



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
INTENDENCIA DE RECURSOS HÍDRICOS



ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CASMA-HUARMEY

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE
LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY

ESTUDIO HIDROLÓGICO EN LA CUENCA DEL RIO
CASMA

INFORME FINAL

Casma, Diciembre 2007

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY

COMPONENTE: ESTUDIO HIDROLÓGICO

PERSONAL DIRECTIVO

Ing. Enrique Salazar Salazar	<i>Intendente de Recursos Hídricos</i>
Ing. Mario Aguirre Núñez	<i>Director de Recursos Hídricos</i>
Ing. Jorge Ninantay Lobaton	<i>Administrador Técnico del Distrito de Riego Casma-Huarmey</i>

EQUIPO SUPERVISOR

Ing. Víctor Leandro Silva	<i>Responsable del Área de Hidrología de la Dirección de Recursos Hídricos</i>
---------------------------	--

EQUIPO DEL PROYECTO

Ing. Carlos Romero Hernández	<i>Responsable del Proyecto</i>
Ing. Daniel Loyaga Torres	<i>Responsable de Hidrología</i>
Ing. Lizzet Quiroz Rodríguez	<i>Especialista SIG</i>
Bach. Cali Tarqui Chambi	<i>Técnico de Campo</i>
Sr. Jorge Ruíz Ñiquén	<i>Técnico de Campo</i>
Sr. Orlando Vallejos Villegas	<i>Técnico de Campo</i>

RESPONSABLE DE EJECUCION DE ESTUDIO HIDROLOGICO

Ing. Daniel Loyaga Torres	<i>Responsable de Hidrología</i>
Ing. Lizzet Quiroz Rodríguez	<i>Especialista SIG</i>

Ing. Lizzet Quiroz Rodríguez	<i>Especialista SIG</i>
Bach. Cali Tarqui Chambi	<i>Técnico de Campo</i>
Sr. Jorge Ruíz Ñiquén	<i>Técnico de Campo</i>
Sr. Orlando Vallejos Villegas	<i>Técnico de Campo</i>

RESPONSABLE DE EJECUCION DE ESTUDIO HIDROLOGICO

Ing. Daniel Loyaga Torres	<i>Responsable de Hidrología</i>
Ing. Lizzet Quiroz Rodríguez	<i>Especialista SIG</i>

MEMORIA DESCRIPTIVA

INDICE

I. ASPECTOS GENERALES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 Principal.....	2
1.3.2 Específico.....	2
1.3.3 Metas.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.5 CONCEPTOS Y TERMINOS GENERALES	2
1.6 ETAPAS DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	4
1.6.1 Primera etapa – trabajos preliminares	5
1.6.2 Segunda etapa – trabajos de campo	6
1.6.3 Tercera etapa – ordenamiento de información.....	6
1.6.4 Cuarta etapa – diagnóstico de cuenca.....	8
1.6.5 Quinta etapa – análisis.....	9
1.6.6 Sexta etapa – trabajo final.....	10
1.7 INFORMACIÓN BÁSICA	12
1.7.1 Fuentes de Información.....	12
1.7.2 Estudios antecedentes.....	12
1.7.3 Datos meteorológicos históricos.....	12
1.7.4 Datos hidrológicos históricos.....	14
1.7.5 Cartografía.....	15
II. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA.....	18
2.1 UBICACIÓN.....	18
2.1.1 Ubicación Geográfica.....	18
2.1.2 Ubicación Hidrográfica	18
2.1.3 Demarcación Política	20
2.1.4 Ubicación Administrativa	22
2.2 VIAS DE COMUNICACIÓN.....	22
2.3 ECOLOGÍA.....	24
2.4 GEOLOGÍA.....	31
2.4.1 Cenozoico.....	31
2.4.2 Mesozoico	34
2.5 EDAFOLOGIA	37
2.5.1 Unidades No Asociadas.....	38
2.5.2 Unidades Asociadas.	39

2.5.3	Cuerpos de Agua	42
2.6	COBERTURA VEGETAL	44
2.6.2	Tierras con Agricultura	44
2.6.3	Otras Tierras.....	44
2.6.4	Tierras con matorrales	45
2.6.5	Tierras con Herbazales	45
2.6.6	Cuerpos de Agua	46
2.7	HIDROGRAFÍA.....	48
2.7.1	Unidades Hidrográficas Principales.....	48
2.7.2	Unidades Hidrográficas Auxiliares.....	51
2.7.3	Recursos hídricos superficiales.....	52
2.8	GEOMORFOLOGÍA.....	54
2.8.1	Formaciones Geomorfológicas.....	54
2.8.2	Parámetros de Forma	56
2.8.3	Parámetros de Relieve.....	57
2.8.4	Parámetros de Drenaje	68
III.	CLIMA.....	71
3.1	VARIABLES CLIMATICAS.....	71
3.1.1	Temperatura	72
3.1.2	Humedad Relativa	73
3.1.3	Evaporación.....	75
3.2	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN LA CUENCA	76
3.2.1	Calculo de evapotranspiración potencial	76
3.2.2	Evapotranspiración potencial por unidad hidrográfica menor	78
IV.	PRECIPITACION.....	80
4.1	RED DE ESTACIONES	80
4.1.1	Registros Pluviométricos.....	80
4.1.2	Funcionamiento	80
4.1.3	Implementación de estaciones pluviométricas.....	81
4.2	ANALISIS DE INFORMACION.....	85
4.2.1	Ajuste gráfico de errores sistemáticos	85
4.2.2	Ajuste de saltos.....	85
4.2.3	Completación de información	88
4.2.4	Precipitación media por estación.....	89
4.2.5	Relación de precipitación – altitud	93
4.3	PRECIPITACION AREAL EN LA CUENCA.....	94
4.3.1	Media anual	95
4.3.2	Media mensual	95

V. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	100
5.1 RED DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS	100
5.1.1 Funcionamiento	100
5.1.2 Implementación de nuevas estaciones hidrométricas	104
5.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	107
5.2.1 Ajuste Gráfico de errores sistemáticos	107
5.2.2 Ajuste de saltos.....	107
5.2.3 Completación de información.....	108
5.2.4 Caudal mensual completado y homogenizado.....	109
VI. DISPONIBILIDAD.....	111
6.1 MODELACION HIDROLOGICA	111
6.1.1 Descripción del modelo.....	111
6.1.2 Aplicación del modelo	113
6.2 APOORTE DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL – CAUDAL ESPECÍFICO	114
VII. ANALISIS DE FRECUENCIAS.....	118
7.1 ANALISIS DE VALORES MEDIOS	118
7.2 ANALISIS DE VALORES EXTREMOS.....	123
7.3 ANALISIS DE SEQUIAS	125
7.3.1 Sequía crítica anual	126
7.3.2 Sequía crítica mensual.....	127
VIII. DEMANDA DE AGUA	130
8.1 CUENCA BAJA O VALLE	130
8.1.1 USO AGRICOLA.....	130
8.1.2 OTROS USOS	134
8.1.3 EXPLOTACIÓN HÍDRICA SUBTERRANEA Y DE MANANTIALES.....	134
8.2 CUENCA ALTA.....	136
8.2.1 USO AGRICOLA.....	136
8.2.2 OTROS USOS	139
8.2.1 EXPLOTACIÓN HÍDRICA SUBTERRANEA Y DE MANANTIALES.....	140
IX. BALANCE HÍDRICO	141
9.1 VALLES CASMA, SECHÍN Y YAUTÁN	141
9.2 CUENCA ALTA DE CASMA Y SECHÍN	145
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
10.1 CONCLUSIONES	149
10.2 RECOMENDACIONES	154

RELACION DE CUADROS

Cuadro N° 1.1	Avance porcentual por mes – Componente de Hidrología	4
Cuadro N° 1.2	Avance por actividad específica – Componente de Hidrología.....	5
Cuadro N° 1.3	Especificaciones Técnica de Mapas Temáticos	7
Cuadro N° 1.4	Red de estaciones meteorológicas.....	13
Cuadro N° 1.5	Informacion meterologica disponible.....	14
Cuadro N° 1.6	Estaciones Hidrométricas SENAMHI y ONERN	14
Cuadro N° 1.7	Estaciones Hidrométricas INRENA.....	15
Cuadro N° 1.8	Relación de Cartas Nacionales	16
Cuadro N° 2.1	Límites Geográficos.....	18
Cuadro N° 2.2	Límites hidrográficos.....	18
Cuadro N° 2.3	Demarcacion Política	20
Cuadro N° 2.4	Límites del Distrito de Riego Casma - Huarmey.....	22
Cuadro N° 2.5	Vías de comunicación.....	22
Cuadro N° 2.6	Parámetros bioclimáticos	24
Cuadro N° 2.7	Zonas de Vida	25
Cuadro N° 2.8	Formaciones geológicas	31
Cuadro N° 2.9	Capacidad de Uso mayor de Tierras	38
Cuadro N° 2.10	Cobertura vegetal	44
Cuadro N° 2.11	Unidades Hidrográficas Principales.....	49
Cuadro N° 2.12	Unidades Hidrográficas Auxiliares.....	52
Cuadro N° 2.13	Recursos Hídricos en la cuenca del río Casma.....	52
Cuadro N° 2.14	Formaciones Geomorfológicas.....	54
Cuadro N° 2.15	Parámetros de Forma.....	56
Cuadro N° 2.16	Parámetros de relieve del cauce principal.....	57
Cuadro N° 2.17	Parámetros de Relieve para la cuenca	61
Cuadro N° 2.18	Sistema de Drenaje	68
Cuadro N° 3.1	Registros climatológicos	71
Cuadro N° 3.2	Parámetros climatológicos en el valle (cuenca baja)	71
Cuadro N° 3.3	Parámetros climatológicos en la cuenca (media y alta)	71
Cuadro N° 3.4	Registros de Temperatura media mensual	72
Cuadro N° 3.5	Registros de Humedad relativa media mensual	73
Cuadro N° 3.6	Registros de Evapotacion total mensual	75
Cuadro N° 3.7	Evapotranspiracion potencial por estación.....	76
Cuadro N° 3.8	Evapotranspiracion potencial por unidad hidrográfica menor.....	78
Cuadro N° 4.1	Registros pluviométricos	80
Cuadro N° 4.2	DENSIDAD MÍNIMA RECOMENDADA DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS.....	81
Cuadro N° 4.3	NÚMERO DE ESTACIONES MÍNIMAS RECOMENDADA	82
Cuadro N° 4.4	Precipitación media mensual y anual por estación	89
Cuadro N° 4.5	Relación de Precipitacion media mensual Vs Altitud	94
Cuadro N° 4.6	Precipitacion media anual por Unidad Hidrografica.....	95
Cuadro N° 4.7	Precipitacion media mensual por Unidad Hidrografica.....	96
Cuadro N° 5.1	Estaciones Hidrométricas	100

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY

Cuadro N° 5.2	Caudal medio mensual por estación.....	109
Cuadro N° 6.1	Caudales medios por unidad hidrográfica (m ³ /s).....	114
Cuadro N° 6.2	Caudales específicos por unidad hidrográfica (m ³ /s/km ² x10-3).....	115
Cuadro N° 7.1	Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Casma (m ³ /s).....	118
Cuadro N° 7.2	Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Casma (MMC).....	118
Cuadro N° 7.3	Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Sechín (m ³ /s).....	119
Cuadro N° 7.4	Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Sechín (MMC).....	119
Cuadro N° 7.5	Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Yaután (m ³ /s).....	120
Cuadro N° 7.6	Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Yaután (MMC).....	121
Cuadro N° 7.7	Persistencia de caudales simulados para balance hídrico de cuenca alta – Casma (m ³ /s).....	121
Cuadro N° 7.8	Persistencia de caudales simulados para balance hídrico de cuenca alta – Casma (MMC).....	121
Cuadro N° 7.9	Persistencia de caudales simulados para balance hídrico de cuenca alta Sechín (m ³ /s).....	122
Cuadro N° 7.10	Persistencia de caudales simulados para balance hídrico de cuenca alta – Sechín (MMC).....	122
Cuadro N° 7.11	Prueba de Smimov-Kolmogorov – Estacion Sector Tutuma.....	123
Cuadro N° 7.12	Prueba de Smimov-Kolmogorov – Estacion Puente Quillo.....	124
Cuadro N° 7.13	Caudales máximos instantaneos de Sector Tutuma (río Grande).....	125
Cuadro N° 7.14	Caudales máximos instantaneos de Puente Quillo (río Sechin).....	125
Cuadro N° 7.15	Sequia crítica anual – Sector Tutuma (río Grande).....	126
Cuadro N° 7.16	Sequia crítica anual – Puente Quillo (río Sechín).....	127
Cuadro N° 7.17	Sequia crítica mensual – Sector Tutuma (río Grande).....	128
Cuadro N° 7.18	Sequia crítica mensual – Puente Quillo (río Sechín).....	129
Cuadro N° 8.1	Cedula de cultivo de los valles Casma y Sechín.....	131
Cuadro N° 8.2	Evapotranspiración Potencial valles Casma y Sechin.....	132
Cuadro N° 8.3	Demanda Hídrica neta (MMC).....	133
Cuadro N° 8.4	Demanda Hídrica neta (m ³ /ha).....	133
Cuadro N° 8.5	Modulo de riego (l/s/ha).....	134
Cuadro N° 8.6	Demanda de uso de agua superficial no agrario (MMC).....	134
Cuadro N° 8.7	Demanda de uso de agua subteraneo.....	135
Cuadro N° 8.8	Demanda de uso de agua de manantiales valle de Casma.....	135
Cuadro N° 8.9	Demanda de uso de agua de manantiales valle de Sechín.....	136
Cuadro N° 8.10	Demanda de uso de agua de manantiales subcuenca del río Yaután.....	136
Cuadro N° 8.11	Cedula de cultivo de cuenca alta Casma y Sechin (ha).....	137
Cuadro N° 8.12	Evapotranspiración Potencial cuenca alta.....	138
Cuadro N° 8.13	Demanda Hídrica neta cuenca alta Casma (MMC).....	139
Cuadro N° 8.14	Demanda Hídrica neta cuenca alta Sechin (MMC).....	139
Cuadro N° 8.15	Demanda Hídrica neta cuenca alta Casma (m ³ /s).....	139
Cuadro N° 8.16	Demanda Hídrica neta cuenca alta Sechin (m ³ /s).....	139
Cuadro N° 8.17	Demanda de uso de agua superficial no agrario cuenca alto Casma (MMC).....	140
Cuadro N° 8.18	Demanda de uso de agua superficial no agrario cuenca alto Sechin (MMC).....	140
Cuadro N° 9.1	Balance Hídrico General del Valle Casma.....	141
Cuadro N° 9.2	Balance Hídrico General del Valle Sechín.....	143
Cuadro N° 9.3	Balance Hídrico General de Yaután.....	144

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY

Cuadro N° 9.4	Balance Hídrico General cuenca alta Casma (comunidades campesinas)	146
Cuadro N° 9.5	Balance Hídrico General cuenca alta Sechín (comunidades campesinas)	147
Cuadro N° 10.1	Unidades Hidrográficas Principales.....	149
Cuadro N° 10.2	Evapotranspiracion potencial por unidad hidrográfica menor.....	150
Cuadro N° 10.3	Precipitacion media mensual por Unidad Hidrografica.....	150
Cuadro N° 10.4	Caudales específicos por unidad hidrográfica (m ³ /s/km ² x10-3).....	151
Cuadro N° 10.5	Caudales máximos instantaneos de Sector Tutuma (río Grande)	151
Cuadro N° 10.6	Caudales máximos instantaneos de Puente Quillo (río Sechin)	152
Cuadro N° 10.7	Sequia crítica anual – Sector Tutuma (río Grande).....	152
Cuadro N° 10.8	Sequia crítica anual – Puente Quillo (río Sechín)	153

RELACION DE FIGURAS

Figura N° 1.1	Cartas Nacionales	15
Figura N° 2.1	Diagrama fluvial de la cuenca del río Casma	50
Figura N° 2.2	Perfil Longitudinal río Casma	58
Figura N° 2.3	Perfil Longitudinal del río Chacchan (Alto Casma)	58
Figura N° 2.4	Perfil Longitudinal del río Pira.....	59
Figura N° 2.5	Perfil Longitudinal del río Vado.....	59
Figura N° 2.6	Perfil Longitudinal del río Yautan.....	60
Figura N° 2.7	Perfil Longitudinal del río Sechín.....	60
Figura N° 2.8	Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de cuenca del río Casma.....	62
Figura N° 2.9	Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrográfica Alto Casma....	62
Figura N° 2.10	Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrográfica río Pira	63
Figura N° 2.11	Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrográfica río Vado	63
Figura N° 2.12	Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrográfica río Yautan	64
Figura N° 2.13	Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrográfica río Sechín.....	64
Figura N° 3.1	Temperatura media anual Vs Altitud.....	72
Figura N° 3.2	Distribucion de Temperatura en el valle.....	73
Figura N° 3.3	Distribucion de Temperatura en la cuenca.....	73
Figura N° 3.4	Distribucion de Humedad relativa en el valle.....	74
Figura N° 3.5	Distribucion de Humedad relativa en la cuenca.....	74
Figura N° 3.6	Distribucion de Evaporacion en el valle	75
Figura N° 3.7	Distribucion de Evaporacion en la cuenca	76
Figura N° 3.8	Distribucion mensual de evapotranspiracion potencial por estación.....	77
Figura N° 4.1	Diagrama de doble masa Grupo 1 (1966-2006).....	86
Figura N° 4.2	Diagrama de doble masa Grupo 2 (1989-2006).....	86
Figura N° 4.3	Diagrama de doble masa Grupo 2 (1966-1986).....	87
Figura N° 4.4	Diagrama de doble masa Grupo 2 (1966-1978).....	87
Figura N° 4.5	Análisis de doble masa Grupo 3 (1981-2000)	88
Figura N° 4.6	Precipitación media anual por estación.....	90
Figura N° 4.7	Precipitación media mensual por estación	90
Figura N° 4.8	Relación de Precipitación total anual media Vs Altitud	93
Figura N° 4.9	Precipitación anual por unidad hidrográfica	95
Figura N° 4.10	Precipitación total mensual por unidad hidrográfica.....	96
Figura N° 5.1	Foto de la Estación Puente Carretera (Casma).....	101
Figura N° 5.2	Foto de la Estación Puente Carretera (Sechín).....	102
Figura N° 5.3	Foto de la Estación Sector Tutuma.....	103
Figura N° 5.4	Foto de la Estación Puente Quillo.....	104
Figura N° 5.5	Análisis de doble masa Grupo 1 (1974-2001)	107
Figura N° 5.6	Análisis de doble masa Grupo 2 (1993-2001)	108
Figura N° 5.7	Registros completados de caudales mensuales (1974 – 2001) – Estación Tutuma.....	109
Figura N° 5.8	Registros completados de caudales mensuales (1974 – 2001) – Estación Pte. Quillo.....	110
Figura N° 6.1	Comparacion de caudal histórico y simulado estacion Tutuma.....	113
Figura N° 6.2	Comparacion de caudal histórico y simulado estacion Quillo.....	114

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY

Figura N° 6.3	Caudales específicos por unidad hidrográfica ($m^3/s/km^2 \times 10^{-3}$).....	116
Figura N° 7.1	Curva de Duracion de Caudales anuales medios del río Casma en la Estación Tutuma	119
Figura N° 7.2	Curva de Duracion de Caudales anuales medios del río Sechín en la Estación Puente Quillo	120
Figura N° 9.1	Balance Hídrico General del Valle Casma (m^3/s)	142
Figura N° 9.2	Balance Hídrico General del Valle Sechín (m^3/s).....	143
Figura N° 9.3	Balance Hídrico General de Yaután (m^3/s).....	145
Figura N° 9.4	Balance Hídrico General de cuenca alta Casma (m^3/s)	146
Figura N° 9.5	Balance Hídrico General de cuenca alta Sechín (m^3/s)	148

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico representa el elemento vital para el abastecimiento de uso poblacional, agrícola, pecuario, minero, energético, ecológico y otros, por lo que es importante el uso óptimo, racional y sostenible de estos recursos enmarcados en un enfoque integral, evaluando la disponibilidad, calidad y su uso.

La **Administración Técnica del Distrito de Riego Casma - Huarney** es la entidad encargada de administrar legalmente y por ende promover una gestión interinstitucional del uso equitativo del agua, promoviendo de esta forma el desarrollo y manejo de las cuencas en su jurisdicción.

Ante la importancia de evaluar los recursos hídricos y conociendo quien debe realizarlas, es que la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA programo para el año 2007, efectuar el presente proyecto denominado “**Evaluación de los Recursos Hídricos en las cuencas de los ríos Casma, Culebras y Huarney**”.

Este proyecto se desarrolló íntegramente en la **Administración Técnica del Distrito de Riego Casma - Huarney**, bajo la Supervisión Técnica de la **Intendencia de Recursos Hídricos (IRH)** del **INRENA**.

El proyecto tiene dos componentes:

- Hidrología, encargado de realizar los (03) estudios hidrológicos en las cuencas de Casma, Culebras y Huarney;
- Inventario de Fuentes de Agua Superficial, encargado de recopilar información de las fuentes de agua superficial en las (03) cuencas del proyecto: Casma, Culebras y Huarney.

El presente trabajo se ocupará, dentro de la componente de Hidrología, de desarrollar el **Estudio Hidrológico en la cuenca del río Casma**, con la finalidad de describir, evaluar, cuantificar y simular el funcionamiento de la cuenca como un sistema hidrológico integral, para ser empleada en la gestión de los recursos hídricos y en el diseño de las obras hidráulicas proyectadas (captación, conducción, obras de arte, regulación, excedencia, etc.).

El contenido del Estudio Hidrológico precisa: la disponibilidad de agua, el requerimiento de agua, balance hídrico, características de las avenidas y los periodos de sequía.

1.2 ANTECEDENTES

En el Perú desde la década de los años 60, se han iniciado estudios hidrológicos para la evaluación y cuantificación de los recursos hídricos en cuencas de mayor y menor importancia para el desarrollo agropecuario de nuestro país.

En el año 1,972, la ONERN, consciente de la importancia que tiene el conocimiento de estado actual y potencial de los recursos naturales y de acuerdo a las responsabilidades que le otorga la Ley, realizo el Proyecto: “**Inventario y Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa, Cuencas de los Ríos Casma, Culebras y Huarney**”; siendo este estudio el que constituye el antecedente de mayor importancia para el desarrollo del presente Proyecto.

A partir del año 1,973, el Ministerio de Agricultura asumió oficialmente esta disciplina, creando en La Dirección General de Aguas una Subdirección de

Manejo de Cuencas con tres unidades: Ordenación de Cuencas, Sistema de Conservación y Sistema de Protección; caracterizando y enfatizando la primera como parte del presente trabajo.

En los años de 1,975 – 1,976, con el objetivo de afirmar la institucionalización del Manejo de Cuencas, el Proyecto cambia de denominación y pasó a llamarse Proyecto de Manejo de Cuencas, proponiéndose como meta formular los estudios a nivel nacional de 30 cuencas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Principal

Describir, evaluar, cuantificar y simular el funcionamiento de la cuenca como un sistema hidrológico integral, para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Casma.

1.3.2 Específico

Los objetivos específicos en la cuenca del río Casma son:

- Diagnóstico de las características generales de la cuenca
- Estudio de la climatología de la cuenca
- Estudio de la precipitación en la cuenca
- Estudio del funcionamiento hidrológico de la cuenca
- Estudio de la disponibilidad en la cuenca
- Determinación del balance hídrico de la cuenca en situaciones actual y futura
- Sistematización de información hidrometeorológica
- Sistematización de información cartográfica

1.3.3 Metas

Efectuar el Estudios Hidrológico en la cuenca del río Casma (2990,7 Km.²).

1.4 JUSTIFICACIÓN

La Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA viene implementando, a nivel de Distritos de Riego del Perú, la elaboración de estudios hidrológicos con el objetivo de formular el balance hídrico en situación actual y futura para cada unidad hidrográfica de la cuenca y a nivel de los principales sistemas consumidores de agua, a fin de contribuir a una mejor gestión del recurso hídrico en la cuenca de tal manera de satisfacer las demandas en ella de una manera planificada y responsable.

1.5 CONCEPTOS Y TERMINOS GENERALES

En el proceso y desarrollo del presente Proyecto, es necesario la explicación de algunas siglas y conceptos básicos:

- INRENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales.
- IRH: Intendencia de Recursos Hídricos.

- OGATEIRN: Oficina de Gestión Ambiental, Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales.
- ONERN: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.
- ATDRC-H: Administración Técnica del Distrito de Riego Casma-Huarmey.
- IGN: Instituto Geográfico Nacional.
- SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
- PROFODUA: Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua
- Cuencas e Intercuencas: En la metodología Pfafstetter se les denomina Cuenca o Intercuenca de Nivel 3, 4, 5 o de otro nivel.
- Cuenca de nivel 3, 4, 5: Se les denominara en adelante Cuenca N3, N4, N5 o de otro nivel.
- Intercuenca de nivel 3, 4, 5: Se les denominara en adelante Intercuenca N3, N4, N5 o de otro nivel.
- Unidad hidrográfica: las cuencas e intercuencas son unidades hidrográficas.
- Unidad hidrográfica mayor: denominaremos unidad hidrográfica mayor a las cuencas de los ríos Casma, Culebras y Huarmey.
- Unidad hidrográfica menor: se llaman así a las cuencas e intercuencas de un nivel inferior a la unidad hidrográfica mayor.
- Ríos: Corriente de agua que sirve de canal natural de drenaje de una cuenca.
- Riachuelos: Cursos naturales de agua normalmente pequeño y tributario de un río.
- Quebradas: Abertura estrecha entre dos montañas causada por el agua, llamado también riachuelo o arroyo
- Lagunas: Deposito natural de agua de menores dimensiones que un lago.
- Manantiales: Agua que aflora en un lugar de la corteza terrestre también se les conoce como manantes.
- Cuenca húmeda: se determina la cuenca húmeda por encima de la isoyeta de 250mm de precipitación media anual

1.6 ETAPAS DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Para el desarrollo del estudio hidrológico de Casma se contemplaron seis etapas. **La primera etapa** – Trabajos preliminares; involucra las coordinaciones con entidades dedicada a los recursos hídricos y la recopilación de información básica. En **la segunda etapa** - Trabajos de campo; se realizaron los reconocimientos de las cuencas con el apoyo del responsable de inventario y personal del ATDR. **En la tercera etapa** – Ordenamiento de información; se efectuó el ordenamiento y sistematización de la información recopilada (cartas digitales, escaneadas y la información Hidrometeorológica), dentro de esta etapa también se determinó la división hidrográfica usando la metodología de Pfafstetter. **En la cuarta etapa** – Diagnóstico de cuenca; se realizaron un diagnóstico de las características principales de la cuenca como son Geomorfología, Hidrografía, Vías, Ecología, Geología, Edafología, Cobertura vegetal. **En la quinta etapa** – Análisis; se desarrollaron los Análisis de la información Hidrometeorológica con el fin de corregirla, homogenizarla y completarla para poder determinar disponibilidad, balance, sequías y máximas avenidas. Finalmente en **la sexta etapa** – Trabajo Final; se elaboraron los mapas e informes borradores finales, los mismos que se convirtieron en los Mapas e Informes Finales luego de haberse levantado las observaciones que la supervisión presentado.

El estudio hidrológico en la cuenca del río Casma se desarrolló de forma conjunta con los estudios hidrológicos en las cuencas de los ríos Culebras y Huarney, que, en su conjunto, conforman la componente de Hidrología del Proyecto “Evaluación de los Recursos Hídricos en las cuencas de los ríos Casma, Culebras y Huarney”.

Los trabajos de la componente de Hidrología se iniciaron el 01 día del mes de junio y culminaron el 31 de diciembre del 2007, haciendo un total de 7 meses ó 30 semanas de trabajos.

Los siguientes diagramas complementan la descripción de actividades para esta componente por mes y por actividad específica.

Cuadro N° 1.1 Avance porcentual por mes – Componente de Hidrología

N°	ACTIVIDAD ESPECIFICA	JUN 04	JUN 11	JUN 18	JUN 25	JUN 02	JUN 09	JUN 16	JUN 23	JUN 30	JUN 06	JUN 13	JUN 20	JUN 27	JUN 03	JUN 10	JUN 17	JUN 24	JUN 01	JUN 08	JUN 15	JUN 22	JUN 29	JUN 05	JUN 12	JUN 19	JUN 26	JUN 03	JUN 10	JUN 17	JUN 24
		JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
I	JUNIO					13%																									
II	JULIO										17%																				
III	AGOSTO													13%																	
IV	SEPTIEMBRE																		13%												
V	OCTUBRE																								17%						
VI	NOVIEMBRE																												13%		
VII	DICIEMBRE																														14%
	TOTAL																														100%

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 1.2 Avance por actividad específica – Componente de Hidrología

ETAPAS	ACTIVIDAD ESPECIFICA	FECHAS																																		
		JUNIO					JULIO					AGOSTO					SEPTIEMBRE					OCTUBRE					NOVIEMBRE					DICIEMBRE				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
I	TRABAJOS PRELIMINARES																																			
	Coordinaciones																																			
	Recopilación de información																																			
II	TRABAJOS DE CAMPO																																			
	Reconocimiento de cuenca Huarmey																																			
	Reconocimiento de cuenca Culebras y Casma																																			
III	ORDENAMIENTO																																			
	Información SIG																																			
	Delimitación de cuencas																																			
	Información Hidrometeorológica																																			
IV	DIAGNOSTICO DE CUENCA																																			
	Geomorfología Huarmey																																			
	Geomorfología Casma																																			
	Geomorfología Culebras																																			
	Hidrografía Casma y Huarmey																																			
	Hidrografía Culebras																																			
	Otras características																																			
V	ANALISIS																																			
	Análisis Pluviométrico Casma																																			
	Análisis Pluviométrico Huarmey y Culebras																																			
	Análisis meteorológico																																			
	Análisis Hidrométrico																																			
	Análisis de frecuencias Casma																																			
	Análisis de frecuencias Huarmey																																			
	Análisis de frecuencias Culebras																																			
	Demanda de agua																																			
	Disponibilidad Hídrica Huarmey																																			
	Disponibilidad Hídrica Culebras																																			
	Disponibilidad Hídrica Casma																																			
	Balace Hídrico																																			
VI	TRABAJO FINAL																																			
	Mapas Preliminar																																			
	Informe Preliminar																																			
	Mapa Final																																			
	Informe Final																																			

Fuente: Elaboración propia, 2007

La descripción de las etapas de desarrollo se presenta a continuación.

1.6.1 Primera etapa – trabajos preliminares

Coordinaciones

Se sostuvieron reuniones de coordinación constantes con el Administrador Técnico del Distrito de Riego Casma-Huarmey y el Jefe del Proyecto, a fin de programar las actividades y acciones de trabajo dentro del ámbito del estudio hidrológico en la jurisdicción del Distrito de Riego Casma-Huarmey. Los requerimientos coordinados fueron logísticos, presupuestales y de información técnica básica existente, así en esta etapa mismo se formuló el plan de trabajo para la componente de Hidrología.

En el mes de junio se ubicó en coordinaciones con el Administrador Técnico las oficinas para el desarrollo de las actividades programadas en la componente de Hidrología.

Recopilación de Información

En el mes de junio se compiló la información siguiente:

- Expedientes técnicos y antecedentes dentro de las instituciones relacionadas con el uso de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Casma (INRENA, SENAMHI, IGN, ONERN) entre los que destacan el que realizó la ONERN.
- Información impresa (IGN) y digital (INRENA) de 04 cartas nacionales correspondientes a la cuenca del río Casma.
- Información temática climática, ecológica, geológica, edafológica, coberturas vegetal y geomorfológica de la cuenca del río Casma existente en la OGATEIRN - INRENA.
- Información Hidrológica de las descargas del río Casma existente en la Administración técnica producto de estudios anteriores realizados y de registros diarios reportados por las junta de usuario y la misma Administración Técnica.
- Información Climatológica y Meteorológica de las estaciones ubicadas dentro de la cuenca del río Casma y en cuencas aledañas, adquiridas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, esta información es la que completa la existente en la administración técnica.

1.6.2 Segunda etapa – trabajos de campo

Reconocimiento de cuenca

Luego de tomar conocimiento de la existencia de estudios a fines, cartas digitales e impresas y otros elementos que son necesarios para el desarrollo del Estudio Hidrológico, se programo un reconocimiento general escalonado de la cuenca del río Casma, contando para ello con Cartas Nacionales y camioneta doble cabina.

Se recorrió las fuentes de agua más importantes de las cuencas de manera escalonada y en coordinación con el responsable del inventario de fuentes de agua superficial. Este reconocimiento permitió una mejor noción acerca de las principales fuentes de agua, el funcionamiento hidrológico y las características de las cuencas.

El reconocimiento en la parte media y alta de la cuenca se realizó de acuerdo al avance de la componente de Inventario del Proyecto, de tal manera de recorrer siempre las zonas ya inventariadas.

En la parte baja, el reconocimiento se realizó con el apoyo de personal del ATDR Casma – Huarmey poniendo principal atención en las estaciones hidrométricas que miden los caudales a nivel diario y que son remitidos al INRENA, así como aquellas estaciones que el SENAMHI tenga en la zona.

El reconocimiento de cuencas se llevó a cabo del 29 al 31 de Octubre.

1.6.3 Tercera etapa – ordenamiento de información

Ordenamiento de información SIG

El ordenamiento de la información SIG generó, en el mes de julio, el Mapa Base para la cuenca, sobre la cual se trabajará todo los mapas

temáticos del estudio hidrológico.

Este proceso de sistematización y depuración involucra llevar la información SIG recopilada a las siguientes especificaciones técnicas:

Cuadro N° 1.3 Especificaciones Técnica de Mapas Temáticos

UNIDAD	Sistema Internacional (SI)
PROYECCION	Universal Transverse Mercator (UTM)
DATUM	WGS84
ZONA	18 SUR

De manera general se describe el proceso de ordenamiento de información SIG:

- Para el área del estudio (cuenca del río Casma) se extrajo la información digital de las Cartas Nacionales.
- Se incorporó a esta información digital las fronteras políticas, hidrográficas y administrativas de riego, así como la sectorización del distrito de riego.

Los programas informáticos empleados fueron:

- Programa ARC GIS: Es un editor muy versátil del ARC INFO desarrollado en entorno Windows y que facilita la manipulación de datos y la obtención del producto final en un Sistema de Información Geográfica. **ESRI (Environmental Systems Research Institute) USA**
- GEOPOSCALC: Transforma Coordenadas Geográficas a UTM y viceversa

Delimitación de cuencas

El año 2003 la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA, desarrolló una nueva delimitación y codificación de cuencas hidrográficas en el país; incorporando criterios estándares internacionales de delimitación y codificación desarrollados por el Ing. Otto Pfafstetter y adoptado por la United States Geological Survey (USGS-EEUU). Esta metodología que el INRENA adopta, la conoceremos como **Metodología Pfafstetter**.

El estudio adopto esta metodología Pfafstetter para delimitar y codificar las cuencas e intercuenas dentro del ámbito del estudio y en el mes de junio procedió a verificar la delimitación y codificación realizada por el INRENA.

Ordenamiento de Información Hidrometeorológica

La información hidrometeorológica recopilada procedente de diferentes fuentes (SENAMHI, INRENA, ONERN) fue ordenada, depurada y almacenada en una base de datos digital.

La depuración de información consideró la verificación de la ubicación de las estaciones, la cual contaba con notorias incongruencias en sus datos de ubicación política, altitud y coordenadas; generando un bajo grado de confiabilidad.

Esta verificación se realizó con el apoyo de los temáticos de topografía, político y fue necesaria las coordenadas in situ de las estaciones.

El ordenamiento de información hidrometeorológica se desarrolló en el mes de julio, y los datos de ubicación fueron completados una vez realizada el reconocimiento de campo.

1.6.4 Cuarta etapa – diagnóstico de cuenca

Hidrografía

Primero se preparó el mapa temático de Hidrografía (nevados, lagunas, quebradas, ríos, manantiales, etc.) usando el mapa Base y la información actualizada que la componente de Inventario de Fuentes de Agua Superficial del Proyecto realizó.

Segundo se describió, en forma general, el sistema hidrográfico de la cuenca del río Casma y, en forma detallada, el sistema hidrográfico por unidad hidrográfica menor.

