.11	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	191.87
<b>75.00</b>	10.07	32.14	44.42	9.74	1.42	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.93
<b>90.00</b>	6.58	13.98	17.01	3.92	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.93
<b>95.00</b>	2.40	4.70	13.99	1.80	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.19

CUADRO N°7.5.

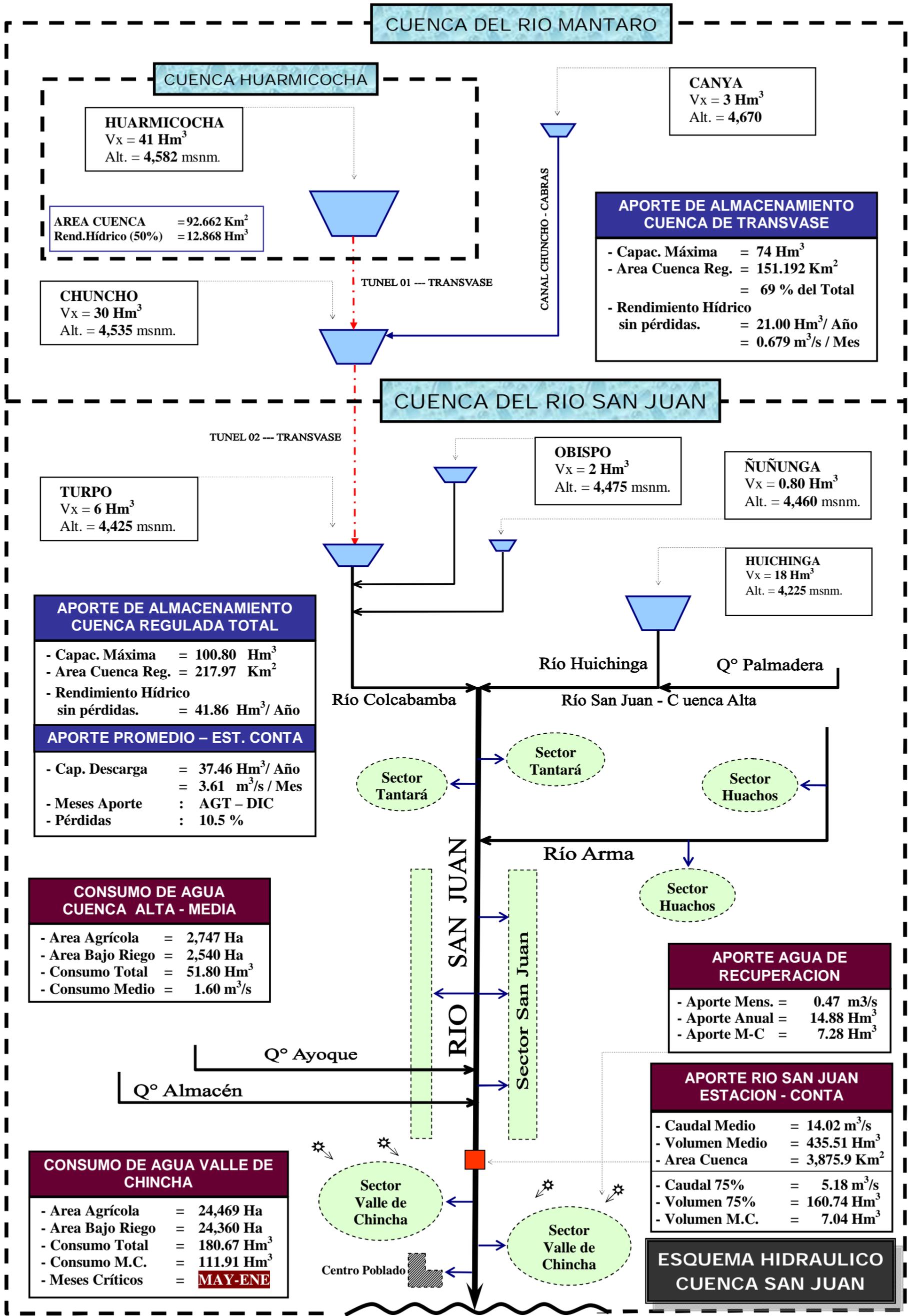
**RENDIMIENTO DE APORTE HIDRICO DE LA CUENCA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA REGULADO PROPIO Y DE TRANSVASE**

AREA DE CUENCA DE INFLUENCIA/ 217.97 Km2

CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m <sup>3</sup> /s )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
<b>MEDIA</b>	2.37	5.36	5.95	1.78	0.28	0.08	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.24	1.35
<b>50.00</b>	1.43	4.57	4.01	1.38	0.23	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.98
<b>75.00</b>	0.59	2.08	2.62	0.59	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
<b>90.00</b>	0.39	0.90	1.00	0.24	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
<b>95.00</b>	0.14	0.30	0.82	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12

VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( Hm <sup>3</sup> )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>MEDIA</b>	6.34	13.09	15.94	4.62	0.75	0.20	0.10	0.04	0.02	0.04	0.07	0.64	41.86
<b>50.00</b>	3.82	11.17	10.74	3.57	0.62	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	30.27
<b>75.00</b>	1.59	5.07	7.01	1.54	0.22	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.45
<b>90.00</b>	1.04	2.21	2.68	0.62	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.62
<b>95.00</b>	0.38	0.74	2.21	0.28	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66



### 7.3. REGULACION DE LA DISPONIBILIDAD HIDRICA DEL RIO SAN JUAN

Por el carácter estacional de la ocurrencia de caudales y debido al uso “intensivo” del agua para fines agrícolas en la cuenca y principalmente valle de Chíncha se tiene balances hídricos negativos en ciertos meses de un año hidrológico, principalmente en los de estiaje, por lo que, para aminorar este desabastecimiento de agua para riego en el valle, se han realizado obras de regulación parcial por almacenamiento en la cuenca alta, propia y vecina del Mantaro. Se han aprovechado cuatro almacenamientos naturales o lagunas ubicadas de la cuenca propia, dos lagunas ubicadas en la cuenca del Mantaro y una laguna de la cuenca interna Huarmicocha, todas ellas ubicadas sobre los 4,200 msnm., para potenciar su capacidad se han construido diques o muros de represamiento. En el presente ítem hacemos una descripción de estas obras existentes, principalmente en cuanto a su aporte mensualizado a la disponibilidad hídrica del río San Juan en la parte baja, lo cual ha sido factible gracias al proceso de restablecimiento de la información histórica de caudales diarios del río San Juan en la estación de Conta a su régimen hídrico natural y la separación de la disponibilidad del sistema de almacenamiento.

#### 7.3.1. DESCRIPCION DE LAS OBRAS DE REGULACION EXISTENTES EN LA CUENCA.

En la cuenca alta San Juan, a partir del año 1940, se inicia el funcionamiento del sistema regulado de la cuenca, tal como se distingue en los respectivos archivos de información hídrica del río San Juan, es decir que se inicia la descarga regulada del conjunto de siete lagunas que regulan y abastecen a la cuenca en época de estiaje, estas fuentes son Turpo, Obispo, Ñuñunga, y Huarmicocha, ubicadas al interior de la cuenca, Chuncho y Canya, al interior de la cuenca del Mantaro, y Huarmicocha, ubicada en la cuenca interna del mismo nombre. La capacidad de almacenamiento de estas lagunas fue potenciada mediante la construcción de diques o presas, principalmente de tierra compactada.

En el **cuadro 7.6.** se resume las principales características de estas obras de almacenamiento.

#### ALMACENAMIENTOS PROPIOS

##### ➤ Turpo

La laguna del mismo nombre, ubicada en la subcuenca del río Colcabamba a una altitud de 4425 msnm., se encuentra cerrada mediante una presa de tierra con protección de roca, disponiendo de una cuenca colectora de 14.98 Km<sup>2</sup>. y una superficie de espejo de agua de 1.2 61 Km<sup>2</sup>. La capacidad de almacenamiento máximo nominal es 6.0 Hm<sup>3</sup>. Cuenta con un aliviadero lateral de hormigón y un canal de descarga ubicados en el estribo izquierdo, disponiendo de una estructura de control tipo Parshall. Ver vistas fotográficas, **anexo 2.12.**

##### ➤ Obispo

Ubicado al Este de la laguna Turpo, al interior de la subcuenca Colcabamba a una altitud de 4475 msnm., es un embalse natural que cuenta con una cuenca tributaria de 3.874 Km<sup>2</sup>, extensión que incluye la cuenca de un canal colector corto. El embalse tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 2.0 Hm<sup>3</sup> y su utilización se realiza a través de un túnel que une el fondo de la laguna con el desagüe.

➤ **Ñuñunga**

Se ubica en la subcuenca Colcabamba a una altitud de 4460 msnm., muy cerca de las dos anteriores, está cerrada por una presa de tierra, tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 0.80 Hm<sup>3</sup>.

➤ **Huichinga**

La laguna regulada Huichinga se ubica en la subcuenca alta del río San Juan a una altitud de 4225 msnm. Su aporte regulado discurre por la quebrada del mismo nombre, para conformar luego el río Palmadera o Aurahuá. La presa de la laguna es de tierra, con protección de roca, y cuenta con un aliviadero lateral de hormigón con un canal de descarga en el estribo derecho. El túnel de salida pasa por debajo de la presa y está regulado por una compuerta de toma, disponiendo además de una estructura de medición tipo Parshall. La capacidad máxima del embalse es de 18.0 Hm<sup>3</sup>. La cuenca tributaria es de 45.444 Km<sup>2</sup>.

El sistema cuenta con un colector en la margen derecha que se extiende unos 1800 m, contribuyendo aguas abajo con el escurrimiento de una cuenca colectora de 3.7 Km<sup>2</sup>.

### **ALMACENAMIENTOS DE TRANSVASE**

➤ **Chuncho**

La laguna se ubica en la cuenca de transvase del río Mantaro, al norte de la laguna Turpo y a una altitud de 4535 msnm. Se encuentra represada mediante un dique de tierra. El área de su cuenca tributaria natural es 47.025 Km<sup>2</sup>. Descarga sus aguas a la laguna Turpo mediante un túnel revestido con concreto de 10 m<sup>3</sup>/s en promedio de capacidad de conducción, el desagüe es controlado por medio de una compuerta ubicada en la boca de entrada del túnel.

La laguna Chuncho recepciona los aportes de drenaje de su cuenca circundante a través de dos canales colectores construidos en tierra, denominados Huajacuna y Chuncho-Cabras, este último canal, en actual revestimiento, transporta además el agua almacenada en la laguna Canya. Su capacidad máxima nominal de almacenamiento es 30 Hm<sup>3</sup>.

➤ **Canya**

La laguna perteneciente a la cuenca Mantaro, se ubica al Norte de la laguna Chuncho. Este reservorio, cerrado con una presa de tierra, cuenta con área de drenaje de 11.505 Km<sup>2</sup> y un espejo de agua evaporante de 1.0 Km<sup>2</sup>, en la cota 4,670 msnm. desagua, mediante un canal corto, de aproximadamente 0.5 Km. de largo, a un cauce natural interceptado por el canal colector existente Chuncho-Cabras. La capacidad de almacenamiento de la laguna es de 3 Hm<sup>3</sup>.

➤ **Huarmicocha**

Forma parte del sistema de la cuenca interna Huarmicocha, de la cuenca Mantaro, que recibe los recursos, en forma natural o mediante canales cortos, de las lagunas Choclococha, Ñahuinccochoa, Millaccocha y Astoccocha, entre otras.

**CUADRO N°7.6.**  
**LAGUNAS DE ALMACENAMIENTO REGULADAS**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

LAGUNAS	CUENCA DE UBICACION	ALTITUD (msnm)	LATITUD	LONGITUD	CAPACIDAD MAXIMA (Hm <sup>3</sup> )	AREA - LAGUNA (Km <sup>2</sup> )	AREA - CUENCA (Km <sup>2</sup> )
HUICHINGA	San Juan	4225	12°53'40"	75°27'30"	18.000	1.949	45.444
TURPO	San Juan	4425	12°49'37"	75°31'03"	6.000	1.261	14.980
OBISPO	San Juan	4475	12°49'06"	75°29'44"	2.000	0.186	3.874
ÑUÑUNGA	San Juan	4460	12°49'52"	75°29'50"	0.800	0.236	2.477
<b>TOTAL CUENCA PROPIA SAN JUAN</b>					<b>26.800</b>	<b>3.632</b>	<b>66.775</b>
HUARMICOCHA	Huarmicocha	4582	12°41'50"	75°31'47"	41.000	7.952	92.662
CHUNCHO	Mantaro	4535	12°45'30"	75°29'54"	30.000	3.592	47.025
CANYAR	Mantaro	4675	12°41'12"	75°28'56"	3.000	0.999	11.505
<b>TOTAL CUENCA DE TRANSVASE</b>					<b>74.000</b>	<b>12.543</b>	<b>151.192</b>
<b>TOTAL CUENCA PROPIA Y CUENCA DE TRANSVASE</b>					<b>100.800</b>	<b>16.175</b>	<b>217.967</b>

La laguna de Huarmicocha está ubicada muy cerca a la laguna Chuncho, a una altitud de 4582 msnm. La capacidad máxima nominal de almacenamiento del reservorio es 41 Hm<sup>3</sup>, siendo la más grande de todas las lagunas reguladas del sistema, con un espejo de agua de 7.95 Km<sup>2</sup>. Su cuenca propia es de 92.662 Km<sup>2</sup>. La laguna está regulada mediante una presa de tierra, descargando sus aguas reguladas a la laguna Chuncho mediante un túnel de 1300m de longitud y un canal de desagüe de 1.70 Km. El desagüe se controla por medio de una compuerta ubicada en la boca de entrada del túnel, cuya capacidad máxima es superior a 10 m<sup>3</sup>/seg.

### 7.3.2. RENDIMIENTO HIDRICO DE LAS CUENCAS

El sistema de almacenamiento parcial de la cuenca San Juan (presas Turpo, Obispo, Ñuñunga, Chuncho, Canya y Huarmicocha) es abastecido principalmente por el escurrimiento de los excedentes de las precipitaciones sobre una determinada extensión de cuenca. Luego de realizar una medición sobre el mapa digitalizado la superficie de cuenca de aporte (propio y de transvase) a este escurrimiento, se tiene que esta es 217.97 Km<sup>2</sup>. El área de la cuenca de transvase es 151.192 Km<sup>2</sup>, correspondiéndole una superficie de drenaje de 92.662 Km<sup>2</sup> a la laguna Huarmicocha.