Finalmente se realizó el Diagrama Fluvial de la cuenca del río Casma. Este Diagrama es la representación esquemática del recorrido de los principales afluentes (ríos y quebradas principales de las unidades hidrográficas menores) e incluye su topología, longitud, cotas, nombres de cursos de agua, nacientes, rumbo, etc.

El mapa, diagrama y descripción de la Hidrografía en la cuenca del río Casma se desarrolló en el mes de julio.

Geomorfología

Las principales características fisiográficas de la cuenca Casma que se describieron fueron su forma, relieve y drenaje.

Los parámetros de forma descritos fueron: coeficiente de compacidad y factor de forma

Se determinaron los parámetros de relieve del cauce: pendiente media del cauce y pendiente equivalente constante; mientras que los parámetros de relieve de la cuenca fueron el rectángulo equivalente, la altitud media de la cuenca, la pendiente media de la cuenca y el coeficiente de masividad. A esto se agregó el desarrollo de la curva hipsométrica y la distribución de frecuencias.

En cuanto al drenaje se determinaron los siguientes parámetros: orden de ríos, frecuencia de ríos, densidad de drenaje, extensión media del escurrimiento y coeficiente de torrencialidad.

Adicionalmente se desarrollaron los perfiles longitudinales de los ríos principales en la cuenca de Casma. Tenemos el perfil del cauce principal de la cuenca y los 05 perfiles correspondientes al río Sechín, el río Yaután, el río Vado, el río Pira y el río Chacchan (Alto Casma).

Las características fisiográficas de forma, relieve y drenaje; así como los perfiles longitudinales para la cuenca del río Casma se desarrollaron en el mes de Julio.

Otras características

Se realizó, en el mes de agosto, un diagnóstico de la cuenca en estudio describiendo las vías de acceso, la población, la ecología, la geología, la

geomorfología, la cobertura vegetal y edafología.

1.6.5 Quinta etapa – análisis

Análisis Pluviométrico

Se realizó un análisis de confiabilidad de la información pluviométrica para comprobar la consistencia y homogeneidad de la muestra.

En segunda instancia se realizó la completación y extensión a un periodo uniforme de análisis.

La información consistente, homogenizada y completada nos determinó:

- Relación precipitación - altitud
- Precipitación areal media anual de la cuenca por método de isoyetas
- Precipitación areal media mensual de la cuenca por método de isoyetas
- Precipitación areal histórica de la cuenca por el método de Thiessen modificado

El análisis pluviométrico se desarrollo en el mes de agosto.

Análisis meteorológicos

Se analizaron e interpretaron, en el mes de septiembre, los principales parámetros meteorológicos que intervendrán en el cálculo de la disponibilidad hídrica por unidad hidrográfica menor.

Los parámetros considerados son temperatura, evaporación, humedad. En base a estos parámetros fue posible determinar la evapotranspiración potencial en la cuenca.

Análisis Hidrométrico

Con la información hidrométrica procesada (adquirida del SENAMHI, ONERN y Administración Técnica del Distrito de Riego) se realizó, en el mes de septiembre, un análisis de confiabilidad para comprobar la consistencia y homogeneidad de la muestra y finalmente realizar la completación y extensión a un periodo uniforme de análisis.

Análisis de frecuencias

La frecuencia de ocurrencia de la información de caudales se resume en persistencia, máximas avenidas y sequías.

- Persistencia. Se determinaron caudales al 75% de persistencia, que representa el caudal que es igualado o excedido el 75% del tiempo, permitiendo dar una certeza confiable del caudal a ser usado para la planificación del uso del recurso hídrico.
- Máximas avenidas. Se estimó, a partir de los caudales diarios históricos y para diferentes tiempos de retorno, los caudales máximos instantáneos. Esto caudales estimados permiten diseñar estructuras de control de avenidas.
- Sequías. Se efectuó un análisis de descargas mínimas en los puntos de interés de la cuenca en estudio y se determinaron la frecuencia de los periodos críticos.

La persistencia, máxima avenida y sequías se desarrollaron en el mes de septiembre para la cuenca del río Casma.

Demanda de agua

Se determinó las necesidades de agua de uso agrícola para cada sector de riego y se obtuvo los registros históricos de los usuarios de terceros (uso industrial, poblacional y otros)

La demanda de agua de riego se obtuvo a nivel mensual y en base a una cedula de cultivo por sector de riego. Se consolidó la siguiente información, coeficientes de uso consuntivo, evapotranspiración potencial, precipitación efectiva, eficiencia de riego, demanda de agua neta y demanda de agua bruta.

La demanda fue obtenida de los estudios de asignación desarrollados por el PROFODUA en Casma-Huarmey.

La demanda de agua para el valle y para la cuenca alta se consolidó en el mes de octubre.

Disponibilidad Hídrica

La disponibilidad será determinada por los caudales al 75% de persistencia por cada unidad hidrográfica menor. Estos caudales serán generados por un modelo matemático de transferencia de precipitación en escorrentía.

La modelación matemática para la generación de caudales se realizó en los puntos de interés que no disponían de información hidrométrica. En el primer paso se seleccionó el modelo a ser usado, tomando en consideración el conocimiento de modelos que se ajusten a este tipo de cuenca. En el segundo paso se realizó la calibración de los parámetros del modelo ingresando los datos de precipitación, evapotranspiración y parámetros (según sea el requerimiento del modelo) y se verificó el ajuste de los caudales generados con los caudales históricos. Una vez calibrado se realizó la validación del modelo generando caudales en otro periodo y verificando su ajuste con los caudales históricos. Finalmente calibrado y validado el modelo se procedió a la generación de caudales para el periodo deseado y para la unidad hidrográfica menor requerida

El desarrollo del modelo y la determinación de la disponibilidad en cada unidad hidrográfica se realizaron en el mes de noviembre.

Balance Hídrico

Se determinó el balance hídrico de la cuenca para cada sector de riego donde existan datos de demanda a escala mensual.

El balance hídrico se determinó en el mes de noviembre.

1.6.6 Sexta etapa – trabajo final

Elaboración de mapas temáticos

Una vez sistematizada la información, se generará como producto final los siguientes mapas temáticos en formato A1:

- Base
- Delimitación de unidades hidrográficas

- Demarcación política
- Vial
- Ecológico
- Geológico
- Suelos
- Cobertura vegetal
- Hidrográfico
- Formaciones geomorfológicas
- Parámetros geomorfológicos
- Red de estaciones hidrometeorológicas
- Red pluviométrica propuesta
- Red hidrométrica propuesta
- Precipitación media por estación
- Isoyetas de precipitación media anual
- Isoyetas de precipitación media - periodo lluvioso (nov – abril)
- Isoyetas de precipitación media – periodo de estiaje (mayo – octubre)
- Precipitación media por unidad hidrográfica
- Disponibilidad hídrica (caudales específicos)

Esta actividad se hizo en dos fases:

- Fase preliminar: En el mes de noviembre se presentó los mapas para ser revisados y observados por la Administración Técnica y la Supervisión del INRENA
- Fase final: En el mes de diciembre se levantaron las observaciones presentadas y se elaboraron los mapas definitivos en formato digital e impreso.

Elaboración del informe

Se elaboró el informe final del Estudio Hidrológico, que contiene el desarrollo del estudio, los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones, los anexos y los mapas temáticos.

Esta actividad se hizo en dos etapas:

- Etapa preliminar: En el mes de noviembre se presentó el informe con anexos para ser revisados y observados por la Administración Técnica y la Supervisión del INRENA
- Etapa final: En el mes de diciembre se levantaron las observaciones presentadas y se elaboró el informe final en formato digital e impreso.

1.7 INFORMACIÓN BÁSICA

1.7.1 Fuentes de Información

- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
- Administración Técnica del Distrito de Riego Casma – Huarmey (ATDR C-H)
- Junta de Usuarios de Casma - Sechín
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)
- Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Programa Nacional de Formalización de los Derechos de Uso de Agua Casma – Huarmey (PROFODUA)

1.7.2 Estudios antecedentes

Para el desarrollo del presente proyecto se contó con las siguientes referencias:

- En el año 1972 la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales - ONERN desarrolló el “Inventario ,Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa – Cuencas de los Ríos Casma, Culebras y Huarmey”
- En el año 2006 se ejecutó el Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua de los cuales se obtuvieron los siguientes productos:
 - Padrón de Usuarios de Agua con Fines Agrarios Sistematizado.
 - Planos de la Red de Riego actualizados.
 - Asignación de volúmenes de agua con fines agrícolas a nivel de bloques de riego y usuarios.

1.7.3 Datos meteorológicos históricos

La red nacional de estaciones meteorológicas en el Perú es controlada y administrada por el SENAMHI, ente oficial del manejo de la información meteorológica (Precipitación, Temperatura, Humedad, Evaporación, Radiación Solar, Velocidad, dirección del viento, etc.).

De la red nacional de estaciones meteorológicas del SENAMHI tenemos (20) estaciones entre operativas y cerradas que conforman la red del estudio proyecto. (14) de ellas se encontraban en las cuencas del proyecto (Casma y Huarmey) y (06) se encontraron en cuencas aledañas.

Tal como se muestra en el cuadro, la distribución de estaciones es de (06) en la cuenca de Casma, (08) en Huarmey, (01) en Fortaleza, (04) en Santa y (01) en Pativilca. Así mismo se encontraron (16) estaciones pluviométricas y (04) climatológicas.

Cuadro N° 1.4 Red de estaciones meteorológicas

CODIGO	NOMBRE	CATEG.	ESTADO	CUENCA	DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (m.s.n.m.)	PERIODO DE OPERACIÓN
154110	PIRA	PLU	F	CASMA	ANCASH	HUARAZ	PIRA	77°42' W	9°34' S	3570	1963-2006
154108	CAJAMARQUILLA	PLU	F	CASMA	ANCASH	HUARAZ	LA LIBERTAD	77°44' W	9°37' S	3350	1963-2006
150904	PARIACOTO	PLU	F	CASMA	ANCASH	HUARAZ	COLCABAMBA	77°53' W	9°33' S	1450	1980-2006
000435	BUENA VISTA	CO	F	CASMA	ANCASH	CASMA	BUENA VISTA ALTA	78°12' W	9°26' S	220	1964-2006
154101	QUILLO	PLU	C	CASMA	ANCASH	YUNGAY	QUILLO	78°02' W	9°20' S	1215	1965-1971
154416	YAUTAN	PLU	C	CASMA	ANCASH	CASMA	YAUTAN	78°00' W	9°31' S	441	1963-1965
154140	AUA	CO	F	HUARMEY	ANCASH	AUA	AUA	77°36' W	9°46' S	3360	1963-2006
154113	COTAPARACO	PLU	F	HUARMEY	ANCASH	RECUAY	COTAPARACO	77°35' W	9°59' S	3008	1963-2006
154109	HUAYAN	PLU	C	HUARMEY	ANCASH	HUARMEY	HUAYAN	77°43' W	9°53' S	2706	1964-1972
150901	MALVAS	PLU	F	HUARMEY	ANCASH	HUARMEY	MALVAS	77°39' W	9°56' S	3258	1981-2006
154116	LA MERCED	PLU	C	HUARMEY	ANCASH	AUA	LA MERCED	77°41' W	9°42' S	3250	1963-1969
000422	LAS ZORRAS	PLU	C	HUARMEY	ANCASH	HUARMEY	HUARMEY	78°03' W	10°16' S	100	1959-1962
000420	SAN DIEGO	PLU	C	HUARMEY	ANCASH	HUARMEY	HUARMEY	78°06' W	10°06' S	80	1959-1962
000530	HUARMEY	PLU	F	HUARMEY	ANCASH	HUARMEY	HUARMEY	78°10' W	10°05' S	20	1965-2006
155100	PARARIN	PLU	P	FORTALEZA	ANCASH	RECUAY	HUAYLLAPAMPA	77°32' W	10°03' S	3416	1964-1996
150902	MILPO	PLU	F	SANTA	ANCASH	RECUAY	CATAC	77°14' W	9°53' S	3920	1980-2006
000441	RECUAY	CO	F	SANTA	ANCASH	RECUAY	RECUAY	77°27' W	9°43' S	3394	1964-2006
000400	HUARAZ	PLU	F	SANTA	ANCASH	HUARAZ	HUARAZ	77°32' W	9°32' S	3052	1952-2006
000444	YUNGAY	PLU	F	SANTA	ANCASH	YUNGAY	YUNGAY	77°45' W	9°08' S	2537	1953-2006
000538	CHIQUIAN	CO	F	PATIVILCA	ANCASH	BOLOGNESI	CHIQUIAN	77°09' W	10°09' S	3350	1964-2006

CATEGORIA: CO (CLIMATOLOGICA); PLU (PLUVIOMETRICA) ESTADO: C (CERRADA); P (PARALIZADA); F (FUNCIONANDO)

Fuente: SENAMHI

De la red de estaciones meteorológicas, no se recopiló información de (07) estaciones pluviométricas que tienen escasa información (estaciones de Quillo, Yaután, Las Zorras, San Diego, La Merced y Huayán) y que pertenecen a la cuenca seca y no contribuyen al análisis pluviométrico (caso de la estación de Huarmey).

En conclusión, tenemos una red de (20) estaciones meteorológicas, de las cuales se recopiló información meteorológica de (13) de ellas.

La información recopilada corresponden a (04) estaciones en la cuenca de Casma, (03) en Huarmey, (01) en Fortaleza, (04) en Santa y (01) en Pativilca. De estas estaciones (09) estaciones son pluviométricas y (04) son climatológicas.

En el siguiente cuadro se aprecia la información meteorológica disponible para el proyecto.

Cuadro N° 1.5 Información meteorológica disponible

CODIGO	NOMBRE	CUENCA	ALTITUD (m.s.n.m.)	DATOS MENSUALES ADQUIRIDOS							
				PRECIP.	PREC. MAX. 24Horas	EVAPORAC. TOTAL	HUM. RELAT. (%) MEDIA	TEMPERATURA			
								MAXIMA	MEDIA	MINIMA	
154110	PIRA	CASMA	3570	1964 - 2006	1968 - 2006						-
154108	CAJAMARQUILLA	CASMA	3350	1964 - 2006	1968 - 2006	-	-	-	-	-	-
150904	PARIACOTO	CASMA	1450	1981 - 2006	1981 - 2006	-	-	-	-	-	-
000435	BUENA VISTA	CASMA	220	1966 - 2005	-	1967 - 2006	1967 - 2000	1967 - 2000	1967 - 2000	1967 - 2000	
154101	QUILLO*	CASMA	1215								
154416	YAUTAN*	CASMA	441								
154140	AJA	HUARMEY	3360	1964 - 2006	1965 - 2006	1964 - 1973	1966 - 2000	1964 - 2000	1964 - 2000	1964 - 2000	
154113	COTAPARACO	HUARMEY	3008	1964 - 2006	1964 - 2006	-	-	-	-	-	
154109	HUAYAN*	HUARMEY	2706	-	-	-	-	-	-	-	
150901	MALVAS	HUARMEY	3258	1981 - 2006	1981 - 2006	-	-	-	-	-	
154116	LA MERCED*	HUARMEY	3250								
000422	LAS ZORRAS*	HUARMEY	100								
000420	SAN DIEGO*	HUARMEY	80								
000530	HUARMEY*	HUARMEY	20								
155100	PARARIN	FORTALEZA	3416	1965 - 1995	1965 - 1995	-	-	-	-	-	
150902	MILPO	SANTA	3920	1980 - 2000	-	-	-	-	-	-	
000441	RECUAY	SANTA	3394	1966 - 2000	-	-	-	-	-	-	
000400	HUARAZ	SANTA	3052	1953 - 2000	-	-	-	-	-	-	
000444	YUNGAY	SANTA	2537	1953 - 2000	-	-	-	-	-	-	
000538	CHIQUIAN	PATIVILCA	3350	-	-	1964 - 2000	1966 - 2000	1965 - 1999	1965 - 2000	1964 - 1999	

* NO SE ADQUIRIÓ INFORMACION

Fuente: SENAMHI

1.7.4 Datos hidrológicos históricos

Tenemos (03) fuentes de información y (05) estaciones hidrométricas en la cuenca del río Casma, (02) estaciones sobre el río Sechín, (02) sobre el río Grande y (01) en la parte baja del río Casma.

Las fuentes de información son la ONERN, INRENA y SENAMHI.

La información adquirida a nivel mensual del SENAMHI y la información sintetizada extraída del informe de la ONERN se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 1.6 Estaciones Hidrométricas SENAMHI y ONERN

CODIGO	NOMBRE	TIPO	CUENCA	FUENTE DE AGUA	DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALT. m.s.n.m.	PERIODO DE OPERACIÓN	FUENTE	CAUDAL MENSUAL
202001	PUENTE CARRETERA	Limnimétrica	CASMA	RIO CASMA	ANCASH	SANTA	SANTA	78°38' W	8°58' S	18	1931-1973	SENAMHI	
202002	HACIENDA POCTAO	Limnigráfica	CASMA	RIO GRANDE	ANCASH	CASMA	CASMA	78°03' W	9°32' S	500	1965-1970	ONERN	
202003	PUENTE CARRETERA	Limnimétrica	CASMA	RIO SECHIN	ANCASH	CASMA	CASMA	78°18' W	9°29' S	39	1960-1980	SENAMHI	1960-1980
202004	SECTOR TUTUMA	Limnimétrica	CASMA	RIO GRANDE	ANCASH	CASMA	BUENA VISTA ALTA	78°13' W	9°29' S	200	1973-1991	SENAMHI	1973-1991
202005	PUENTE QUILLO	Limnimétrica	CASMA	RIO SECHIN	ANCASH	CASMA	BUENA VISTA ALTA	78°08' W	9°20' S	200	1973-1990	SENAMHI	1988-1990

Fuente: ONERN Y SENAMHI

La información adquirida a nivel diario fue proporcionada por la Intendencia de Recursos Hídricos - INRENA de los reportes que realizan los distritos de riego diariamente, se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 1.7 Estaciones Hidrométricas INRENA

CODIGO	NOMBRE	TIPO	CUENCA	FUENTE DE AGUA	DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALT. m.s.n.m.	PERIODO DE OPERACIÓN	FUENTE	CAUDAL DIARIO
202004	SECTOR TUTUMA	Limnimétrica	CASMA	RIO GRANDE	ANCASH	CASMA	BUENA VISTA ALTA	78°18' W	9°29' S	71	1960-2005	INRENA	1960-2005
202005	PUENTE QUILLO	Limnimétrica	CASMA	RIO SECHIN	ANCASH	CASMA	BUENA VISTA ALTA	78°00' W	9°22' S	410	1960-2005	INRENA	1960-2005

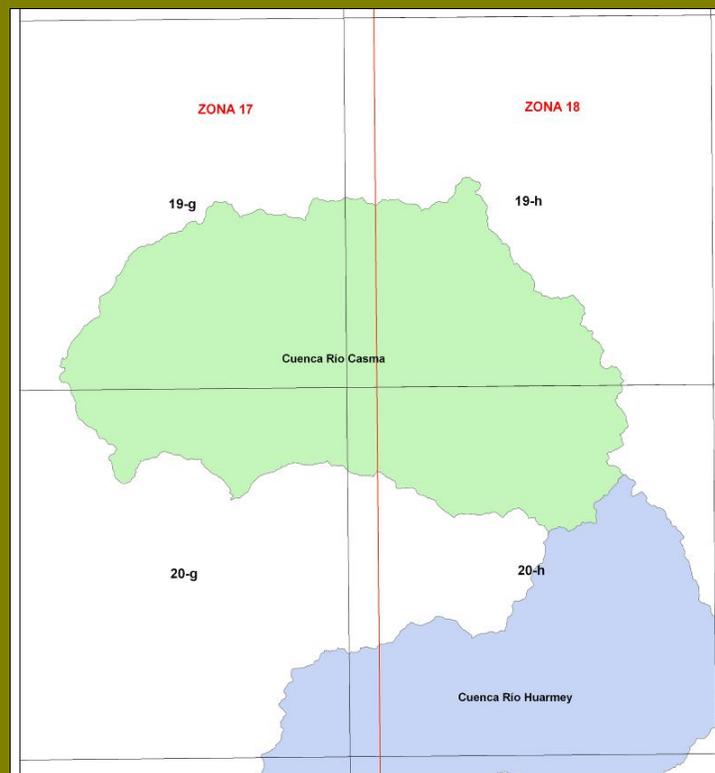
Fuente: INRENA

La definición de las estaciones y el periodo de registro con información confiable se realizará en base al reconocimiento de campo con personal conocedor de la cronología de las estaciones y en base al análisis de las series hidrológicas.

1.7.5 Cartografía

La cuenca del río Casma abarca (04) cartas nacionales, (02) en la zona 17 y las otras (02) en la zona 18. En la figura a continuación se precian estas cartas y la zona a la que pertenecen.

Figura N° 1.1 Cartas Nacionales



Fuente: Elaboración propia, 2007

Las cartas nacionales impresas del IGN representan la base oficial de información catastral en el Perú y son la base de este estudio.

Las cartas digitales del INRENA fue el punto de inicio del desarrollo de la información procesada en SIG, y fueron verificadas con la información impresa del IGN. Las cartas digitales contienen las coberturas:

- Delimitación Pfafstetter N7,
- ríos,
- lagunas,
- nevados,
- cordilleras,
- curvas cada 50m.,
- cerros,
- centros poblados,
- vías, etc.

En el siguiente cuadro se presenta la relación de las cartas adquiridas del IGN y del INRENA.

Cuadro N° 1.8 Relación de Cartas Nacionales

Carta N°	Nombre	IGN (impresa)	INRENA (digital)
19g	CASMA	X	X
19h	CARHUAZ	X	X
20g	CULEBRAS	X	X
20h	HUARAZ	X	X

Así mismo, la fuente de información para la elaboración de los mapas temáticos ecológico, geológico, suelos, geomorfológico y cobertura vegetal fue adquirida de la Base de Datos de Recursos Naturales e Infraestructura – Departamento de Ancash “primera aproximación” del INRENA desarrollado en junio del 2005, y complementariamente del estudio “Inventario, Evaluación y Uso racional de los Recursos Naturales de la Costa, cuencas de los ríos Casma, Culebras y Huarmey”, elaborado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN - 1972).

Finalmente la información base de vías de comunicación fue tomada del mapa vial de Ancash elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el año 2004.

II. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

2.1 UBICACIÓN

2.1.1 Ubicación Geográfica

La cuenca del río Casma se encuentra comprendido aproximadamente entre los paralelos 9°13'01" y 9°41'45" de Latitud Sur y los meridianos 78°23'27" y 77°37'03" de Longitud Oeste. Así mismo, la cuenca del río Casma, abarca cumbres hasta los 4900 m.s.n.m. y llega a los 0 m.s.n.m. en su desembocadura al mar.

Cuadro N° 2.1 Límites Geográficos

SISTEMAS	DATUM	COMPONENTE	VALOR	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Coordenadas Geográficas	Horizontal	Longitud Oeste	78° 23' 27"	77° 37' 3"
	WGS 1984	Latitud Sur	9° 13' 1"	9° 41' 45"
Coordenadas UTM Zona 18 Sur	Horizontal	Metros Este	127449	212662
	WGS 1984	Metros Norte	8980134	8926616
Altitud	Vertical Nivel Medio del Mar	m.s.n.m.	0	4900 m.s.n.m. Cerro Huachuchami

Fuente: Elaboración propia, 2007

2.1.2 Ubicación Hidrográfica

La cuenca del río Casma pertenece a la vertiente del Océano Pacífico y limita con las siguientes cuencas:

Cuadro N° 2.2 Límites hidrográficos

PUNTO CARDINAL	UNIDAD HIDROGRAFICA
NORTE	Cuenca del río Nepeña
NOR-OESTE	Intercuenca Grande Seco
ESTE	Cuenca del río Santa
SUR-ESTE	Cuenca del río Huarmey
SUR	Cuenca del río Culebras
SUR-OESTE	Intercuenca río Seco
OESTE	Océano Pacífico

Fuente: Elaboración propia, 2007

2.1.3 Demarcación Política

La cuenca del río Casma abarca el 42.46% de la provincia de Yungay, el 63.94% de la provincia de Casma y el 38.22% de la provincia de Huaraz del departamento de Ancash.

Comprende 03 de los 08 distritos de la provincia de Yungay; con el 100% del distrito de Quillo, el 63.75% del distrito de Cascapara y el 72.51% del distrito de Shupluy.

Comprende los 04 distritos de la provincia de Casma; con el 100% de los distritos de Buenavista Alta y Yaután, el 41.82% del distrito de Casma y el 45.65% del distrito de Comandante Noel.

Comprende 06 de los 12 distritos de la provincia de Huaraz; con el 100% de los distritos de Cochabamba, Colcabamba, La Libertad, Pariacoto y Pira y el 53.31% del distrito de Pampas.

En el siguiente cuadro se resume la distribución por limite político de los 2990.7 Km² que ocupa la cuenca del río Casma.

Cuadro N° 2.3 Demarcacion Política

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	AREA	
			Km ²	(%)
Ancash	Yungay	Cascapara	87.4	2.9
		Quillo	371.4	12.4
		Shupluy	120.8	4
	Casma	Buena vista alta	482.7	16.1
		Casma	505	16.9
		Comandanta Noel	99.9	3.3
		Yautan	366.4	12.3
	Huaraz	Cochabamba	137.6	4.6
		Colcabamba	50.7	1.7
		La Libertad	160.1	5.4
		Pampas	187.6	6.3
		Pariacoto	171.3	5.7
		Pira	249.8	8.4
TOTAL			2990.7	100.0

Fuente: Elaboración propia, 2007

2.1.4 Ubicación Administrativa

El Distrito de Riego Casma-Huarmey administra los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Casma, Culebras y Huarmey; y en la intercuenas Grande Seco, Río Seco, s/n (cód. 1375951) y Pararín.

Este distrito de riego depende administrativamente de la Dirección Regional de Ancash y funcionalmente de la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA.

Sus límites con otros distritos de riego se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 2.4 Límites del Distrito de Riego Casma - Huarmey

PUNTO CARDINAL	DISTRITO DE RIEGO
NORTE	Santa Lacramarca - Nepeña
ESTE	Huaraz
SUR	Barranca
OESTE	Océano Pacífico

Fuente: Elaboración propia, 2007

2.2 VIAS DE COMUNICACIÓN

La distancia entre las capitales de distritos y los centros poblados con acceso vial se presenta en el siguiente cuadro.

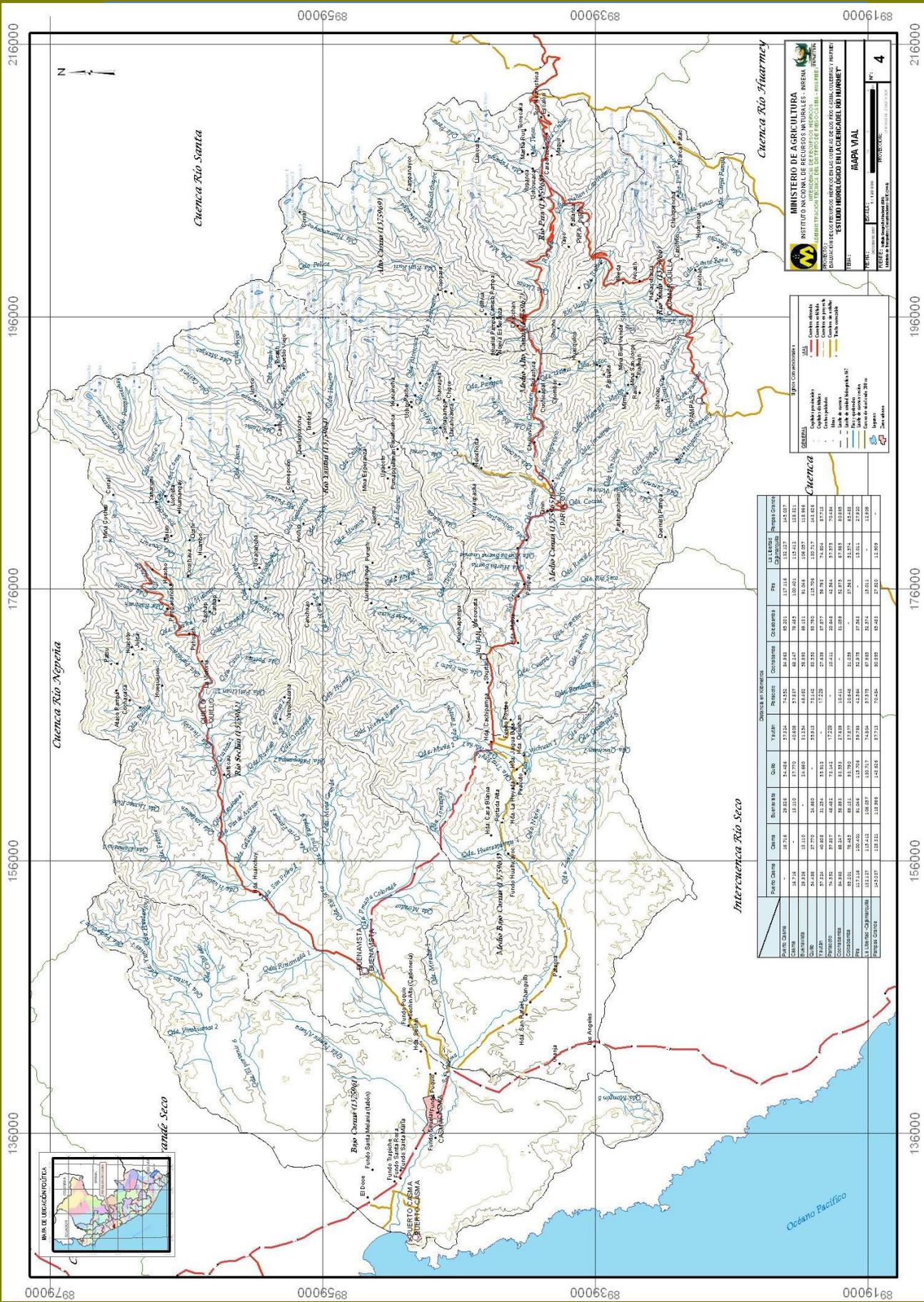
Cuadro N° 2.5 Vías de comunicación

	DISTANCIA (Km)										
	Puerto Casma	Casma	Buena Vista	Quillo	Yaután	Pariacoto	Cochabamba	Colcabamba	Pira	Cajamarquilla	Pampas
Puerto Casma	-	16.716	29.826	54.486	57.324	74.552	84.963	95.201	117.116	132.127	145.037
Casma	16.716	-	13.110	37.770	40.608	57.837	68.247	78.485	100.401	115.412	128.321
Buena Vista	29.826	13.110	-	24.660	31.254	48.482	58.893	69.131	91.046	106.057	118.966
Quillo	54.486	37.770	24.660	-	55.913	73.142	83.553	93.790	115.706	130.717	143.626
Yaután	57.324	40.608	31.254	55.913	-	17.229	27.639	37.877	59.793	74.804	87.713
Pariacoto	74.552	57.837	48.482	73.142	17.229	-	10.411	20.648	42.564	57.575	70.484
Cochabamba	84.963	68.247	58.893	83.553	27.639	10.411	-	31.059	52.975	67.985	80.895
Colcabamba	95.201	78.485	69.131	93.790	37.877	20.648	31.059	-	37.563	52.574	65.483
Pira	117.116	100.401	91.046	115.706	59.793	42.564	52.975	37.563	-	15.011	27.920
Cajamarquilla	132.127	115.412	106.057	130.717	74.804	57.575	67.985	52.574	15.011	-	12.909
Pampas	145.037	128.321	118.966	143.626	87.713	70.484	80.895	65.483	27.920	12.909	-

Fuente: Elaboración propia, 2007

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



Punto Control	Cuenca en hectáreas						Cuenca en kilómetros cuadrados		Población	
	Casma	Surco de B.	Quero	Yauca	Piracocha	Chocabamba	Chocabamba	Chocabamba	Población	Población Control
Punto Casma	14 716	28 816	34 436	27 134	24 252	84 488	85 201	137 118	138 122	242 807
Casma	14 716	31 212	37 772	42 608	27 937	85 247	79 483	109 051	129 212	238 213
Quero	27 134	31 212	34 436	27 134	24 252	84 488	85 201	137 118	138 122	242 807
Yauca	27 134	31 212	34 436	27 134	24 252	84 488	85 201	137 118	138 122	242 807
Piracocha	24 252	27 937	31 212	34 436	37 772	42 608	49 311	55 562	59 979	118 888
Chocabamba	84 488	85 201	85 915	86 629	87 343	88 057	88 771	89 485	90 199	90 913
Chocabamba Control	84 488	85 201	85 915	86 629	87 343	88 057	88 771	89 485	90 199	90 913
Población	14 716	28 816	34 436	27 134	24 252	84 488	85 201	137 118	138 122	242 807
Chocabamba	84 488	85 201	85 915	86 629	87 343	88 057	88 771	89 485	90 199	90 913
Población Control	14 716	28 816	34 436	27 134	24 252	84 488	85 201	137 118	138 122	242 807

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - INREHA
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA - INEI
ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

MAPA N.º 4

Escala: 1:100,000
 Fecha: 2007

La carretera más importante del área de estudio son: la carretera Panamericana Norte, que atraviesa el sector litoral de los valles, y la carretera longitudinal de la cuenca del río Casma, que parte de la ciudad de Casma, recorre las riberas del río Casma y cruza los distritos de Yaután, Pariacoto y Pira hasta la ciudad de Huaraz.

2.3 ECOLOGÍA

La fuente de información ecológica (descripción y mapas temáticos), fue íntegramente extraída de la Base de Datos de Recursos Naturales e Infraestructura – Departamento de Ancash “primera aproximación” desarrollada por la Oficina de Gestión Ambiental, Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales del INRENA en junio del 2005.

Se presenta una visión amplia de la ecología en la cuenca del río Casma dirigido principalmente hacia su clasificación, para cuyo efecto, se ha utilizado el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida propuesto por el Dr. Leslie R. Holdridge, que se fundamenta en criterios bioclimáticos como parámetros que definen la composición florística de cada zona de vida. Los parámetros considerados son: la Biotemperatura promedio mensual y anual (T°C); la Precipitación pluvial; la Humedad Ambiental, que viene a ser la relación de la evapotranspiración potencial sobre la precipitación (Evp/p); los Pisos Altitudinales (pisos Tropicales y Subtropicales); y las Regiones Latitudinales (Tropical y Subtropical).

En el siguiente cuadro se presentan los valores de los parámetros bioclimáticos y las correspondientes zonas de vida que estas definen para la cuenca del río Casma.

Cuadro N° 2.6 Parámetros bioclimáticos

FORMACION ECOLÓGICA	SIMBOLO	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Pmin (mm)	Pmax (mm)
desierto desecado Subtropical	dd-S	17	24	15	30
desierto perarido Montano Bajo Subtropical	dp-MBS	12	17	62	125
desierto superarido Premontano Tropical	ds-PT	18	24	30	62
desierto perarido Premontano Tropical	dp-PT	18	24	62	125
desierto perarido Montano Bajo Tropical	dp-MBT	12	18	62	125
matorral desértico Premontano Tropical	md-PT	18	24	125	250
matorral desértico Montano Bajo Tropical	md-MBT	12	17	125	250
matorral desértico Montano Tropical	md-MT	6	12	125	250
matorral desértico Tropical	md-T	24	32	250	400
estepa espinosa Montano Bajo Tropical	ee-MBT	12	18	250	500
estepa montano Tropical	e-MT	6	12	250	500
paramo humedo Subalpino Tropical	ph-SaT	3	6	250	500
tundra humeda Alpino Tropical	th-AT	-15	3	125	250
tundra muy humeda Alpino Tropical	tmh-AT	-15	3	250	500
paramo muy humedo Subalpino Tropical	pmh-SaT	3	6	500	1000

Fuente: OGATEIRN, 2005

Para la cuenca del río Casma se han encontrado 15 zonas de vida desde la formación desierto desecado Subtropical (dd-S) en la zonas más bajas hasta la formación tundra muy húmeda Alpino Tropical (tmh-AT) en las zonas más altas. La zona de mayor predominancia en la cuenca se encuentra en la zona media y corresponde a la formación desierto perárido Premontano Tropical (dp-PT) con el 21.7% de la superficie total.