Haciendo uso de los rendimientos unitarios de escorrentía del río San Juan, función del área de cuenca húmeda, se tiene que el rendimiento o aporte hídrico de la cuenca del sistema de almacenamiento existente (propio y de transvase) para un año hidrológico promedio histórico es en promedio 1.35 m<sup>3</sup>/s (41.862 Hm<sup>3</sup>/año). Según el estudio de la ONERN este rendimiento hídrico es en promedio anual 32.63 Hm<sup>3</sup>. Así mismo se ha determinado un rendimiento hídrico de la cuenca de transvase de 21 Hm<sup>3</sup>/año (0.679 m<sup>3</sup>/s), correspondiéndole un rendimiento o aporte hídrico para la cuenca interna Huarmicocha de 12.87 Hm<sup>3</sup>/año.

El aporte del sistema regulado por transvase es mayor que el propio, teniéndose de los registros existentes de volúmenes almacenado históricos, el primero aporta el 69.79% de escorrentía regulada a la cuenca San Juan, correspondiéndole el restante 30.21% al sistema regulado propio. Es importante notar la gran influencia a la escorrentía del área de drenaje, pues el área correspondiente al sistema de transvase es 69% del total.

Así mismo se ha determinado bajo la metodología de aportes unitarios previamente calculados, los rendimientos hídricos mensualizados para distintos porcentajes de persistencia, que se muestran en el anterior **cuadro N°7.5.**, distinguiéndose que para el 75% de probabilidad el rendimiento volumétrico total anual es sólo 15.45 Hm<sup>3</sup>. Si observamos el valor calculado, al 95% de persistencia, de 3.658 Hm<sup>3</sup>, y asumimos que esta persistencia simula un año muy seco, encontramos bastante coincidencia con el dato histórico de almacenamiento en el año seco 1992, 2.671 Hm<sup>3</sup>, en Conta y aproximadamente 3.07 Hm<sup>3</sup>, en la cuenca alta. Comparación que nos otorga criterios de seguridad de cálculos.

### 7.3.3. REPRESAMIENTOS PROPUESTOS

En vista que el sistema actual de almacenamiento para la cuenca San Juan no cubre el déficit actual de agua, por lo que con el propósito de buscar una solución a este problema, existen varias propuestas, ya formuladas con anterioridad, de las que consideramos como alternativa más viable la propuesta del almacenamiento Palmadera. Estas propuestas, que las nombramos en seguida según su ubicación en las subcuencas del río San Juan, obedecen únicamente a criterios de disponibilidad topográfica para obras de almacenamiento, no existiendo estudios de la capacidad de almacenamiento desde el punto de vista hidrológico, ni estudios de factibilidad geotécnica. Esta relación se muestra en el cuadro N°7.7.

**CUADRO N°7.7.**  
**VASOS DE ALMACENAMIENTO PROPUESTOS**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

DENOMINACION DE PRESA	QUEBRADA	SUBCUENCA	DISTRITO
<b>Salmanya</b>	Honda	Arma	Huachos
<b>Acomachay</b>	Uchpa	Arma	Arma
<b>Ccaccachaca</b>	Queropalca	Arma	Huachos
<b>Ataccacha</b>	Quishuar-Ataccacha	Arma	Arma
<b>Tiuyacocha</b>	Eugenio-Porongocancha	Colcabamba	Chupamarca
<b>Ccarccar</b>	Chocoro	Alta San Juan	Aurahua
<b>Palmadera</b>	Palmadera	Alta San Juan	Aurahua
<b>Huacserma</b>	Jerucancha	Tantar	Sn. P. Huacarpana
<b>Chacaperdida</b>	Cascagni	Tantar	Tantar
<b>Ocrococha</b>	Cascagni	Tantar	Tantar
<b>Pauranga</b>	Allpas	Media 2	Capillas Norte

Fuente : PRONAMACHCS - Propia

En cuanto a la propuesta del presente proyecto, tomando los anteriores antecedentes, proponemos la realización de estudios de factibilidad del almacenamiento "**Palmadera**", teniéndose en este sector las ventajas de adecuada capacidad de almacenamiento, seguro rendimiento hídrico de su cuenca de drenaje, menor riesgo de disminución acelerada de su vida útil por sedimentación de sólidos de arrastre, menor riesgo de afectación a terceros.

El vaso se ubica en la subcuenca Alta del río San Juan, en el río Palmadera, antes de su confluencia con el río Huichinga; el límite superior de su cuenca de drenaje coincide con el límite de la cuenca San Juan con la del Mantaro, por lo que se tiene una cuenca húmeda "alta", de tal forma que se asegura las precipitaciones sobre esta. Las características generales de este almacenamiento potencial (topográficas e hidrológicas), determinados cartográficamente y en base al rendimiento hídrico unitario de la cuenca húmeda, son: Ubicación en altitud, cota de inicio = 3835 msnm., cota superior = 3912 msnm.; altura de presa, 70 - 80 m; longitud de corona = 220 - 230 m; área del vaso almacenado (espejo de agua) = 975,190 m<sup>2</sup>; área de cuenca de drenaje o tributaria =

134.10 Km<sup>2</sup>; rendimiento hídrico medio anual de la cuenca = 25.75 Hm<sup>3</sup>/año (0.83 m<sup>3</sup>/s/año).

En el cuadro **N°7.8.** se ha estimado la disponibilidad hídrica mensualizada del rendimiento de la cuenca de drenaje del vaso Palmadera, para diferentes niveles de persistencia, para un año histórico promedio, teniéndose que para el 75% de probabilidad el rendimiento anual de la cuenca es 9.50 Hm<sup>3</sup>/año.

Así mismo la ubicación cartográfica de la cuenca y vaso "Palmadera" se muestra en el mapa "P" adjunto, a escala 1/150,000.

**CUADRO N°7.8.**

**RENDIMIENTO DE APORTE HIDRICO EN LA CUENCA DE INFLUENCIA DEL VASO DE ALMACENAMIENTO "PALMADERA"**

AREA DE CUENCA DE INFLUENCIA 134.10 Km<sup>2</sup>

CAUDAL MEDIO MENSUAL ( m <sup>3</sup> /s )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
<b>MEDIA</b>	1.46	3.30	3.66	1.10	0.17	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.15	0.83
<b>50.00</b>	0.88	2.81	2.47	0.85	0.14	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.60
<b>75.00</b>	0.36	1.28	1.61	0.36	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31
<b>90.00</b>	0.24	0.56	0.62	0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
<b>95.00</b>	0.09	0.19	0.51	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
VOLUMEN TOTAL MEDIO MENSUAL ( Hm <sup>3</sup> )													
Pers(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>MEDIA</b>	3.90	8.05	9.81	2.84	0.46	0.12	0.06	0.02	0.01	0.03	0.04	0.40	25.75
<b>50.00</b>	2.35	6.87	6.61	2.20	0.38	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	18.62
<b>75.00</b>	0.98	3.12	4.31	0.94	0.14	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.51
<b>90.00</b>	0.64	1.36	1.65	0.38	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07
<b>95.00</b>	0.23	0.46	1.36	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25



#### 7.3.4. APOORTE DE ESCORRENTIA DE LAS OBRAS DE ALMACENAMIENTO

La descarga de los reservorios de almacenamiento de la cuenca se inicia en el año 1940, y sus aportes contribuyen a la escorrentía del río San Juan en épocas de estiaje o meses críticos en los que persiste una deficiencia en el abastecimiento de agua para riego en el valle de Chíncha. La determinación de los volúmenes y caudales descargados se ha realizado en base a la información mensual de caudales en la estación Conta que registra los aportes naturales propios de la cuenca, como los regulados, no se cuenta con información de aforos de descarga de las lagunas, muy a pesar de que el sistema en la cuenca alta tiene estructuras de aforo para medir su aporte. Los aportes medios anuales de un año promedio para la media, 50%, 75% de persistencia, máximo y mínimo histórico descargado en el periodo 1940-2002, es 37.46 H<sup>3</sup>, 32.87 H<sup>3</sup>, 23.07 H<sup>3</sup>, 113.96 H<sup>3</sup> y 2.67 respectivamente. Esta información mensualizada figura en el **cuadro N°7.9.**, mientras que en **cuadro N°7.10.** se tiene los mismos aportes en unidades de caudal, los que son 3.61 m<sup>3</sup>/s, 1.04 m<sup>3</sup>/s, 0.73 m<sup>3</sup>/s, 10.75 m<sup>3</sup>/s y 1.031 m<sup>3</sup>/s/año, respectivamente.

En los gráficos **N°7.2.** y **7.3.** se ha representado las características de descarga del sistema de almacenamiento del río San Juan en el partidor Conta.

Como se aprecia en estos cuadros y gráficos, la información del histórico de volúmenes descargados del sistema regulado, presenta tres años, 1951, 1967 y 1984, en los que estas descargas son muy altas, 98.37, 85.72 y 113.96 H<sup>3</sup>/año; realizando una comparación con la información histórica de caudales aforados en la estación Conta, se concluye que los picos de los años 1951 y 1984 son inconsistentes, sin embargo la información de descarga del año 1967 es coincidente con el suceso de precipitaciones máximas debidas al fenómeno meteorológico de “El Niño”.

**CUADRO N°7.9.**  
**VOLUMEN MENSUAL DE AGUA DE LAGUNAS - AFORADO EN LA ESTACION HIDROMETRICA CONTA (Hm<sup>3</sup>)**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

AÑO	MESES												VOLUMEN		
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TRANSVASE	PROPIO	TOTAL
1940	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.30	7.96	7.86	3.40	11.26
1941	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6.20	10.61	11.73	5.08	16.81	
1942	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.67	6.94	6.28	11.79	5.10	16.89
1943	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.95	10.07	20.53	22.72	9.84	32.55
1944	---	---	---	---	---	---	---	---	1.85	6.45	11.10	8.59	19.53	8.46	27.98
1945	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5.93	11.55	19.75	25.98	11.25	37.23
1946	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.01	20.39	23.45	32.69	14.15	46.85
1947	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9.30	10.70	8.94	20.20	8.74	28.94
1948	---	---	---	---	---	---	---	---	---	11.20	13.12	6.05	21.19	9.18	30.37
1949	---	---	---	---	---	---	---	---	6.23	9.38	9.60	2.69	19.47	8.43	27.91
1950	---	---	---	---	---	---	---	---	3.35	3.41	3.55	50.30	42.30	18.31	60.61
1951	---	---	---	---	---	---	---	---	8.07	12.96	21.98	55.36	68.65	29.72	98.37
1952	---	---	---	---	---	---	---	---	10.56	10.93	9.46	11.38	29.54	12.79	42.33
1953	---	---	---	---	---	---	---	---	11.72	8.91	9.98	10.15	28.45	12.32	40.77
1954	---	---	---	---	---	---	---	---	11.54	8.65	16.28	12.37	34.07	14.75	48.83
1955	---	---	---	---	---	---	---	---	9.44	12.77	8.36	7.71	26.72	11.57	38.29
1956	---	---	---	---	---	---	---	---	10.34	8.20	6.73	1.20	18.48	8.00	26.48
1957	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5.80	11.38	4.64	15.23	6.59	21.82
1958	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8.30	8.38	11.64	5.04	16.68
1959	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9.62	18.81	19.84	8.59	28.43
1960	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	12.55	8.90	14.97	6.48	21.45
1961	6.40	---	---	---	---	---	---	---	---	9.27	22.24	25.53	44.27	19.17	63.44
1962	---	---	---	---	---	---	---	---	7.29	16.96	13.67	20.05	40.45	17.51	57.97
1963	---	---	---	---	---	---	---	---	6.59	17.68	22.26	8.16	38.17	16.52	54.69
1964	21.28	2.59	---	---	---	---	---	---	---	7.83	13.02	12.19	39.72	17.20	56.92
1965	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7.59	8.72	7.83	16.84	7.29	24.14
1966	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	12.47	11.12	16.47	7.13	23.60
1967	4.27	---	---	---	---	---	---	7.97	18.81	20.57	18.03	16.06	59.82	25.90	85.72
1968	6.59	---	---	---	---	---	---	4.97	6.33	6.70	8.62	0.05	23.21	10.05	33.26
1969	---	---	---	---	---	---	---	---	---	10.08	11.83	1.89	16.61	7.19	23.80
1970	---	---	---	---	---	---	---	6.03	13.98	14.71	9.94	17.20	43.17	18.69	61.87
1971	---	---	---	---	---	---	---	---	16.27	11.70	12.45	21.59	43.27	18.73	62.01
1972	---	---	---	---	---	---	---	---	14.58	11.91	11.55	2.18	28.07	12.15	40.22
1973	2.44	---	---	---	---	---	---	4.35	11.31	14.34	11.48	13.41	40.01	17.32	57.33
1974	---	---	---	---	---	---	---	2.49	14.42	14.23	10.64	13.64	38.68	16.74	55.42

**CUADRO N°7.9.**  
**VOLUMEN MENSUAL DE AGUA DE LAGUNAS - AFORADO EN LA ESTACION HIDROMETRICA CONTA (Hm<sup>3</sup>)**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

AÑO	MESES												VOLUMEN MEDIO ANUAL		
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TRANSVASE	PROPIO	TOTAL
1975	---	---	---	---	---	---	---	---	4.20	11.65	9.59	13.96	27.49	11.90	39.39
1976	8.65	---	---	---	---	---	---	---	7.52	12.78	10.07	8.87	33.43	14.47	47.90
1977	7.84	0.04	---	---	---	---	---	---	5.39	6.96	12.40	7.28	27.86	12.06	39.92
1978	0.45	---	---	---	---	---	---	---	4.50	9.00	4.87	6.18	17.46	7.56	25.02
1979	2.87	---	---	---	---	---	---	---	5.48	10.64	4.03	0.04	16.10	6.97	23.07
1980	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.26	4.03	9.37	10.93	4.73	15.66
1981	---	---	---	---	---	---	---	---	11.15	9.66	10.83	4.89	25.48	11.03	36.52
1982	---	---	---	---	---	---	---	---	11.83	13.84	23.31	7.78	39.61	17.15	56.76
1983	---	---	---	---	---	---	---	---	1.13	7.84	1.95	---	7.62	3.30	10.92
1984	---	---	---	---	---	---	---	---	9.55	21.90	27.17	55.34	79.53	34.43	113.96
1985	---	---	---	---	---	---	---	10.79	9.95	10.23	2.77	12.05	31.95	13.83	45.79
1986	---	---	---	---	---	---	---	0.48	13.09	14.75	11.42	24.00	44.49	19.26	63.75
1987	---	---	---	---	---	---	---	---	6.14	12.18	9.20	2.10	20.67	8.95	29.61
1988	---	---	---	---	---	---	---	---	10.25	9.65	6.89	6.08	22.94	9.93	32.87
1989	---	---	---	---	---	---	---	---	10.11	17.09	10.59	4.10	29.23	12.66	41.89
1990	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.66	10.85	10.13	4.38	14.51
1991	---	---	---	---	---	---	---	---	5.76	12.39	2.35	0.41	14.59	6.32	20.91
1992	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.67	---	1.86	0.81	2.67
1993	---	---	---	---	---	---	---	2.34	8.92	8.22	11.67	---	21.74	9.41	31.15
1994	---	---	---	---	---	---	2.37	12.47	12.03	9.58	3.94	---	28.19	12.20	40.39
1995	---	---	---	---	---	---	---	0.00	7.40	4.34	---	---	8.19	3.54	11.73
1996	---	---	---	---	---	---	---	4.79	9.85	7.39	3.91	2.64	19.95	8.64	28.59
1997	---	---	---	---	---	---	---	7.56	4.07	0.62	1.07	1.57	10.40	4.50	14.90
1998	---	---	---	---	---	---	---	6.56	5.94	4.31	3.06	2.83	15.84	6.86	22.69
1999	---	---	---	---	---	---	---	5.92	9.26	8.26	4.98	3.94	22.58	9.78	32.36
2000	---	---	---	---	---	---	---	4.95	11.24	9.72	5.29	2.29	23.38	10.12	33.50
2001	---	---	---	---	---	---	2.23	8.72	12.30	5.00	5.11	5.87	27.37	11.85	39.22
2002	1.29	---	---	---	---	---	---	6.69	9.03	4.97	0.85	---	15.92	6.89	22.82
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.21</b>	<b>1.31</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>2.30</b>	<b>5.71</b>	<b>9.04</b>	<b>9.66</b>	<b>9.77</b>	<b>11.71</b>	<b>26.14</b>	<b>11.32</b>	<b>37.45</b>
<b>V-50%</b>	<b>5.34</b>	<b>1.31</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>2.30</b>	<b>5.97</b>	<b>9.44</b>	<b>9.38</b>	<b>9.78</b>	<b>8.59</b>	<b>22.94</b>	<b>9.93</b>	<b>32.87</b>
<b>V-75%</b>	<b>2.15</b>	<b>0.00</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>2.19</b>	<b>4.46</b>	<b>6.14</b>	<b>6.70</b>	<b>4.95</b>	<b>4.37</b>	<b>16.10</b>	<b>6.97</b>	<b>23.07</b>
<b>DESV.EST.</b>	<b>5.98</b>	<b>1.80</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>0.10</b>	<b>3.32</b>	<b>3.82</b>	<b>4.54</b>	<b>5.82</b>	<b>11.91</b>	<b>14.46</b>	<b>6.26</b>	<b>20.72</b>
<b>MAX.</b>	<b>21.28</b>	<b>2.59</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>2.37</b>	<b>12.47</b>	<b>18.81</b>	<b>21.90</b>	<b>27.17</b>	<b>55.36</b>	<b>79.53</b>	<b>34.43</b>	<b>113.96</b>
<b>MIN.</b>	<b>0.45</b>	<b>0.04</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>2.23</b>	<b>0.00</b>	<b>1.13</b>	<b>0.62</b>	<b>0.85</b>	<b>0.04</b>	<b>1.86</b>	<b>0.81</b>	<b>2.67</b>

**CUADRO N°7.10.**  
**CAUDAL MENSUAL DE AGUA DE LAGUNAS - AFORADO EN LA ESTACION HIDROMETRICA CONTA (m<sup>3</sup>/s)**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

AÑO	MESES												CAUDAL MEDIO ANUAL		
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TRANSVASE	PROPIO	TOTAL
1940	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.273	2.974	1.482	0.642	2.123
1941	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.39	3.96	2.22	0.96	3.18
1942	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.37	2.68	2.34	1.49	0.64	2.13
1943	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.73	3.89	7.67	2.86	1.24	4.09
1944	---	---	---	---	---	---	---	---	0.71	2.41	4.28	3.21	1.85	0.80	2.65
1945	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.22	4.46	7.37	3.27	1.41	4.68
1946	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.13	7.86	8.75	4.13	1.79	5.91
1947	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.47	4.13	3.34	2.54	1.10	3.65
1948	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4.18	5.06	2.26	2.68	1.16	3.83
1949	---	---	---	---	---	---	---	---	2.40	3.50	3.70	1.01	1.85	0.80	2.65
1950	---	---	---	---	---	---	---	---	1.29	1.27	1.37	18.78	3.96	1.72	5.68
1951	---	---	---	---	---	---	---	---	3.12	4.84	8.48	20.67	6.47	2.80	9.28
1952	---	---	---	---	---	---	---	---	4.08	4.08	3.65	4.25	2.80	1.21	4.01
1953	---	---	---	---	---	---	---	---	4.52	3.33	3.85	3.79	2.70	1.17	3.87
1954	---	---	---	---	---	---	---	---	4.45	3.23	6.28	4.62	3.24	1.40	4.64
1955	---	---	---	---	---	---	---	---	3.64	4.77	3.23	2.88	2.53	1.10	3.63
1956	---	---	---	---	---	---	---	---	3.99	3.06	2.60	0.45	1.76	0.76	2.52
1957	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.16	4.39	1.73	1.93	0.83	2.76
1958	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.20	3.13	2.21	0.96	3.17
1959	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.71	7.02	3.75	1.62	5.37
1960	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4.84	3.32	2.85	1.23	4.08
1961	2.39	---	---	---	---	---	---	---	---	3.46	8.58	9.53	4.18	1.81	5.99
1962	---	---	---	---	---	---	---	---	2.81	6.33	5.27	7.49	3.82	1.65	5.48
1963	---	---	---	---	---	---	---	---	2.54	6.60	8.59	3.05	3.63	1.57	5.19
1964	7.94	1.06	---	---	---	---	---	---	---	2.92	5.03	4.55	3.00	1.30	4.30
1965	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.83	3.36	2.93	2.12	0.92	3.04
1966	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4.81	4.15	3.13	1.35	4.48
1967	1.60	---	---	---	---	---	---	2.98	7.26	7.68	6.96	6.00	3.78	1.63	5.41
1968	2.46	---	---	---	---	---	---	1.85	2.44	2.50	3.33	0.02	1.47	0.63	2.10
1969	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.76	4.56	2.10	0.91	3.01
1970	---	---	---	---	---	---	---	2.25	5.39	5.49	3.84	6.42	3.27	1.41	4.68
1971	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6.28	4.37	4.80	4.10	1.78	5.88
1972	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5.63	4.45	4.45	2.68	1.16	3.84
1973	0.91	---	---	---	---	---	---	1.62	4.36	5.36	4.43	5.01	2.52	1.09	3.61
1974	---	---	---	---	---	---	---	0.93	5.56	5.31	4.10	5.09	2.93	1.27	4.20

**CUADRO N°7.10.**  
**CAUDAL MENSUAL DE AGUA DE LAGUNAS - AFORADO EN LA ESTACION HIDROMETRICA CONTA (m<sup>3</sup>/s)**  
**CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

AÑO	MESES												CAUDAL MEDIO ANUAL		
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TRANSVASE	PROPIO	TOTAL
1975	---	---	---	---	---	---	---	---	1.62	4.35	3.70	5.21	2.60	1.12	3.72
1976	3.23	---	---	---	---	---	---	---	2.90	4.77	3.89	3.31	2.53	1.09	3.62
1977	2.93	0.02	---	---	---	---	---	---	2.08	2.60	4.79	2.72	1.76	0.76	2.52
1978	0.17	---	---	---	---	---	---	---	1.74	3.36	1.88	2.31	1.32	0.57	1.89
1979	1.07	---	---	---	---	---	---	---	2.12	3.97	1.56	0.02	1.22	0.53	1.75
1980	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.84	1.55	3.50	1.37	0.59	1.97
1981	---	---	---	---	---	---	---	---	4.30	3.61	4.18	1.82	2.43	1.05	3.48
1982	---	---	---	---	---	---	---	---	4.56	5.17	8.99	2.91	3.77	1.63	5.41
1983	---	---	---	---	---	---	---	---	0.43	2.93	0.75	---	0.96	0.41	1.37
1984	---	---	---	---	---	---	---	---	3.68	8.18	10.48	20.66	7.50	3.25	10.75
1985	---	---	---	---	---	---	---	4.03	3.84	3.82	1.07	4.50	2.41	1.04	3.45
1986	---	---	---	---	---	---	---	0.18	5.05	5.51	4.41	8.96	3.36	1.46	4.82
1987	---	---	---	---	---	---	---	---	2.37	4.55	3.55	0.78	1.96	0.85	2.81
1988	---	---	---	---	---	---	---	---	3.95	3.60	2.66	2.27	2.18	0.94	3.12
1989	---	---	---	---	---	---	---	---	3.90	6.38	4.09	1.53	2.77	1.20	3.97
1990	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.41	4.05	1.91	0.83	2.73
1991	---	---	---	---	---	---	---	---	2.22	4.62	0.90	0.15	1.38	0.60	1.98
1992	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.03	---	0.72	0.31	1.03
1993	---	---	---	---	---	---	---	0.87	3.44	3.07	4.50	---	2.07	0.90	2.97
1994	---	---	---	---	---	---	0.89	4.65	4.64	3.58	1.52	---	2.13	0.92	3.06
1995	---	---	---	---	---	---	---	0.00	2.85	1.62	---	---	1.04	0.45	1.49
1996	---	---	---	---	---	---	---	1.79	3.80	2.76	1.51	0.99	1.51	0.66	2.17
1997	---	---	---	---	---	---	---	2.82	1.57	0.23	0.41	0.59	0.79	0.34	1.13
1998	---	---	---	---	---	---	---	2.45	2.29	1.61	1.18	1.06	1.20	0.52	1.72
1999	---	---	---	---	---	---	---	2.21	3.57	3.08	1.92	1.47	1.71	0.74	2.45
2000	---	---	---	---	---	---	---	1.85	4.34	3.63	2.04	0.85	1.77	0.77	2.54
2001	---	---	---	---	---	---	0.83	3.26	4.74	1.87	1.97	2.19	1.73	0.75	2.48
2002	0.48	---	---	---	---	---	---	2.50	3.48	1.85	0.33	---	1.21	0.52	1.73
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.32</b>	<b>0.54</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>0.86</b>	<b>2.13</b>	<b>3.49</b>	<b>3.61</b>	<b>3.77</b>	<b>4.37</b>	<b>2.52</b>	<b>1.09</b>	<b>3.61</b>
<b>V-50%</b>	<b>1.99</b>	<b>0.54</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>0.86</b>	<b>2.23</b>	<b>3.64</b>	<b>3.50</b>	<b>3.77</b>	<b>3.21</b>	<b>0.73</b>	<b>0.31</b>	<b>1.04</b>
<b>V-75%</b>	<b>0.80</b>	<b>0.00</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>0.82</b>	<b>1.66</b>	<b>2.37</b>	<b>2.50</b>	<b>1.91</b>	<b>1.63</b>	<b>0.51</b>	<b>0.22</b>	<b>0.73</b>
<b>DESV.EST.</b>	<b>2.23</b>	<b>0.74</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>0.04</b>	<b>1.24</b>	<b>1.47</b>	<b>1.69</b>	<b>2.25</b>	<b>4.45</b>	<b>1.22</b>	<b>0.53</b>	<b>1.74</b>
<b>MAX.</b>	<b>7.94</b>	<b>1.06</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>0.89</b>	<b>4.65</b>	<b>7.26</b>	<b>8.18</b>	<b>10.48</b>	<b>20.67</b>	<b>7.50</b>	<b>3.25</b>	<b>10.75</b>
<b>MIN.</b>	<b>0.17</b>	<b>0.02</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>0.83</b>	<b>0.00</b>	<b>0.43</b>	<b>0.23</b>	<b>0.33</b>	<b>0.02</b>	<b>0.72</b>	<b>0.31</b>	<b>1.03</b>

GRAFICO N°7.2.