El cuadro siguiente muestra la distribución areal de las zonas de vida en cada una de las unidades hidrográficas de la cuenca.

Cuadro N° 2.7 Zonas de Vida

FORMACIÓN ECOLÓGICA	SIMBOLO	UNIDAD HIDROGRAFICA MENOR (N7)									UNIDAD HIDROGRAFICA MAYOR (N6)	
		CUENCA / INTERCUENCA									RIO CASMA	
		Bajo Casma	Río Sechin	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	Km ²	%
		Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²		
desierto desecado Subtropical	dd-S	129.9	0.2	0.2							130.3	4.4%
desierto perárido Montano Bajo Subtropical	dp-MBS	42.4									42.4	1.4%
desierto perárido Montano Bajo Tropical	dp-MBT					11.3					11.3	0.4%
desierto perárido Premontano Tropical	dp-PT	67.6	219.8	220.8	47.7	91.7					647.7	21.7%
desierto superárido Premontano Tropical	ds-PT	173.1	118.4	191.3	0.2	0.5					483.5	16.2%
estepa espinosa Montano Bajo Tropical	ee-MBT				0.5	108.2	20.8	3.0	12.9	10.4	155.7	5.2%
estepa montano Tropical	e-MT		44.8	5.6	38.7	79.5	55.9	1.0	54.1	36.1	315.7	10.6%
matorral desértico Montano Tropical	md-MT		46.6	8.4	27.3	0.2					82.4	2.8%
matorral desértico Montano Bajo Tropical	md-MBT		108.5	25.5	46.6	23.7					204.2	6.8%
matorral desértico Premontano Tropical	md-PT	5.7	87.7	33.6	29.4	94.9					251.2	8.4%
matorral desértico Tropical	md-T					43.9					43.9	1.5%
paramo húmedo Subalpino Tropical	ph-SaT		69.4	2.3	85.5	29.5	61.2		64.9	63.4	376.1	12.6%
paramo muy húmedo Subalpino Tropical	pmh-SaT								3.7		3.7	0.1%
tundra húmeda Alpino Tropical	th-AT		34.3		76.2	6.2				59.7	176.3	5.9%
tundra muy húmeda Alpino Tropical	tmh-AT					2.8	25.8		29.2	8.3	66.1	2.2%
TOTAL		418.7	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.7	177.8	2990.7	100.0%

Fuente: Elaboración propia, 2007

A continuación se presenta la descripción de cada una de estas zonas de vida.

desierto desecado – Subtropical (dd-S)

Se ubica en el litoral de la región de la Costa. Abarca una extensión superficial de 130,3 km², equivalente al 4,4% del área de la cuenca. Posee un clima desecado desértico-Semicálido, con temperatura media anual entre 18^oc y 19^oc; y precipitación pluvial total promedio anual, entre 15 y 30 mm.

Presenta una nula o escasa cubierta vegetal, dominado mayormente por un manto de arena.

Existe actividad agrícola sólo a nivel de los valles, donde existe agua disponible para regadío. El resto del área desértica se incorporará a la agricultura cuando se disponga agua para riego permanente.

desierto perárido – Montano Bajo Subtropical (dp-MBS)

Se ubica entre 1 000 y 2 000 msnm, en las laderas de las estribaciones de la Cordillera de los Andes cercanas o que miran hacia el litoral. Abarca una extensión superficial de 42, 40 km², equivalente al 1,40 % del área de la cuenca.

Posee un clima perárido-Templado Cálido, con temperatura media anual entre 15°C y 13°C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 60 y 120 mm.

La cubierta vegetal es escasa, pero durante la época de lluvias veraniegas emergen hierbas efímeras que se asocian con la vegetación arbustiva y algunas cactáceas que si existen permanentemente.

En aquellos lugares donde hay agua disponible para regar, existe una agricultura de subsistencia basándose en cultivos como maíz y otros propios de climas áridos y semiáridos.

desierto perárido – Montano Bajo Tropical (dp-MBT)

Se ubica entre 2 000 y 2 500 msnm en las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes. Abarca una extensión superficial de 11, 3 km², equivalente al 0,40 % del área de la cuenca. Posee un clima perárido-Templado Cálido, con una temperatura media anual entre 15°C y 13°C; y precipitación pluvial total; promedio anual, entre 60 y 120 mm.

La cubierta vegetal es escasa, pero durante la época de lluvias veraniegas emergen hierbas efímeras que se asocian con la vegetación arbustiva y algunas cactáceas que si existen permanentemente.

En los lugares donde hay agua disponible para regar existe una agricultura de subsistencia como cultivos propios de la zona.

desierto perárido – Premontano Tropical (dp-PT)

Se ubica en la Costa, altitudinalmente sobre el desierto superárido-Subtropical. Abarca una extensión superficial al 647, 70 ha, equivalente al 21,70 % del área de la cuenca. Posee un clima perárido desértico-Semicálido, con una temperatura media anual entre 20°C y 21°C; y precipitación pluvial total; promedio anual, entre 60 y 125 mm.

Presenta una cubierta vegetal relativamente más abundante que las Zonas de Vida anteriores, existen asociaciones de gramíneas estacionales y cactáceas.

Sólo existe actividad agrícola donde hay agua disponible para riego permanente.

desierto superárido-Premontano Tropical (ds-PT)

Se ubica en la Costa y en la parte Norte del departamento. Abarca una extensión superficial de 483,50 km², equivalente a 16,20 % del área departamental. Posee un clima superárido desértico-Semicálido, con temperatura media anual entre 19°C y 20°C; y precipitación pluvial total promedio anual, entre 30 y 60 mm.

Presenta una cubierta vegetal muy dispersa, de tipo arbustivo, xerofítica y estacional que emergen en invierno con la humedad de las neblinas.

La actividad agrícola se desarrolla sólo en los valles de los ríos que atraviesan esta Zona de Vida. El resto del área se incorporará a la agricultura cuando se disponga de agua de regadío.

estepa espinosa – Montano Bajo Tropical (ee-MBT)

Se ubica en los valles y laderas de la vertiente occidental entre 2000 y 3000 msnm, en la región de la Sierra. Abarca una extensión superficial de 155,70 km², equivalente al 5,20 % del área de la cuenca. Posee un clima semiárido-

Templado cálido, con temperatura media anual entre 17°C y 12°C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 250 y 450 mm.

La cubierta vegetal son herbáceas asociada con arbustos como la “chamana” *Dodonea viscosa* y árboles como el “molle” *Schinus molle* y cactáceas.

Mayormente la agricultura es practicada en los lugares donde hay disponibilidad de agua para regar, cultivándose panllevar y frutales como manzanos y duraznos.

estepa – Montano Tropical (e-MT)

Se ubica altitudinalmente, sobre la estepa espinosa entre 3000 y 4000 msnm, en la región de la Sierra. Abarca una extensión superficial de 315,70 km², equivalente al 10,60 % del área departamental. Posee un clima subhúmedo-Templado Frío, con temperatura media anual entre 12°C Y 6°C; precipitación total, promedio anual entre 350 y 500 mm.

La cobertura vegetal es graminal típico de pradera altoandina algo dispersa asociado con cactáceas del género *Opuntia*.

La actividad agrícola presenta en aquellos lugares con disponibilidad de agua para regar y agricultura de secano, mayormente para cereales como por ejemplo la cebada como una característica típica, que inclusive sirve para reconocer esta Zona de Vida.

Matorral desértico – Montano Tropical (md-MT)

Se ubica generalmente entre 3 000 y 4 000 msnm, mayormente en la denominada cordillera negra, en la región de la Sierra. Abarca una extensión superficial de 82,40 km², equivalente al 2,80 % del área de la cuenca. Posee un clima semiárido-Templado Frío, con temperatura media anual entre 12°C y 6°C; y precipitación pluvial total, promedio anual, entre 125 y 250 mm.

La cubierta vegetal son especies graminales altoandinos con una distribución muy dispersa, asociada con cactáceas. Presenta una actividad de pastoreo estacional.

matorral desértico – Montano Bajo Tropical (md-MBT)

Se ubica entre 2 500 y 3 000 msnm, en las laderas de las estribaciones de la Cordillera Occidental, en la región de la Sierra. Abarca una extensión superficial de 204,20 km², equivalente al 6,8% del área de la cuenca. Posee un clima árido – Templado Cálido, con temperatura media anual, entre 125 y 250 mm.

Presenta una cobertura vegetal herbácea temporal que emerge con las lluvias de verano, asociada con los arbustos, en forma permanente.

Aquellas áreas con potencial productivo localizadas en las estribaciones de la cordillera occidental se utilizan para cultivos de subsistencia.

matorral desértico – Premontano Tropical (md-PT)

Se ubica en la Costa, en las estribaciones de los Andes Occidentales y al fondo de los valles de los ríos de la Costa. Abarca una extensión superficial de 251,12 km², equivalente al 8,4 % del área de la cuenca. Posee un clima árido-Semicálido, con temperatura media anual entre 19°C y 20°C; y precipitación pluvial anual, entre 140 y 260 mm.

La cobertura vegetal está conformada por gramíneas estacionales, arbustos y cactáceas gigantes, del género *Neoraimondia* que son indicadores de esta Zona de Vida.

La actividad agrícola está enmarcada en pequeñas áreas que disponen agua de regadío, se cultivan panllevar y frutales como duraznos, manzanas, tunas, etc., también hay sobrepastoreo con ganado caprino.

matorral desértico – Tropical (md-T)

Geográficamente se ubica en la Costa muy cerca de las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes, con una extensión superficial de 43,9 km², equivalente al 1,5 % del área de la cuenca. Posee un clima perárido-Cálido, con temperatura media anual entre 23.5°C y 24.6°C; y precipitación pluvial total promedio anual entre 125 y 225 mm.

La cubierta vegetal está conformada por cactáceas, de porte columnar grueso y prismático, del género *Neoraimondia*. Además, se puede distinguir una cubierta de gramíneas, de corto periodo vegetativo, que emerge con las lluvias veraniegas.

En aquellas tierras con riego se cultiva panllevar y frutas tropicales. Potencialmente se puede desarrollar la actividad agropecuaria en forma permanente y económicamente rentable si se dota de agua de regadío.

páramo húmedo – Subalpino Tropical (ph-SaT)

Se ubica sobre la estepa – Montano, entre 3 900 y 4 200 msnm, en la región de la Sierra. Abarca una extensión superficial de 376,10 km², equivalente al 12,60 % del área de la cuenca. Posee un clima húmedo – Frío, con temperatura media anual entre 6°C y 4°C; y precipitación pluvial total, promedio anual, entre 450 y 550 mm.

La cobertura vegetal es de una pradera altoandina constituida por pastos naturales principalmente de la familia gramíneas, más o menos densos con presencia de algunas cactáceas postradas, del género *Opuntia*, así como arbustos y especies arbóreas del género *Polylepis* “quinual”.

Aquellas áreas con buen potencial pecuario, son para el pastoreo de ganado lanar y vacuno; sin embargo, con buen potencial para desarrollar una ganadería autóctona, en base a camélidos americanos.

páramo muy húmedo – Subalpino Tropical (pmh-SaT)

Se ubica sobre el páramo húmedo, en este caso se extiende desde 4 200 hasta 4 500 msnm. y cuando está sobre el bosque muy húmedo –Montano o bosque muy húmedo – Montano, se extiende desde 3 900 hasta 4 500 msnm. Abarca una extensión de 3,70 km², equivalente al 0,10 % del área de la cuenca. Posee un clima perhúmedo-Frío, con temperatura media anual variable entre 6°C y 3°C; y precipitación pluvial total, promedio anual, entre 600 y 800 mm.

Posee una cobertura vegetal de pradera altoandina constituida por pastos naturales provenientes de diversas familias, pero principalmente de la familia Gramíneas; en general esta Zona tiene una composición florística compleja y es más densamente poblada.

Presenta condiciones para el pastoreo de ganado lanar y vacuno, en menos proporción pastoreo de camélidos americanos.

tundra húmeda – Alpino Tropical (th-AT)

Se ubica sobre el páramo pluvial – Subalpino, entre 4 500 y 5 000 msnm, en la región de la Sierra. Abarca una extensión superficial de 176,30 km², equivalentemente al 5,90 % del área de la cuenca. Posee un clima perhúmedo – Muy Frío, con temperatura media anual entre 3°C y 1,5°C; y precipitación pluvial total, promedio anual, variable desde 300 hasta 500 mm.

La cobertura vegetal es más abundante y florísticamente diversificado con relación a las otras tundras tales como la tundra húmeda. Además de las matas gramíneas, plantas arrossetadas y de porte almohadillados se observa la presencia de *Distichia muscoides* de forma almohadilladas convexas que crecen continuamente sus partes superiores mientras que sus partes inferiores, las raíces más profundas se van convirtiendo en lo que comúnmente se denominan. También es posible observar la existencia de líquenes y musgos en altitudes hasta sobrepasar los 5 000 msnm.

Esta zona de vida es utilizada para el pastoreo trashumante, la mayoría de las veces, sobrepasando largamente la capacidad de carga animal que es capaz de soportar sin causar pérdidas cuantitativas y cualitativas del recurso.

tundra muy húmeda – Alpino Tropical (tmh-AT)

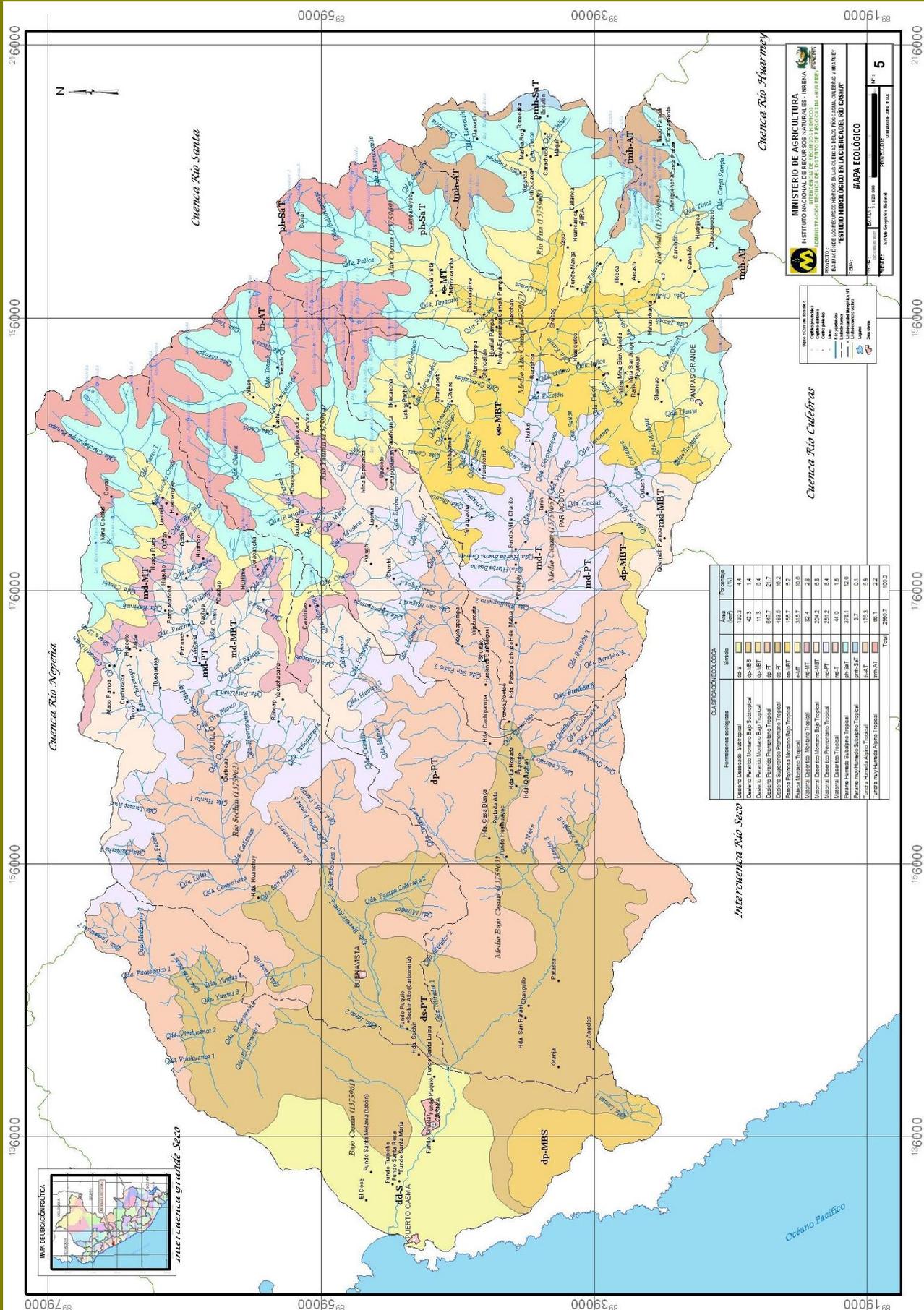
Se ubica sobre el páramo húmedo-Subalpino, entre 4 500 y 5 000 msnm, en la región de la Sierra. Abarca una extensión superficial de 66,10 ha, equivalente al 2,2 % del área de la cuenca. Posee un clima perhúmedo – Muy Frío, con temperatura media anual entre 3°C y 1,5°C; y precipitación pluvial total, promedio anual, entre 400 y 500 mm.

La cobertura vegetal lo constituye matas de pastos naturales altoandinos que se distribuyen en forma muy dispersos: asimismo, existen especies arrossetadas y almohadillas muy distanciadas. La composición florística y la abundancia son algo mayor que en la tundra húmeda.

El uso actual de estas áreas es el pastoreo trashumante estacional, siendo la actividad más importante, sobrepasando largamente la soportabilidad de este ecosistema.

ESTUDIO HIDROLÓGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



2.4 GEOLOGÍA

La fuente de información geológica (descripción y mapas temáticos), fue íntegramente extraída de la Base de Datos de Recursos Naturales e Infraestructura – Departamento de Ancash “primera aproximación” desarrollada por la Oficina de Gestión Ambiental, Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales del INRENA en junio del 2005.

La secuencia estratigráfica en la cuenca del río Casma presenta 14 formaciones geológicas, siendo la formación del Grupo Calipuy en la zona alta la que ocupa la mayor área de la cuenca con un 33.3%.

El siguiente cuadro presenta la distribución de las formaciones geológicas en cada una unidad hidrográfica menor de la cuenca del río Casma.

Cuadro N° 2.8 Formaciones geológicas

ERA	SISTEMA	SERIE	FORMACIÓN GEOLOGICA	SIMBOLO	UNIDAD HIDROGRAFICA MENOR (N7)										UNIDAD HIDROGRAFICA MAYOR (N6)					
					CUENCA / INTERCUENCA										RIO CASMA					
					Bajo Casma	Río Sechin	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	Km²	%					
Km²	Km²	Km²	Km²	Km²	Km²	Km²	Km²	Km²	Km²	Km²	%									
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO	Depósitos glaciares	Qp-g	0.1										0.1	0.0%				
		RECIENTE	Depósito aluvial reciente	Qr-al	187.0	130.4	126.8	12.3	9.9							466.5	15.6%			
			Depósito edico reciente	Qr-e	36.4		47.4										83.8	2.8%		
	TERCIARIO	INFERIOR	Grupo Calipuy	Ti-ca		188.6	26.6	192.8	161.6	137.6		115.4	174.7			997.4	33.3%			
MESOZOICO	CRETACEO	INFERIOR	Formación Inca, Chulec, Paríatambo, Paríahuanca	Ki-í/dh/p/p		1.1	3.8								4.9	0.2%				
			Formación Junco	Ki-j	41.7	54.2	45.6									141.5	4.7%			
			Formación La Zona	Ki-z	27.7		0.1										27.8	0.9%		
			Grupo Goyllatizquiza	Ki-g	9.2	42.1	42.4	35.3	71.7	24.5	0.0	31.6	1.3				258.1	8.6%		
			Tonalita	Ki-to	65.8	16.0	77.1											158.9	5.3%	
	TERCIARIO	(en blanco)	SUPERIOR	Gabrodiorta	Ks-gbdi	1.0		5.5									6.5	0.2%		
				Granodiorta	KTI-gd	31.5	116.1	19.3										166.9	5.6%	
				Tonalita / granodiorta	Ks-to/gd	18.2	168.2	93.3	111.6	217.5									608.8	20.4%
				Granodiorta	T-gd		12.9												12.9	0.4%
				Granodiorta, tonalita	T-gd/to					31.7	1.6	4.0	17.7	1.8					56.9	1.9%
TOTAL					418.7	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.7	177.8	2990.7	100.0%					

Fuente: Elaboración propia, 2007

En la cuenca del río Casma afloran rocas de diferente composición, cuyas edades van desde el Cenozoico al Mesozoico, estando compuestas mayormente por rocas sedimentarias y metamórficas cubiertas por depósitos inconsolidados modernos en el sector de la costa y extensos plutones intrusivos hacia la parte oriental.

La descripción de formaciones ecológicas se detalla a continuación.

2.4.1 Cenozoico

Cuaternario Pleistoceno

- Depósitos Glaciares (Qp-g)

Estos depósitos están constituidos por brechas inconsolidadas en matriz microbrechosa o arenácea con abundante material fino en superficie, formando laderas y colinas con pendientes moderadas.

Se distribuyen extensamente entre Huaraz y la laguna Conococha, ocupando la margen derecha del río Santa, habiéndose depositado durante el pleistoceno.

Cuaternario Reciente

- Depósito Aluvial Reciente (Qr- al)

Estos depósitos están constituidos por materiales acarreados por los ríos emplazados en las depresiones de los valles formando terrazas y conos aluviales defectivos, se pueden observar a lo largo de los principales ríos de la costa y el río Santa, formando extensas terrazas fluviales, con presencia de arcillas y arenas finas con gravas arenosas bien clasificadas, y en profundidad una mezcla de cantos rodados y arenas que en parte son utilizados para la agricultura.

Los depósitos aluviales se emplazan a lo largo de las quebradas de aguas estacionales, están constituidas por gravas mal clasificadas mezcladas con limos y arenas en forma caótica, en lugares de cursos amplios se han desarrollado capas de arcilla y arcilla gravosa que se utiliza para la agricultura.

- Depósito Eólico Reciente (Qr- e)

Estos depósitos cobran rasgos prominentes si se tiene en cuenta la magnitud de su evolución y propagación regional, cuya actividad se desarrolla en forma de barcanes en movimiento, dunas gigantes o mantos delgados de arena. En algunos lugares, la migración de los barcanes es retardada por la humedad del terreno, ya que una parte de las arenas se fusionan y se colmatan sobre un terreno húmedo salobre. Estos depósitos son recientes y se distribuyen en diferentes sectores de la costa.

Las arenas que logran pasar estos obstáculos, son detenidas por la vegetación de los valles, y en algunos casos, forman barcanes o cerros de arena fósil.

Terciario Inferior

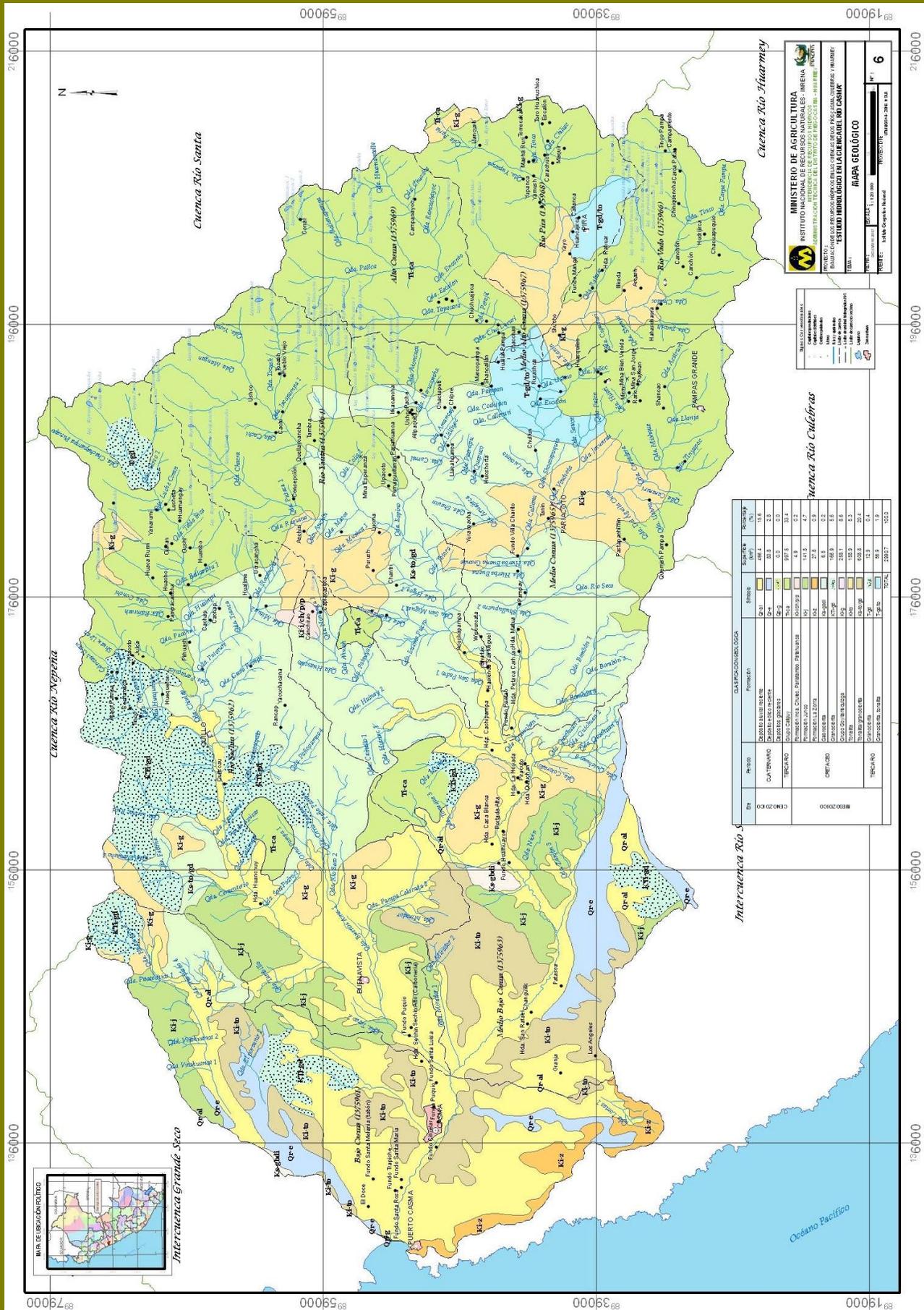
- Grupo Calipuy (Ti-ca)

Cossío (1964), le dio el nombre de volcánico Calipuy, posteriormente Wilson lo elevó al rango de Grupo, estimando una potencia de más de 2 000 m. La secuencia consiste mayormente de tobas, piroclásticos gruesos, aglomerados, lavas ácidas o ignimbritas dacíticas y cuerpos intrusivos subvolcánicos cuya composición varía de andesita-dacítica a riolita. Hacia el tope se destacan capas areno-lutáceas de color rojizo con lechos de calcedonia, a las que se intercala una gruesa secuencia de aglomerados, brechas y piroclásticos. Esta unidad se extiende hacia el norte ocupando una gran extensión en el departamento de la Libertad.

El grupo Calipuy se distribuye ampliamente a lo largo del departamento, ocupando gran parte de la cordillera negra. De acuerdo a las evidencias paleontológicas encontradas, se estima que la acumulación volcánica de esta unidad tuvo lugar durante la parte tardía del Terciario inferior.

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



SI	RÍO	CÓDIGO	CLASIFICACIÓN GEOLOGICA		SURTIDO (m ³ /s)	RÍO	SI
			Formación	Edad			
MESOZOICO	CUATERNARIO	Qc-1	Aluviales	Qc-1	35.8	2.8	6
	TERCIARIO	Tc-1	Troncos	Tc-1	697.5	33.4	
	TERCIARIO	Tc-2	Troncos	Tc-2	141.5	4.2	
MESOZOICO	CRETACEO	Kc-1	Troncos	Kc-1	27.8	0.9	6
	CRETACEO	Kc-2	Troncos	Kc-2	6.3	0.2	
	CRETACEO	Kc-3	Troncos	Kc-3	106.9	3.6	
MESOZOICO	CRETACEO	Kc-4	Troncos	Kc-4	133.9	5.3	6
	CRETACEO	Kc-5	Troncos	Kc-5	600.0	22.4	
	CRETACEO	Kc-6	Troncos	Kc-6	12.9	0.4	
TOTAL					2,262.7	102.6	

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA
ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA
 INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA - INEI
 INSTITUTO NACIONAL DE GEOMÁTICA - INGEO
 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA - INMETERIO

FECHA: 2007
 ESCALA: 1:50,000
 PROYECTO: 2007-03-001

MAPA GEOLOGICO

Nº: **6**

2.4.2 Mesozoico

Cretáceo Inferior

- Formación Inca, Chulec, Pariahuanca/Pariatambo (Ki-i/ch/p/p)

Fue descrita por V Benavides (1956) en la parte norte del Perú (Baños del Inca Cajamarca) como una secuencia constituida por calizas areniscosas, ferruginosas son algunas lutitas fosilíferas.

En el departamento de Ancash se distribuyen en la parte nororiental hacia la margen izquierda del río marañón. La formación Inca es relativamente reducida y su grosor no excede los 55 m. Esta unidad ha sido cartografiada conjuntamente con las formaciones Chulec, Parihuanca y Pariatambo.

La formación Inca se distingue por la coloración marrón amarillenta en superficies meteorizadas de las calizas, en general consiste de limoarcillitas, limonitas gris a gris verdosa, intercaladas con calizas grises, bioclásticas gruesas muestras coloraciones pardas amarillentas, algunas calizas son biomicriticas, otras son bioespáticas y fosilíferas, también se observan algunas areniscas calcáreas. En esta formación existen abundantes restos fósiles de bivalvos amonites y equinoideos, en calizas nodulares y limoarcillitas grises, que incluyen algunos nódulos ferruginosos alargados hasta de 15 a 20 cm de grosor.

La formación Inca en todos los lugares observados sobreyace concordantemente al Grupo Goyllarisquisga, mostrando una secuencia de límite donde se intercalan limoarcillitas y calizas areniscosas y ferruginosas, que indicaba un paso transicional. El contacto superior con la Formación Chulec es concordante y está definido por la presencia de calizas finas, gris claras y margas gris verdosa, en contraste con las calizas gruesas bioclásticas de la Formación Inca. La abundante fauna que existe en la Formación inca, corresponde a moldes de trigonia, exogiras, parhoplites, Knemiceras, Buchotrigonia y otros que corresponden al Aptiano superior y Albiano inferior a medio (cretáceo inferior)

- Formación Junco (Ki-j)

Esta unidad consiste de aproximadamente 2 000 m de flujo de lavas, almohadillas y brechas que representan la continuación hacia el este de las rocas observadas en los cerros de Junco en el Valle del río Culebras. Se caracterizan por mostrar afloramientos macizos con un predominio notable de lavas almohadillas y algunas brechas que se encuentran bien expuestas. También se observan almohadillas en la Quebrada Huanchay (Chiquián) en los cerros Yarongo-Pisco. En los alrededores de la Hda. Huamba, (SO de la hoja de Huaraz), las lavas almohadilladas presentan en sección delgadas plagioclasa y microcristales de las mismas.

Sus mejores afloramientos se encuentran en la cordillera de la costa en forma paralela al litoral. En los afloramientos orientales de la Formación Junco, predominan los flujos de lavas macizas, verdes, grises y gris oscuras de composición mayormente andesíticas, tal como se expone en los afloramientos del río Malvas.

La formación Junco sobreyace a la formación Cochapunta e infrayace en discordancia angular a la secuencia volcanoclástica del grupo Calipuy. Por correlación estratigráfica se le asigna una edad correspondiente al cretáceo inferior.

- **Formación La Zorra (Ki-z)**

Esta formación aflora en áreas extensas a ambos lados del Batolito de la Costa en la forma paralela al litoral. Consiste hasta de 1800 m de flujo y sills de andesita, ignimbrita, dacita, tufos, aglomerados y flujos piroclásticos submarinos. Dentro de la formación existen cuatro unidades predominantes de piroclásticos gruesos que han sido mapeados y clasificados como miembros, los mismos que se presentan en forma lenticular.

Al oeste del Batolito la formación de La Zorra, yace en conformidad sobre la formación Punta Gramadal. En este lado los tufos se intercalan con lavas almohadilladas de la parte alta de la formación Punta Gramadal observándose la base de la formación sobre una capa de lava emplazada en el tope de la primera unidad. Al este del batolito, la formación La Zorra yace en conformidad, sobre la formación Cochapunta. En ese sector los tufos se intercalan con cherts en la parte más alta de la formación Cochapunta y la base de la formación La Zorra se ubica donde los tufos se tornan dominantes sobre el chert. Las rocas más abundantes de la formación La Zorra son lavas andesíticas que generalmente tienen un espesor menor de 10 m y muestran juntas columnares bien desarrolladas. Muchos flujos presentan brechas en la base y tienen vesícula en las porciones superiores. Típicamente los flujos son porfiríticos y hialopolíticos, con fenocristales de andesina no zonada de hasta 2,5 mm de longitud y en menor cantidad, clinopiroxeno maclado, color verde pálido.

La sección más clara de la formación La Zorra y de fácil acceso, es la que se extiende desde la línea de costa, a la altura de los Callejones la base de la formación La Zorra descansa, en conformidad, sobre la formación: Punta Gramadal. De allí, hacia la carretera Panamericana, consiste en flujos de andesita porfirica con fenocristales de plagioclasa. Muchos flujos poseen diaclasas columnares y tienen brechas en sus bases y abundantes vesículas en las partes superiores.

La formación La Zorra contienen el ammonite *Leymeriella* sp, que sólo se halla en el Albiano inferior y medio (cretáceo inferior).

- **Grupo Goyllarisquizga (Ki- g)**

Grupo compuesto de una secuencia dominante por cuarcitas bastante tectonizadas. Localmente se diferencian dos miembros litológicos característicos, aunque cartográficamente no han sido diferenciados.

El miembro inferior está compuesto por areniscas arcósicas de grano fino en capas delgadas, con matices rojizos a blanco verdosos, que se intercalan con areniscas cineríticas blanco amarillentas y con microconglomerados cuarzosos. El miembro superior es el más notable y se le observa en las principales elevaciones orográficas, litológicamente, en su porción inferior, consiste en banco a masivos de cuarcitas porfidoblásticas, de grano medio a fino, con algunos microconglomerados lenticulares, bastante compactos; las figuras

sedimentarias, como laminaciones, estratificaciones cruzadas, entre otras, no han sido borradas por el metamorfismo y permiten establecer la posición verdadera de los estratos; las coloraciones varían entre el blanco amarillento hasta matices rojizos o marrones, con brillo resinoso.

Este grupo se distribuye en todo el departamento, con mayor amplitud hacia la parte oriental; por su posición estratigráfica que ocupa se le asigna una edad correspondiente al cretáceo inferior.

- **Tonalita (Ki-to)**

Rocas ígneas de textura granular hipidiomórficas, siendo los minerales esenciales las plagioclasa que en composición varían de andesina a oligoclasa y sus formas son euhedrales a anhedrales, ocasionalmente como granoblastos; se tiene además hornblenda y cuarzo de forma anhedral. Entre los minerales accesorios se consideran la sericita, epidota-zoicita, arcillas, feldespatos potásicos, piroxenos, cloritas, opacos en trazas, así también carbonatos, albita, esfena, apatito y zircón.

Se distribuyen en forma paralela a la unidad anterior y se asume que dichas intrusiones han ocurrido durante el cretáceo inferior.

Cretáceo Superior

- **Gabrodiorita (Ks-gbdi)**

Pequeños cuerpos intrusivos con características locales sobresalen en la costa norte del departamento entre Casma y Chimbote. La roca es de textura granular porfirítica con ortosa, cuarzo y plagioclasa, localmente representa una intrusión sobre un Plutón más antiguo no diferenciado. De acuerdo a su posición estratigráfica se asume que ocurrió durante el cretáceo superior.

- **Granodiorita (KTi-gd)**

Cuerpos intrusivos de composición granodiorítica que se distribuyen ampliamente en todo el departamento conformando cuerpos irregulares de diferente dimensión. Los afloramientos de este macizo son conspicuos por su color y por las formas redondeadas de su superficie producidas por el intemperismo.

La roca fresca es de color gris claro a blanco grisáceo, de textura granular, grano grueso, holocristalino. Está compuesto principalmente de plagioclasas, cuarzo y moscovita (mica blanca). Además se observan escasos granos de biotita. Las plagioclasas y el cuarzo constituyen la masa principal de la roca. La mica se presenta en masas irregularmente agrupadas.

Es probable que esta granodiorita esté relacionada a la masa batolito granodiorítico de la Cordillera Occidental cuya edad se considera entre el Cretácico Superior y el Terciario Inferior.

- **Tonalita, Granodiorita (Ks-to/dg)**

Cuerpos intrusivos de gran extensión que se distribuyen a lo largo de la cordillera de la costa, ocupando la parte media y alta de los principales valles de la costa. Están compuestos principalmente por granodiorita-tonalita de grano grueso gradando localmente en algunos sectores a una anfibolita por contaminación del magma.

Microscópicamente constituyen cuerpos ígneos con textura granular hipidiomórficas, siendo los minerales esenciales las plagioclasas, hornblenda y cuarzo, de forma anhedral. Entre los minerales accesorios se considera la sericita, epidota-zoicita, arcillas, feldespato, piroxenos y cloritas. Cronológicamente han sido datadas entre fines del Cretáceo y comienzos del paleógeno.

Terciario

- Granodiorita (T-gd)

Roca creada debido a una intrusión de material ígneo fundido en la corteza de la tierra. Técnicamente, contiene al menos el doble de plagioclase que de orthoclase (ambos minerales son tipos de feldespato); además de minerales secundarios en pequeña cantidad, y es de grano grueso.

- Granodiorita, Tonalita (T-gd/to)

Cuerpo intrusivo de composición granodiarítica y tonalítica que se distribuye ampliamente a lo largo de la cordillera blanca y negra. La roca fresca es de color gris claro a blanco grisáceo, de textura granular, grano grueso, holocristalino. Está compuesto principalmente de plagioclasas, cuarzo y moscovita (mica blanca). Además se observan escasos granos de biotita.

La tonalita es de textura granular hipidiomórficas, siendo los minerales esenciales la plagioclase, hornblenda y cuarzo. Entre los minerales accesorios se considera la sericita, epidota-zoicita, arcillas, feldespato potásico, piroxenos, cloritas y opacos en trazas. Esta granodiorita está relacionada con el gran botolito granodiorítico de la Cordillera Occidental cuya edad se considera entre el Cretáceo Superior y el Terciario Inferior.

2.5 EDAFOLOGIA

La fuente de información de suelos (descripción y mapas temáticos), fue íntegramente extraída de la Base de Datos de Recursos Naturales e Infraestructura – Departamento de Ancash “primera aproximación” desarrollada por la Oficina de Gestión Ambiental, Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales (OGATEIRN) del INRENA en junio del 2005.

Para la determinación de los diferentes Grupos, Clases y Subclases de Capacidad de uso mayor, cartografiados en el mapa, la OGATEIRN ha utilizado el Sistema de Clasificación de Tierras, establecido por el “Reglamento de Clasificación de Tierras”, en términos Capacidad de Uso Mayor, oficializado por el Ministerio de Agricultura del Perú, según Decreto Supremo N° 0062-AG, del 22 de Enero de 1975 aún vigente, con las ampliaciones realizadas por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), en 1980 a nivel de Clases y Subclases de capacidad de uso mayor.

El presente ítem comprende la temática de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de la cuenca, que suministra al usuario información sobre el potencial y las características de las tierras para su utilización en forma racional, sostenible y eficiente, de acuerdo a sus potencialidades y/o limitaciones. En este sentido, la evaluación del potencial de tierras, permite determinar áreas adecuadas para realizar actividades agrícolas, pecuarias, forestal o destinarlas para fines de conservación o protección.

El siguiente cuadro presenta las 8 unidades Asociadas de Suelos distribuidas en cada una de las unidades hidrográficas menores de la cuenca del río Casma.

Cuadro N° 2.9 Capacidad de Uso mayor de Tierras

UNIDADES ASOCIADAS DE SUELO	SIMBOLO	UNIDAD HIDROGRAFICA MENOR (N7)										UNIDAD HIDROGRAFICA MAYOR (N6)	
		CUENCA / INTERCUENCA										RIO CASMA	
		Bajo Casma	Río Sechin	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	Km ²	%	
		Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	%	
Cultivo en Limpio - Cultivo permanente, de calidad agrologica Alta y Media, respectivamente. Requieren riego continuo	A1s(r)-C2s(r)	40.8	34.3	41.9	10.1	18.2						145.2	4.9%
Protección - Cultivo Permanente, cultivo en Limpio, ambas de calidad agrologica Baja, requiere riego continuo	Xse-C3s(r)-A3s(r)	269.4	73.5	109.2								452.0	15.1%
Protección, en zonas de afloramiento litycos y mantos de arena	Xse(ld)	24.5	0.6	46.7								71.8	2.4%
Protección, en laderas de montaña con afloramiento litycos	Xse(le)	84.0	317.7	248.2	67.3	220.6	0.0	2.3	0.7	4.3		945.1	31.6%
Protección - Pastos Temporales, de calidad agrologica Baja	Xse-P3se(t)		199.9	39.5	113.0	215.1	76.7	1.6	66.3	42.2		754.2	25.2%
Pastos de calidad agrologica Media, con riesgo de erosión - Protección	P2sec-Xse					12.8	59.3					72.1	2.4%
Pastos de calidad agrologica Baja - Protección	P3sec-Xse		69.1	2.3	85.3	16.7	1.7		68.5	63.4		307.0	10.3%
Protección - Pastos de calidad agrologica Baja	Xse-P3sec		34.3		75.7	9.1	25.7		29.1	67.7		241.5	8.1%
Lagunas	Lagunas		0.2		0.7		0.3		0.2	0.3		1.7	0.1%
TOTAL		418.6	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.7	177.8		2990.7	100.0%

(r) requiere riego

(t) pastoreo temporal

GRUPO DE CAPACIDAD DE USO MAYOR	UNIDADES NO ASOCIADAS	CLASE O CALIDAD AGRICOLA	LIMITACION DE USO
(A) Tierras Aptas para Cultivo en Limpio	Xse : Protección (laderas muy empinadas, suelos superficiales)	(1) Calidad Agrológica Alta	(s) Limitación por suelo
(B) Tierras Aptas para Cultivo Permanente	Xle : Protección (formación lítica)	(2) Calidad Agrológica Media	(e) Limitación por riego de erosión
(C) Tierras Aptas para Pastoreo		(3) Calidad Agrológica Baja	(c) Limitación por clima frígido
(D) Tierras Aptas para Producción Forestal			
(E) Tierras de Protección			

Fuente: Elaboración propia, 2007

A continuación, se describe las características de las unidades de Capacidad de Uso Mayor de las tierras determinadas y cartografiadas de acuerdo a su distribución espacial en forma No Asociada y Asociada;

2.5.1 Unidades No Asociadas.

En el ámbito del área de trabajo, se han identificado una (02) unidades dominada por un componente homogéneo al nivel de Grupo de Capacidad de Uso Mayor, referidas a las tierras de Protección: Xse(le) y Xse(ld).

Tierras de Protección: Xse(le)

Comprende aquellas tierras de cimas y laderas de colinas y montañas, caracterizada por presentar una topografía accidentada. Se presenta en zonas de climas áridos a húmedos-templado cálidos a templado fríos, determinada por las zonas de vida: desierto desecado-Subtropical (dd-S), desierto perárido-Montano Bajo Subtropical (dp-MBS), desierto perárido-Montano Bajo Tropical (dp-MBT), desierto superárido Premontano Tropical (ds-PT), desierto perárido-Premontano Tropical (dp-PT), matorral desértico-Tropical (md-T), matorral desértico-Premontano Tropical (md-PT), matorral desértico-Montano Tropical (md-MT), matorral desértico-Montano Bajo Tropical (md-MBT) monte espinoso-Premontano Tropical

(mte-PT), estepa espinoso-Montano Bajo tropical (ee-MBT), estepa-Montano Subtropical (e-MT) y bosque húmedo-Montano Tropical (bh-MT); dentro de una fisiográfica de laderas y cimas de colinas y montañas moderadas a fuertemente disectadas.

Constituyen básicamente áreas misceláneas de afloramientos líticos de rocas de diverso origen, presentan un relieve accidentado, con pendientes moderada a extremadamente empinadas (15 + 75 %), con presencia de afloramientos líticos y/o abundante pedregosidad superficial, donde prácticamente no existe suelo ni cubierta vegetal.

Estas tierras se distribuyen en forma localizada y considerable, entre la margen derecha de la quebrada Venado Muerto (sur) y margen izquierda del río Santa (norte), conformada por las estribaciones bajas y medias de las vertientes de montaña de la Cordillera Occidental de los Andes, "Cordillera Negra", que en algunos sectores limita con el litoral y en otros con la planicie costera del departamento.

Xse(Id)

Información no disponible

2.5.2 Unidades Asociadas.

A1s(r) – C2s(r)

Conformada principalmente por tierras con aptitud para: **a)** Cultivos en Limpio (A), de calidad agrológica Alta (1) y **b)** Cultivos Permanentes (C), de calidad agrológica Media (2); ambas, con limitaciones por suelo (s) y requieren riego continuo (r). Presentándose en una proporción de asociación de 75 – 25 %, respectivamente.

Estas tierras han sido cartografiadas en forma localizada en las partes bajas del departamento, dentro de la zonas climáticas desecadas a árida-semicálida a templada cálida, que comprende las zonas de vida: desértico desecado-Subtropical (dd-S), desértico superárido-Premontano Tropical (ds-PT), desértico perárido-Premontano Tropical (dp-PT), matorral desértico Tropical (md-T) y matorral desértico-Premontano Tropical (md-PT); localizadas dentro de una fisiográfica de terrazas bajas y medias de los ríos Pativilca, Fortaleza, Huarmey, Casma, Nepeña, Lacramarca y Santa.

Estas tierras presentan suelos desarrollados a partir de materiales aluviales recientes; moderadamente profundos a profundos; textura media a moderadamente gruesa; topografía suave, con pendientes planas a ligeramente inclinadas (0 – 4%); las terrazas colindantes a los cauces, están expuestas al socavamiento y derrumbe de su talud, en épocas de crecida de los ríos.

Xse – C3s (r) – A3s (r)

Conformada principalmente por tierras con aptitud para: **a)** Protección (X); **b)** Cultivos Permanentes (C); y **c)** Cultivos en Limpio (A), en ambos casos, de calidad agrológica Baja (3), con limitaciones por suelo (s), requieren riego continuo (r). Presentándose en una proporción de asociación de 60 – 30 – 10 %, respectivamente.

Estas tierras han sido cartografiadas en forma bien localizada y discontinua, en la planicie costera del departamento, paralela al litoral;

comprendidas dentro de las zonas climáticas desecada desértica a árida-semicálida a templada cálida, correspondientes a las zonas de vida: desierto desecado-Subtropical (dd-S), desierto superárido-premontano Tropical (ds-PT), desierto perárido-Premontano Tropical (dp-PT), desierto perárido-Montano Bajo Subtropical (dp-MBS) y matorral desértico-Montano Bajo Subtropical (md-MBS); localizadas dentro de una fisiografía de planicies coluvio-aluviales, superficies plano-onduladas y planicies marinas, ubicadas cerca al eje de la carretera panamericana, entre la margen derecha de la quebrada Río Seco de Jaula (sur) y la quebrada Cascajal (norte).

Estas tierras presentan suelos desarrollados a partir de materiales coluvio-aluviales, aluviales y marinos; moderadamente profundos a profundos; textura media a moderadamente gruesa; relieves planos, con pendientes planas a moderadamente inclinadas (0-8%).

Xse – P3se (t)

Conformada principalmente por tierras con aptitud para: **a)** Protección (X); **b)** Pastos (P), de calidad agrológica Baja (3), para pastoreo temporal (t), con limitaciones por suelo (s) y topografía (e), por riesgo a la erosión hídrica. Presentándose en una proporción de asociación de 80-20%, respectivamente.

Estas tierras han sido cartografiadas en forma localizada y continua en las laderas medias de la vertiente Occidental de la Cordillera Negra, comprendida dentro de las zonas climáticas áridas desértica a semiárida-semicálida a templada fría, correspondiente a las zonas de vida: desierto árido-Montano Tropical (da-MT), matorral desértico-Montano Tropical (md-MT), monte espinoso-Premontano Tropical (mte-PT), estepa espinosa- Montano Bajo Tropical (ee-MBT) y estepa-Montano Tropical (e-MT), principalmente; localizadas dentro de una fisiografía de laderas y cimas de montaña ligera a fuertemente disectadas, ubicadas entre el río Tablachaca (sur) y el Río Santa (norte).

Estas tierras presentan suelos desarrollados a partir de materiales coluviales, coluvio-aluviales y residuales; superficiales a muy superficiales; textura media a moderadamente fina, relieve accidentado, con pendientes fuertemente inclinadas a muy espinadas (08 – 75 %), pudiendo llegar en algunos sectores a más empinadas a escarpadas.

Pudiendo contener inclusiones de pequeñas extensiones de tierras con buen potencial productivo, para cultivos en limpio(A), pero con riego suplementario(r*), actualmente utilizados; que no han podido ser cartografiados por la escala de trabajo del mapa.

P2sc-Xse

Conformada principalmente por tierras con aptitud para: **a)** Pastos (P) de calidad agrológica Media (2), con limitaciones por suelo (s) y clima (c) referida a la presencia de bajas temperaturas y **b)** Protección (X). Presentándose en una proporción asociada de 80-20 %, respectivamente.

Estas tierras han sido cartografiadas en forma bien localizada en la zona altoandina del departamento; comprendidas dentro de las zonas climáticas húmeda a perhúmeda-Fría, correspondiente principalmente a la zona de vida: páramo muy húmedo- Subalpino Tropical (pmh-SaT); localizadas dentro de una fisiografía de altiplanicies andinas, comprendida

principalmente en el ámbito de la Laguna Conococha, distribuyéndose además, en áreas menores a 625 ha en gran parte de la zona altoandina del departamento, que no han sido cartografiados por la escala de trabajo del mapa.

Estas tierras presentan suelos desarrollados a partir de materiales coluvio-aluviales, aluviales y glaciares; moderadamente profundos a profundos; textura moderadamente fina a fina; relieve plano, con pendientes planas a ligeramente inclinadas (0 – 4%); fertilidad natural media a baja; con presencia de gravosidad, en porcentajes variables; con drenaje natural bueno a moderado, en algunos sectores puede llegar a ser imperfecto a pobre.

P3sec-Xse

Conformada principalmente por tierras con aptitud para: **a)** Pastos (P) de calidad agrológica Baja (3), con limitaciones por suelo (s), topografía (e) por el riesgo de la erosión, y clima (c) referida a la presencia de bajas temperaturas; y **b)** Protección (X). Presentándose en una proporción de asociación de 70 – 30 %, respectivamente.

Estas tierras han sido cartografiadas en forma localizada y dispersa en la zona altoandina del departamento, comprendidas dentro de las zonas climáticas húmeda a superhúmeda-Fría a muy fría, correspondiente a las zonas de vida: páramo muy húmedo-Subalpino Tropical (pmh-SaT); páramo húmedo-Subalpino Tropical (ph-SaT), tundra húmeda-Subalpina Tropical (th-SaT) y tundra pluvial-Alpina Tropical (tp-AT), principalmente; localizadas dentro de una fisiografía de cimas y laderas de colinas y montañas, localizadas en sectores de las Cordilleras Negra y Blanca.

Estas tierras presentan suelos desarrollados a partir de materiales coluvio-aluviales, coluviales y glaciares; moderadamente profundos a superficiales; textura moderadamente fina a fina; relieve ondulado, con pendientes fuertemente inclinadas a empinadas (08 – 50 %); fertilidad natural media baja; con presencia de fragmentos gruesos superficiales y subperfciales, en porcentajes variables; con drenaje natural bueno a moderado, en algunos sectores de puquiales o manantiales puede llegar a ser imperfecto.

Xse-P3 sec

Conformada principalmente por tierras con aptitud con aptitud para: **a)** Protección (X); y **b)** Pastos (P), de calidad agrológica Baja (3), con limitaciones por suelo (s), topografía (e) por el riesgo de erosión y clima (c), por la incidencia de bajas temperaturas. Presentándose en una proporción de asociación de 80-20 %, respectivamente.

Estas tierras han sido cartografiadas en forma bien localizada en las partes más altas de la zona andina del departamento, comprendida dentro de las zonas climáticas húmeda a superhúmeda-fría a muy fría, correspondiente a las zonas de vida: páramo húmedo-Subalpino Tropical (ph-SaT), páramo muy húmedo-Subalpino Tropical (pmh-SaT), tundra húmeda-Subalpina Tropical (th-SaT), tundra muy húmeda-Alpina Tropical (tmh-AT) y tundra pluvial Alpina Tropical (bosque pluvial-Montano Tropical (bp-MT) y páramo pluvial-Subalpino Tropical (pp-SaT), principalmente; localizadas dentro de una fisiografía de laderas y cimas de colinas y montañas, ubicados debajo de los glaciares de la Cordillera Blanca y

partes altas de la Cordillera negra y la zona de Conocochoa.

Estas tierras presentan suelos desarrollados a partir de materiales coluviales, coluvio-aluviales, glaciares y residuales; superficiales a muy superficiales; textura media a moderadamente fina; relieve ondulado, con pendientes fuertemente a muy empinadas (08 – 75 %).

Pudiendo contener inclusiones de tierras con mayor potencial productivo, para Pastos: P2sc, P2sec, P3scw, ubicados en aquellas zonas más aparentes de pequeñas planicies, superficies plano-onduladas, lomadas y pequeños valles glaciares a valles colgantes, que no han podido ser cartografiados por la escala de trabajo del mapa.

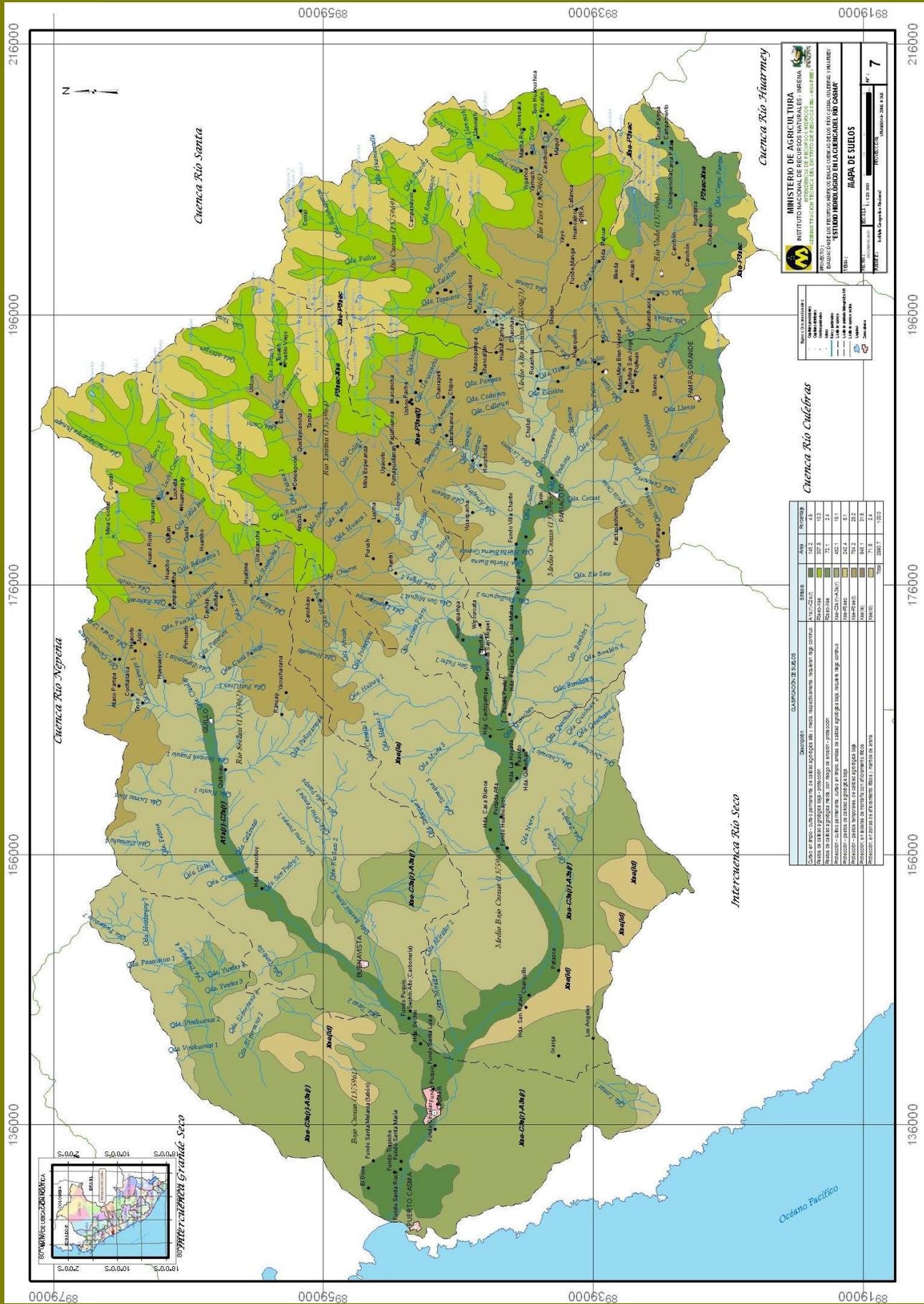
2.5.3 Cuerpos de Agua

Lagunas

Está conformada por las lagunas existentes en la cuenca: ubicadas en los distritos de Cascapara, Cochabamba, Pariacoto, Supluy y Pira en las provincias de Yungay y Huaraz. Las más importantes son: Teclio, Winchos, Pocus, Pucujirca, Palma, Juitun, Llacta y Huarancayoc.

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



**MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA**

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLOGICO EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY

FECHA: 2007

MAPA DE SUELOS

PROYECTOR: María Alejandra Huamani

ESCALA: 1:50,000

NÚMERO: 7

LEYENDA

CUENCA RIO NEGRO

CUENCA RIO SANTA

CUENCA RIO HUARMEY

CUENCA RIO CULEBRAS

INTERCONEXIÓN RIO SECO

REDES DE AGUAS

REDES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

REDES DE AGUAS SUPERFICIALES

REDES DE AGUAS DE SUPERFICIE

REDES DE AGUAS DE SUBTERRÁNEAS

REDES DE AGUAS DE SUPERFICIE Y SUBTERRÁNEAS

Cuenca Rio Culebras

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	ÁREA (ha)	Porcentaje
SUELOS DE TIPO A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK, AL, AM, AN, AO, AP, AQ, AR, AS, AT, AU, AV, AW, AX, AY, AZ, BA, BB, BC, BD, BE, BF, BG, BH, BI, BJ, BK, BL, BM, BN, BO, BP, BQ, BR, BS, BT, BU, BV, BW, BX, BY, BZ, CA, CB, CC, CD, CE, CF, CG, CH, CI, CJ, CK, CL, CM, CN, CO, CP, CQ, CR, CS, CT, CU, CV, CW, CX, CY, CZ, DA, DB, DC, DD, DE, DF, DG, DH, DI, DJ, DK, DL, DM, DN, DO, DP, DQ, DR, DS, DT, DU, DV, DW, DX, DY, DZ, EA, EB, EC, ED, EE, EF, EG, EH, EI, EJ, EK, EL, EM, EN, EO, EP, EQ, ER, ES, ET, EU, EV, EW, EX, EY, EZ, FA, FB, FC, FD, FE, FF, FG, FH, FI, FJ, FK, FL, FM, FN, FO, FP, FQ, FR, FS, FT, FU, FV, FW, FX, FY, FZ, GA, GB, GC, GD, GE, GF, GG, GH, GI, GJ, GK, GL, GM, GN, GO, GP, GQ, GR, GS, GT, GU, GV, GW, GX, GY, GZ, HA, HB, HC, HD, HE, HF, HG, HH, HI, HJ, HK, HL, HM, HN, HO, HP, HQ, HR, HS, HT, HU, HV, HW, HX, HY, HZ, IA, IB, IC, ID, IE, IF, IG, IH, II, IJ, IK, IL, IM, IN, IO, IP, IQ, IR, IS, IT, IU, IV, IW, IX, IY, IZ, JA, JB, JC, JD, JE, JF, JG, JH, JI, JJ, JK, JL, JM, JN, JO, JP, JQ, JR, JS, JT, JU, JV, JW, JX, JY, JZ, KA, KB, KC, KD, KE, KF, KG, KH, KI, KJ, KK, KL, KM, KN, KO, KP, KQ, KR, KS, KT, KU, KV, KW, KX, KY, KZ, LA, LB, LC, LD, LE, LF, LG, LH, LI, LJ, LK, LL, LM, LN, LO, LP, LQ, LR, LS, LT, LU, LV, LW, LX, LY, LZ, MA, MB, MC, MD, ME, MF, MG, MH, MI, MJ, MK, ML, MM, MN, MO, MP, MQ, MR, MS, MT, MU, MV, MW, MX, MY, MZ, NA, NB, NC, ND, NE, NF, NG, NH, NI, NJ, NK, NL, NM, NN, NO, NP, NQ, NR, NS, NT, NU, NV, NW, NX, NY, NZ, OA, OB, OC, OD, OE, OF, OG, OH, OI, OJ, OK, OL, OM, ON, OO, OP, OQ, OR, OS, OT, OU, OV, OW, OX, OY, OZ, PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG, PH, PI, PJ, PK, PL, PM, PN, PO, PP, PQ, PR, PS, PT, PU, PV, PW, PX, PY, PZ, QA, QB, QC, QD, QE, QF, QG, QH, QI, QJ, QK, QL, QM, QN, QO, QP, QQ, QR, QS, QT, QU, QV, QW, QX, QY, QZ, RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG, RH, RI, RJ, RK, RL, RM, RN, RO, RP, RQ, RR, RS, RT, RU, RV, RW, RX, RY, RZ, SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SI, SJ, SK, SL, SM, SN, SO, SP, SQ, SR, SS, ST, SU, SV, SW, SX, SY, SZ, TA, TB, TC, TD, TE, TF, TG, TH, TI, TJ, TK, TL, TM, TN, TO, TP, TQ, TR, TS, TT, TU, TV, TW, TX, TY, TZ, UA, UB, UC, UD, UE, UF, UG, UH, UI, UJ, UK, UL, UM, UN, UO, UP, UQ, UR, US, UT, UY, UZ, VA, VB, VC, VD, VE, VF, VG, VH, VI, VJ, VK, VL, VM, VN, VO, VP, VQ, VR, VS, VT, VU, VV, VW, VX, VY, VZ, WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WI, WJ, WK, WL, WM, WN, WO, WP, WQ, WR, WS, WT, WU, WV, WW, WX, WY, WZ, XA, XB, XC, XD, XE, XF, XG, XH, XI, XJ, XK, XL, XM, XN, XO, XP, XQ, XR, XS, XT, XU, XV, XW, XX, XY, XZ, YA, YB, YC, YD, YE, YF, YG, YH, YI, YJ, YK, YL, YM, YN, YO, YP, YQ, YR, YS, YT, YU, YV, YW, YX, YY, YZ, ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF, ZG, ZH, ZI, ZJ, ZK, ZL, ZM, ZN, ZO, ZP, ZQ, ZR, ZS, ZT, ZU, ZV, ZW, ZX, ZY, ZZ			

2.6 COBERTURA VEGETAL

La fuente de información de cobertura vegetal (descripción y mapas temáticos) fue íntegramente extraída de la Base de Datos de Recursos Naturales e Infraestructura – Departamento de Ancash “primera aproximación” desarrollada por la Oficina de Gestión Ambiental, Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales del INRENA en junio del 2005.

La clasificación de las unidades de cobertura de uso de la tierra se basa en criterios fisonómicos, fisiográficos, condición de humedad y del estado actual de intervención antrópica sobre las tierras.

Se describen 5 coberturas vegetales diferenciadas, siendo la de mayor extensión las Planicies costeras y estribaciones andinas que ocupan el 48.4% del área de la cuenca.

El presente cuadro muestra la distribución de los tipos de cobertura en cada unidad hidrográfica menor de la cuenca del río Casma.

Cuadro N° 2.10 Cobertura vegetal

COBERTURA VEGETAL	SIMBOLO	UNIDAD HIDROGRAFICA MENOR (N7)									UNIDAD HIDROGRAFICA MAYOR (N6)	
		CUENCA / INTERCUENCA									RIO CASMA	
		Bajo Casma	Río Sechin	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	Km ²	%
		Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²		
Cultivos agrícolas	Cua	46.8	44.1	46.0	10.1	11.2					158.2	5.3%
Planicies costeros y estribaciones andinas sin veg	Pl ce Sv	371.8	347.9	400.7	77.7	249.5	0.0	0.1			1447.9	48.4%
Matorrales/Cultivos agropecuarios	Ma/Cuap		229.8	39.8	107.7	203.1	69.5	3.8	73.1	60.6	787.5	26.3%
Pajonal/CÚsped de puna	Pj/Cp		75.9	1.2	96.3	24.6	79.0		65.9	53.2	396.1	13.2%
Herbazal de tundra	Ht		31.6		59.6	4.1	14.8		25.5	63.7	199.3	6.7%
Lagos y Luagunas	Lag		0.2		0.7		0.3		0.2	0.3	1.7	0.1%
TOTAL		418.7	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.7	177.8	2990.7	100.0%

Fuente: Elaboración propia, 2007

A continuación se describen los tipos de cobertura vegetal y usos de la tierra para la cuenca del río Casma.

2.6.2 Tierras con Agricultura

Cultivos Agrícolas (Cua)

Ocupan una superficie de 158,2 km² ha, equivalente al 5,3 % del área de la cuenca. Se encuentra localizada, en los valles costeros bajo riego. Los principales cultivos son: Maíz amarillo duro, maíz amiláceo, maíz morado, melón, papayo, plátano, sandía, ají, cebolla de cabeza, esparrago, maíz choclo, tomate, zapallo, arveja, frejol, frijol canario, frijol castilla, lenteja, pallar, camote, papa, oca, yuca, maíz chala, algodón y picuya.

2.6.3 Otras Tierras

Planicies conteras y estribaciones andinas sin vegetación (Pl ce/Sv)

Son áreas con ausencia de vegetación, conformadas por las planicies del desierto costero y las primeras estribaciones andinas. Se extienden en

una superficie de 1447,90 km², que representa el 48,4% del área de la cuenca.

2.6.4 Tierras con matorrales

Matorrales/cultivos agropecuarios (Ma/Cuap)

Ocupa una superficie de 787,50 km², lo que representa el 26,3% del área de la cuenca. Se encuentran localizados desde aproximadamente 1500 a 3900 msnm.

Los matorrales se diferencian según el piso altitudinal que ocupan. En las porciones inferiores, el matorral es carácter xerofítico a base de asociaciones arbustivas que pierden completamente su follaje durante el periodo seco del año, a excepción del monte ribereño. Se incluyen en este matorral algunas suculentas (cactáceas) y herbáceas de vida efímera. Los arbustos más comunes que tipifican a este matorral son: “Huanarpo” *Jatropha* sp, “Chilca” *Baccharis* sp, *Tillandsia* sp, “cabuya” *Agave americana*, etc., en el grupo de cactáceas se presenta *tarixanthocereus* sp, *haagocereus* sp y *Trchocereus* sp; como matorral ribereño están el carrizo *prhagmytes* sp y el molle *schinus molle*.

A continuación del matorral xerofítico se encuentran comunidades arbustivas con follaje caducifolio y comunidades con follaje siempre verde, siendo las más comunes las siguientes: “Chilca” *Baccharis* sp, “Chamana” *Dodonea viscosa*, “huarumo” *Tecoma sambucifolia*, “retama” *Spartiun junceun*, “agave” *Agave Americana*, *Puya* spp, etc. En este matorral se incluyen algunas especies arbóreas que se encuentran en forma dispersa en algunos sectores, especialmente en las áreas influenciadas por los cultivos, tales como: “huarango” *Acacia macracantha*, “molle” *Shinus molle* y “tara” *caesalpinea spinosa*.

Finalmente, en los límites superiores el matorral tiene follaje siempre verde, siendo representado por las siguientes especies: “huarumo” *Tecoma* sp, “manzanita” *Hesperomeles* sp, “mutuy” *Senna* sp, “roque” *Colletía spinosisima*, “chilca” *Baccharis* sp, “tíri” *Miconia* sp, etc.

Este matorral constituye una fuente energética (leña) para los pobladores del campo y al mismo tiempo es un refugio para la fauna silvestre. Así mismo, el estrato herbáceo que tapiza los suelos, está constituido por gramíneas perennes, pastos, que sirve de sustento al ganado.

2.6.5 Tierras con Herbazales

Pajonal/Césped de Puna (Pj/Cp)

Se distribuye en las partes altas, ocupando una superficie de 396,10 km², que representa el 13,2 % de la cuenca del río Casma.

Este tipo de cobertura agrupa dos tipos de asociaciones de herbáceas, el tipo pajonal de puna y el tipo “césped o grass, pegadas al piso. Las especies que tipifican al césped de puna son las siguientes: *Stipa obtusa*, *calamagrostis* spp, *Stipa* – *hans-meyeri* y *Festuca weberbaueri*. En las áreas con mayor humedad en el suelo prosperan las especies *Juncus arcticus*, *Calamagrostis* spp, *Carex* spp, *Gentiana sedifolia*, *Gentianell* spp, *Castilleja* spp y *Werneria* spp.

En esta unidad vegetación también existe inclusiones de comunidades arbustivas, tales como: *Baccharis tricuneata*, *Lupinuss aff. Tarapacensis*,

Chuquiraga espinosa y Senecio sp.

Herbazal de tundra (Ht)

Ocupa una superficie de 199,30 Km², equivalente al 6,7% del área de la cuenca del río Casma. Se localiza sobre los 4500 y 4900 msnm. El relieve es abrupto, producto del intenso modelaje glaciario, con gran cobertura de rocas.

Algunas de las especies de bofedal y del tipo de césped de puna se repite en el herbazal de tundra, pero con menor desarrollo, así por ejemplo, es dominante la especie *Oreobolus obtusangulatus*, *Distichia muscoides*, *Alchemilla diplophylla*, *Calamagrostis* sp, *Lisipomiaa montioides* y *Ourisia muscosa*.