HISTORICO DE VOLUMENES DESCARGADOS - SISTEMA REGULADO CUENCA DEL RIO SAN JUAN

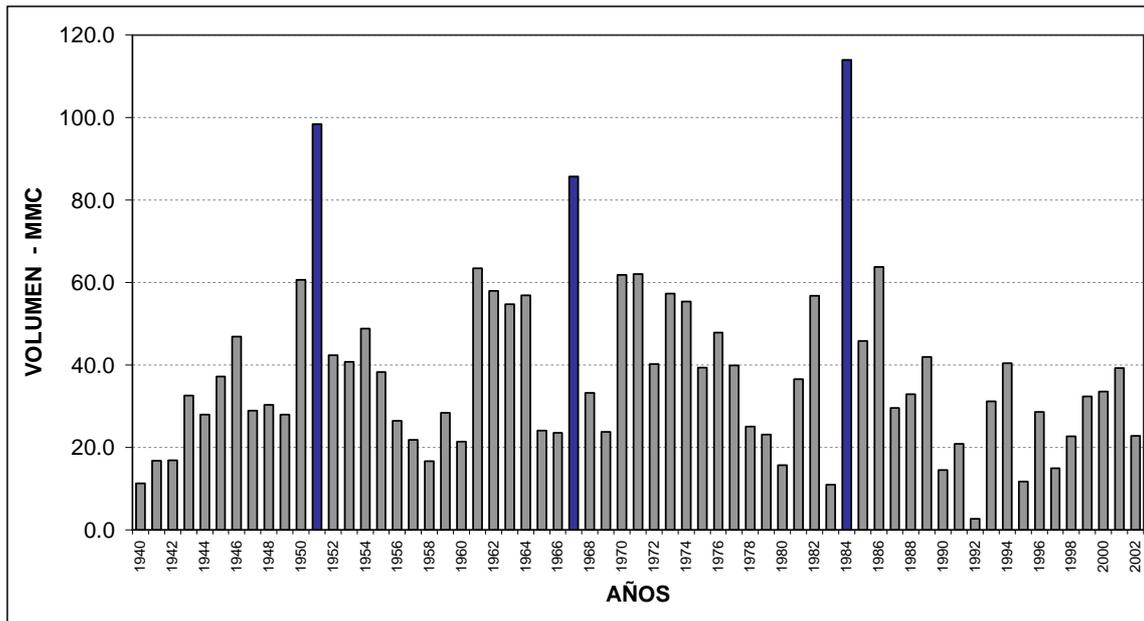
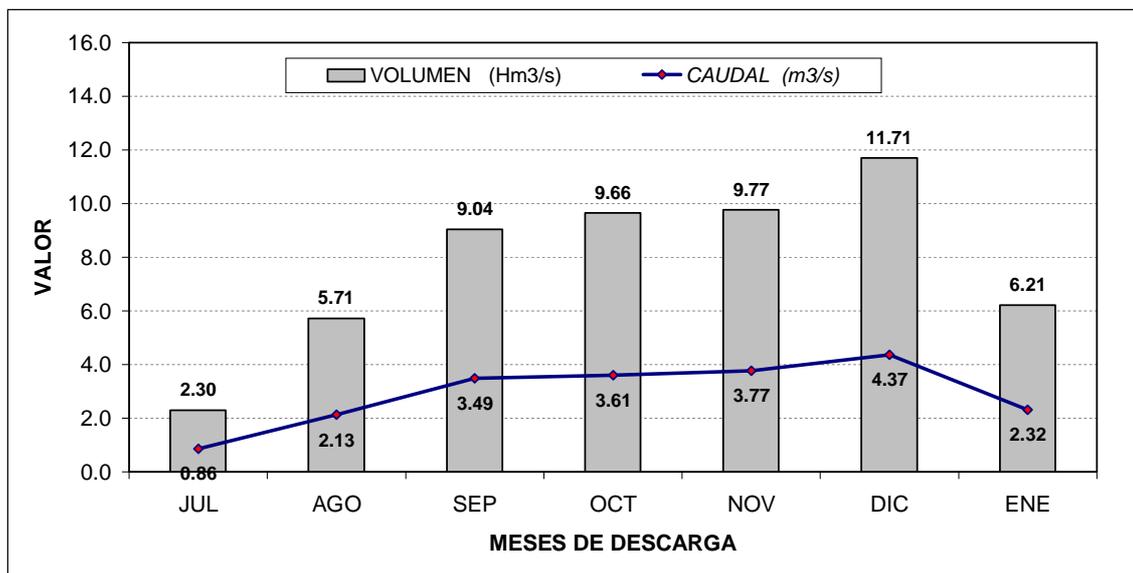


GRAFICO N°7.3.

DESCARGA PROMEDIO MENSUAL DE LAGUNAS - SISTEMA REGULADO CUENCA DEL RIO SAN JUAN



## **8. USO Y DEMANDA ACTUAL DE AGUA**

### **8.1. ASPECTOS GENERALES**

La determinación del uso y demanda actual del agua en la cuenca del río San Juan tiene como principal objetivo la determinación del balance hídrico con énfasis en el consumo de agua con fines agrícolas en la zona de valle, o ámbito de la Junta de Usuarios del sub-distrito de riego Chincha.

Es necesario precisar que en la cuenca se distingue varios tipos de uso o consumo de agua superficial; siendo en orden de prioridad, por la magnitud de volumen consumido: Demanda agrícola, humano-municipal, industrial y pecuario. El consumo agrícola es el de mayor significación no sólo por ser notablemente superior respecto a los otros, sino también por su importancia socio-económica; para el consumo humano e industrial se hace uso de fuentes de agua de origen principalmente subterráneo.

En la actualidad no existe en la cuenca centros mineros operativos, por lo que este consumo es nulo.

En cuanto a los usos no consuntivos en la cuenca, a la fecha no existe uso del agua con fines energéticos, pues el suministro de energía eléctrica a los respectivos centros poblados que cuentan con este servicio proviene del sistema hidro-energético Interconectado del Mantaro.

### **8.2. CONSUMO ACTUAL DE AGUA EN LA CUENCA BAJA O VALLE DE CHINCHA.**

#### **8.2.1. USO AGRICOLA DEL AGUA**

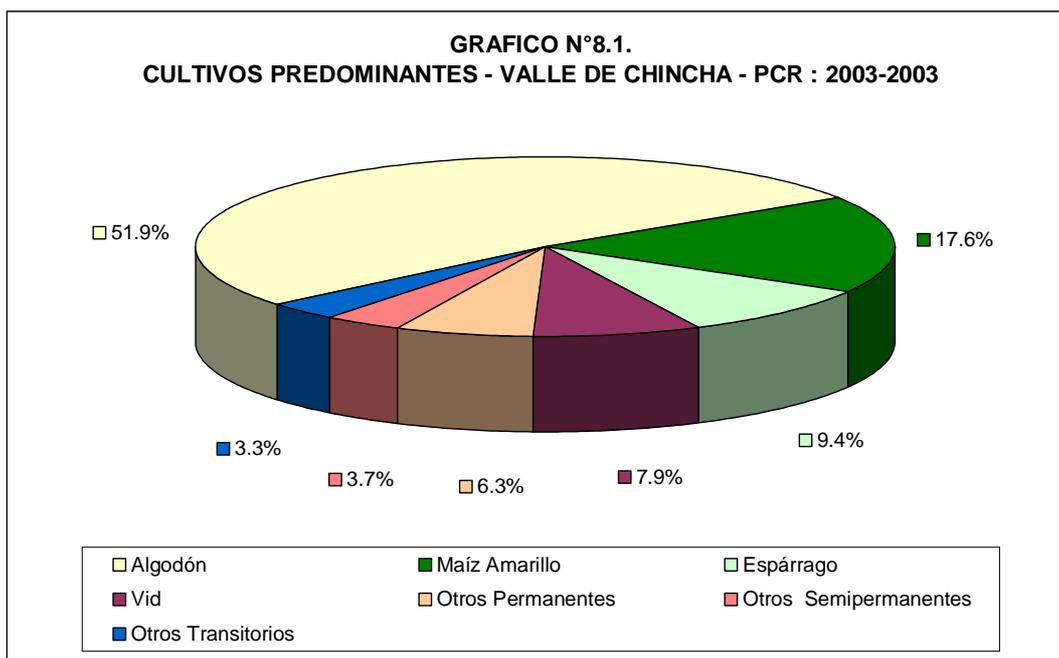
Para la determinación del uso actual del agua con fines agrícolas en el valle de Chincha se han utilizado dos medios, el primero, que lo estamos asumiendo para la realización del balance hídrico, está en función de los coeficientes consuntivos volumétricos empleados en el valle, los cuales determinan demandas totales de agua por tipo de cultivo en función a la cédula de cultivos instalada para el área total bajo riego del valle.

La segunda metodología empleada fue el cálculo teórico de la demanda hídrica según el procedimiento recomendado por la FAO.

El área de cultivo o cédula de siembra asumida para el presente caso es la correspondiente al Plan de Cultivo y Riego PCR – 2002/2003; esta intención de siembra ha sido al 71.5% del total bajo riego en el valle (24,360 Ha), es decir que se ha declarado un área de cultivo bajo riego de 17,426 Ha, resultando una demanda de agua de 173,544 Hm<sup>3</sup>/año. En base a esta información se ha realizado una extrapolación de la intención de siembra al 100% de la superficie bajo riego del valle, partiendo de información de usuarios y superficie de cultivo según la sectorización del valle, es decir según las 14 Comisiones de Regantes existentes. Cuyo resumen se muestra en el cuadro **N°8.1.**, habiéndose determinado 24,469.3 Ha totales de cultivo, 24,360.1 Ha bajo riego y 7,676 usuarios, como información más resaltante.

La cédula de cultivos del año agrícola 2002-2003, obtenida para el total de área bajo riego del valle, figura en el cuadro **N°8.2.**, en el que se distingue el cultivo algodón (51.9%) con una mayor área sembrada, seguido del maíz amarillo (17.6%),

espárrago (9.4%), vid (7.9%); los otros cultivos permanentes (frutales), semi-permanentes y transitorios tiene áreas de cultivo equivalentes al 6.3%, 3.7% y 3.3%, respectivamente. Ver gráfico N°8.1.



La demanda de agua obtenida bajo el primer método es 173.54 Hm<sup>3</sup>/año, cifra que está muy por debajo de una demanda teórica de la misma cédula de cultivos, ello se debe a que los coeficientes volumétricos de demanda por cultivo de uso por la Junta de Usuarios par el cálculo de la demanda de agua están ajustados a las restricciones de agua disponible en el valle. En el cuadro N°8.3. se muestra los resultados del cálculo mensualizado de esta demanda, correspondiendo el mayor consumo al mes de febrero, 27.57 Hm<sup>3</sup>, y el menor al mes de julio, 3.10 Hm<sup>3</sup>.

Los requerimientos de agua con el segundo método teórico es sustancialmente mayor, 464.10 Hm<sup>3</sup>/año, para lo cual se ha considerado una eficiencia total de riego de 45%, evapotranspiración potencial según el método de Penman Monteith, que para el año total es 1,645.6 mm, según lo desarrollado en el ítem 3.2.4. del presente trabajo, los coeficientes Kc de cultivo son los correspondientes a los empleados en el estudio de demanda del valle Pisco. En los cuadros N°8.4. y 8.5. se tiene los resultados de la demanda teórica de agua para los cultivos del valle, en forma global, así como según por cultivos.

Respecto a los cálculos efectuados consideramos apropiado nombrar que en el estudio realizado por la ONERN en el año 1970, determinó una demanda de agua de cultivos de 460.5 Hm<sup>3</sup>/año para una cédula de cultivos de 22,250 Ha, predominando el algodón (51.5%), maíz (29.4%) y vid (6.5%).

**CUADRO N°8.1.**  
**RESUMEN DE USUARIOS Y SUPERFICIES DE CULTIVO - 2003**  
**COMISIONES DE REGANTES - VALLE DE CHINCHA**

SECTOR DE RIEGO	COMISION DE REGANTES	NUMERO DE USUARIOS				SUPERFICIE ( Ha)			
		Total	Bajo Riego	Licencia	Permiso	Total	Bajo Riego	Licencia	Permiso
CHINCHA ALTA	ACEQUIA GRANDE	1,520	1,520	0	1,520	1,061	1,061	0	1,061
	CAUCE PRINCIPAL	456	456	0	456	1,577	1,558	0	1,558
	IRRIGACIÓN P. ÑOCO	645	645	0	645	3,416	3,385	0	3,385
	ÑOCO	1,428	1,428	0	1,428	972	964	0	964
	PILPA	573	573	1	572	210	209	0	209
	RÍO CHICO	106	106	0	106	413	411	0	411
	<b>TOTAL</b>	<b>4,728</b>	<b>4,728</b>	<b>1</b>	<b>4,727</b>	<b>7,650</b>	<b>7,589</b>	<b>0</b>	<b>7,589</b>
CHINCHA BAJA	CHINCHA BAJA	351	351	1	350	1,770	1,767	6	1,761
	CHILLÓN	423	423	0	423	2,396	2,395	0	2,395
	MATAGENTE	421	421	0	421	2,626	2,626	0	2,626
	RÍO VIEJO	367	367	0	367	1,865	1,860	0	1,860
	<b>TOTAL</b>	<b>1,562</b>	<b>1,562</b>	<b>1</b>	<b>1,561</b>	<b>8,657</b>	<b>8,648</b>	<b>6</b>	<b>8,642</b>
LA PAMPA	BELÉN	230	230	0	230	1,257	1,257	0	1,257
	CHOCHOCOTA	277	277	0	277	1,542	1,532	0	1,532
	PAMPA BAJA	596	596	0	596	3,791	3,763	0	3,763
	SAN REGIS	283	283	0	283	1,573	1,570	0	1,570
	<b>TOTAL</b>	<b>1,386</b>	<b>1,386</b>	<b>0</b>	<b>1,386</b>	<b>8,163</b>	<b>8,123</b>	<b>0</b>	<b>8,123</b>
<b>T O T A L E S</b>		<b>7,676</b>	<b>7,676</b>	<b>2</b>	<b>7,674</b>	<b>24,469</b>	<b>24,360</b>	<b>6</b>	<b>24,354</b>

FUENTE : ATDR-CHINCHA-PISCO



## CUADRO N°8.3.

## DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO EN EL VALLE DE CHINCHA POR SECTORES/COMISIONES DE REGANTES - Hm3