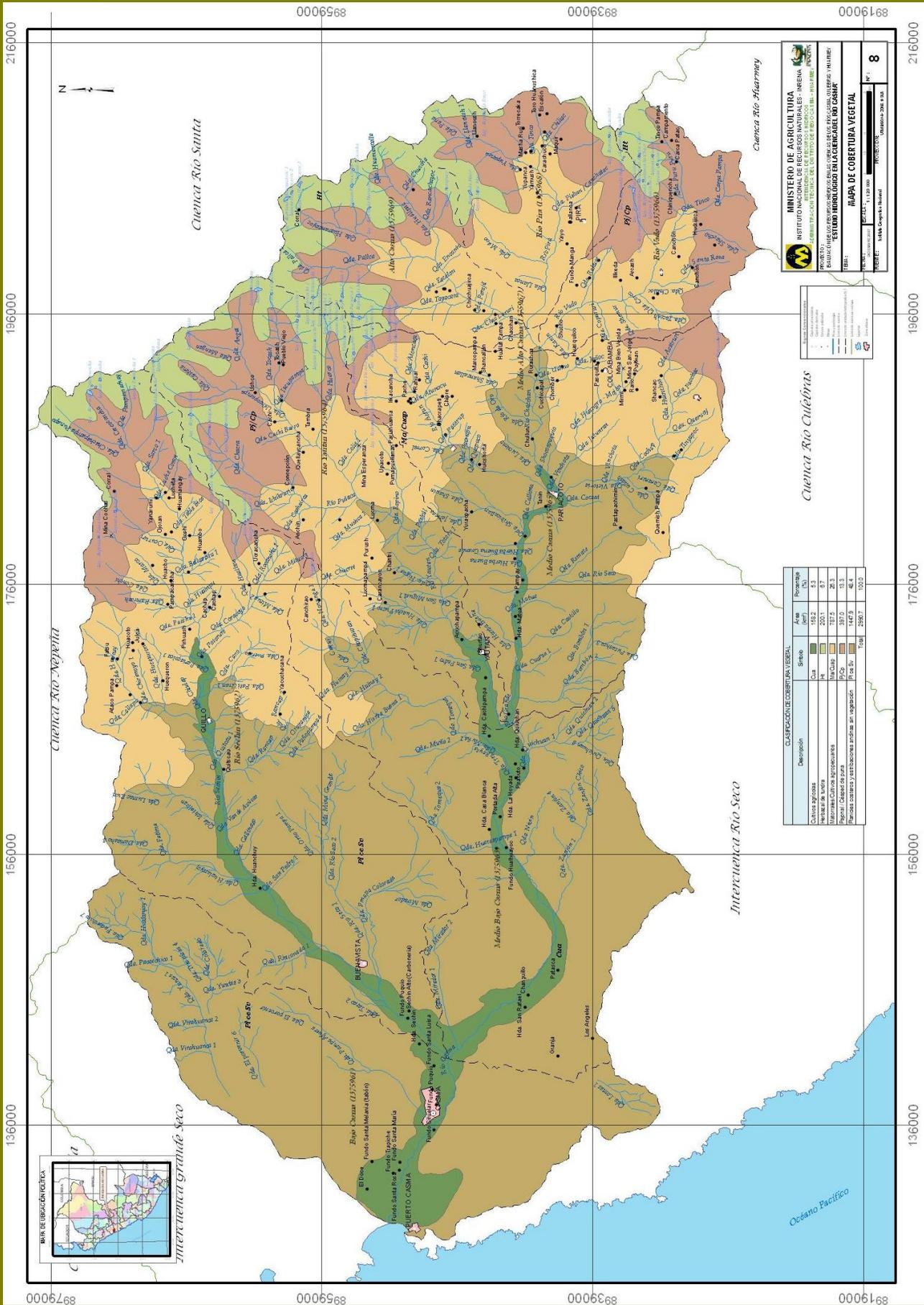
2.6.6 Cuerpos de Agua

Lagunas

Ocupan una superficie de 1,7 Km², que representa el 0,1% del área de la cuenca.

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



2.7 HIDROGRAFÍA

La cuenca del río Casma, pertenece al sistema hidrográfico de la vertiente del Océano Pacífico, tiene una extensión de 2990.7 Km², su curso principal recorre 107,026 Km con rumbo predominante E-O desde sus nacientes a 4590 m.s.n.m. en la quebrada Huarancayoc hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, la pendiente del curso principal es del orden de 8% en sus nacientes, 3% en su curso medio y alcanza el 0.4% en su desembocadura.

Los cerros en el flanco occidental de la Cordillera Negra a 4900 m.s.n.m. alimentan mediante las precipitaciones las nacientes del curso principal que toma diferentes nombres, denominándose en sus nacientes qda. Huarancayoc, para luego convertirse en el río Chacchan desde la localidad del mismo nombre hasta el pueblo de Pariacoto a partir del cual se denomina río Grande hasta aguas debajo de su confluencia con el río Yaután a partir del cual toma el nombre de río Casma hasta su desembocadura.

El curso principal, en el tramo denominado río Chacchan, recibe aportes importantes por su margen izquierda primero del río Pira y luego del río Vado. En el tramo que se denomina Río Grande recibe el aporte por su margen derecha del río Yaután y cuando ya se denomina río Casma recibe un último aporte importante por su margen izquierda del río Sechín.

2.7.1 Unidades Hidrográficas Principales

La cuenca del río Casma es una unidad hidrográfica de nivel 6 (unidad hidrográfica mayor) cuyo código Pfafstetter es 137596 y cuenta con 9 unidades hidrográficas de nivel 7 (unidades hidrográficas menores).

Las (05) unidades hidrográficas menores que forman los principales afluentes en la cuenca del río Casma enumerados en orden desde su nacimiento hasta su desembocadura son: el río Chacchan (Alto Casma), el río Pira, el río Vado, el río Yaután y el río Sechín.

Por otro lado las (04) unidades hidrográficas menores restantes forman las intercuenas del cauce principal del río Casma desde la confluencia de los ríos Chacchan y Pira que recibe el nombre de "medio alto Casma" hasta su desembocadura que toma el nombre de "Bajo Casma".

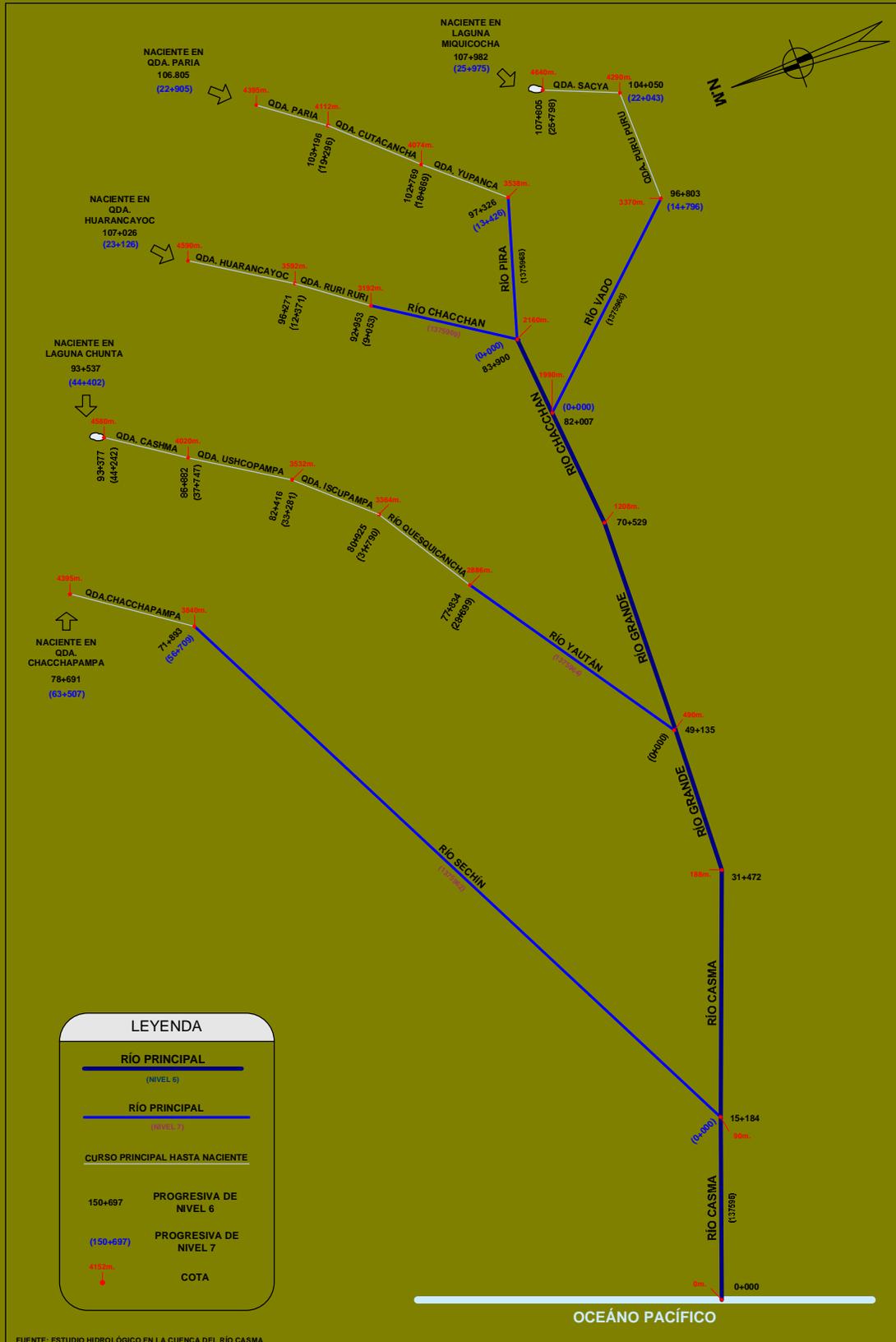
El siguiente cuadro y figura resumen las características más importantes de los cursos más importantes de cada una unidad hidrográfica menor de la cuenca del río Casma.

Cuadro N° 2.11 Unidades Hidrográficas Principales

UNIDAD HIDROGRÁFICA (CUENCAS / INTERCUENCAS)			SUPERFICIE	
MAYOR (N6)	MENOR (N7)	CÓDIGO	Km ²	(%)
Casma	Bajo Casma	1375961	418.7	14.0
	Río Sechin	1375962	729.5	24.4
	Medio Bajo Casma	1375963	487.8	16.3
	Río Yaután	1375964	352.0	11.8
	Medio Casma	1375965	492.5	16.5
	Río Vado	1375966	163.7	5.5
	Medio Alto Casma	1375967	4.0	0.1
	Río Pira	1375968	164.8	5.5
	Alto Casma	1375969	177.8	5.9
	TOTAL			2990.7

Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.1 Diagrama fluvial de la cuenca del río Casma



Cuenca del río Sechín (1375962)

Es una cuenca de 729.5 Km² cuyo cauce principal recorre 63.577 Km con una pendiente de 3.8% desde sus nacientes a 4395 m.s.n.m. hasta su unión por la margen derecha con el río Casma a 90 m.s.n.m.

Su recorrido comienza en la quebrada Chacchapampa y continúa por el río Sechín.

Cuenca del río Yaután (1375964)

Es una cuenca de 352.0 Km² cuyo cauce principal recorre 44.402 Km con una pendiente de 5.0% desde sus nacientes a 4578 m.s.n.m. hasta que se une por la margen derecha con el río Grande a 490 m.s.n.m.

Su recorrido comienza en una laguna Chunta y continúa por la quebrada Cashma, Ushcopampa, Iscupampa y los ríos Quesquichanca y Yaután.

Cuenca del río Vado (1375966)

Es una cuenca de 163.7 Km² cuyo cauce principal recorre 25.975 Km con una pendiente de 7.0% desde sus nacientes a 4640 m.s.n.m. hasta que se une por la margen izquierda con el río Chacchan a 1990 m.s.n.m.

Su recorrido comienza en la laguna Miquicocha y continúa por las quebradas Sacya, Puru Puru y el río Vado.

Cuenca del río Pira (1375968)

Es una cuenca de 164.8 Km² cuyo cauce principal recorre 22.905 Km con una pendiente de 7.0% desde sus nacientes a 4395 m.s.n.m. hasta que se une por la margen izquierda con el río Chacchan a 2160 m.s.n.m.

Su recorrido comienza en las quebradas Paria, Cutacancha, Yupanca y continúa por el río Pira.

Cuenca del Alto Casma (1375969)

Es una cuenca de 177.8 Km² cuyo cauce principal recorre 23.126 Km con una pendiente de 7.8% desde sus nacientes a 4590 m.s.n.m. hasta que se une por la margen derecha con el río Pira a 2160 m.s.n.m.

Su recorrido comienza en la quebrada Huarancayoc y continúa por la quebrada Ruri Ruri para finalizar en el río Chacchan.

2.7.2 Unidades Hidrográficas Auxiliares

Adicionalmente a las (09) unidades hidrográficas menores de nivel 7 de la cuenca del río Casma fue necesario delimitar (02) unidades hidrográficas auxiliares que definen las cuencas receptoras hasta un punto de interés específico, en nuestro caso, estos puntos de interés específico son las estaciones hidrométricas de Puente Quillo y Sector Tutuma.

Estas unidades hidrográficas auxiliares las denominaremos U.H. Puente Quillo y U.H Sector Tutuma, en mención al nombre de la estación hidrométrica correspondiente y sus códigos serán las letras "A" y "B" respectivamente, las mismas que tendrán antepuesto el código Pfafstetter de la unidad hidrográfica mayor.

En el siguiente cuadro se presenta la codificación y extensión de estas cuencas receptoras o unidades hidrográficas auxiliares.

Cuadro N° 2.12 Unidades Hidrográficas Auxiliares

UNIDAD HIDROGRÁFICA			SUPERFICIE	
MAYOR (N6)	AUXILIAR (N7)	CÓDIGO	Km ²	(%)
Casma	Puente Quillo	137596A	252.5	8.4
	Sector Tutuma	137596B	868.8	29.1
AREA DE LA CUENCA DEL RÍO CASMA			2990.7	100.0

Fuente: Elaboración propia, 2007

La U.H. Puente Quillo define la cuenca receptora desde las nacientes de la unidad hidrográfica menor río Sechín hasta la estación hidrométrica Puente Quillo ubicada sobre el río Sechín en la localidad de Quillo.

La U.H. Sector Tutuma abarca las unidades hidrográficas menores Alto Casma, Río Pira, Medio Alto Casma, Río Vado y la porción de Medio Casma que se encuentra aguas arriba de la estación hidrométrica Sector Tutuma ubicada sobre el río Grande.

2.7.3 Recursos hídricos superficiales

La identificación de las distintas fuentes hídricas superficiales en las cuencas del río Casma se realizó mediante los trabajos del presente proyecto desarrollado por el componente “Inventario de fuentes de agua superficial en la cuenca del río Huarmey”.

Se han inventariado un total de 1213 fuentes de agua superficial, de las cuales 41 son lagunas, 500 manantiales, 626 quebradas, 34 lagunas represadas, 9 ríos y 3 drenes; a continuación se presenta el cuadro de resumen general.

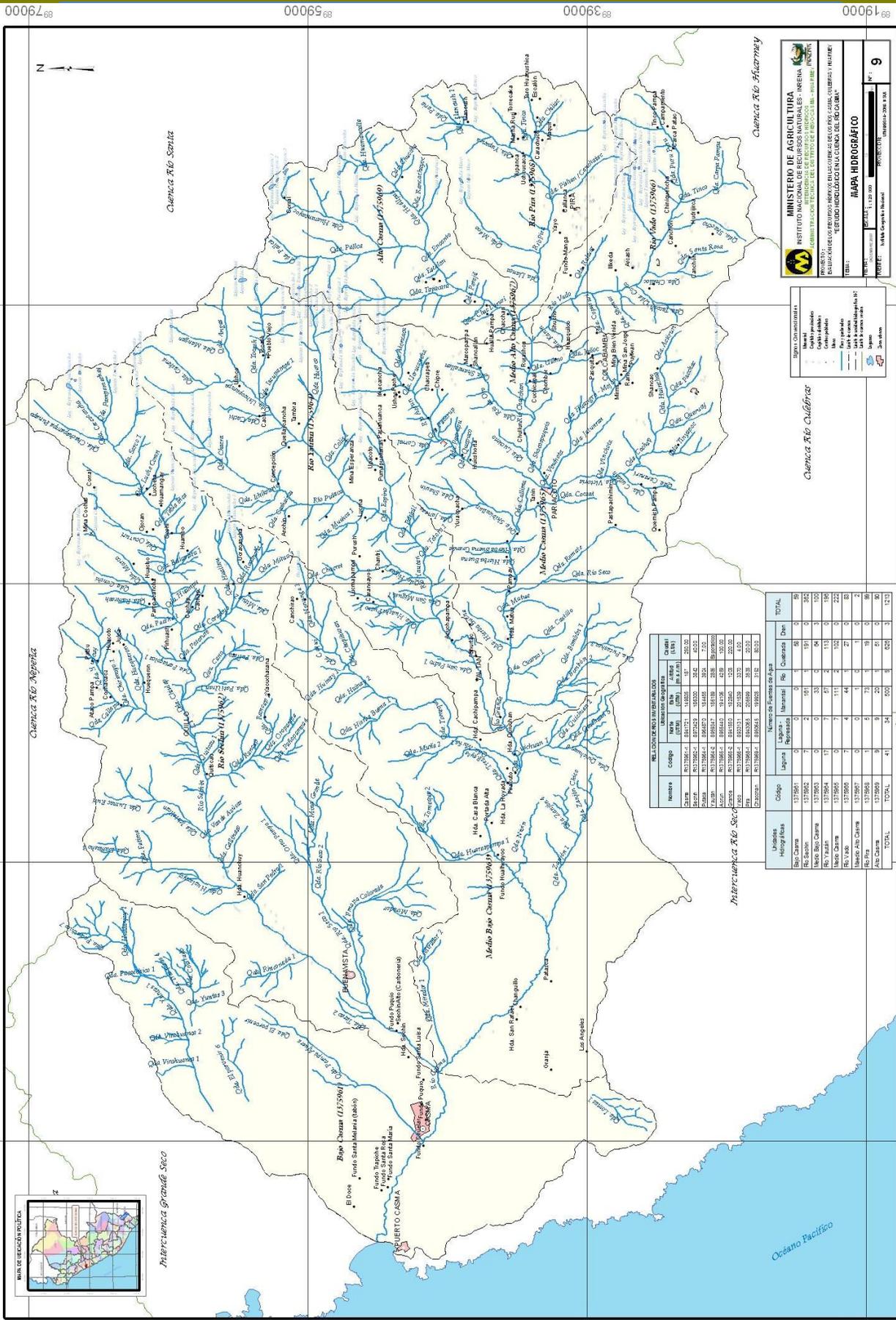
Cuadro N° 2.13 Recursos Hídricos en la cuenca del río Casma

UNIDAD HIDROGRÁFICA (CUENCAS / INTERCUENCAS)	CÓDIGO	NÚMERO DE FUENTES DE AGUA						TOTAL
		Laguna	Laguna/ Represa	Manantial	Río	Quebrada	Dren	
Bajo Casma	1375961	0	0	0	1	58	0	59
Río Sechin	1375962	7	2	161	1	191	0	362
Medio Bajo Casma	1375963	0	0	33	0	64	3	100
Río Yaután	1375964	17	7	57	2	113	0	196
Medio Casma	1375965	0	7	111	2	102	0	222
Río Vado	1375966	7	4	44	1	27	0	83
Medio Alto Casma	1375967	0	0	1	0	1	0	2
Río Pira	1375968	1	5	73	1	19	0	99
Alto Casma	1375969	9	9	20	1	51	0	90
TOTAL		41	34	500	9	626	3	1213

Fuente: Elaboración propia, INVENTARIO 2007

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



RELACIONE DE LOS FUENTES DE AGUA					
Número	Código	Nombre	Superficie (Ha)	Caudal (lt/s)	Caudal (m³/s)
1	R137590-1	San Pedro	11000	10	0.36
2	R137590-2	San Juan	11000	10	0.36
3	R137590-3	San Mateo	11000	10	0.36
4	R137590-4	San Andrés	11000	10	0.36
5	R137590-5	San Antonio	11000	10	0.36
6	R137590-6	San Felipe	11000	10	0.36
7	R137590-7	San Marcos	11000	10	0.36
8	R137590-8	San Sebastián	11000	10	0.36
9	R137590-9	San Vicente	11000	10	0.36
10	R137590-10	San Andrés	11000	10	0.36
11	R137590-11	San Mateo	11000	10	0.36
12	R137590-12	San Juan	11000	10	0.36
13	R137590-13	San Pedro	11000	10	0.36
14	R137590-14	San Andrés	11000	10	0.36
15	R137590-15	San Mateo	11000	10	0.36
16	R137590-16	San Juan	11000	10	0.36
17	R137590-17	San Pedro	11000	10	0.36
18	R137590-18	San Andrés	11000	10	0.36
19	R137590-19	San Mateo	11000	10	0.36
20	R137590-20	San Juan	11000	10	0.36
21	R137590-21	San Pedro	11000	10	0.36
22	R137590-22	San Andrés	11000	10	0.36
23	R137590-23	San Mateo	11000	10	0.36
24	R137590-24	San Juan	11000	10	0.36
25	R137590-25	San Pedro	11000	10	0.36
26	R137590-26	San Andrés	11000	10	0.36
27	R137590-27	San Mateo	11000	10	0.36
28	R137590-28	San Juan	11000	10	0.36
29	R137590-29	San Pedro	11000	10	0.36
30	R137590-30	San Andrés	11000	10	0.36
31	R137590-31	San Mateo	11000	10	0.36
32	R137590-32	San Juan	11000	10	0.36
33	R137590-33	San Pedro	11000	10	0.36
34	R137590-34	San Andrés	11000	10	0.36
35	R137590-35	San Mateo	11000	10	0.36
36	R137590-36	San Juan	11000	10	0.36
37	R137590-37	San Pedro	11000	10	0.36
38	R137590-38	San Andrés	11000	10	0.36
39	R137590-39	San Mateo	11000	10	0.36
40	R137590-40	San Juan	11000	10	0.36
41	R137590-41	San Pedro	11000	10	0.36
42	R137590-42	San Andrés	11000	10	0.36
43	R137590-43	San Mateo	11000	10	0.36
44	R137590-44	San Juan	11000	10	0.36
45	R137590-45	San Pedro	11000	10	0.36
46	R137590-46	San Andrés	11000	10	0.36
47	R137590-47	San Mateo	11000	10	0.36
48	R137590-48	San Juan	11000	10	0.36
49	R137590-49	San Pedro	11000	10	0.36
50	R137590-50	San Andrés	11000	10	0.36
51	R137590-51	San Mateo	11000	10	0.36
52	R137590-52	San Juan	11000	10	0.36
53	R137590-53	San Pedro	11000	10	0.36
54	R137590-54	San Andrés	11000	10	0.36
55	R137590-55	San Mateo	11000	10	0.36
56	R137590-56	San Juan	11000	10	0.36
57	R137590-57	San Pedro	11000	10	0.36
58	R137590-58	San Andrés	11000	10	0.36
59	R137590-59	San Mateo	11000	10	0.36
60	R137590-60	San Juan	11000	10	0.36
61	R137590-61	San Pedro	11000	10	0.36
62	R137590-62	San Andrés	11000	10	0.36
63	R137590-63	San Mateo	11000	10	0.36
64	R137590-64	San Juan	11000	10	0.36
65	R137590-65	San Pedro	11000	10	0.36
66	R137590-66	San Andrés	11000	10	0.36
67	R137590-67	San Mateo	11000	10	0.36
68	R137590-68	San Juan	11000	10	0.36
69	R137590-69	San Pedro	11000	10	0.36
70	R137590-70	San Andrés	11000	10	0.36
71	R137590-71	San Mateo	11000	10	0.36
72	R137590-72	San Juan	11000	10	0.36
73	R137590-73	San Pedro	11000	10	0.36
74	R137590-74	San Andrés	11000	10	0.36
75	R137590-75	San Mateo	11000	10	0.36
76	R137590-76	San Juan	11000	10	0.36
77	R137590-77	San Pedro	11000	10	0.36
78	R137590-78	San Andrés	11000	10	0.36
79	R137590-79	San Mateo	11000	10	0.36
80	R137590-80	San Juan	11000	10	0.36
81	R137590-81	San Pedro	11000	10	0.36
82	R137590-82	San Andrés	11000	10	0.36
83	R137590-83	San Mateo	11000	10	0.36
84	R137590-84	San Juan	11000	10	0.36
85	R137590-85	San Pedro	11000	10	0.36
86	R137590-86	San Andrés	11000	10	0.36
87	R137590-87	San Mateo	11000	10	0.36
88	R137590-88	San Juan	11000	10	0.36
89	R137590-89	San Pedro	11000	10	0.36
90	R137590-90	San Andrés	11000	10	0.36
91	R137590-91	San Mateo	11000	10	0.36
92	R137590-92	San Juan	11000	10	0.36
93	R137590-93	San Pedro	11000	10	0.36
94	R137590-94	San Andrés	11000	10	0.36
95	R137590-95	San Mateo	11000	10	0.36
96	R137590-96	San Juan	11000	10	0.36
97	R137590-97	San Pedro	11000	10	0.36
98	R137590-98	San Andrés	11000	10	0.36
99	R137590-99	San Mateo	11000	10	0.36
100	R137590-100	San Juan	11000	10	0.36

Código	Número de Fuentes de Agua		RE	Cuantías	Din	TOTAL
	Lagunas	Naturales				
1375901	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
1375902	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
1375903	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
1375904	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
1375905	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
1375906	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
1375907	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
1375908	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
1375909	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
1375910	1	1	0.36	1.27	1.63	1.63
TOTAL	41	41	14.76	53.17	67.93	67.93

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - INREHA
 INSTITUCIÓN TECNOLÓGICA DEL SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS - INREHA
 ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

MAPA HIDROGRÁFICO

ESCALA: 1:100,000

FECHA: 2007

Nº: 9

2.8 GEOMORFOLOGÍA

2.8.1 Formaciones Geomorfológicas

La fuente de información de formaciones geomorfológica (mapas temáticos) fue íntegramente extraída de la Base de Datos de Recursos Naturales e Infraestructura – Departamento de Ancash “primera aproximación” desarrollada por la Oficina de Gestión Ambiental, Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales del INRENA en junio del 2005.

La cuenca del río Casma tiene 8 formaciones geomorfológicas, siendo la formación que ocupa mayor extensión la formación Colina y Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada que abarca el 27.2% del área de la cuenca.

El cuadro siguiente presenta la distribución de las formaciones geomorfológicas en cada unidad hidrográfica menor.

Cuadro N° 2.14 Formaciones Geomorfológicas

REGIÓN	FORMACIÓN GEOMORFOLOGICA	SIMBOLO	UNIDAD HIDROGRAFICA MENOR (N7)								UNIDAD HIDROGRAFICA MAYOR (N6)		
			CUENCA / INTERCUENCA								RIO CASMA		
			Bajo Casma	Río Sechin	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	Km²	%
COSTA	Planicie - Valle y llanura irrigada	V-a	38.3	29.9	38.9	9.1	3.0					119.2	4.0%
	Planicie Ondulada a Disectada - Llanura disectada	Lld-c	87.5		38.1							125.6	4.2%
	Colina y Montaña - Colina	C-d	39.6	1.3								40.9	1.4%
	Planicie Ondulada a Disectada - Llanura ondulada	Llo-b	53.9	54.6	48.4							156.9	5.2%
	Colina y Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	Vc-e	168.0	187.3	281.8	39.6	135.9					812.5	27.2%
	Planicie - Llanura	LI-a	18.3									18.3	0.6%
SIERRA - Zona Bajoandina	Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	Vs3-e	12.9	241.5	54.9	62.3	218.8	21.5	3.4	18.0	5.7	638.9	21.4%
SIERRA - Zona Mesoandina	Planicie Ondulada a Disectada - Vertiente allanada a disectada	Vso-c		2.1								2.1	0.1%
	Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	Vs2-e		83.5	22.2	55.5	93.9	59.1	0.6	40.4	27.3	382.4	12.8%
	Montaña - Vertiente montañosa moderadamente	Vs2-d					4.3					4.3	0.1%
SIERRA - Zona Altoandina	Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina empinada a escarpada	Vs1-e		129.2	3.5	179.0	36.5	62.5		106.1	136.4	653.3	21.8%
	Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina moderadamente empinada	Vs1-d				5.9		20.4		0.0	8.0	34.3	1.1%
	Lagunas	Lagunas		0.2		0.7		0.3		0.2	0.3	1.7	0.1%
TOTAL			418.6	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.7	177.8	2990.6	100.0%

Fuente: Elaboración propia, 2007

2.8.2 Parámetros de Forma

La forma de la cuenca del río Casma es cuantificada por los siguientes parámetros: coeficiente de compacidad y factor de forma,

La cuenca del río Casma tiene un coeficiente de compacidad de 1.46 y al comparar el coeficiente de compacidad entre las cuencas de nivel 7 se concluye que las cuencas del río Pira y Alto Casma presentan mayor posibilidad de presentar crecidas de menores tiempos de concentración ya que sus coeficientes son más cercanos a la unidad.

El factor de forma para la cuenca del río Casma es de 0.26 y al comprara esta factor en las cuencas de nivel 7 se aprecia que la cuenca del río Sechín y Yaután tendrían posibilidad de crecientes de menor magnitud al tener un factor de forma pequeño de 0.18.

El siguiente cuadro presenta los parámetros de forma por unidad hidrográfica menor.

Cuadro N° 2.15 Parámetros de Forma

PARAMETROS	UNIDAD HIDROGRAFICA MENOR (N7)									UNIDAD HIDROGRAFICA MAYOR (N6)
	CUENCA / INTERCUENCA									
	Bajo Casma	Río Sechin	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	RIO CASMA
Perímetro (Km)	124.3	159.5	133.9	104.7	109.0	64.7	9.9	60.7	63.0	283.7
Superficie (Km²)	418.7	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.8	177.8	2990.7
Longitud del cauce principal (Km)	15.184	63.507	33.951	44.402	32.872	25.975	1.893	22.905	23.126	107.026
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	-	1.67	-	1.57	-	1.43	-	1.33	1.33	1.46
FACTOR DE FORMA	-	0.18	-	0.18	-	0.24	-	0.31	0.33	0.26

Fuente: Elaboración propia, 2007

La definición de los parámetros de forma se presenta a continuación.

Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (K_c)

Se define como la relación entre el perímetro de la cuenca hidrográfica a la circunferencia de un círculo cuya área sea igual a la de la cuenca. Los valores de K_c próximos a la unidad nos indican que en la cuenca habrá mayores posibilidades de crecidas debido a que los tiempos de concentración de los diferentes puntos de la cuenca serán iguales.

Se debe cumplir:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (\text{adimensional})$$

Donde:

P : perímetro de la cuenca (Km)

A : área de la cuenca (Km²)

Factor de Forma (F_f)

Es un índice establecido por Horton, que se define como la relación entre el ancho medio de la cuenca (A/L_b) y la longitud del curso de agua más largo. Una cuenca con factor de forma bajo está sujeta a crecientes de

menor magnitud.

Se debe cumplir:

$$F_f = \frac{A}{L_b^2} \quad (\text{adimensional})$$

Donde:

L_b : longitud del curso de agua más largo (Km)

2.8.3 Parámetros de Relieve

Relieve del cauce principal

El relieve del cauce principal se representa mediante el perfil longitudinal y puede ser cuantificado mediante parámetros que relacionan la altitud con la longitud del cauce principal. Los principales parámetros son la pendiente media del cauce y la pendiente equivalente constante.

El cuadro siguiente muestra los parámetros de relieve del cauce principal de cada unidad hidrográfica menor.

Cuadro N° 2.16 Parámetros de relieve del cauce principal

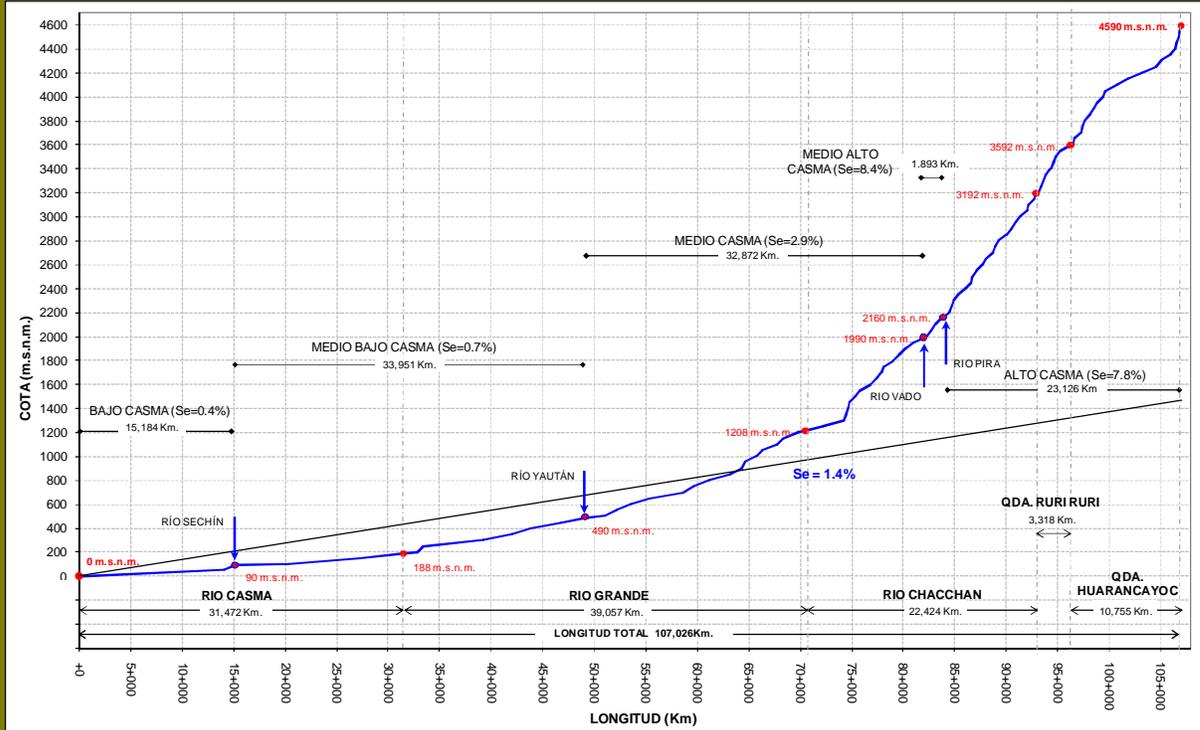
PARAMETROS	UNIDAD HIDROGRAFICA MENOR (N7)									UNIDAD HIDROGRAFICA MAYOR (N6)
	CUENCA / INTERCUENCA									
	Bajo Casma	Río Sechin	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	RIO CASMA
Longitud del cauce principal (Km)	15.2	63.5	34.0	44.4	32.9	26.0	1.9	22.9	23.1	107.0
Altura mínima del cauce (m)	0.0	90.0	90.0	490.0	490.0	1990.0	1990.0	2160.0	2160.0	0.0
Altura máxima del cauce (m)	90.0	4395.0	490.0	4578.0	1990.0	4640.0	2160.0	4395.0	4590.0	4590.0
PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE (%)	0.6%	6.8%	1.2%	9.2%	4.6%	10.2%	9.0%	9.8%	10.5%	4.3%
PENDIENTE EQUIVALENTE CONSTANTE (%)	0.4%	3.8%	0.7%	5.0%	2.9%	7.0%	8.4%	7.0%	7.8%	1.4%

Fuente: Elaboración propia, 2007

Para el río Casma la pendiente media es de 4.3% y su pendiente equivalente constante de 1.4%. El río Casma tiene una pendiente equivalente alta entre su nacimiento hasta la confluencia con el río Vado, alcanzando 7.8% en Alto Casma y 8.4% en Medio Alto Casma, disminuyendo de gran manera hasta su desembocadura en el Océano Pacífico con pendientes que van desde 2.9% en la cuenca media a 0.4% en la cuenca baja.

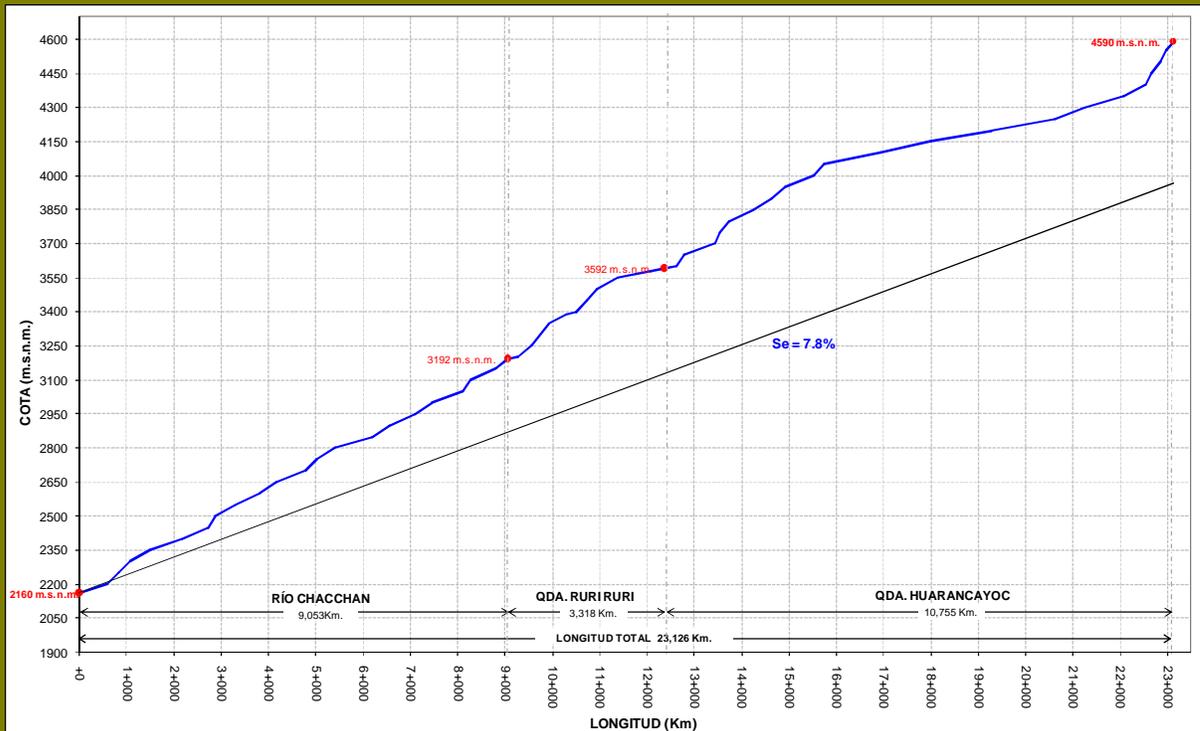
Las siguientes figuras presentan los perfiles longitudinales para el río Casma desde sus nacientes hasta su desembocadura y los perfiles del curso principal de las (05) unidades hidrográficas menores que son cuencas.

Figura N° 2.2 Perfil Longitudinal río Casma



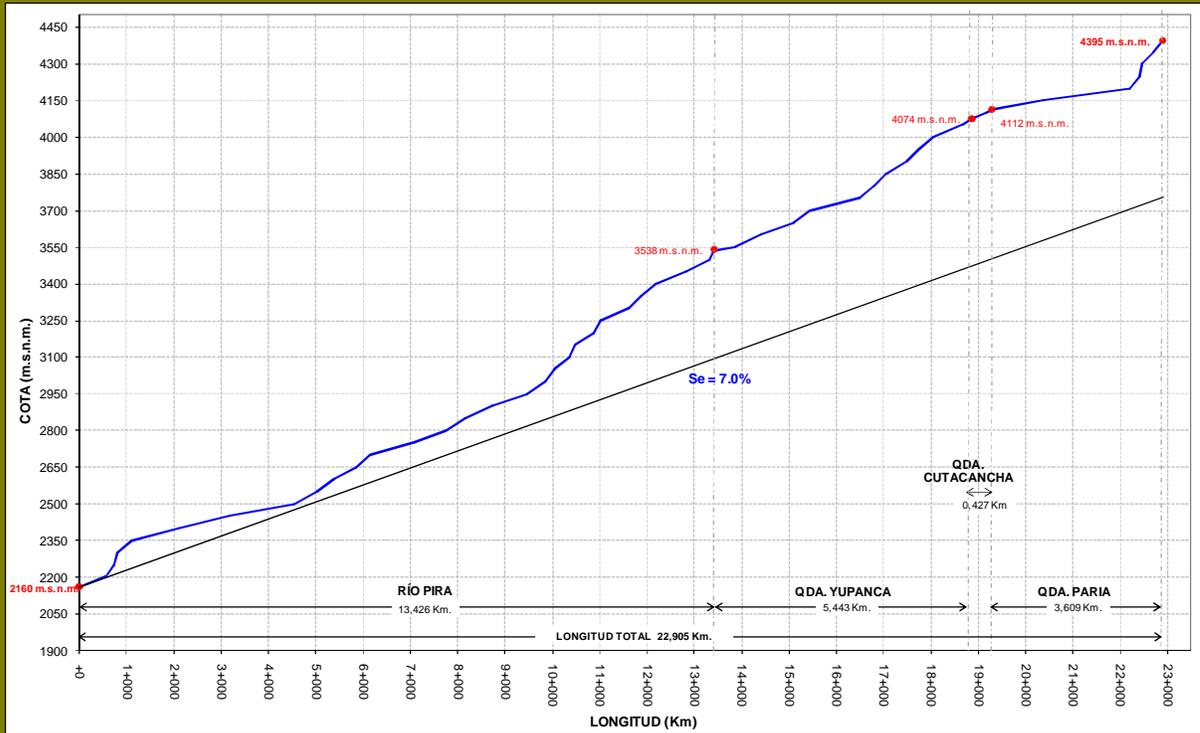
Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.3 Perfil Longitudinal del río Chacchan (Alto Casma)



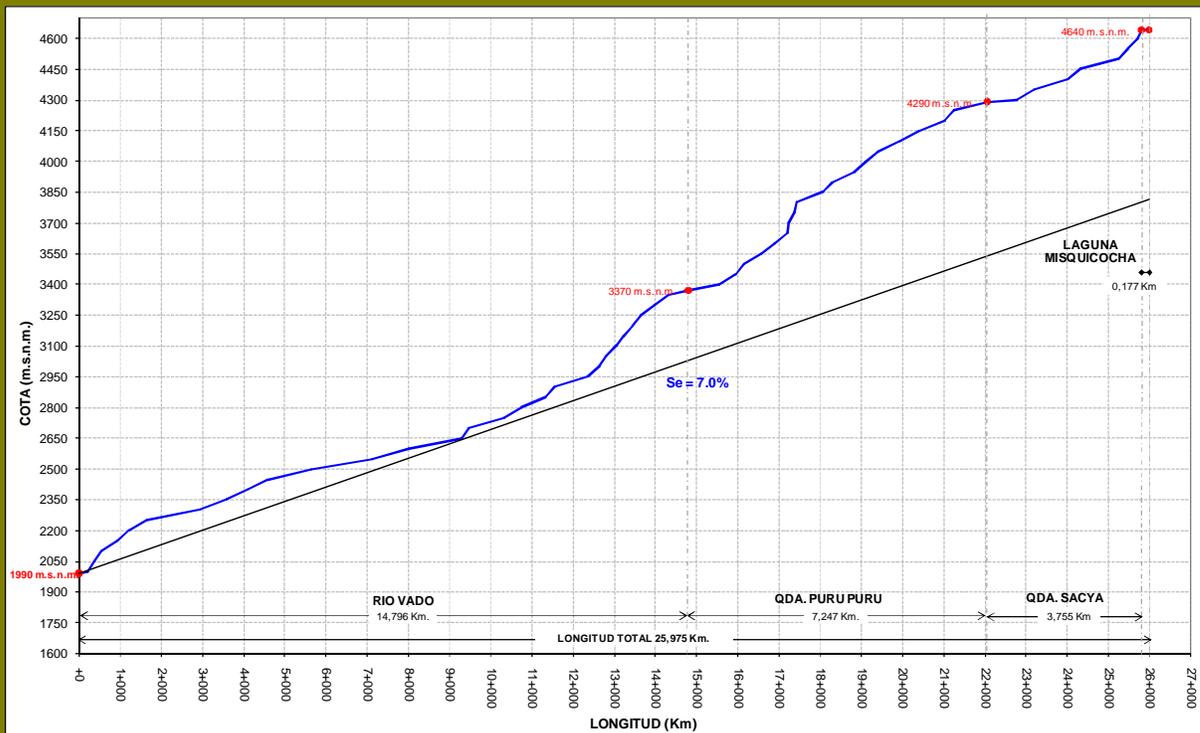
Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.4 Perfil Longitudinal del río Pira



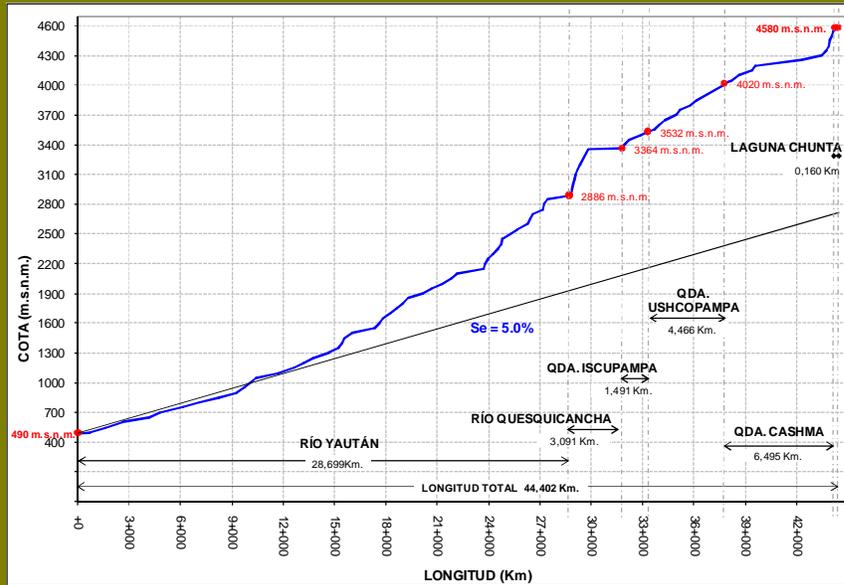
Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.5 Perfil Longitudinal del río Vado



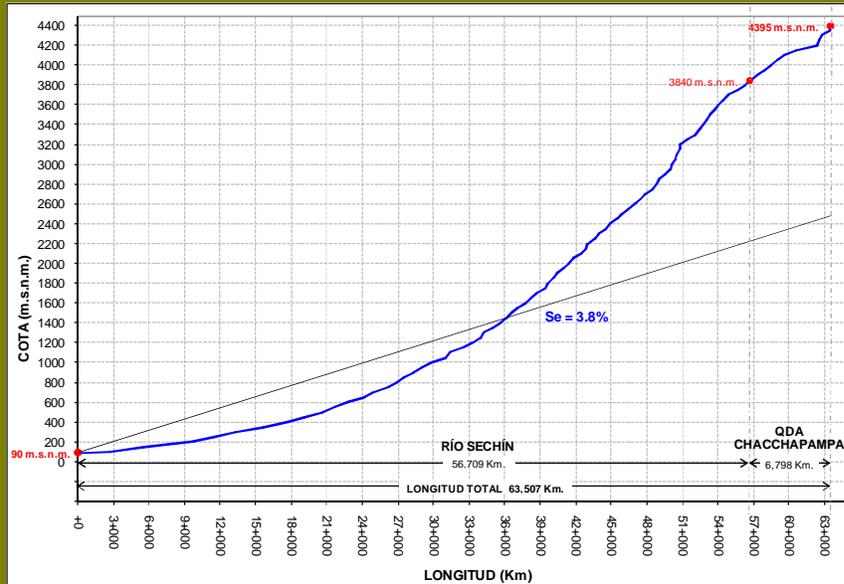
Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.6 Perfil Longitudinal del río Yautan



Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.7 Perfil Longitudinal del río Sechín



Fuente: Elaboración propia, 2007

Relieve de la cuenca

El relieve de la cuenca se representa mediante la curva hipsométrica y la distribución de frecuencia y puede ser cuantificado con parámetros que relacionan la altitud con la superficie y el perímetro de la cuenca. Los principales son el rectángulo equivalente, la altitud media de la cuenca, la pendiente media de la cuenca y el coeficiente de masividad.

A continuación el cuadro presenta los parámetros de relieve de cuenca para cada unidad hidrográfica menor.

Cuadro N° 2.17 Parámetros de Relieve para la cuenca

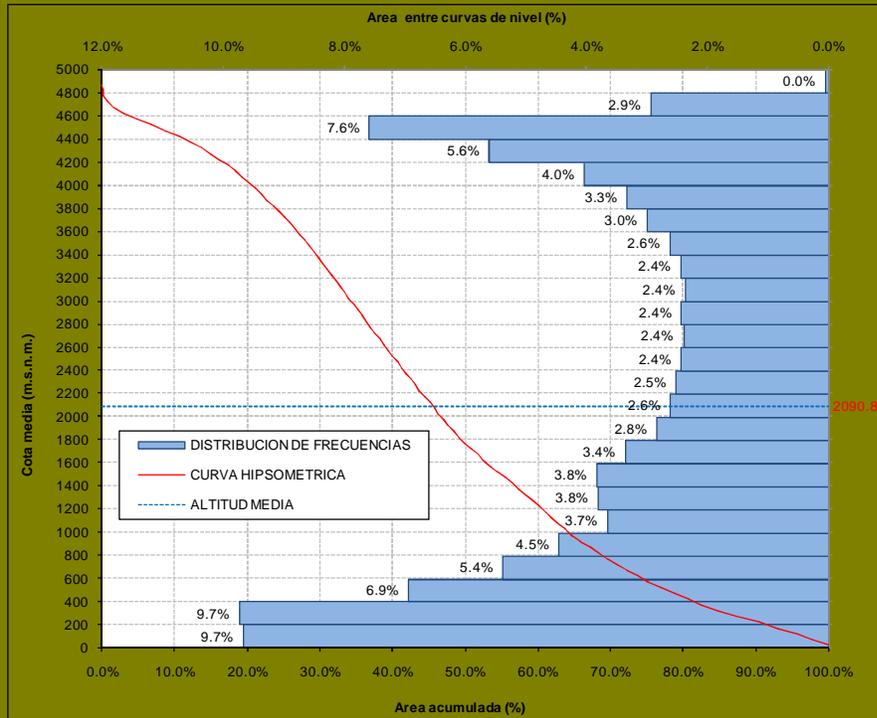
PARAMETROS	UNIDAD HIDROGRAFICA MENOR (N7)									UNIDAD HIDROGRAFICA MAYOR (N6)	
	CUENCA / INTERCUENCA										
	Bajo Casma	Río Sechin	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	RIO CASMA	
Perímetro (km)	124.3	159.5	133.9	104.7	109.0	64.7	9.9	60.7	63.0	283.7	
Superficie (Km.²)	418.7	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.8	177.8	2990.7	
RECTANGULO EQUIVALENTE (Km)	LADO MAYOR	-	69.2	-	44.4	-	26.1	-	23.2	24.1	116.1
	LADO MENOR	-	10.5	-	7.9	-	6.3	-	7.1	7.4	25.8
ALTIUD MEDIA DE LA CUENCA (m)	-	1960.7	-	3298.3	-	3896.2	-	3958.9	4147.2	2090.8	
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (%)	20.6%	47.0%	37.3%	53.3%	57.3%	48.0%	73.5%	45.3%	46.6%	44.1%	
COEFICIENTE DE MASIVIDAD (m/km²)	-	2.69	-	9.37	-	23.80	-	24.03	23.32	0.70	

Fuente: Elaboración propia, 2007

La dimensión del rectángulo equivalente de la cuenca del río Casma es de $L = 116.1$ Km y $l = 25.8$ Km. Así mismo la altitud media de la cuenca es 2090.8 m, la pendiente media de la cuenca es 44.1% y el coeficiente de masividad es 0.70 m/Km².

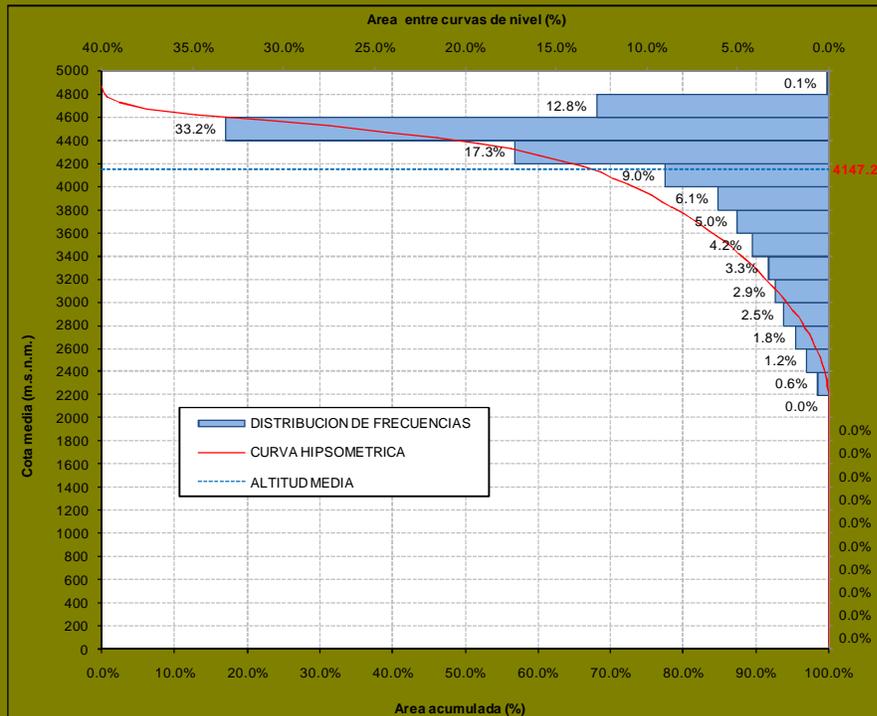
Las siguientes figuras presentan las curvas hipsométricas y la distribución de frecuencias para la cuenca del río Casma y para las (05) unidades hidrográficas menores que son cuencas.

Figura N° 2.8 Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de cuenca del río Casma



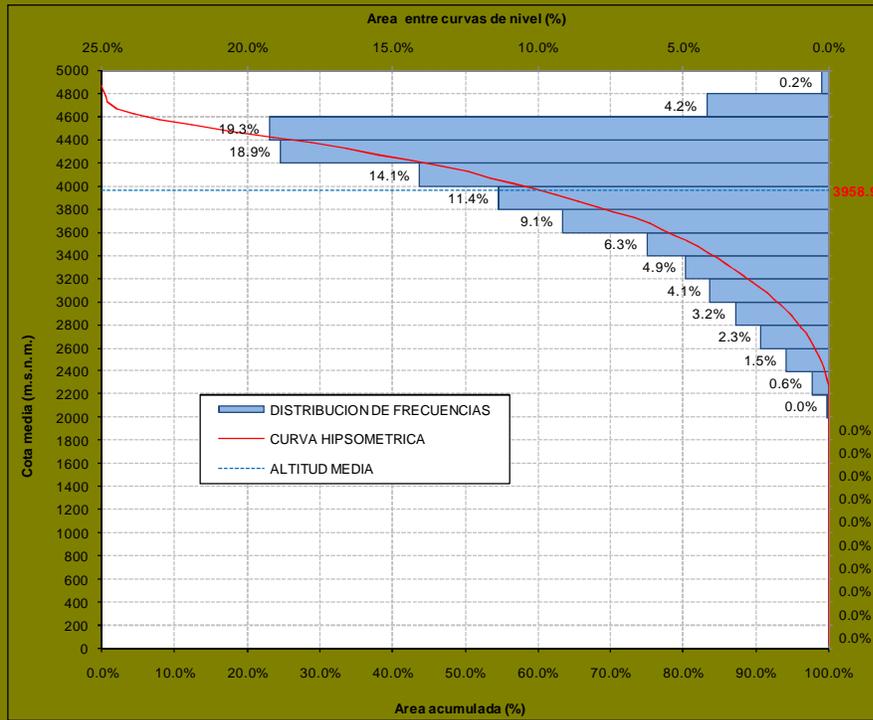
Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.9 Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrografica Alto Casma



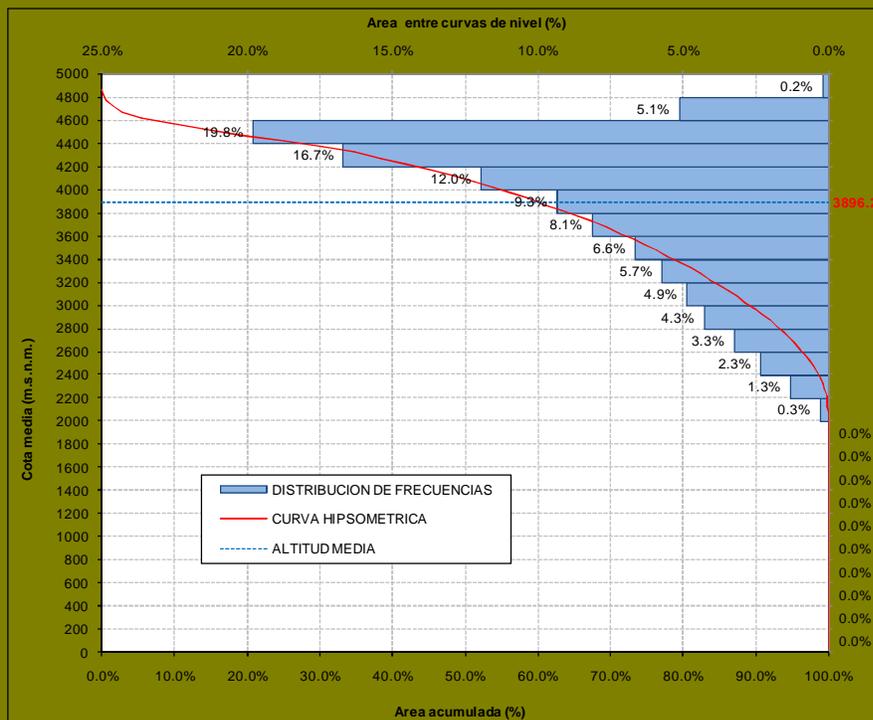
Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.10 Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrográfica río Pira



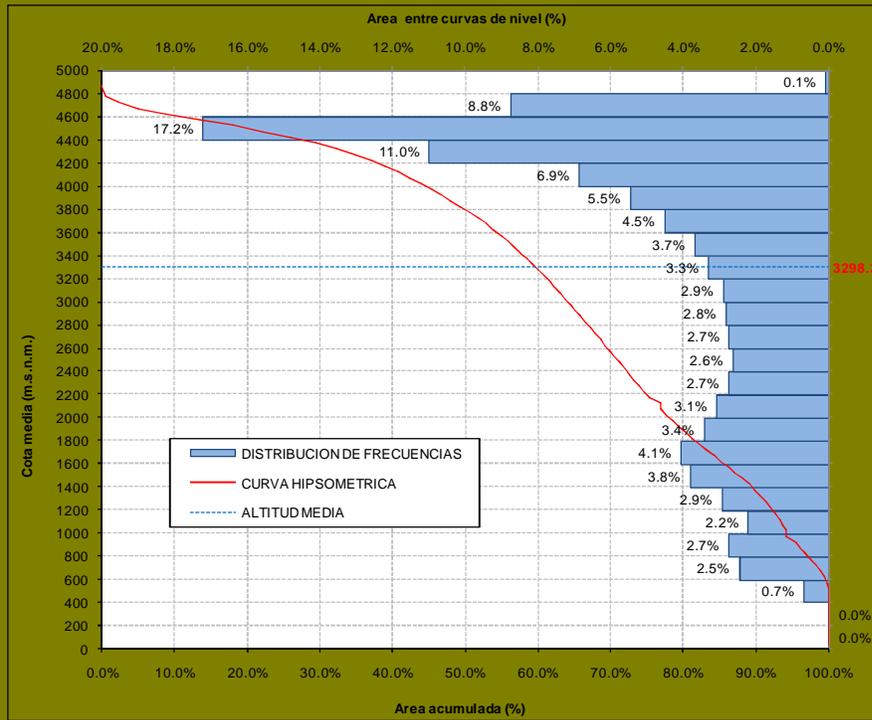
Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.11 Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrográfica río Vado



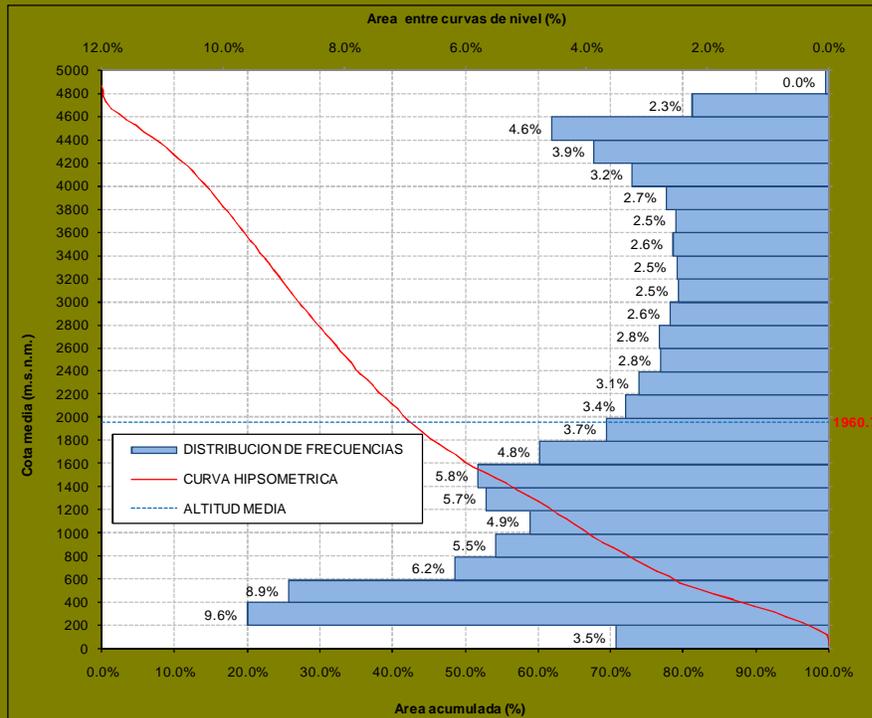
Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.12 Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrográfica río Yautan



Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 2.13 Curva hipsométrica y distribución de frecuencias de unidad hidrográfica río Sechín



Fuente: Elaboración propia, 2007

La definición de los parámetros de relieve se presenta a continuación.

Pendiente media del cauce

Es la diferencia total de elevación del lecho del río dividido por su longitud entre esos puntos.

Se tiene:

$$S = \frac{h_1 - h_2}{L_b} \times 100 \quad (\%)$$

Donde:

h_1 : Elevación correspondiente al extremo superior del cauce principal (m)

h_2 : Elevación correspondiente al extremo inferior del cauce principal (m)

L_b : longitud del curso de agua más largo (m)

Pendiente equivalente constante

La Pendiente media equivalente constante se determina a partir del perfil del cauce principal, tomando el promedio de las raíces de las pendientes parciales en el perfil y elevados al cuadrado.

Se debe cumplir:

$$S_e = \left(\frac{\sum_{i=1}^N l_i}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{l_i}{S_i^{0.5}} \right)} \right)^2 \times 100 \quad (\%)$$

Donde:

l_i : longitud inclinada del cauce principal entre cotas

S_i : pendiente del segmento de cauce principal entre cotas (m/m)

Rectángulo Equivalente

Este parámetro de relieve consiste en una transformación geométrica que determina la longitud mayor y menor que tienen los lados de un rectángulo cuya área y perímetro son los correspondientes al área y perímetro de la cuenca. En el rectángulo Equivalente las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor.

Se debe cumplir:

$$L \times l = A \quad (\text{Km}^2)$$

$$2(L + l) = P \quad (\text{Km})$$

Donde:

L : longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (Km)

l : longitud del lado menor del rectángulo equivalente (Km)

Altitud Media de la Cuenca

Parámetro determinado por la ponderación de las áreas entre las curvas equidistantes.

Se define como:

$$\text{Donde: } H = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * A_i}{A} \quad (m)$$

C_i : Cota media del intervalo i (m)

A_i : Área entre las curvas del intervalo i (Km^2)

A : Área de la cuenca (Km^2)

Pendiente media de la cuenca

Se define como la media ponderada de las pendientes correspondientes a superficies elementales en las cuales la pendiente se puede considerar constante y se puede obtener multiplicando la longitud de todas las curvas de nivel, por el intervalo entre ellas, y dividiendo por el área de la cuenca.

Se tiene que:

$$I_p = \frac{L_o \Delta_h}{A} \quad (m/m) \text{ ó } (\%)$$

Donde:

L_o : Longitud total de las curvas de nivel

Δ_h : Intervalo entre curvas de nivel

Coefficiente de Masividad.

Este índice expresa la relación entre la altitud media de la cuenca y el área total de la misma.

Se define como:

$$C_m = \frac{H}{A} \quad (m / Km^2)$$

Donde:

H : Altitud media de la cuenca (m)

A : Área de la cuenca (Km^2)

Curva Hipsométrica

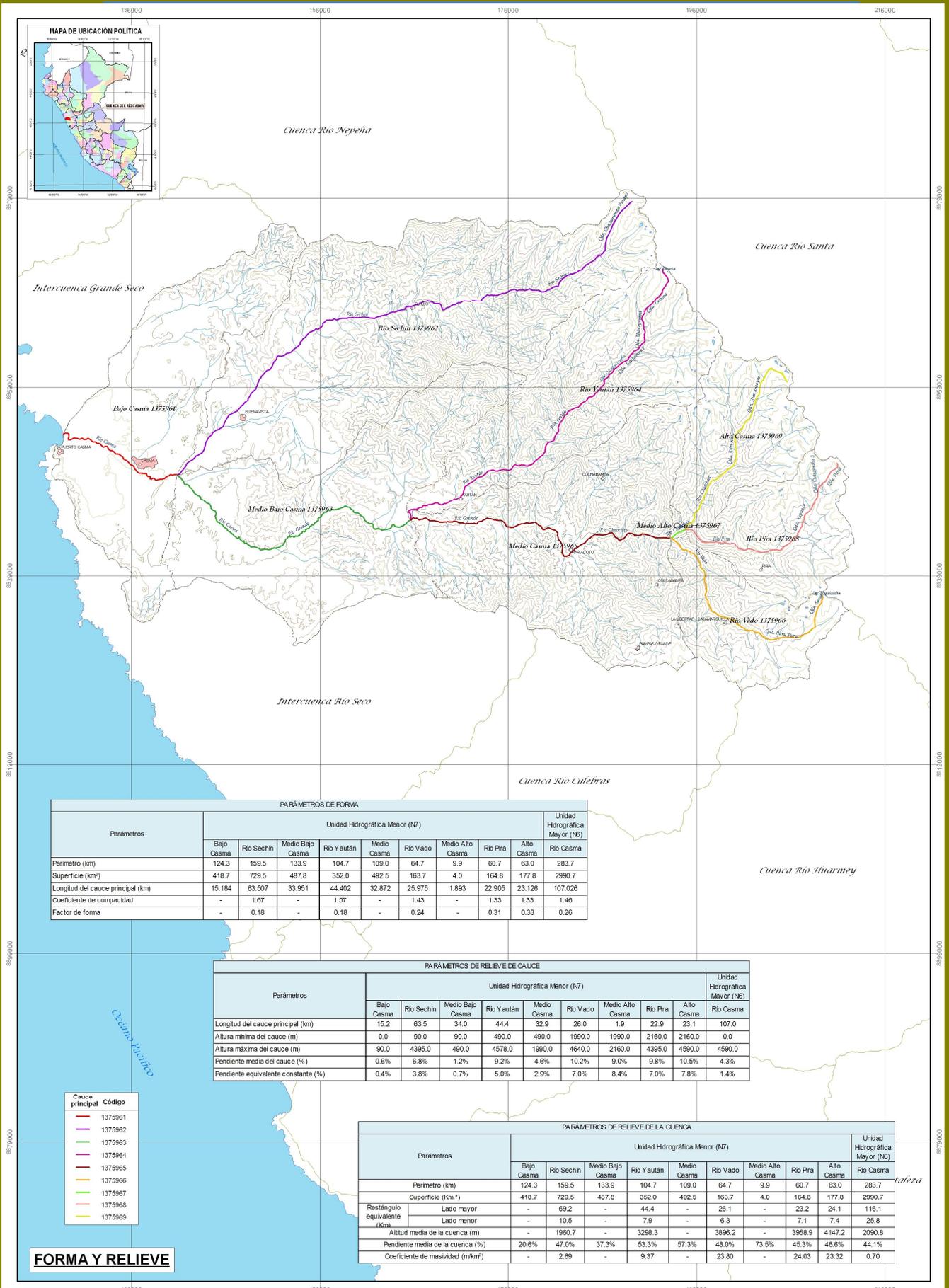
La Curva Hipsométrica describe las áreas acumulada de manera porcentual por debajo o por encima de la curva de nivel analizada. Para el estudio se describirá las áreas acumuladas por encima.

Distribución de Frecuencias

La Curva de Distribución de Frecuencias describe la distribución porcentual de las áreas comprendidas entre curvas de nivel equidistantes en la cuenca.

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



Parámetros	PARÁMETROS DE FORMA										
	Unidad Hidrográfica Menor (N7)										Unidad Hidrográfica Mayor (N6)
	Bajo Casma	Río Sechin Casma	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	Río Casma	
Perímetro (km)	124.3	159.5	133.9	104.7	109.0	64.7	9.9	60.7	63.0	283.7	
Superficie (km ²)	418.7	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.8	177.8	2990.7	
Longitud del cauce principal (km)	15.184	63.507	33.951	44.402	32.872	25.975	1.893	22.905	23.126	107.026	
Coefficiente de compacidad	-	1.67	-	1.37	-	1.43	-	1.33	1.33	1.46	
Factor de forma	-	0.18	-	0.18	-	0.24	-	0.31	0.33	0.26	

Parámetros	PARÁMETROS DE RELIEVE DE CAUCE										
	Unidad Hidrográfica Menor (N7)										Unidad Hidrográfica Mayor (N6)
	Bajo Casma	Río Sechin Casma	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	Río Casma	
Longitud del cauce principal (km)	15.2	63.5	34.0	44.4	32.9	26.0	1.9	22.9	23.1	107.0	
Altura mínima del cauce (m)	0.0	90.0	90.0	490.0	490.0	1990.0	1990.0	2160.0	2160.0	0.0	
Altura máxima del cauce (m)	90.0	4395.0	490.0	4578.0	1990.0	4640.0	2160.0	4395.0	4590.0	4590.0	
Pendiente media del cauce (%)	0.6%	6.8%	1.2%	9.2%	4.6%	10.2%	9.0%	9.8%	10.5%	4.3%	
Pendiente equivalente constante (%)	0.4%	3.8%	0.7%	5.0%	2.9%	7.0%	8.4%	7.0%	7.8%	1.4%	

Cauce principal	Código
—	1375961
—	1375962
—	1375963
—	1375964
—	1375965
—	1375966
—	1375967
—	1375968
—	1375969

Parámetros	PARÁMETROS DE RELIEVE DE LA CUENCA										
	Unidad Hidrográfica Menor (N7)										Unidad Hidrográfica Mayor (N6)
	Bajo Casma	Río Sechin Casma	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	Río Casma	
Perímetro (km)	124.3	159.5	133.9	104.7	109.0	64.7	9.9	60.7	63.0	283.7	
Superficie (km ²)	418.7	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.8	177.8	2990.7	
Restángulo equivalente (km)	Lado mayor	-	69.2	-	44.4	-	26.1	-	23.2	24.1	116.1
	Lado menor	-	10.5	-	7.9	-	6.3	-	7.1	7.4	25.8
Altitud media de la cuenca (m)	-	1960.7	-	3298.3	-	3996.2	-	3958.9	4147.2	2050.8	
Pendiente media de la cuenca (%)	20.6%	47.0%	37.3%	53.3%	57.3%	48.0%	73.5%	45.3%	46.6%	44.1%	
Coefficiente de masividad (m ³ /km ²)	-	2.69	-	9.37	-	23.80	-	24.03	23.32	0.70	

FORMA Y RELIEVE

2.8.4 Parámetros de Drenaje

Los parámetros de drenaje principales que permiten dar un mejor entendimiento al funcionamiento del sistema de drenaje en una cuenca, son el orden de los ríos, la frecuencia de los ríos, la densidad de drenaje, la extensión media del escurrimiento y el coeficiente de torrencialidad.

Para la cuenca del río Casma el orden de ríos es 6, la frecuencia de los ríos es 0.26 ríos/Km², la densidad de drenaje es 0.61 Km/Km², la extensión media de escurrimiento es 411.0 m y el coeficiente de torrencialidad es 0.19 ríos/Km.²

En el siguiente cuadro se muestran los parámetros de drenaje para cada unidad hidrográfica menor.