## EXTRAPOLACION DE LA INTENCION DE SIEMBRA PCR 2002/2003

## METODO DE COEFICIENTES VOLUMETRICOS DE CULTIVO - VALLE DE CHINCHA

AREA TOTAL BAJO RIEGO VALLE = 24,360 Ha

COM. REGAN O COM. CANAL /CANAL	MES												TOTAL
	AGT	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
RIO CHICO	0.359	0.021	0.286	0.079	0.230	0.602	0.615	0.288	0.153	0.028	0.015	0.008	2.684
IRRIGACION P. ÑOCO	0.000	1.640	1.696	1.618	1.720	1.861	2.358	2.928	2.659	2.445	1.349	0.745	21.018
CAUSE PRICIPAL	0.824	0.531	0.754	0.650	0.733	1.102	1.396	1.096	0.736	0.434	0.054	0.005	8.316
ÑOCO	0.000	1.009	0.262	0.924	0.315	0.907	1.071	0.594	0.408	1.310	0.244	0.063	7.108
PILPA	0.119	0.020	0.117	0.027	0.126	0.135	0.033	0.029	0.216	0.024	0.002	0.000	0.847
ACEQUIA GRANDE	0.996	0.220	0.765	0.344	0.735	1.004	0.834	0.467	0.625	0.104	0.104	0.104	6.304
<b>CHINCHA ALTA</b>	<b>2.298</b>	<b>3.442</b>	<b>3.880</b>	<b>3.641</b>	<b>3.860</b>	<b>5.610</b>	<b>6.307</b>	<b>5.402</b>	<b>4.798</b>	<b>4.346</b>	<b>1.768</b>	<b>0.926</b>	<b>46.277</b>
CHINCHA BAJA	1.178	0.407	1.027	0.803	1.155	1.393	1.364	1.128	0.613	0.310	0.140	0.055	9.573
RIO VIEJO	0.767	0.607	1.480	1.127	1.474	2.196	1.681	1.523	1.151	0.813	0.543	0.408	13.769
CHILLON	0.000	1.531	0.800	2.377	1.847	2.533	2.843	3.096	2.872	2.030	1.283	0.611	21.824
MATAGENTE	0.000	1.637	0.516	2.046	1.465	1.997	2.563	2.631	1.807	1.421	1.084	0.547	17.715
<b>SECTOR CH. BAJA</b>	<b>1.944</b>	<b>4.182</b>	<b>3.823</b>	<b>6.352</b>	<b>5.942</b>	<b>8.119</b>	<b>8.453</b>	<b>8.378</b>	<b>6.444</b>	<b>4.574</b>	<b>3.049</b>	<b>1.622</b>	<b>62.881</b>
CHOCHOCOTA	1.569	0.136	1.274	0.248	0.953	2.995	2.930	1.584	0.900	0.237	0.034	0.011	12.872
BELEN	0.000	1.408	0.345	1.266	0.362	0.937	2.672	2.575	1.448	0.965	0.161	0.013	12.152
SAN REGIS	0.000	1.222	0.704	1.196	0.810	1.069	1.939	1.620	1.215	0.968	0.707	0.000	11.450
PAMPA BAJA	2.713	0.500	2.924	1.172	2.478	5.424	5.266	2.972	2.076	1.196	0.660	0.528	27.912
<b>SECTOR LA PAMPA</b>	<b>4.283</b>	<b>3.266</b>	<b>5.247</b>	<b>3.881</b>	<b>4.603</b>	<b>10.426</b>	<b>12.809</b>	<b>8.750</b>	<b>5.639</b>	<b>3.366</b>	<b>1.562</b>	<b>0.553</b>	<b>64.385</b>
<b>TOTAL VALLE</b>	<b>8.525</b>	<b>10.890</b>	<b>12.950</b>	<b>13.875</b>	<b>14.404</b>	<b>24.155</b>	<b>27.568</b>	<b>22.530</b>	<b>16.881</b>	<b>12.285</b>	<b>6.379</b>	<b>3.101</b>	<b>173.544</b>

FUENTE: JUNTA DE USUARIOS CHINCHA - PROPIA

**CUADRO Nº 8.4.**  
**DEMANDA TEORICA DE AGUA PARA RIEGO EN SITUACION ACTUAL - VALLE DE CHINCHA**  
**CUENCA MEDIA Y ALTA DEL RIO SAN JUAN - RIEGO POR GRAVEDAD**

DESCRIPCION	Area ha	AÑO AGRICOLA PROMEDIO												TOTAL
		Agt	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	
ALCACHOFA	112.99	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.85
ALFALFA	654.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00
ALGODÓN	11,391.71	1.00	0.35	0.40	0.40	1.20	1.20	1.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	6.15
ARVERJA	29.80	1.00	0.70	0.95	1.05	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70
CAMOTE	60.51	0.00	1.00	0.50	0.70	1.15	0.80	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.90
ESPARRAGO	2,054.37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00
FRIJOL	97.42	1.00	0.50	0.70	1.05	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.15
FRUTALES	1,387.09	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00
MAIZ AMARILLO	4,066.69	0.00	1.00	0.30	0.80	1.20	0.65	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.45
PALLAR	183.56	1.00	0.50	0.70	1.05	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.15
TOMATE	8.39	1.00	0.60	0.90	1.00	1.15	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.45
TUNA	42.64	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	6.00
VID	1,737.45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00
YUCA	139.85	0.70	0.70	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	6.60
ZAPALLO	272.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.75
1. Evapotranspiración Potencial ETP (mm)		95.2	100.2	116.9	126.8	156.1	187.2	178.9	191.4	163.0	134.9	99.6	95.4	1,645.6
5. Días del mes DM		31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	28.3	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	365.3
7. Eficiencia de Riego ER		0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
4. KC Ponderado KCP		0.996	0.657	0.556	0.654	1.136	1.038	0.860	0.935	0.996	0.996	0.996	0.996	0.90
5. Area cultivada AC (ha)	22,239.4	18,112.2	22,239.4	22,239.4	22,239.4	22,239.4	21,542.7	15,036.7	6,946.1	5,875.5	5,875.5	5,037.8	5,037.8	22,239.4
6. Evapotranspiración Real ETR (mm)		94.83	65.80	65.03	82.91	177.44	194.37	153.91	178.98	162.40	134.45	99.15	94.98	1,504.26
8. Demanda Unitaria Real DuR (mm)		210.73	146.23	144.52	184.25	394.32	431.92	342.02	397.73	360.89	298.79	220.33	211.07	3,342.81
9. Demanda Unitaria Real V DuRV (m³/ha)		2,107.28	1,462.30	1,445.21	1,842.51	3,943.21	4,319.25	3,420.24	3,977.30	3,608.86	2,987.85	2,203.30	2,110.74	33,428.05
10. Caudal Ficticio Continuo QFC (l/s/ha)		0.79	0.56	0.54	0.71	1.47	1.61	1.40	1.48	1.39	1.12	0.85	0.79	1.06
11. Dotación D (m³/s)		14.25	12.55	12.00	15.81	32.74	34.74	21.07	10.31	8.18	6.55	4.28	3.97	14.70
12. Volumen Requerido Total VRT (MMC)		38.17	32.52	32.14	40.98	87.69	93.05	51.43	27.63	21.20	17.56	11.10	10.63	<b>464.10</b>

FUENTE: PROPIA

**CUADRO N°8.5.**  
**DEMANDA TEORICA DE AGUA PARA RIEGO EN EL VALLE DE CHINCHA POR CULTIVOS - Hm3**  
**EXTRAPOLACION DE LA INTENCION DE SIEMBRA PCR 2002/2003**

CULTIVO	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	TOTAL
ALCACHOFA	0.24	0.25	0.28	0.30	0.37								1.44
ALFALFA	1.38	1.46	1.70	1.84	2.27	2.72	2.62	2.78	2.37	1.96	1.45	1.39	23.94
<b>ALGODÓN</b>	24.11	8.88	11.84	12.83	47.43	56.88	19.63	2.37					<b>183.97</b>
ARVERJA	0.06	0.05	0.07	0.09	0.10								0.37
CAMOTE		0.13	0.08	0.12	0.24	0.20	0.18						0.96
ESPARRAGO	4.35	4.57	5.34	5.79	7.13	8.55	8.24	8.74	7.44	6.16	2.69	2.58	71.57
FRIJOL	0.21	0.11	0.18	0.29	0.30								1.08
FRUTALES	2.94	3.09	3.60	3.91	4.81	5.77	5.56	5.90	5.02	4.16	3.07	2.94	50.77
MAIZ AMARILLO		9.06	3.17	9.16	16.93	11.00	8.15						57.47
PALLAR	0.39	0.20	0.33	0.54	0.57								2.04
TOMATE	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03							0.13
TUNA	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.09	0.09	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.78
<b>VID</b>	3.68	3.87	4.51	4.89	6.03	7.23	6.97	7.39	6.29	5.21	3.84	3.68	<b>63.60</b>
YUCA	0.21	0.22	0.29	0.39	0.49	0.58	0.45	0.36					2.98
ZAPALLO	0.55	0.58	0.67	0.73	0.90								3.43
<b>TOTAL</b>	<b>38.17</b>	<b>32.52</b>	<b>32.14</b>	<b>40.98</b>	<b>87.69</b>	<b>93.05</b>	<b>51.89</b>	<b>27.63</b>	<b>21.20</b>	<b>17.56</b>	<b>11.10</b>	<b>10.63</b>	<b>464.10</b>

FUENTE : PROPIA

### 8.2.2. DEMANDA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – MUNICIPAL

Para el abastecimiento de agua poblacional en la cuenca baja o valle de Chíncha se utiliza dos tipos de fuente: La superficial o río San Juan y la Subterránea.

La metodología básica de estimación de esta demanda para la fuente superficial ha sido el método indirecto población-dotación

- **Población** al año 2003 para una tasa de crecimiento aritmético, según lo desarrollado en el ítem 2.3; diferenciándose la población urbana y rural. Consideramos el 10% de la población rural como no servida, en concordancia con el número de habitantes esparcidos, es decir sin posibilidades de abastecimiento de agua mediante sistemas entubados.
- **Factores de dotaciones** de agua para consumo humano, según áreas urbano y rural:
  - Area Urbana Servida = 150 lt/hab. día (\*)
  - Area Rural Servida = 80 lt/hab. día (\*)
  - Area Rural No Servida = 20 lt/hab. día (\*\*)

(\*) *MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION DEL PERU - Reglamento Nacional de Construcción. Lima, 1998.*

(\*\*) *ONERN - Inventario Nacional del Uso Actual del Agua - Lima, 1984.*

La determinación del consumo teórico de agua con fines poblacionales está dada por distritos, el actual consumo para las zonas: urbana, rural servida y rural no servida es de 6.39, 0.64 y 0.02 H<sup>3</sup>/año respectivamente. El volumen total anual consumido es de 7.05 Hm<sup>3</sup>/año. Estas cantidades no consideran los consumos de los distritos de San Juan de Yanac y San Pedro de Huacarpana, por encontrarse aguas arriba de la estación o partidor Conta, punto de realización del respectivo balance hídrico. Los resultados se detallan en el cuadro **N°8.6**.

Una importante fuente de abastecimiento está constituida por agua subterránea, extraída mediante galerías filtrantes y pozos tubulares, mediante bombeo.

La empresa encargada del suministro y cobro de agua poblacional es la empresa de agua SEMAPACH S.A., obteniéndose de la misma la información mensualizada (año 2002) de la dotación de agua para la provincia de Chíncha según tipo de fuente, ver cuadro **N°8.7.**, apreciándose un consumo anual total de 12.75 Hm<sup>3</sup>, correspondiéndole 5.48 Hm<sup>3</sup> (43%) a la fuente superficial (río San Juan) y 7.27 Hm<sup>3</sup> (57%) a las fuentes subterráneas.

En cuanto a la licencia de uso de agua superficial para consumo humano, esta ha sido otorgada por la ATDR-Chíncha-Pisco, mediante Resolución Administrativa N°013-94, a través de la cual autoriza el uso de 300 lt/s para consumo poblacional, por lo que esta empresa ejecuta un pago de tarifa de agua por este concepto.

CUADRO Nº 8.6.

## DEMANDA ACTUAL DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN

		DOTACIONES - lt/hab/día							
		Urbana	Rural Servida	Rural No Servida					
		150	80	20					
Nº	PROVINCIA / DISTRITO	POBLACION ACTUAL 2003			CONSUMO DE AGUA m3/día				CONSUMO TOTAL
		TOTAL	URBANA	RURAL	URBANA	RURAL SERVIDA	RURAL NO SERVIDA	TOTAL	MMC/año
<b>DPTO. DE ICA</b>		<b>189,521</b>	<b>167,067</b>	<b>22,454</b>	<b>17,585.0</b>	<b>1,867.3</b>	<b>51.9</b>	<b>19,504.2</b>	<b>7.119</b>
<b>PROV. DE CHINCHA</b>									
1	DIST. CHINCHA ALTA	62,611	62,611	0	9,391.7	0.0	0.0	9,391.7	3.428
2	DIST. ALTA LARAN	5,250	2,207	3,043	331.0	219.1	6.1	556.2	0.203
3	DIST. CHAVIN	312	44	268	6.6	19.3	0.5	26.4	0.010
4	DIST. CHINCHA BAJA	12,451	4,193	8,259	Agua Subt.	594.6	16.5	611.1	0.223
6	DIST. SAN PEDRO DE HUACARPANA	1,330	340	991	50.9	71.3	2.0	124.3	0.045
7	DIST. SUNAMPE	30,909	24,743	6,166	Agua Subt.	444.0	12.3	456.3	0.167
8	DIST. TAMBO DE MORA	4,459	3,344	1,115	Agua Subt.	80.3	2.2	82.5	0.030
9	DIST. EL CARMEN	9,992	4,874	5,119	Agua Subt.	368.5	10.2	378.8	0.138
10	DIST. GROCIO PRADO	22,239	21,897	341	Agua Subt.	24.6	0.7	25.3	0.009
11	DIST. PUEBLO NUEVO	51,851	51,851	0	7,777.6	0.0	0.0	7,777.6	2.839
12	DIST. SAN JUAN DE YANAC	814	181	633	27.1	45.6	1.3	74.0	0.027
<b>DPTO. DE HUANCAVELICA</b>		<b>10,323</b>	<b>3,134</b>	<b>7,189</b>	<b>506.8</b>	<b>576.6</b>	<b>16.0</b>	<b>1,099.4</b>	<b>0.401</b>
<b>PROV. DE CASTROVIRREYNA</b>									
1	DIST. ARMA	1,252	761	492	114.1	35.4	1.0	150.5	0.055
2	DIST. AURAHUA	1,878	446	1,433	66.8	103.1	2.9	172.8	0.063
3	DIST. CAPILLAS	1,248	185	1,063	27.7	76.5	2.1	106.4	0.039
4	DIST. CHUPAMARCA	858	243	615	36.4	44.3	1.2	81.9	0.030
5	DIST. HUACHOS	1,440	317	1,123	47.5	80.8	2.2	130.6	0.048
6	DIST. HUAMATAMBO	576	279	297	41.9	21.4	0.6	63.8	0.023
7	DIST. SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	1,049	157	892	23.5	64.2	1.8	89.5	0.033
8	DIST. TANTARÁ	3,087	992	2,095	148.8	150.9	4.2	303.8	0.111
<b>TOTAL CUENCA SAN JUAN</b>		<b>199,844</b>	<b>170,201</b>	<b>29,643</b>	<b>18,091.8</b>	<b>2,444.0</b>	<b>67.9</b>	<b>20,603.6</b>	<b>7.520</b>