Cuadro N° 2.18 Sistema de Drenaje

PARAMETROS	ORDEN	UNIDAD HIDROGRAFICA MENOR (N7)									UNIDAD HIDROGRAFICA MAYOR (N6) RIO CASMA
		CUENCA / INTERCUENCA									
		Bajo Casma	Río Sechin	Medio Bajo Casma	Río Yaután	Medio Casma	Río Vado	Medio Alto Casma	Río Pira	Alto Casma	
Longitud de ríos (Km)	1	66.4	294.8	104.8	150.6	213.3	54.8	2.1	47.6	72.9	1007.4
	2	54.0	112.9	50.8	57.9	56.2	19.1		9.9	20.3	381.0
	3	9.1	62.0	25.4	25.3	35.8	16.4		19.1	17.8	211.0
	4	24.0	45.1	12.3	24.0	32.9		1.9		12.1	152.4
	5		7.2	34.0	10.9						52.1
	6	15.4									15.4
Longitud total de ríos (Km)		169.0	522.1	227.3	268.7	338.2	90.3	4.0	76.6	123.1	1819.3
Superficie (Km ²)		418.7	729.5	487.8	352.0	492.5	163.7	4.0	164.8	177.8	2990.7
Número de ríos	1	44	185	58	105	93	24	1	19	46	575.0
	2	12	48	17	29	21	6		4	10	147.0
	3	3	12	6	7	4	1		1	3	37.0
	4	1	2	1	2	1		1		1	9.0
	5		1	1	1						3.0
	6	1									1.0
Número total de ríos		61	248	83	144	119	31	2	24	60	772
ORDEN DE RIOS		6	5	5	5	4	3	4	3	4	6
FRECUENCIA DE LOS RIOS (# total de ríos / km ²)		0.15	0.34	0.17	0.41	0.24	0.19	0.50	0.15	0.34	0.26
DENSIDAD DE DRENAJE (km/km ²)		0.40	0.72	0.47	0.76	0.69	0.55	1.01	0.46	0.69	0.61
EXTENSIÓN MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (m)		619.2	349.4	536.5	327.5	364.0	453.3	248.4	538.0	361.0	411.0
COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD (ríos/km ²)		0.11	0.25	0.12	0.30	0.19	0.15	0.25	0.12	0.26	0.19

Fuente: Elaboración propia, 2007

La definición de los parámetros de drenaje se presenta a continuación.

Orden de ríos

El orden de corrientes se determina de la siguiente manera: Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden tiene solo tributarios de 1 orden, etc. Así dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos de orden 2 forman una 3, etc. Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, es decir mayor el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, más rápida será su respuesta a la precipitación.

Frecuencia de los ríos

Esta dado por el número total de ríos dividido con el área de la cuenca. Se mide en ríos/Km.²

Densidad de Drenaje

Es la longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividida por el área total de drenaje; en otras palabras la longitud de los canales por unidad de área.

Se define que:

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (\text{Km} / \text{Km}^2)$$

Donde:

L_t : Suma de longitudes de todos los tributarios (incluye cauce principal) (Km)

A : Área de la cuenca (Km.)

Extensión media del escurrimiento

Indica la distancia media, en línea recta, que el agua precipitada tendrá que escurrir para llegar al lecho de un curso de agua.

Se tiene:

$$d = \frac{A}{4 L_t} \quad (m)$$

Coefficiente de Torrencialidad.

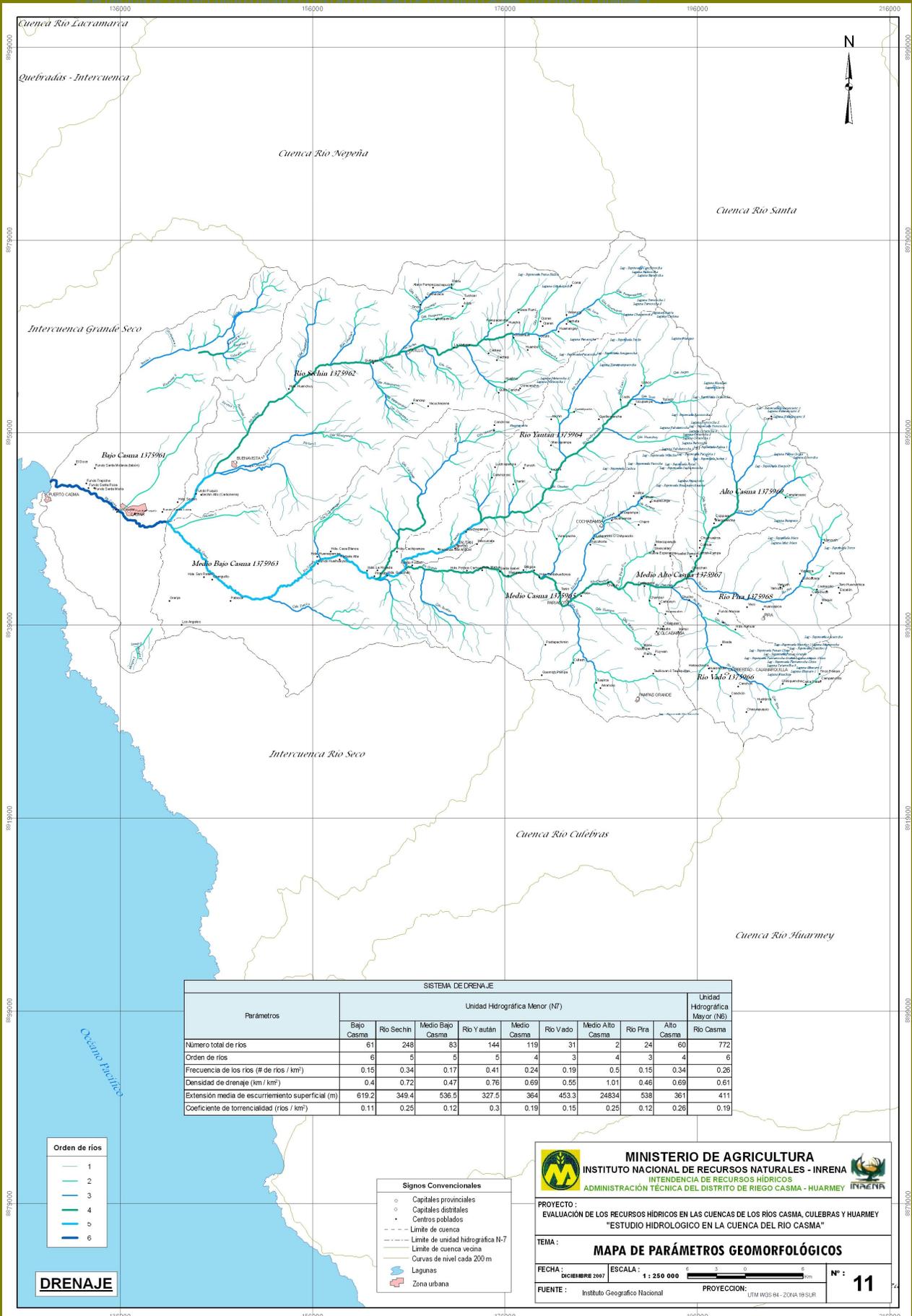
Es la relación entre el número de cursos de agua de primer orden y el área total de la cuenca.

Se define como:

$$C_t = \frac{\# \text{ de cursos de primer orden}}{A} \quad (\text{ríos} / \text{Km}^2)$$

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



III. CLIMA

3.1 VARIABLES CLIMATICAS

El estudio ha contemplado 3 estaciones climatológicas ordinarias, 01 en el valle del río Casma, 01 en la cuenca alta del río Huarmey y 01 en la cuenca alta del río Pativilca. De estas estaciones se ha recopilado información histórica de evaporación, humedad relativa y temperatura tal como se aprecia en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 3.1 Registros climatológicos

CODIGO	NOMBRE	CUENCA	ALTITUD (m.s.n.m.)	DATOS MENSUALES ADQUIRIDOS				
				EVAPORAC. TOTAL	HUM. RELAT. (%) MEDIA	TEMPERATURA		
						MAXIMA	MEDIA	MINIMA
000435	BUENA VISTA	CASMA	220	1967 - 2006	1967 - 2000	1967 - 2000	1967 - 2000	1967 - 2000
154140	AIJA	HUARMEY	3360	1964 - 1973	1966 - 2000	1964 - 2000	1964 - 2000	1964 - 2000
000538	CHIQUIAN	PATIVILCA	3350	1964 - 2000	1966 - 2000	1965 - 1999	1965 - 2000	1964 - 1999

Fuente: SENAMHI

De los registros climatológicos de las estaciones de Buena Vista, Aija y Chiquian, se estimaron los valores medios de temperatura, humedad y evaporación. En lo que concierne al valle o cuenca baja se uso la estación de Buena Vista y para la cuenca media y alta se uso el promedio de los datos de las estaciones de Aija y Chiquian.

Los siguientes cuadros muestran los parámetros climatológicos estimados en base a los registros históricos de las estaciones de Buena Vista, Aija y Chiquian.

Cuadro N° 3.2 Parámetros climatológicos en el valle (cuenca baja)

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura Máxima (°C)	31.28	32.24	32.02	30.43	27.75	25.51	24.47	24.81	25.84	26.79	27.85	29.57	28.22
Temperatura Media (°C)	25.04	26.02	25.75	24.18	21.62	19.75	18.73	18.78	19.41	20.42	21.44	23.48	22.05
Temperatura Mínima (°C)	19.94	20.79	20.57	18.92	17.08	15.67	14.61	14.36	14.52	15.02	15.98	17.88	17.11
Humedad Relativa Media (%)	74.27	72.60	72.73	75.93	81.50	81.13	80.80	79.27	77.80	74.53	74.53	72.79	76.49
Evaporación Tanque tipo A (mm/mes)	146.22	142.76	146.40	119.35	90.47	70.13	68.23	71.46	81.76	100.07	104.51	125.06	1266.41

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 3.3 Parámetros climatológicos en la cuenca (media y alta)

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura Máxima (°C)	15.85	15.53	15.59	16.26	16.83	16.88	16.85	17.01	17.00	16.66	16.65	16.18	16.44
Temperatura Media (°C)	10.16	9.89	9.97	10.50	10.70	10.41	10.27	10.39	10.53	10.40	10.44	10.28	10.33
Temperatura Mínima (°C)	5.16	5.20	5.27	5.25	4.94	4.42	4.13	4.33	4.78	4.73	4.58	4.66	4.79
Humedad Relativa Media (%)	84.17	84.56	86.52	83.38	78.65	73.21	69.93	71.87	75.03	79.20	76.99	81.07	78.71
Evaporación Tanque tipo A (mm/mes)	66.58	52.53	47.67	62.14	95.70	103.73	116.06	110.77	99.91	81.74	84.50	79.34	1000.67

Fuente: Elaboración propia, 2007

La humedad relativa es más alta en la zona baja debido a su proximidad al Océano Pacífico. La información de humedad presenta poca variabilidad interanual.

Tal como se aprecia en la siguiente figura, la humedad relativa media anual en el valle es de 76.49%, alcanzando su mayor valor en invierno con 81.50% en el mes de mayo y su menor valor en verano con 72.60% en el mes de febrero.

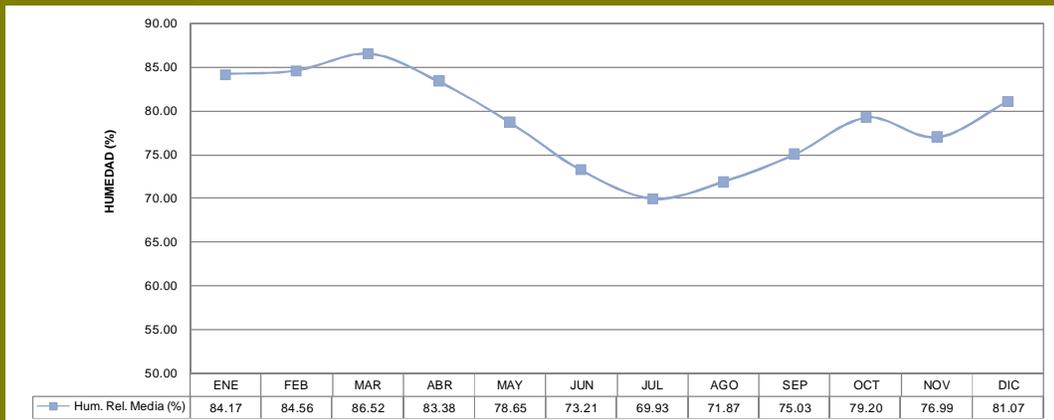
Figura N° 3.4 Distribución de Humedad relativa en el valle



Fuente: Elaboración propia, 2007

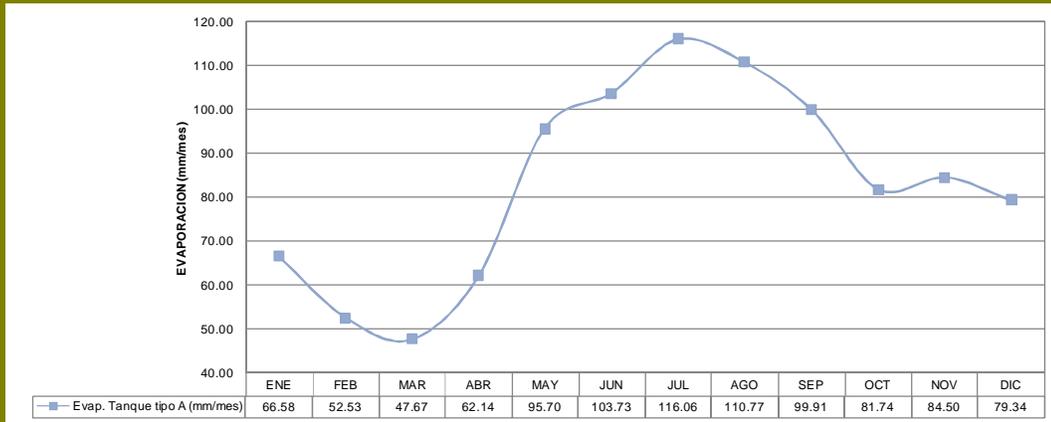
En la cuenca media y alta de acuerdo a la referencia de las estaciones de Chiquian y Aija la humedad relativa media anual se encuentra en el orden de los 78.71%, alcanzando su mayor valor en verano con 86.52% y su menor valor en invierno con 71.87%. En la siguiente figura se muestra la distribución de la humedad relativa para la cuenca.

Figura N° 3.5 Distribución de Humedad relativa en la cuenca



Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 3.7 Distribucion de Evaporacion en la cuenca



Fuente: Elaboración propia, 2007

3.2 EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN LA CUENCA

La Evapotranspiración es la suma del agua que evapora directamente del suelo y cubierta vegetal (evaporación) y del volumen utilizado por la vegetación (transpiración).

La Evapotranspiración Potencial se ha definido como la evapotranspiración de un cultivo que cubre completamente el suelo y que dispone de suficiente agua.

Se determinó en el presente estudio la Evapotranspiración potencial promedio mensual en cada unidad hidrográfica.

Esta evapotranspiración potencial formó parte de la base de datos para la aplicación del modelo de precipitación esorrentía que estimo la disponibilidad hídrica en cada unidad hidrográfica menor y para la unidad hidrográfica mayor.

3.2.1 Calculo de evapotranspiración potencial

La determinación de la Evapotranspiración potencial promedio mensual fue a partir de los datos medios mensuales de evaporación de tanque, usando para ello el método del evaporímetro.

Los datos de evaporación media mensual se extrajeron de las estaciones de Buena Vista, Aija y Chiquian.

En el siguiente cuadro se presentan la evapotranspiración potencial media mensual en mm/mes calculada por el método del evaporímetro para cada una de las estaciones.

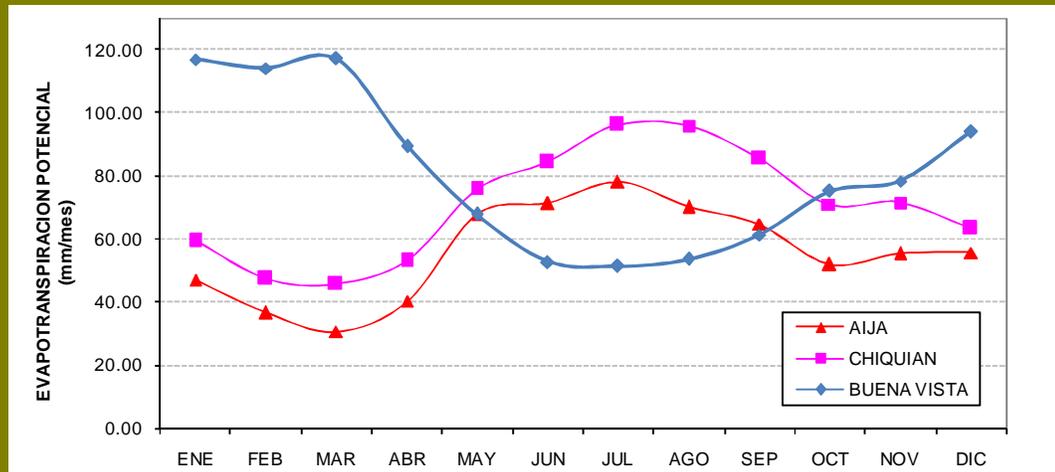
Cuadro N° 3.7 Evapotranspiracion potencial por estación

ESTACION	ALTITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
BUENA VISTA	220	116.97	114.21	117.12	89.51	67.85	52.59	51.18	53.59	61.32	75.06	78.38	93.79	971.58
AIJA	3360	47.06	36.63	30.52	40.18	67.85	71.38	77.89	70.22	64.60	51.76	55.27	55.69	669.03
CHIQUIAN	3350	59.47	47.41	45.75	53.03	75.70	84.22	96.19	95.94	85.27	70.86	71.49	63.32	848.65

Fuente: Elaboración propia, 2007

La distribución mensual en el valle (estación de Buena Vista) presenta mayores evapotranspiración potencial para los meses de diciembre a abril, mientras que para las estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca (Aija y Chiquian) esta distribución es invertida mostrando mayores valores de evapotranspiración potencial en los meses de mayo a septiembre. En la siguiente figura podemos apreciar esta distribución.

Figura N° 3.8 Distribucion mensual de evapotranspiracion potencial por estación



Fuente: Elaboración propia, 2007

3.2.2 Evapotranspiración potencial por unidad hidrográfica menor

La evapotranspiración potencial en la cuenca tiene un comportamiento orográfico por lo que, en base a la evapotranspiración potencial calculada para las estaciones de Buena Vista, Aija y Chiquian se determino la mejor correlación entre la evapotranspiración potencial para el mes promedio con la altitud.

La ecuación de mejor correlación hallada para cada mes y las altitudes medias de cada unidad hidrográfica permitieron estimar la evapotranspiración potencial promedio mensual en cada unidad hidrográfica.

En el siguiente cuadro se aprecia la evapotranspiración potencial promedio mensual para cada una de las unidades hidrográficas menores y para la unidad hidrográfica mayor (cuenca del río Casma).

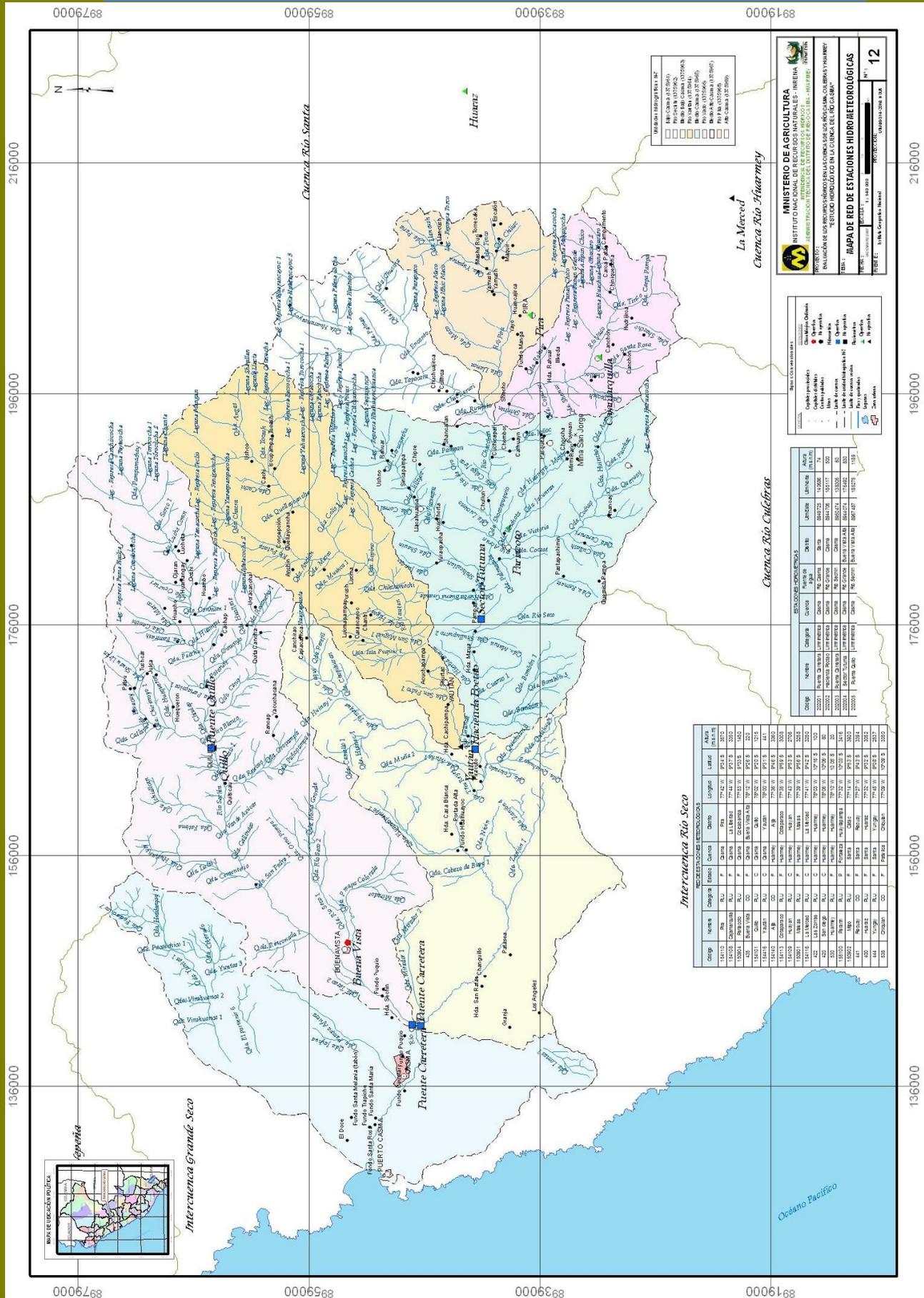
Cuadro N° 3.8 Evapotranspiración potencial por unidad hidrográfica menor

ESTACION	ALTITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Bajo Casma	304.2	115.3	112.2	115.0	88.6	67.2	53.3	52.2	54.4	61.7	74.7	78.0	92.9	966.1
Río Sechin	1960.7	82.2	74.1	73.6	67.1	65.2	66.5	71.0	70.0	68.8	67.4	70.1	74.8	853.5
Medio Bajo Casma	819.5	105.0	100.4	102.1	81.9	66.6	57.4	58.0	59.3	63.9	72.4	75.5	87.3	931.1
Río Yaután	3298.3	55.4	43.3	40.1	49.7	63.6	77.2	86.3	82.6	74.6	61.5	63.6	60.3	762.5
Medio Casma	2226.6	76.9	68.0	66.9	63.6	64.9	68.7	74.1	72.5	70.0	66.3	68.8	71.9	835.4
Río Vado	3896.2	43.5	29.6	25.2	41.9	62.9	82.0	93.1	88.2	77.2	58.9	60.8	53.7	721.9
Medio Alto Casma	2597.9	69.4	59.4	57.7	58.8	64.5	71.6	78.3	76.0	71.6	64.6	67.0	67.9	810.2
Río Pira	3958.9	42.2	28.1	23.6	41.1	62.8	82.5	93.8	88.8	77.4	58.6	60.5	53.1	717.6
Alto Casma	4147.2	38.5	23.8	18.9	38.6	62.6	84.0	96.0	90.6	78.2	57.8	59.6	51.0	704.8
CUENCA (N6)	2090.8	79.6	71.1	70.3	65.4	65.1	67.6	72.5	71.2	69.4	66.9	69.4	73.4	844.6

Fuente: Elaboración propia, 2007

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA - INEI
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS - INIA
 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA - INMETERIO

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA
 INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA - INEI
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS - INIA
 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA - INMETERIO

FECHA: 2007
 ESCALA: 1:50,000
 PROYECTADO: [Nombre]
 DISEÑADO: [Nombre]
 ELABORADO: [Nombre]

MAPA DE RED DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS
 N° 12

ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

Tipos de Estaciones:

- Estación pluviométrica
- Estación pluviométrica y termométrica
- Estación pluviométrica, termométrica y anemométrica
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica y heliógrafa
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa y estación de nebulosidad
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa, estación de nebulosidad y estación de viento
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa, estación de nebulosidad, estación de viento y estación de humedad relativa
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa, estación de nebulosidad, estación de viento, estación de humedad relativa y estación de radiación
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa, estación de nebulosidad, estación de viento, estación de humedad relativa, estación de radiación y estación de evaporación

Tipos de Datos:

- Temperatura
- Humedad
- Viento
- Pluviómetro
- Estación pluviométrica
- Estación pluviométrica y termométrica
- Estación pluviométrica, termométrica y anemométrica
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica y heliógrafa
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa y estación de nebulosidad
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa, estación de nebulosidad y estación de viento
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa, estación de nebulosidad, estación de viento y estación de humedad relativa
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa, estación de nebulosidad, estación de viento, estación de humedad relativa y estación de radiación
- Estación pluviométrica, termométrica, anemométrica, heliógrafa, estación de nebulosidad, estación de viento, estación de humedad relativa, estación de radiación y estación de evaporación

ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

Código	Nombre	Coord. UTM	Altitud (m)	Tipología	Operación	Estado
200001	Est. Cuzco	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica	Activa	Activa
200002	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica y Termométrica	Activa	Activa
200003	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica y Anemométrica	Activa	Activa
200004	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica y Heliógrafa	Activa	Activa
200005	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa y Est. de Nebulosidad	Activa	Activa
200006	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa, Est. de Nebulosidad y Est. de Viento	Activa	Activa
200007	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa, Est. de Nebulosidad, Est. de Viento y Est. de Humedad Relativa	Activa	Activa
200008	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa, Est. de Nebulosidad, Est. de Viento, Est. de Humedad Relativa y Est. de Radiación	Activa	Activa
200009	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa, Est. de Nebulosidad, Est. de Viento, Est. de Humedad Relativa, Est. de Radiación y Est. de Evaporación	Activa	Activa

Intersección Río Seco

Código	Nombre	Coord. UTM	Altitud (m)	Tipología	Operación	Estado
200010	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica	Activa	Activa
200011	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica y Termométrica	Activa	Activa
200012	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica y Anemométrica	Activa	Activa
200013	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica y Heliógrafa	Activa	Activa
200014	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa y Est. de Nebulosidad	Activa	Activa
200015	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa, Est. de Nebulosidad y Est. de Viento	Activa	Activa
200016	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa, Est. de Nebulosidad, Est. de Viento y Est. de Humedad Relativa	Activa	Activa
200017	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa, Est. de Nebulosidad, Est. de Viento, Est. de Humedad Relativa y Est. de Radiación	Activa	Activa
200018	Est. Huancayo	177000 E 136000 N	3500	Pluviométrica, Termométrica, Anemométrica, Heliógrafa, Est. de Nebulosidad, Est. de Viento, Est. de Humedad Relativa, Est. de Radiación y Est. de Evaporación	Activa	Activa

Los registros pluviométricos en cuencas aledañas facilitan el análisis regional de precipitación al darnos una mejor apreciación del comportamiento de las precipitaciones.

4.1.3 Implementación de estaciones pluviométricas

La Organización Meteorológica Mundial estableció la densidad mínima recomendada de estaciones pluviométricas a partir de una zonificación basada en 7 unidades fisiográficas (Ver cuadro siguiente).

Cuadro N° 4.2 DENSIDAD MÍNIMA RECOMENDADA DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Unidad Fisiográfica	Densidad mínima (Km ² /estación)
Zonas costeras	900
Zonas montañosas	250
Llanuras interiores	575
Zonas escarpadas / ondulantes	575
Pequeñas islas	25
Zonas urbanas	-
Zonas polares y áridas	10000

Fuente: Guía de Prácticas Hidrológicas – Organización Meteorológica Mundial (OMM)

Para la cuenca en estudio se han definido tres unidades fisiográficas: zonas áridas, zonas escarpadas y zonas montañosas. Las zonas áridas corresponden a la unidad hidrográfica Baja; las zonas escarpadas corresponden a las unidades hidrográficas Medio Bajo y Medio; y las zonas montañosas se extienden a las unidades hidrográficas restantes.

De acuerdo a la red pluviométrica en la cuenca del río Casma (ver Cuadro N° 1.4) existen (04) estaciones operativas y (02) no operativas en la cuenca del río Casma. En total, considerando la reapertura de estaciones alcanzaríamos las (06) estaciones, número inferior a las (09) estaciones que recomienda la OMM.

Esta deficiencia de (03) estaciones se presenta en las unidades hidrográficas menores de Río Sechín, Medio Bajo Casma y Alto Casma, las que deben incrementar sus estaciones en (01), (01) y (01) respectivamente.

En el siguiente cuadro se muestra la distribución actual de la red de estaciones pluviométricas por unidad hidrográfica menor y se presenta la red pluviométrica mínima requerida para cada uno de ellas.

Cuadro N° 4.3 NÚMERO DE ESTACIONES MÍNIMAS RECOMENDADA

UNIDAD HIDROGRÁFICA (CUENCAS / INTERCUENCAS)	AREA(Km²)	NÚMERO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS			NÚMERO DE ESTACIONES MÍNIMA RECOMENDADO	DENSIDAD MÍNIMA (Km²/estación)
		Operativas	No operativas	Total		
Bajo Casma	418.7	0	0	0	0	10000
Río Sechín	729.5	1	1	2	3	250
Medio Bajo Casma	487.8	0	0	0	1	575
Río Yaután	352.0	0	1	1	1	250
Medio Casma	492.5	1	0	1	1	575
Río Vado	163.7	1	0	1	1	250
Medio Alto Casma	4.0	0	0	0	0	250
Río Pira	164.8	1	0	1	1	250
Alto Casma	177.8	0	0	0	1	250
TOTAL	2990.7	4	2	6	09	-

Fuente: Elaboración propia, 2007

La red mínima de (09) estaciones pluviométricas recomendada por la OMM, deben distribuirse en la cuenca de tal manera de representar mejor el comportamiento orográfico de la precipitación, en otras palabras permitir una mejor definición de la línea de tendencia precipitación - altitud.

Con las consideraciones mencionadas, presentamos a continuación las recomendaciones de permanencia, reactivación e implementación de estaciones pluviométricas en cada una de las unidades hidrográficas.

Bajo Casma

- No requiere estación pluviométrica

Río Sechín

- Mantener operativa la estación de Buena Vista
- Solicitar al SENAMHI la reactivación de la estación Quillo
- Implementar una nueva estación en una localidad por encima de los 3500 m.s.n.m.

Medio Bajo Casma

- Implementar una nueva estación en la localidad de Piracoto.

Río Yaután

- Solicitar al SENAMHI la reactivación de la estación Yaután

Medio Casma

- Mantener operativa la estación de Pariacoto

Río Vado

- Mantener operativa la estación de Cajamarquilla

Medio Alto Casma

- No requiere estación pluviométrica

Río Pira

- Mantener operativa la estación de Pira

Alto Casma

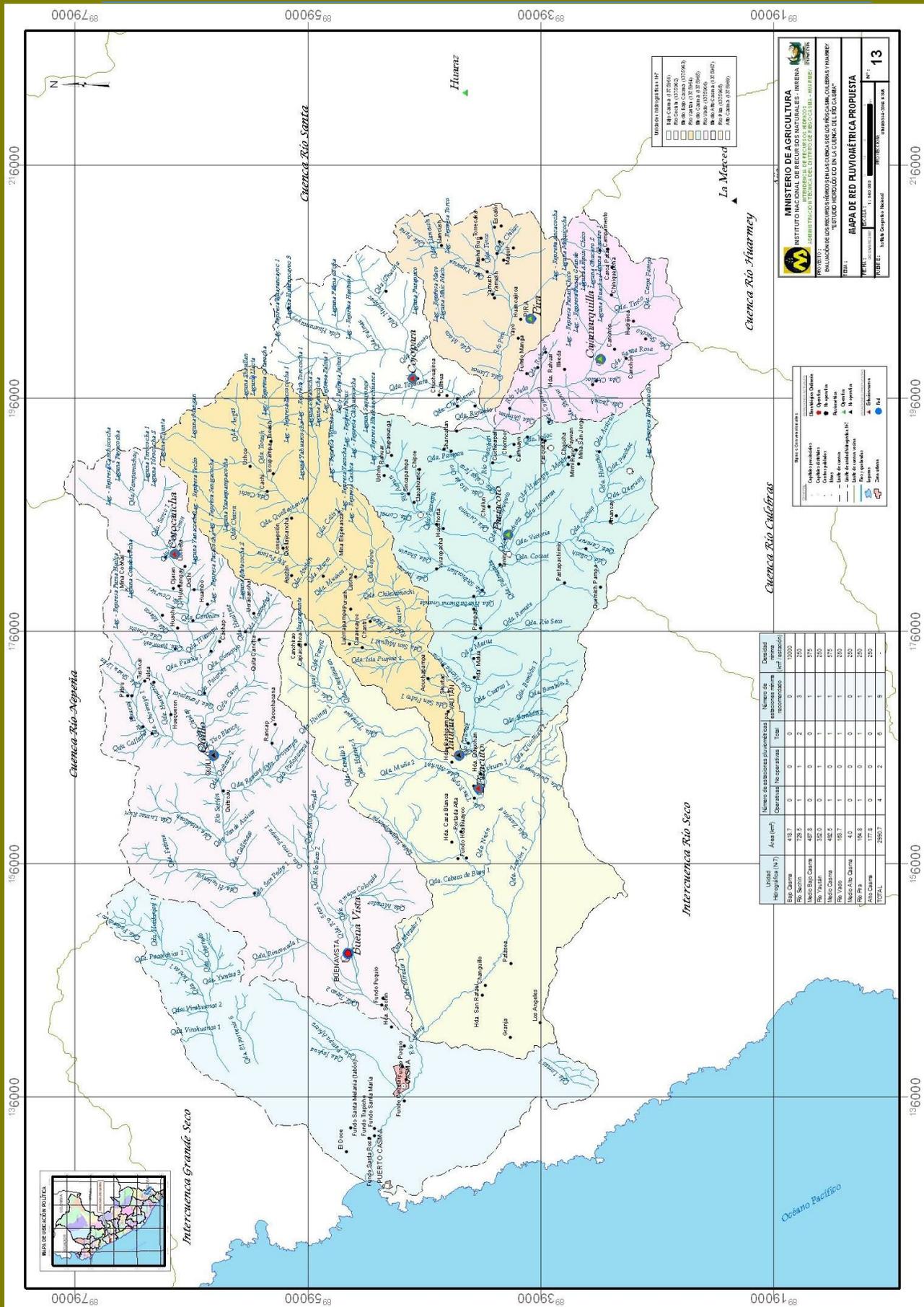
- Implementar una nueva estación en la localidad de Cojopara.

Seguir las recomendaciones anteriores permitirá realizar análisis pluviométricos de mayor representatividad en la Cuenca.

Es necesario contar no sólo con pluviómetros ordinarios si no también con pluviómetros registradores que permitan determinar registros continuos que nos permitan describir el comportamiento de una tormenta.

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



4.2 ANALISIS DE INFORMACION

4.2.1 Ajuste gráfico de errores sistemáticos

Mediante la observación visual en tablas y gráficos de los registros mensuales en cada una de las (13) estaciones de la red pluviométrica del proyecto se descartaron los siguientes registros que presentaban errores sistemáticos:

- Inconsistencia en la información del mes de noviembre de 1998 de la estación Pira.
- Inconsistencia en la información del mes de febrero y marzo de 1967, así como la de enero del 1993 de la estación de Cajamarquilla.
- Inconsistencia en la información del mes de octubre de 1982 de la estación de Malvas.

4.2.2 Ajuste de saltos

La identificación de saltos en los registros de precipitación mensual fue realizada con diagramas de doble masa.

Los diagramas de doble masa requieren de registros de precipitación completados, por lo que se procedió a completar de manera temporal (solo para el ajuste de saltos) los registros incompletos con los valores promedios mensuales.

Los diagramas de doble masa son gráficos de precipitación acumulada Vs precipitación promedio acumulada que fueron realizados en tres grupos. El proceso de agrupación de las estaciones fueron su cercanía, altitud y periodo común de registros.