FUENTE : PROPIA

**CUADRO N°8.7.**  
**CONSUMO DE AGUA POBLACIONAL PROVINCIA DE CHINCHA - SEGUN TIPO DE FUENTE DE AGUA**  
**RESUMEN ANUAL: PRODUCCION TOTAL DE AGUA TRATADA (Hm<sup>3</sup>)**

DESCRIPCION TIPO DE FUENTE	AÑO - 2002												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>SUPERFICIAL - RIO SAN JUAN</b>	<b>0.446</b>	<b>0.396</b>	<b>0.432</b>	<b>0.498</b>	<b>0.503</b>	<b>0.423</b>	<b>0.435</b>	<b>0.502</b>	<b>0.492</b>	<b>0.430</b>	<b>0.430</b>	<b>0.492</b>	<b>5.481</b>
PLANTA DE TRATAMIENTO DE PORTACHUELO	0.446	0.396	0.432	0.498	0.503	0.423	0.435	0.502	0.492	0.430	0.430	0.492	5.481
<b>SUBTERRANEA - POZOS</b>	<b>0.670</b>	<b>0.575</b>	<b>0.716</b>	<b>0.554</b>	<b>0.545</b>	<b>0.603</b>	<b>0.691</b>	<b>0.469</b>	<b>0.498</b>	<b>0.764</b>	<b>0.592</b>	<b>0.592</b>	<b>7.270</b>
POZO N° 01 PORTACHUELO	0.068	0.044	0.113	0.031	0.121	0.113	0.109	0.009	0.006	0.022	0.097	0.097	0.830
POZO N° 02 PORTACHUELO	0.067	0.060	0.065	0.065	0.022	0.039	0.052	0.006	0.002	0.005	0.058	0.058	0.500
POZO N° 03 PORTACHUELO	0.067	0.043	0.065	0.045	0.067	0.035	0.058	0.000	0.000	0.011	0.063	0.063	0.516
POZO N° 07 PORTACHUELO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.020	0.026	0.009	0.069	0.000	0.020	0.020	0.184
POZO N° 08 HIJALLA	0.090	0.080	0.090	0.082	0.032	0.087	0.090	0.089	0.087	0.031	0.112	0.112	0.983
POZO N° 09 HIJALLA	0.115	0.105	0.117	0.100	0.046	0.072	0.116	0.113	0.113	0.039	0.149	0.149	1.234
POZO DE CHINCHA BAJA	0.044	0.041	0.044	0.041	0.042	0.044	0.042	0.045	0.044	0.045	0.000	0.000	0.432
POZO DE TAMBO DE MORA	0.017	0.020	0.023	0.021	0.020	0.022	0.022	0.023	0.021	0.021	0.022	0.022	0.254
POZO DE GROCIO PRADO	0.031	0.028	0.030	0.030	0.032	0.029	0.031	0.031	0.016	0.013	0.025	0.025	0.322
POZO SUNAMPE	0.010	0.008	0.009	0.009	0.011	0.012	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.115
POZO N° 11 HIJALLA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.038	0.076
GALERIA DE NARANJAL DE PORTACHUELO	0.161	0.145	0.161	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.130	0.134	0.000	0.000	1.391
PLANTA DE TRATAMIENTO DE PORTACHUELO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.432	0.000	0.000	0.432
<b>TOTAL</b>	<b>1.117</b>	<b>0.971</b>	<b>1.148</b>	<b>1.051</b>	<b>1.049</b>	<b>1.026</b>	<b>1.126</b>	<b>0.971</b>	<b>0.990</b>	<b>1.194</b>	<b>1.023</b>	<b>1.085</b>	<b>12.751</b>

FUENTE : SEMAPACH S.A.

### **8.3. CONSUMO DE AGUA EN LA CUENCA MEDIA Y ALTA**

#### **8.3.1. USO AGRICOLA DEL AGUA**

El ámbito de riego de la cuenca media y alta del río San Juan está delimitada administrativamente por tres sectores de riego: San Juan, Tantará y Huachos, que totalizan un área agrícola de 2,746.7 Ha, de las que 2,540.4 son bajo riego, las características de estos sectores se muestra en el cuadro **N° 8.8.**, con información del número de Comités de Regantes, número de usuario y predios, áreas de cultivo totales y bajo riego, número de tomas y fuentes hídricas de abastecimiento.

En la determinación del uso del agua con fines agrícolas, dada la falta de información de volúmenes consumidos, se ha empleado la metodología indirecta de cálculo de demanda de agua de cultivos propuesta por la FAO. Los cálculos se han realizado con la siguiente información de ingreso:

- **Cédula de cultivos promedio**, se puede apreciar en el cuadro **N°8.10.** para los sectores de riego nombrados. En este se distingue una variedad de nueve cultivos, siendo los más importantes por su área de siembra los pastos (alfalfa), frijol y maíz; correspondiéndole mayor área agrícola, 1,535 Ha, al sector de Huachos.
- **Coefficientes de cultivo**, han sido obtenidos de otros estudios realizados en zonas de sierra y de la publicación de la FAO.
- **Eficiencia de riego**; se ha estimado una eficiencia total de riego de 0.35, teniendo en cuenta que el riego es por gravedad e infraestructura de riego rústica, con ausencia de estructuras de control y medición.
- **Precipitación efectiva**; determinada al 75% de persistencia de la precipitación areal de la cuenca húmeda, resultando un módulo anual de 165.10, 279.84 y 377.74 mm, para los sectores de riego San Juan, Tantará y Huachos.
- **Evapotranspiración Potencial**; determinada teóricamente mediante el método Margraves III modificada, según el ítem 3.2.3. El módulo anual de evapotranspiración de referencia calculado para los tres sectores es 1513.73, 1445.37 y 1383.31 mm/año.

El volumen de requerimiento promedio anual de agua para riego en la cuenca media y alta del río San Juan es 51.8 Hm<sup>3</sup>/año, con una demanda unitaria promedio de 20,391 m<sup>3</sup>/ha por campaña o año agrícola. Ver los cuadros resumen de demanda teórica de agua, según sectores de riego, observándose que el sector con mayor consumo es Huachos. Ver Cuadros **N°8.9.**

**CUADRO Nº 8.8.**  
**CARACTERISTICAS DE SECTORES DE RIEGO SUB- DISTRITO DE RIEGO SAN JUAN**  
**CUENCA MEDIA Y ALTA DEL RIO SAN JUAN**

Nº	COMISION DE REGANTES	Nº Usuarios	Nº Predios	AREA (Ha)		COMITES REGANTES	Nº TOMAS	FUENTES DE AGUA DE CONSUMO
				Total	Riego			
1	SAN JUAN	227	256	782.84	734.59	23.0	23	Río San Juan
2	TANTARA	315	400	280.39	270.84	11.0	11	Río Tantará, Quebrada Cascani
3	HUACHOS	1,702	2,152	1,683.46	1,535.01	59.0	49	Río Huachos Quebradas Uchpa, Casacancha, Tinco, Quishuar, Cotas, Tacco, Tallo, Queropalca, Parhuaypampa, Huaycos, Huallhuay, Conocoran, Cacaro, Escalera y Cajamarca. Manantiales : Cayquisa, Yahuarpuquio, Tahuajarita, Huanupata, Pacatay, Ñuhuipuerto, Marcopampa, Uncupuquio, Cuchipahuachara y Monteladera.
	<b>TOTAL</b>	<b>2,244</b>	<b>2,808</b>	<b>2,746.69</b>	<b>2,540.44</b>	<b>93.0</b>	<b>83</b>	

FUENTE : Formulacióm del Padrón de Usuarios - Inventario de la Infraestructura de riego - Cuenca media y alta río San Juan - 2002

CUADRO N°8.9.

**DEMANDA TEORICA DE AGUA PARA RIEGO EN SITUACION ACTUAL - SUB-DISTRITO DE RIEGO SAN JUAN  
CUENCA MEDIA Y ALTA DEL RIO SAN JUAN**

DEMANDA	AÑO PROMEDIO												TOTAL
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
<b>Demanda Neta</b> MMC	6.56	6.61	5.62	5.03	2.85	2.01	0.95	4.00	4.38	4.23	4.21	5.36	<b>51.80</b>
<b>Caudal Teórico</b> m3/s	2.45	2.71	2.10	1.94	1.06	0.78	0.36	1.49	1.69	1.58	1.63	2.00	<b>1.65</b>

**RESUMEN DE DEMANDA POR SECTORES DE RIEGO**

DEMANDA TEORICA DE AGUA PARA RIEGO	SECTOR DE RIEGO SAN JUAN									TOTAL CUENCA
	SAN JUAN			TANTARA			HUACHOS			
	Total	Máx	Mín	Total	Máx	Mín	Total	Máx	Mín	
<b>Area Agrícola</b> Ha	734.6	734.6	594.5	270.8	251.1	234.7	1535.0	1408.0	1255.1	2540.4
<b>Demanda Neta</b> MMC	<b>20.71</b>	2.34	0.91	<b>5.41</b>	0.75	0.04	<b>25.68</b>	3.74	0.00	<b>51.80</b>
<b>Caudal Teórico</b> m3/s	<b>0.66</b>	0.96	0.34	<b>0.17</b>	0.29	0.02	<b>0.82</b>	1.46	0.00	<b>1.65</b>
<b>Demanda Unit.</b> m3/ha	30,042	3,199	1,241	22,031	3,016	166	18,931	2,660	0	20,391
<b>Módulo</b> lt/s/ha	0.95	1.31	0.46	0.70	1.15	0.06	0.60	1.04	0.00	---

Fuente: Popia

**CUADRO N°8.10.****CEDULA DE CULTIVOS - SUB-DISTRITO DE RIEGO SAN JUAN - Ha  
CUENCA MEDIA Y ALTA DEL RIO SAN JUAN**

CULTIVO	COMISION DE REGANTES			TOTAL
	SAN JUAN	TANTARA	HUACHOS	
PASTOS	350.23	205.88	998.12	<b>1,554.23</b>
FRIJOL	240.25	8.00	130.00	<b>378.25</b>
MAIZ	122.00	10.56	136.54	<b>269.10</b>
PAPA	0.00	22.10	127.35	<b>149.45</b>
CEBADA	0.00	9.20	73.00	<b>82.20</b>
TRIGO	0.00	11.60	54.00	<b>65.60</b>
OCA	0.00	3.50	16.00	<b>19.50</b>
TOMATE	4.00	0.00	0.00	<b>4.00</b>
ALGODON	18.11	0.00	0.00	<b>18.11</b>
<b>TOTAL</b>	<b>734.59</b>	<b>270.84</b>	<b>1,535.01</b>	<b>2,540.44</b>

**8.3.2. DEMANDA DE AGUA PARA CONSUMO POBLACIONAL**

El abastecimiento de agua para uso humano y doméstico en los centros poblados urbanos y rurales de la cuenca media y alta del río San Juan se realiza de diversas fuentes de agua superficial, priorizando los manantiales y bajo distintas modalidades; por ejemplo en los centros poblados de varias capitales de distrito existe conexiones domiciliarias, mientras que en los centros poblados rurales existe en algunos casos pilones públicos o se hace uso directo de la fuente (población rural no atendida).

Debido a la falta de información de volúmenes de agua consumidos con fines domésticos, la estimación de la demanda ha seguido un procedimiento indirecto en base a población servida y dotación estimada. Los factores de dotaciones empleados son los mismos que los empleados en la estimación de la demanda poblacional para la cuenca baja.

La determinación del consumo teórico de agua con fines poblacionales está dada por distritos, tanto de la provincia de Chincha, como de la provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica. El actual consumo para las zonas: urbana, rural servida y rural no servida es de 0.21, 0.25 y 0.007 Hm<sup>3</sup>/año respectivamente. El volumen total anual consumido es de **0.474 Hm<sup>3</sup>/año**. Estas cantidades consideran los consumos de los distritos de San Juan de Yanac y San Pedro de Huacarpana. Los resultados se detallan en el anterior cuadro **N°8.6**.

Así mismo en el cuadro **N°8.11**. se ha resumido la demanda total en la cuenca. En cuanto a la demanda agrícola, el 77% se da en el valle; en cuanto a la demanda poblacional, el 93.8% es para el valle; según el tipo de uso, el 96.7% del consumo total es agrícola, el restante 3.3% es poblacional.

CUADRO N°8.11.

DEMANDA TOTAL DE AGUA EN LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN - SITUACION ACTUAL - Hm<sup>3</sup>

AÑO PROMEDIO	VALLE DE CHINCHA			CUENCA MEDIA Y ALTA			CUENCA SAN JUAN		
	AGRICOLA	POBLACIONAL	TOTAL	AGRICOLA	POBLACIONAL	TOTAL	AGRICOLA	POBLACIONAL	TOTAL
Ago	8.53	0.59	<b>9.12</b>	5.36	0.04	<b>5.40</b>	13.88	0.63	<b>14.52</b>
Sep	10.89	0.59	<b>11.48</b>	6.56	0.04	<b>6.60</b>	17.45	0.63	<b>18.09</b>
Oct	12.95	0.59	<b>13.54</b>	6.61	0.04	<b>6.65</b>	19.56	0.63	<b>20.19</b>
Nov	13.87	0.59	<b>14.47</b>	5.62	0.04	<b>5.66</b>	19.50	0.63	<b>20.13</b>
Dic	14.40	0.59	<b>15.00</b>	5.03	0.04	<b>5.07</b>	19.43	0.63	<b>20.06</b>
Ene	24.16	0.59	<b>24.75</b>	2.85	0.04	<b>2.89</b>	27.00	0.63	<b>27.64</b>
Feb	27.57	0.59	<b>28.16</b>	2.01	0.04	<b>2.05</b>	29.58	0.63	<b>30.21</b>
Mar	22.53	0.59	<b>23.12</b>	0.95	0.04	<b>0.99</b>	23.48	0.63	<b>24.12</b>
Abr	16.88	0.59	<b>17.48</b>	4.00	0.04	<b>4.04</b>	20.88	0.63	<b>21.51</b>
May	12.29	0.59	<b>12.88</b>	4.38	0.04	<b>4.42</b>	16.66	0.63	<b>17.30</b>
Jun	6.38	0.59	<b>6.97</b>	4.23	0.04	<b>4.27</b>	10.61	0.63	<b>11.24</b>
Jul	3.10	0.59	<b>3.69</b>	4.21	0.04	<b>4.25</b>	7.31	0.63	<b>7.95</b>
<b>TOTAL</b>	<b>173.54</b>	<b>7.13</b>	<b>180.67</b>	<b>51.80</b>	<b>0.47</b>	<b>52.28</b>	<b>225.35</b>	<b>7.60</b>	<b>232.95</b>
%	<b>77.0</b>	<b>93.8</b>	<b>77.6</b>	<b>23.0</b>	<b>6.2</b>	<b>22.4</b>	<b>96.7</b>	<b>3.3</b>	<b>100.0</b>

## 9. BALANCE HIDRICO EN SITUACION ACTUAL

### 9.1. ASPECTOS GENERALES

El balance hídrico o comparación entre la oferta y demanda hídrica se ha realizado para la cuenca baja o valle del río San Juan, ámbito de la Junta de Usuarios del Sub-Distrito de Riego Chíncha, en el punto de control o estación hidrométrica de Conta (única estación de aforo de la cuenca), coincidente con la “cabecera” de valle, considerando el consumo agrícola y poblacional de agua.

### 9.2. DISPONIBILIDAD HIDRICA

La disponibilidad hídrica del río San Juan para el valle agrícola proviene de tres fuentes: Aporte del río San Juan, aporte de las aguas de almacenamiento y aporte de las aguas de recuperación y/o filtración. La disponibilidad hídrica total, considerando estos tres aportes, como valor medio es 16.25 m<sup>3</sup>/s, equivalente a una masa anual de 506.09 Hm<sup>3</sup>; mientras que la disponibilidad hídrica total, al 75% de persistencia es 6.63 m<sup>3</sup>/s, equivalente a una masa anual de 206.59 Hm<sup>3</sup>; los respectivos valores mensuales para un año promedio histórico se aprecian en los cuadros N°9.1. y 9.2. en los gráficos N°9.1. y 9.2. se distingue en forma comparativa estos tres aportes hídricos, respectivamente.

#### 9.2.1. APORTE DE AGUA SUPERFICIAL DE RIO

La disponibilidad hídrica del río San Juan se ha desarrollado a detalle en el ítem 5.7. del presente estudio para diferentes niveles o porcentajes de persistencia. La disponibilidad hídrica, para el año promedio histórico 1934-2002, como valor promedio y al 75% de persistencia es 14.02 m<sup>3</sup>/s (435.51 Hm<sup>3</sup>/año) y 5.18 m<sup>3</sup>/s (160.74 Hm<sup>3</sup>/año), los valores mensuales se aprecian en los cuadros N°9.1. y 9.2.

#### 9.2.2. APORTE DE AGUAS DE ALMACENAMIENTO

El aporte a la escorrentía del río San Juan de las aguas provenientes del sistema de regulación propio y de transvase de la cuenca, desarrollado en el ítem 7.3. del presente estudio, es, como valor promedio y al 75% de persistencia es 2.64 m<sup>3</sup>/s (37.45 Hm<sup>3</sup>/año) y 1.67 m<sup>3</sup>/s (23.07 Hm<sup>3</sup>/año), los valores mensuales se aprecian en los cuadros N°9.1. y 9.2.

#### 9.2.3. APORTE DE AGUAS DE RECUPERACION

La disponibilidad hídrica de las aguas de recuperación y/o filtración, como valores medios, se muestra en el cuadro N°9.3. Este recurso hídrico tiene su origen fundamentalmente en los excedentes del agua de riego en el valle, que, por los procesos de infiltración y escurrimiento sub-superficial, son drenados en forma natural por la cuenca baja y afloran como “filtraciones” en diversos puntos del valle.

Para la determinación de la magnitud de estos caudales, debido a la inexistencia de aforos sistemáticos e históricos de las aguas de recuperación del valle de San Juan, se ha procedido a realizar estimaciones en base al comportamiento del escurrimiento del aporte subterráneo del caudal del río San Juan (desarrollado en base a la modelación determinística de generación de caudales, modelo TEMEZ) y en base a aforos realizados en los distintos puntos de afloramiento de aguas de recuperación en el valle, trabajo ejecutado en el mes de octubre, cuya información se muestra en el cuadro N°9.4.; se han evaluado 8 fuentes sub-superficiales de aporte hídrico, con caudales que varían entre los 0.005 y 0.058 m<sup>3</sup>/s, siendo el aporte total 0.173 m<sup>3</sup>/s para este mes.

En el **gráfico N°9.3.** se muestra comparativamente las magnitudes mensuales de las aguas de recuperación.

EL caudal medio anual estimado de las aguas de recuperación es  $0.47 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $14.88 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ) y el aporte total según los datos de aporte subterráneo (modelo Témez) es  $46.21 \text{ Hm}^3/\text{año}$ . Como se aprecia la variación mensual no se ajusta a este aporte subterráneo, dado que este caudal es el correspondiente a todo el aporte subterráneo del río San Juan, incrementado en la época de lluvias. Ver cuadro N°9.3.

### **9.3. DEMANDA HIDRICA**

La demanda de agua total en el valle, es de  $5.76 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $180.67 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ), cuyos cálculos se detallan en el anterior capítulo. El resumen de la información mensualizada se aprecia en el **cuadro N°8.11.**

### **9.4. BALANCE HIDRICO EN SITUACION ACTUAL**

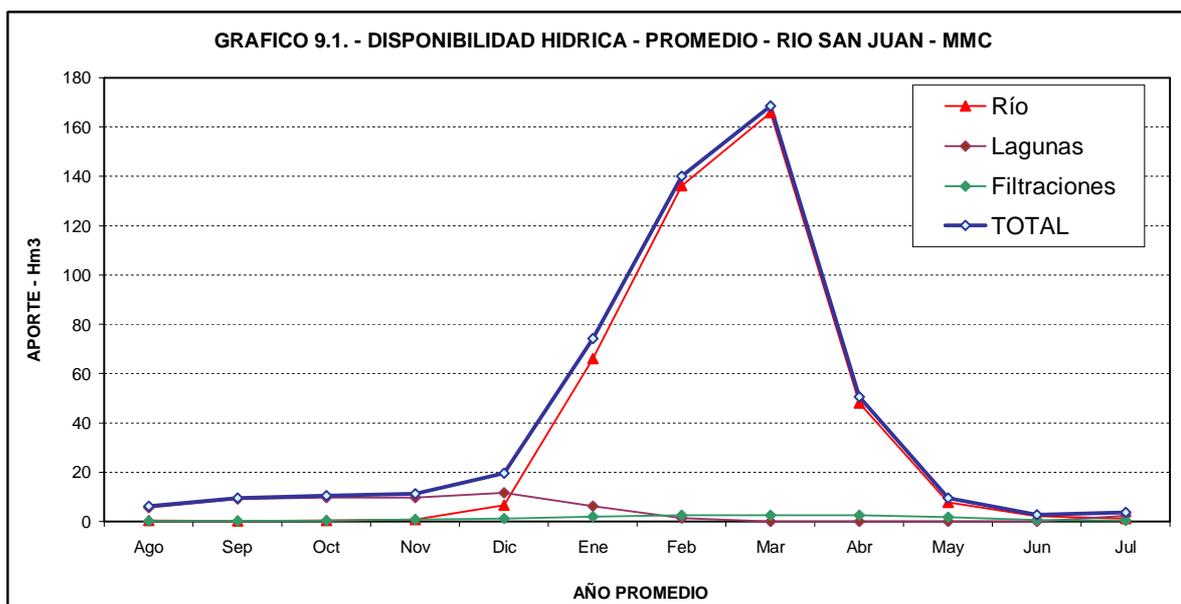
El balance hídrico realizado, mostrado en los cuadros **N°9.5.** y **9.6.** y **gráficos N°9.4.** y **9.5.** para la cuenca baja o valle de San Juan y considerando el consumo agrícola y poblacional, al promedio y 75% de persistencia de disponibilidad hídrica, respectivamente.

Balance con el promedio de la disponibilidad hídrica: presenta un déficit total anual de  $1.03 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $18.9 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ), que se presenta en los meses de mayo a noviembre. El superávit existente, para el resto de los meses es de  $26.61 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $344.31 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ).

Balance con el 75% de persistencia de la disponibilidad hídrica: presenta un déficit total anual de  $2.29 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $54.55 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ), que se presenta en los meses de mayo a enero. El superávit existente, para el resto de los meses es de  $10.35 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $80.47 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ).

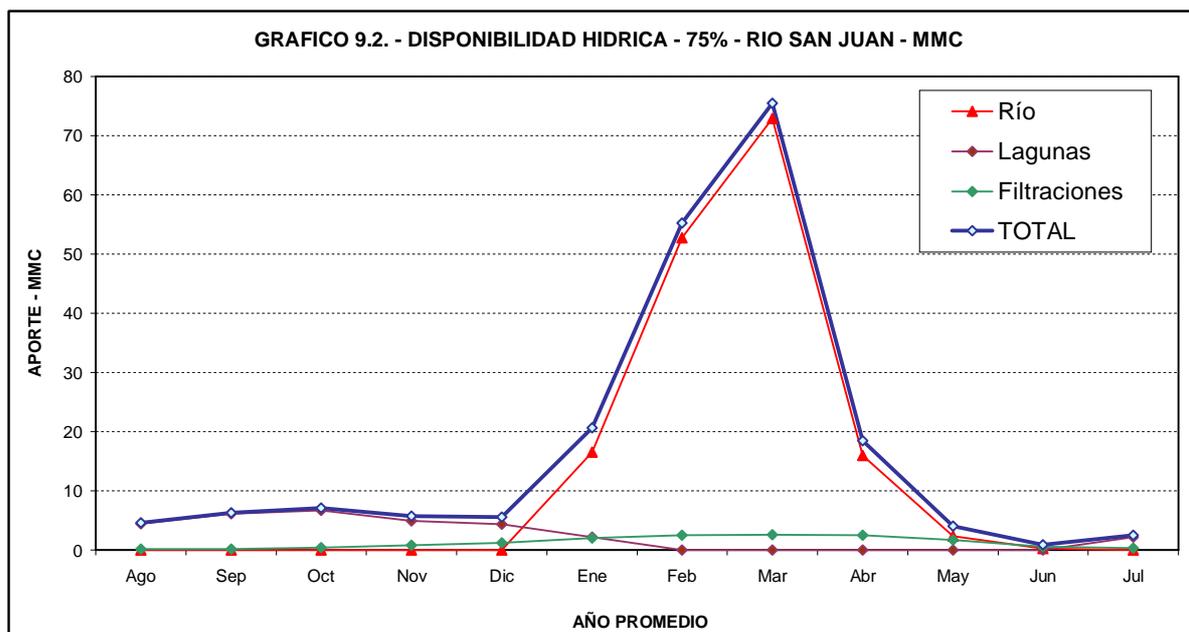
**CUADRO N°9.1.**  
**DISPONIBILIDAD HIDRICA - PROMEDIO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

AÑO PROMEDIO	DISPONIBILIDAD HIDRICA (m3/s)				DISPONIBILIDAD HIDRICA (Hm3)			
	Río	Lagunas	Filtraciones	TOTAL	Río	Lagunas	Filtraciones	TOTAL
Ago	0.15	2.13	0.06	2.34	0.40	5.71	0.15	6.26
Sep	0.10	3.49	0.05	3.64	0.26	9.04	0.12	9.42
Oct	0.16	3.61	0.15	3.92	0.43	9.66	0.41	10.50
Nov	0.27	3.77	0.31	4.35	0.70	9.77	0.80	11.27
Dic	2.49	4.37	0.45	7.31	6.67	11.71	1.20	19.58
Ene	24.64	2.32	0.75	27.70	66.00	6.21	2.00	74.20
Feb	55.80	0.54	1.02	57.36	136.20	1.31	2.50	140.01
Mar	61.93	---	0.97	62.90	165.87	---	2.60	168.47
Abr	18.54	---	0.96	19.50	48.06	---	2.50	50.56
May	2.91	---	0.63	3.54	7.79	---	1.70	9.49
Jun	0.79	---	0.23	1.02	2.05	---	0.60	2.65
Jul	0.40	0.86	0.11	1.37	1.07	2.30	0.30	3.67
<b>TOTAL</b>	<b>14.02</b>	<b>2.64</b>	<b>0.47</b>	<b>16.25</b>	<b>435.51</b>	<b>37.45</b>	<b>14.88</b>	<b>506.09</b>



**CUADRO N°9.2.**  
**DISPONIBILIDAD HIDRICA - 75% - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**

AÑO PROMEDIO	DISPONIBILIDAD HIDRICA (m3/s)				DISPONIBILIDAD HIDRICA (MMC)			
	Río	Lagunas	Filtraciones	TOTAL	Río	Lagunas	Filtraciones	TOTAL
Ago	0.00	1.66	0.06	1.72	0.00	4.46	0.15	4.60
Sep	0.00	2.37	0.05	2.42	0.00	6.14	0.12	6.26
Oct	0.00	2.50	0.15	2.66	0.00	6.70	0.41	7.11
Nov	0.00	1.91	0.31	2.22	0.00	4.95	0.80	5.75
Dic	0.00	1.63	0.45	2.08	0.00	4.37	1.20	5.57
Ene	6.17	0.80	0.75	7.72	16.52	2.15	2.00	20.68
Feb	21.61	---	1.02	22.64	52.75	---	2.50	55.25
Mar	27.22	---	0.97	28.19	72.90	---	2.60	75.50
Abr	6.16	---	0.96	7.13	15.98	---	2.50	18.48
May	0.87	---	0.63	1.50	2.33	---	1.70	4.03
Jun	0.10	---	0.23	0.33	0.26	---	0.60	0.86
Jul	0.00	0.82	0.11	0.93	0.00	2.19	0.30	2.49
<b>TOTAL</b>	<b>5.18</b>	<b>1.67</b>	<b>0.47</b>	<b>6.63</b>	<b>160.74</b>	<b>23.07</b>	<b>14.88</b>	<b>206.59</b>

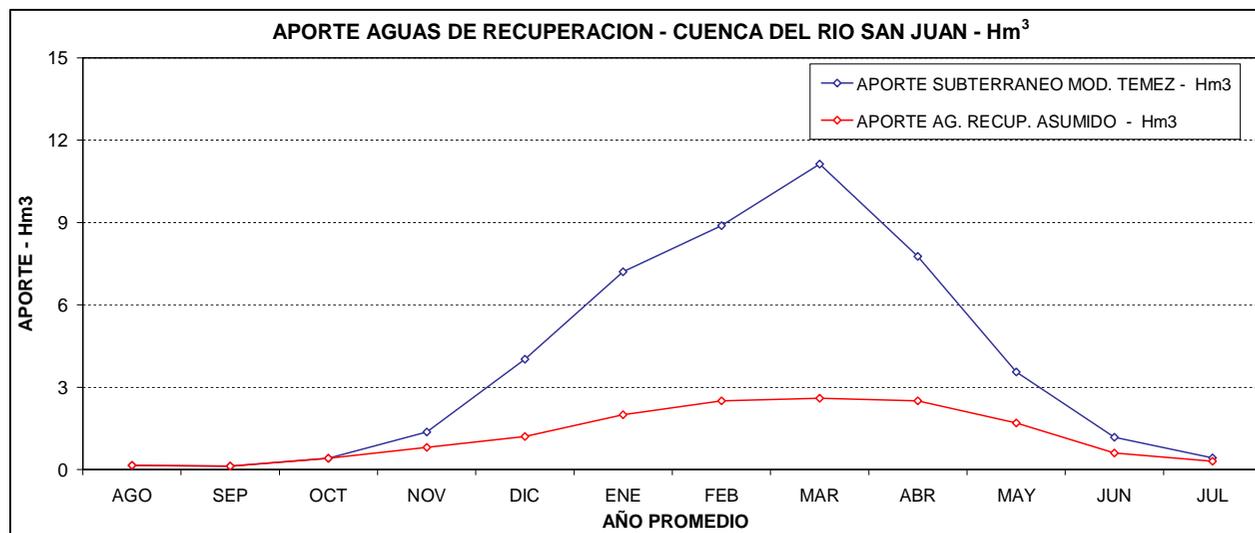


**CUADRO N°9.3.**

**DISPONIBILIDAD HIDRICA DE LAS AGUAS DE RECUPERACION - CUENCA BAJA O VALLE DE CHINCHA**

DESCRIPCION DE APOORTE	AÑO PROMEDIO HISTORICO												
	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	TOTAL
APORTE SUBTERRANEO MOD. TEMEZ - m3/s	0.06	0.05	0.15	0.53	1.50	2.69	3.64	4.16	3.00	1.33	0.46	0.16	1.48
APORTE SUBTERRANEO MOD. TEMEZ - Hm <sup>3</sup>	0.15	0.12	0.41	1.37	4.02	7.20	8.89	11.13	7.77	3.55	1.18	0.42	46.21
AFORO PROYECTO - OCTUBRE '03 - m3/s	----	----	0.173	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
AFORO PROYECTO - OCTUBRE '03 - Hm <sup>3</sup>	----	----	0.46	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
<b>APORTE AG. RECUP. ASUMIDO - m3/s</b>	0.06	0.05	0.15	0.31	0.45	0.75	1.02	0.97	0.96	0.63	0.23	0.11	0.47
<b>APORTE AG. RECUP. ASUMIDO - Hm<sup>3</sup></b>	0.15	0.12	0.41	0.80	1.20	2.00	2.50	2.60	2.50	1.70	0.60	0.30	14.88

**GRAFICO N° 9.3.**



**CUADRO N°9.4.**  
**AGUAS DE RECUPERACION AFORADAS - CUENCA BAJA DEL RIO SAN JUAN**

DATOS DE LA FUENTE DE AGUA						AFORO	
Nombre	Subcuenca	Altiud m.s.n.m.	UTM - N	UTM - E	USO	CAUDAL lt/s	FECHA DE AFORO
El Tunel 1	Baja río San Juan	256	8511161	390517	Agricola	16.7	13/10/2003
El Tunel 2	Baja río San Juan	178	8510203	385288	Agricola	5.4	13/10/2003
El Tunel 3	Baja río San Juan	215	8511109	388325	Agricola	45.5	13/10/2003
El Tunel 4	Baja río San Juan	185	8510632	385071	Agricola	7.3	14/10/2003
Huamanpali	Baja río San Juan	215	8511812	387573	Agricola	5.1	13/10/2003
s/n	Baja río San Juan	217	8511296	387226	Agricola	-	14/10/2003
s/n	Baja río San Juan	207	8512032	387057	Agricola	35	14/10/2003
s/n	Baja río San Juan	195	8512108	386023	Agricola	58	14/10/2003
<b>TOTAL - RENDIMIENTO AGUAS DE RECUPERACION - m<sup>3</sup>/s</b>						<b>0.173</b>	<b>( Octubre)</b>

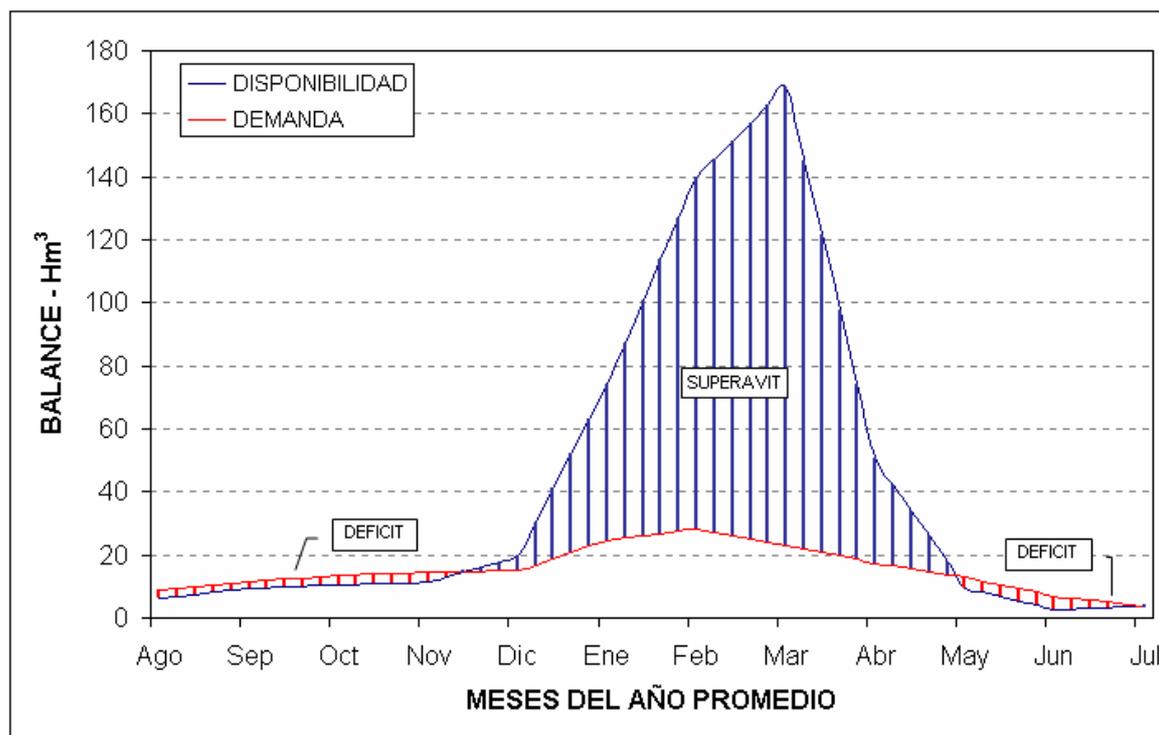
CUADRO N°9.5.

**BALANCE HIDRICO - PROMEDIO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**  
**ESTACION CONTA - CABECERA DE VALLE CHINCHA**

AÑO PROMEDIO	BALANCE HIDRICO (m <sup>3</sup> /s)			BALANCE HIDRICO (Hm <sup>3</sup> )		
	DISPONIBILIDAD	DEMANDA	BALANCE	DISPONIBILIDAD	DEMANDA	BALANCE
Ago	2.34	3.40	-1.07	6.260	9.119	-2.86
Sep	3.64	4.43	-0.80	9.422	11.484	-2.06
Oct	3.92	5.06	-1.14	10.499	13.544	-3.05
Nov	4.35	5.58	-1.23	11.270	14.469	-3.20
Dic	7.31	5.60	1.71	19.579	14.998	4.58
Ene	27.70	9.24	18.46	74.203	24.749	49.45
Feb	57.36	11.54	45.82	140.011	28.162	111.85
Mar	62.90	8.63	54.27	168.473	23.124	145.35
Abr	19.50	6.74	12.76	50.556	17.475	33.08
May	3.54	4.81	-1.26	9.494	12.879	-3.39
Jun	1.02	2.69	-1.67	2.648	6.973	-4.33
Jul	1.37	1.38	-0.01	3.672	3.695	-0.02
<b>TOTAL</b>	<b>16.25</b>	<b>5.76</b>	<b>10.49</b>	<b>506.09</b>	<b>180.67</b>	<b>325.41</b>
<b>DEFICIT</b>	-----	-----	<b>-1.03</b>	-----	-----	<b>-18.90</b>
<b>SUPERAVIT</b>	-----	-----	<b>26.61</b>	-----	-----	<b>344.31</b>

GRAFICO N°9.4.

**BALANCE HIDRICO - PROMEDIO - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**



FUENTE : PROPIA

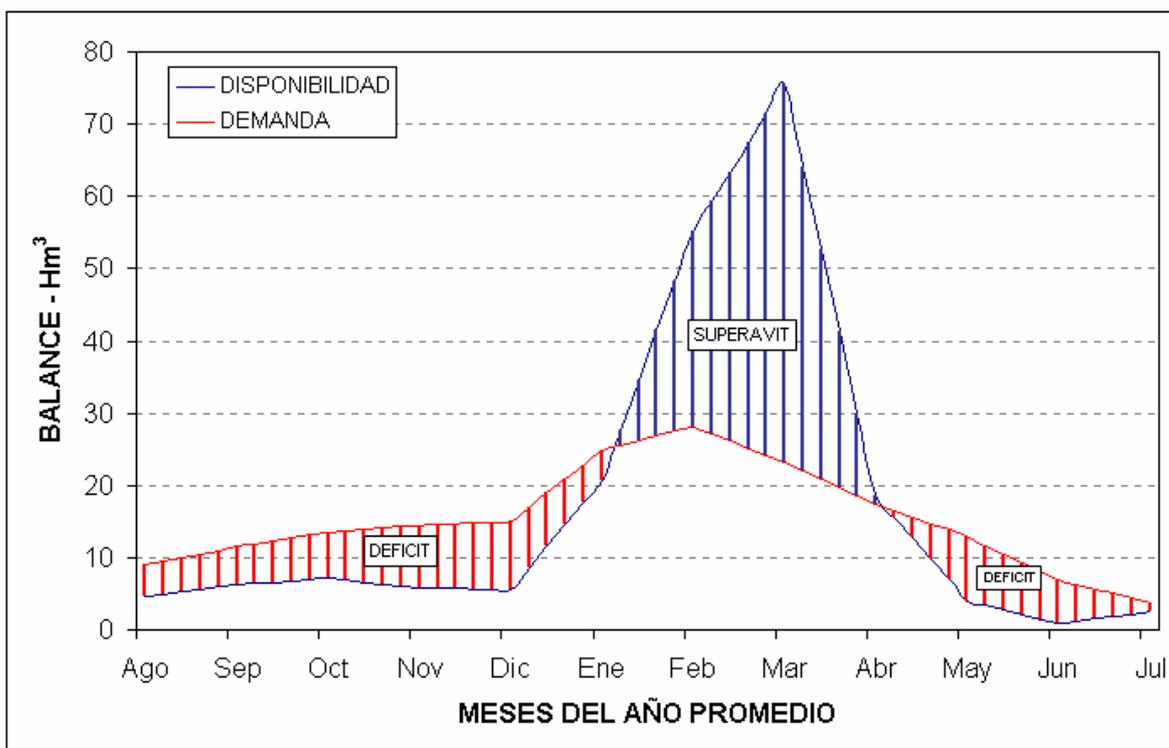
CUADRO N°9.6.

**BALANCE HIDRICO - 75% - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**  
**ESTACION CONTA - CABECERA DE VALLE CHINCHA**

AÑO PROMEDIO	BALANCE HIDRICO (m <sup>3</sup> /s)			BALANCE HIDRICO (Hm <sup>3</sup> )		
	DISPONIBILIDAD	DEMANDA	BALANCE	DISPONIBILIDAD	DEMANDA	BALANCE
Ago	1.72	3.40	-1.68	4.604	9.119	-4.52
Sep	2.42	4.43	-2.01	6.264	11.484	-5.22
Oct	2.66	5.06	-2.40	7.112	13.544	-6.43
Nov	2.22	5.58	-3.36	5.755	14.469	-8.71
Dic	2.08	5.60	-3.52	5.572	14.998	-9.43
Ene	7.72	9.24	-1.52	20.677	24.749	-4.07
Feb	22.64	11.54	11.10	55.249	28.162	27.09
Mar	28.19	8.63	19.56	75.502	23.124	52.38
Abr	7.13	6.74	0.39	18.478	17.475	1.00
May	1.50	4.81	-3.31	4.026	12.879	-8.85
Jun	0.33	2.69	-2.36	0.855	6.973	-6.12
Jul	0.93	1.38	-0.45	2.490	3.695	-1.20
<b>TOTAL</b>	<b>6.63</b>	<b>5.76</b>	<b>0.87</b>	<b>206.59</b>	<b>180.67</b>	<b>25.91</b>
<b>DEFICIT</b>	-----	-----	<b>-2.29</b>	-----	-----	<b>-54.55</b>
<b>SUPERAVIT</b>	-----	-----	<b>10.35</b>	-----	-----	<b>80.47</b>

GRAFICO N°9.5.

**BALANCE HIDRICO - 75% - CUENCA DEL RIO SAN JUAN**



FUENTE : PROPIA