Los saltos analizados corresponden a los producidos por cambios de ubicación de estación y no a los producidos por efectos de cambios climáticos extremos como son el sucedido del Fenómeno El Niño. Así es que en presencia de saltos en presencia del Fenómeno El Niño (FEN) no se realizó ningún ajuste de saltos.

Exceptuando los saltos producidos por el FEN, los registros pluviométricos de las (12) estaciones no presentan saltos significativos y al haberse descartado la estación de Cotaparaco del grupo 3, el proyecto queda con (11) estaciones pluviométricas que serán completadas y analizadas para la determinación de la precipitación areal de las cuencas de Casma, Culebras y Huarমেy.

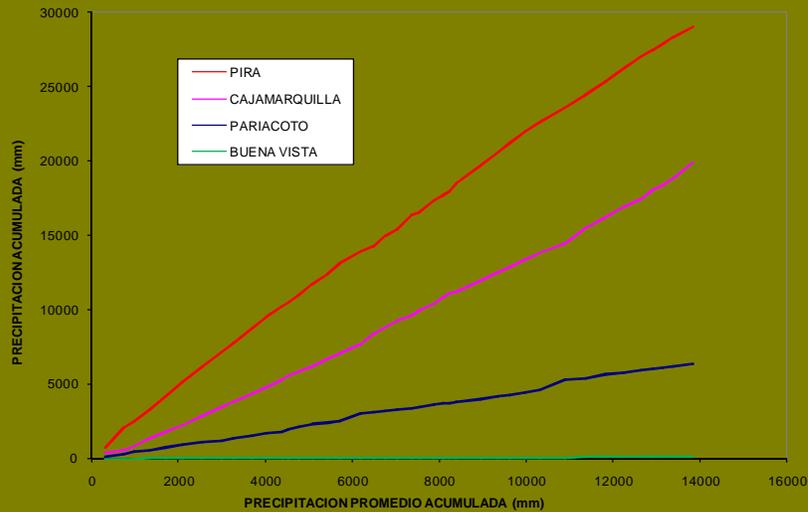
A continuación se describen los tres grupos conformados para la identificación y ajuste de saltos.

Grupo 1

Se seleccionaron las estaciones pertenecientes a la cuenca del río Casma considerando un periodo común de 1966 – 2006.

Las estaciones analizadas fueron Pira, Cajamarquilla, Pariacoto y Buena Vista y no se detectaron saltos significativos en ninguna de estas estaciones analizadas tal como se aprecia en el diagrama de doble masa que a continuación se presenta.

Figura N° 4.1 Diagrama de doble masa Grupo 1 (1966-2006)



Fuente: Elaboración propia, 2007

Grupo 2

Se analizaron las estaciones de las cuenca del Huarমেy y Fortaleza que son: Aija, Malvas, Cotaparaco y Pararín.

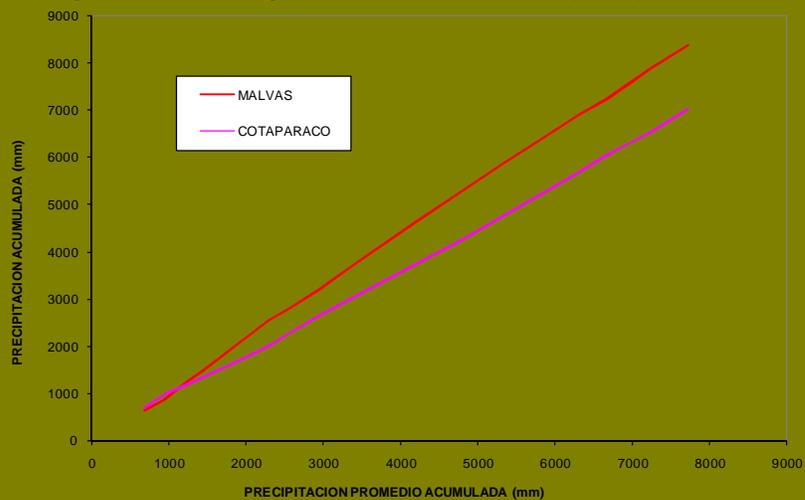
Se analizo Malvas con Cotaparaco en el periodo común de 1989 – 2006

Se analizo Pararín con Cotaparaco en el periodo común de 1966 – 1986

Se analizo Aija, Pararín y Cotaparaco en el periodo común de 1966 – 1978

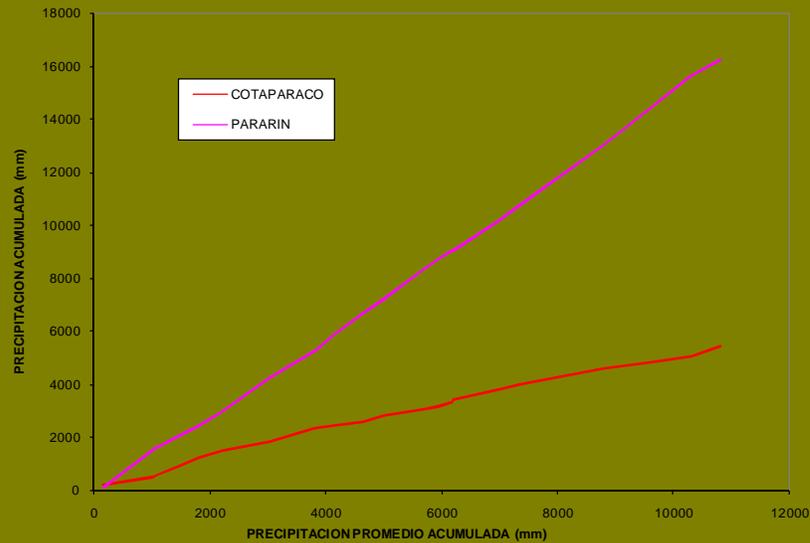
De estos análisis no se detectaron saltos significativos en ninguna de las estaciones analizadas de este grupo.

Figura N° 4.2 Diagrama de doble masa Grupo 2 (1989-2006)



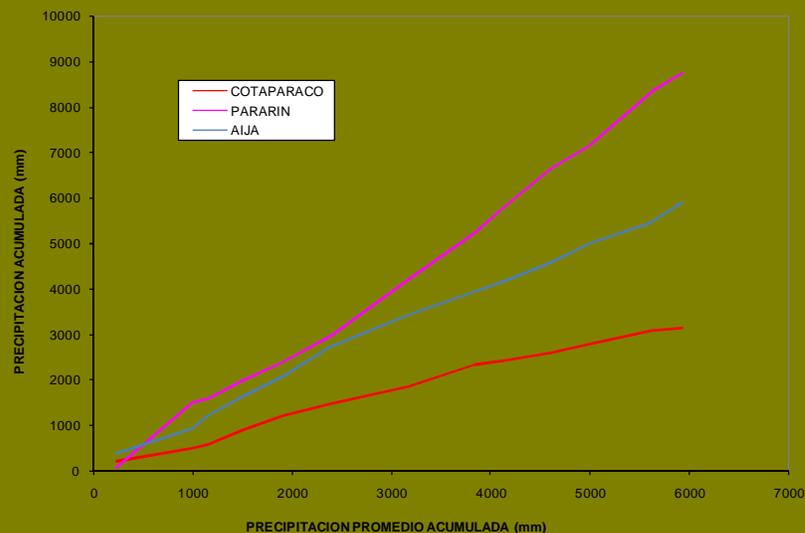
Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 4.3 Diagrama de doble masa Grupo 2 (1966-1986)



Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 4.4 Diagrama de doble masa Grupo 2 (1966-1978)



Fuente: Elaboración propia, 2007

En este grupo de análisis se encontró que la estación de Cotaparaco, aunque sin saltos, evidenciaba precipitaciones mucho menores que las otras estaciones. Y tomando en consideración que en este grupo todas las estaciones están ubicadas entre los 3000 y 3500 m.s.n.m. se decidió separar la estación de Cotaparaco del proyecto. La causa que originan registros bajos de precipitación en Cotaparaco se puede deber a que se encuentra ubicado en una zona de depresión (encañonada).

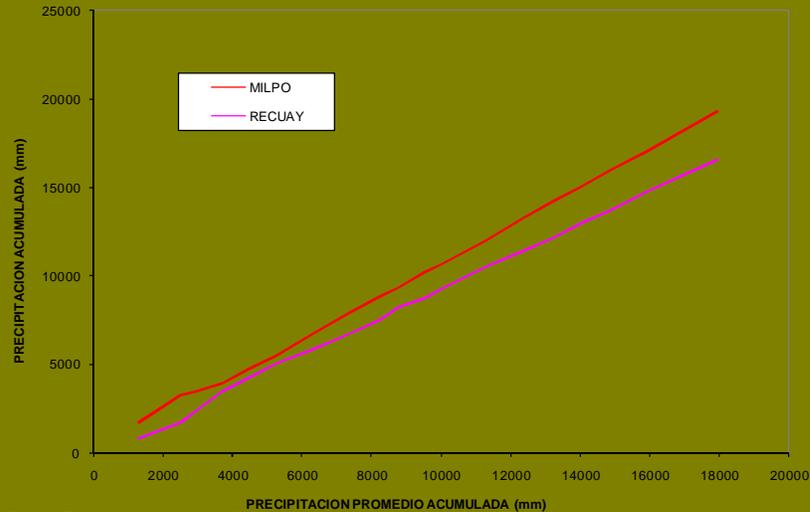
Grupo 3

Se seleccionaron las estaciones pertenecientes a la cuenca del río Santa considerando un periodo común de 1981 – 2000. Las estaciones

analizadas fueron Milpo y Recuay.

No se detectan saltos significativos en las estaciones analizadas de este grupo tal como se aprecia en el diagrama de doble masa.

Figura N° 4.5 Análisis de doble masa Grupo 3 (1981-2000)



Fuente: Elaboración propia, 2007

4.2.3 Completación de información

Se completó, para el periodo de 1966 – 2006, los registros pluviométricos de las (11) estaciones pluviométricas seleccionadas para el análisis pluviométrico (precipitación areal de la cuenca).

Estas estaciones son:

- Pira
- Cajamarquilla
- Pariacoto
- Buena Vista
- Aija
- Malvas
- Pararín
- Milpo
- Recuay
- Huaraz
- Yungay

La información se completó y se extendió, según sea el caso y para el periodo requerido, mediante un análisis de correlación múltiple.

La correlación múltiple se realizó en tres grupos tal como se detalla a continuación:

Grupo 1

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones en la cuenca del río Casma: Pira, Cajamarquilla, Pariacoto y Buena Vista.

Grupo 2

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones en la cuenca del río Huarmey: Aija y Malvas; y en la cuenca del río Fortaleza: Pararín.

Grupo 3

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones en la cuenca del río Santa: Milpo, Recuay, Huaraz y Yungay.

4.2.4 Precipitación media por estación

Las precipitaciones medias mensuales de los registros completados de las (11) estaciones seleccionadas para el estudio hidrológico describen en los meses de máxima intensidad (enero, febrero y marzo) para la zona alta de la cuenca precipitaciones medias mensuales que alcanzan los 187.90 mm y anuales que alcanzan los 708.59mm.

En el siguiente cuadro se presentan las precipitaciones medios mensuales de cada estación.

Cuadro N° 4.4 Precipitación media mensual y anual por estación

ESTACION	CUENCA	ALTITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PIRA	CASMA	3570	110.75	136.71	155.36	78.15	21.04	3.28	1.94	4.80	16.61	53.48	56.46	70.00	708.59
CAJAMARQUILLA	CASMA	3350	81.86	108.07	123.71	44.17	7.85	0.31	1.19	1.71	8.14	29.62	31.58	60.92	499.13
PARIACOTO	CASMA	1450	28.63	55.05	43.16	17.26	0.96	0.03	0.01	0.08	0.72	5.29	5.47	11.20	167.87
BUENA VISTA	CASMA	220	0.16	1.12	0.53	0.19	0.01	0.00	0.06	0.66	0.00	0.34	0.19	0.02	3.29
AJA	HUARMEY	3360	57.20	81.16	136.35	34.73	8.45	0.67	0.51	1.20	8.95	40.08	36.65	56.46	462.42
MALVAS	HUARMEY	3258	74.94	132.09	127.65	46.87	5.42	0.32	0.02	0.74	4.92	15.87	26.74	57.29	492.87
PARARIN	FORTALEZA	3416	76.56	187.90	242.31	37.07	0.16	0.00	0.00	0.00	0.13	0.63	2.26	19.12	566.13
MILPO	SANTA	3920	148.52	142.53	154.54	91.47	38.89	14.15	13.30	8.84	56.70	90.12	83.26	111.45	953.77
RECUAY	SANTA	3394	109.57	124.98	137.04	82.46	29.14	4.19	2.30	8.67	31.34	88.89	80.71	98.11	797.40
HUARAZ	SANTA	3052	102.05	122.77	101.63	60.56	22.18	3.30	1.30	2.86	25.05	69.05	53.39	97.74	661.87
YUNGAY	SANTA	2537	52.98	94.12	73.13	30.66	5.54	0.22	0.86	1.21	10.61	28.81	33.40	54.57	386.11

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se muestra a continuación los gráficos de precipitación media anual por estación y de precipitación media mensual para cada estación.

Figura N° 4.6 Precipitación media anual por estación

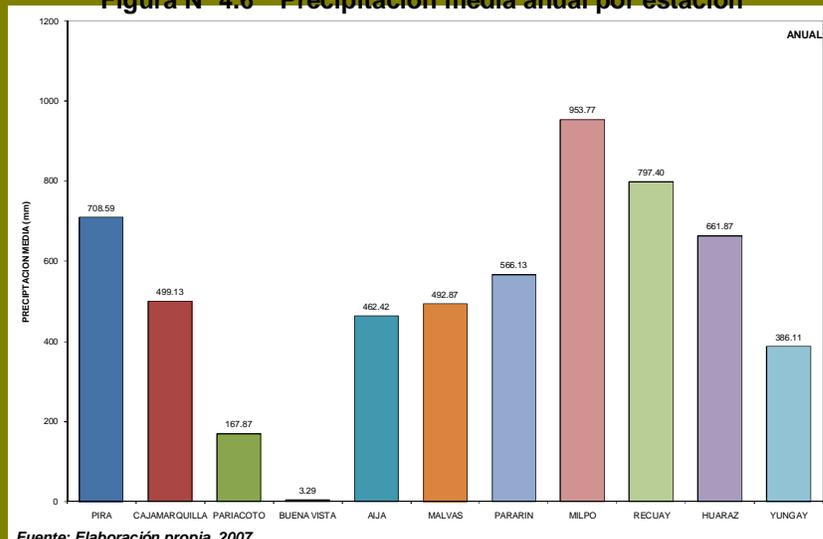
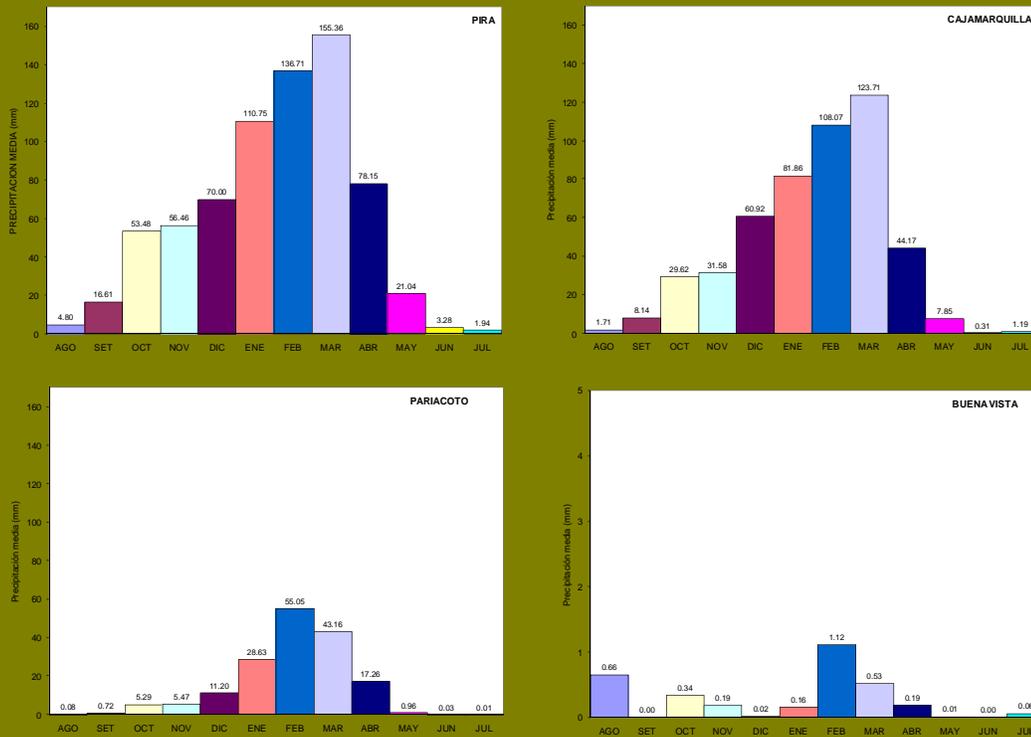


Figura N° 4.7 Precipitación media mensual por estación

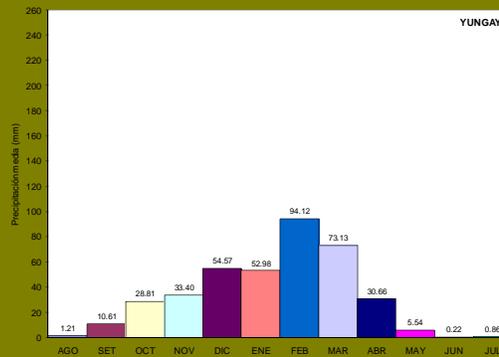
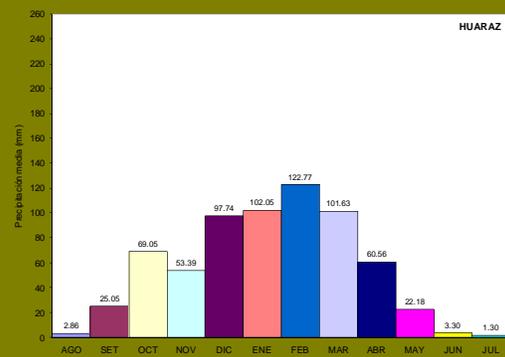
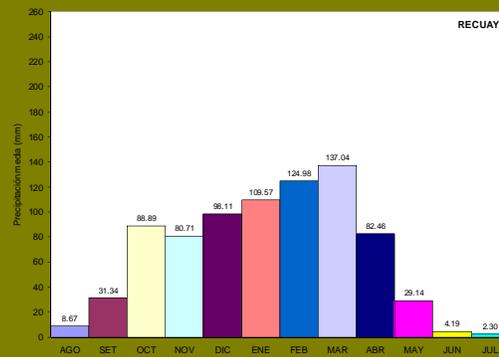
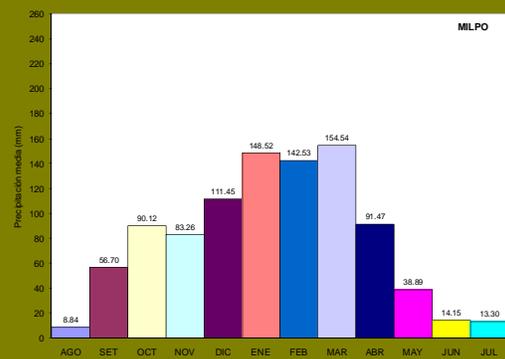
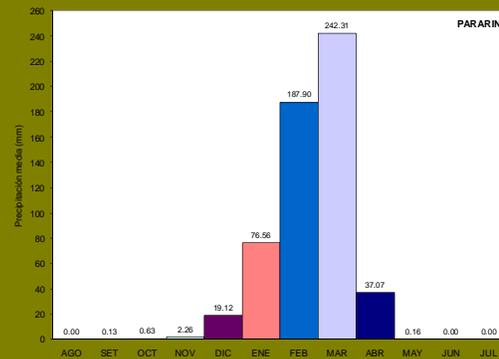
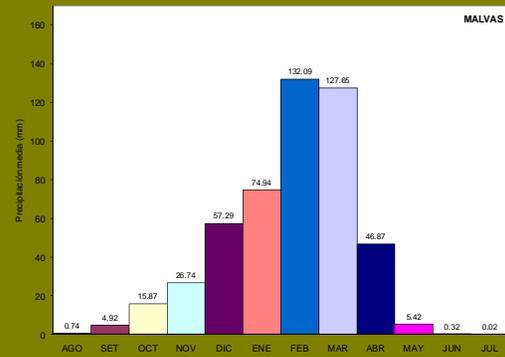
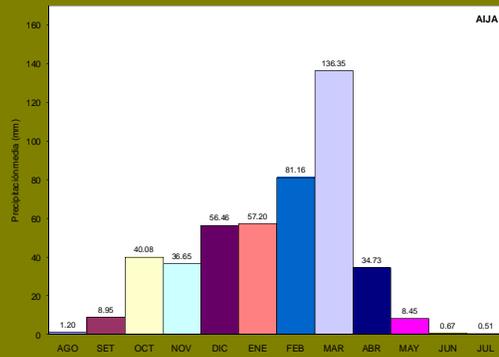


(CONTINUA SIGUIENTE HOJA)

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMHEY

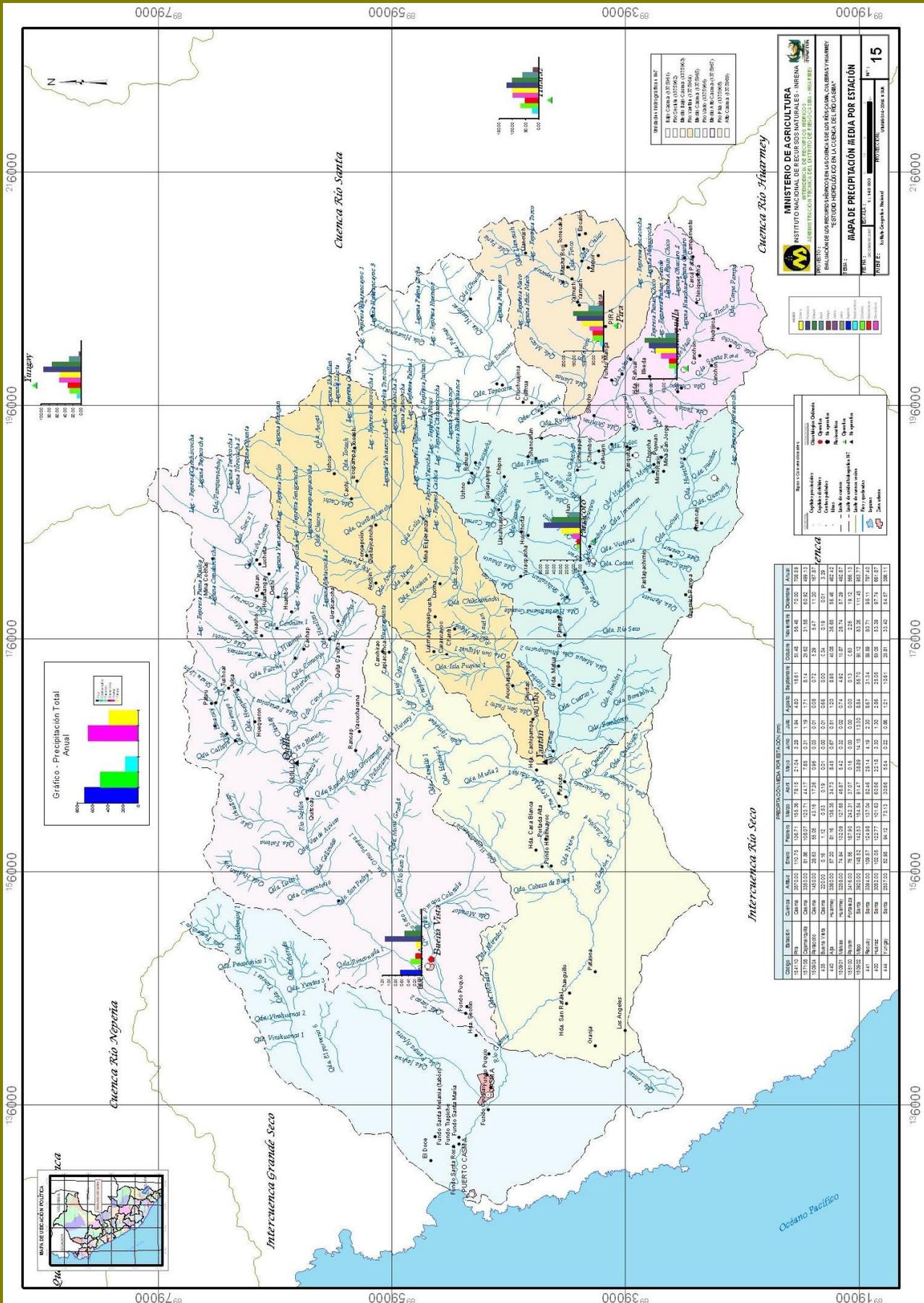
(VIENE DE HOJA ANTERIOR)



Fuente: Elaboración propia, 2007

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY

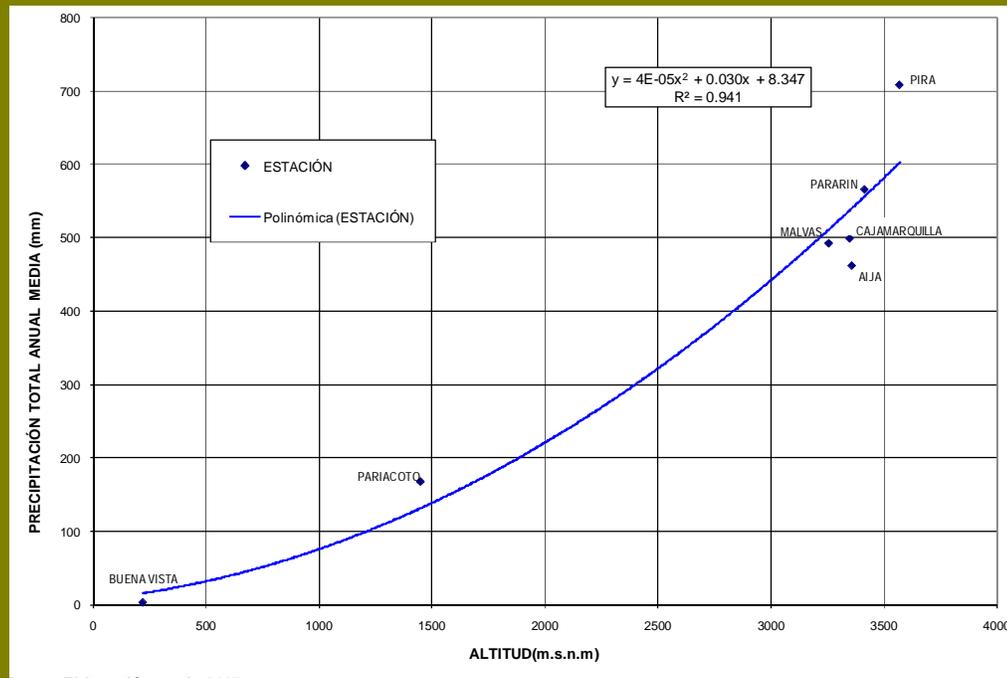


4.2.5 Relación de precipitación – altitud

El comportamiento orográfico de las precipitaciones en la vertiente del Pacífico hizo posible encontrar una buena relación de precipitación – altitud entre las estaciones ubicadas en las cuencas Casma, Huarmey y Fortaleza. No se incluyeron en la relación las estaciones de la cuenca del río Santa, ya que su comportamiento orográfico difiere de las otras.

La tendencia que se presenta para las precipitaciones anuales medias es del tipo polinómica de segundo grado con una correlación de $R = 0.9415$, tal como se aprecia en el siguiente gráfico.

Figura N° 4.8 Relación de Precipitación total anual media Vs Altitud



Fuente: Elaboración propia, 2007

De la misma forma se determinaron para cada mes la mejor tendencia para las precipitaciones medias mensuales vs altitud, hallándose las siguientes correlaciones.

Cuadro N° 4.5 Relación de Precipitación media mensual Vs Altitud

MES	TIPO DE TENDENCIA	CORRELACION	ECUACION
ENE	POLINOMICA 2°	R ² = 0.863	y = 5E-06x ² + 0.008x + 0.6
FEB	POLINOMICA 2°	R ² = 0.732	y = 1E-07x ² + 0.039x - 6.280
MAR	POLINOMICA 2°	R ² = 0.759	y = 1E-05x ² + 0.013x - 1.447
ABR	LINEAL	R ² = 0.698	y = 0.014x
MAY	LINEAL	R ² = 0.298	y = 0.003x
JUN	LINEAL	R ² = 0.1550	y = 0.0003x
JUL	LINEAL	R ² = 0.2104	y = 0.0002x
AGO	LINEAL	R ² = 0.1576	y = 0.0005x
SEP	LINEAL	R ² = 0.351	y = 0.002x
OCT	LINEAL	R ² = 0.363	y = 0.008x
NOV	LINEAL	R ² = 0.429	y = 0.008x
DIC	POLINOMICA 2°	R ² = 0.685	y = 4E-06x ² + 0.003x - 0.844

Fuente: Elaboración propia, 2007

4.3 PRECIPITACION AREAL EN LA CUENCA

La precipitación representativa de una cuenca se le denomina precipitación areal.

Existen varias metodologías para determinar la precipitación areal de una cuenca entre las que destacan el de isoyetas y Thiessen.

De acuerdo a las características de la cuenca del río Casma se optó por usar el método de isoyetas ya que es de mejor aproximación y representatividad al permitir introducir los efectos orográficos en la cuenca. El comportamiento orográfico es regido por la relación de Precipitación vs. Altitud descrita en el ítem anterior.

Este método consiste en utilizar isolíneas de igual precipitación (isoyetas) cuyo trazado es semejante al de una curva de nivel. El factor de peso es proporcional al área encerrada entre dos isoyetas y la precipitación considerada es la media entre ellas.

Para la construcción de las isoyetas a nivel mensual y anual se emplearon las precipitaciones medias anuales y mensuales de las 11 estaciones completadas y homogenizadas para el periodo de 1966-2006. Estas estaciones son: Pira, Cajamarquilla, Pariacoto, Buena Vista, Aija, Malvas, Pararín, Milpo, Recuay, Huaraz y Yungay.

Además se emplearon estaciones auxiliares en ubicaciones carentes de información. En estas estaciones la precipitación media fue determinada, en función de la altitud, con la ecuación de correlación (ver Cuadro N° 4.5).

En total se aplicó (13) veces el método de isoyetas: (01) vez para la precipitación media anual y (12) veces para la precipitación media mensual. Así mismo se detalló la precipitación areal de la cuenca del río Casma y la precipitación areal de cada unidad hidrográfica menor.

A continuación se describe esta metodología en cada caso.

4.3.1 Media anual

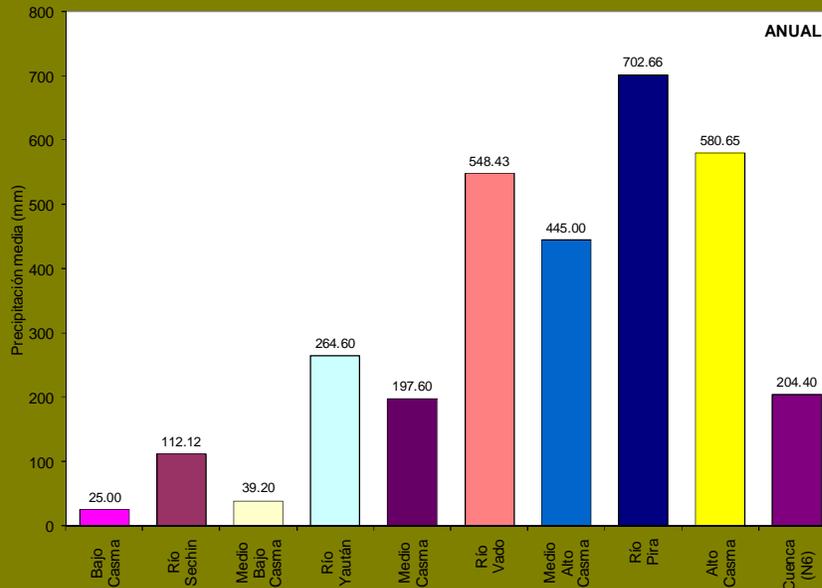
La distribución de isoyetas anuales se realizó cada 50mm y a partir de ella se obtuvo la precipitación media anual para cada una de las unidades hidrográficas tal como se muestra en el siguiente cuadro y gráfico.

Cuadro N° 4.6 Precipitación media anual por Unidad Hidrográfica

UNIDAD HIDROGRAFICA	ANUAL
Bajo Casma	25.0
Río Sechin	112.1
Medio Bajo Casma	39.2
Río Yaután	264.6
Medio Casma	197.6
Río Vado	548.4
Medio Alto Casma	445.0
Río Pira	702.7
Alto Casma	580.7
Cuenca (N6)	204.4

Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 4.9 Precipitación anual por unidad hidrográfica



Fuente: Elaboración propia, 2007

4.3.2 Media mensual

Se determinaron 12 distribuciones de isoyetas. Los meses de diciembre a febrero se generaron cada 10mm; el mes de marzo cada 15mm; los meses de abril, mayo, octubre y noviembre cada 5mm; el mes de

setiembre cada 1mm; los meses de junio y agosto cada 0.5mm; y el mes de julio cada 0.25mm.

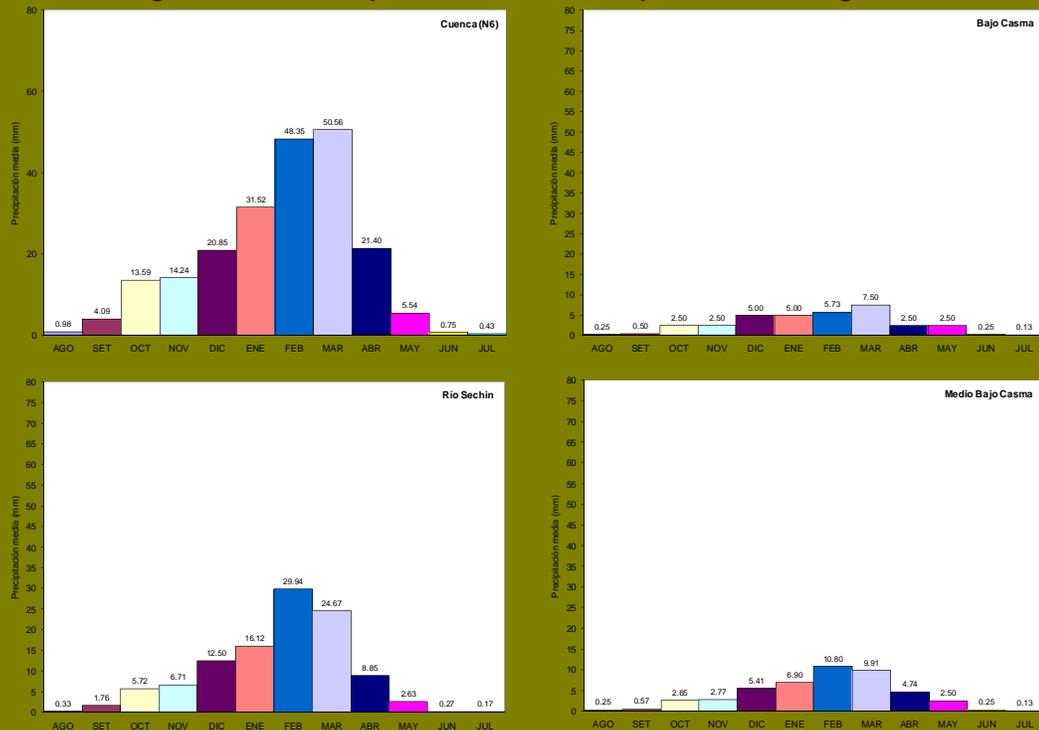
En el cuadro siguiente se presenta la magnitud de la precipitación media mensual para cada una de las unidades hidrográficas y en los gráficos siguientes su distribución mensual.

Cuadro N° 4.7 Precipitación media mensual por Unidad Hidrografica

UNIDAD HIDROGRAFICA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Bajo Casma	5.0	5.7	7.5	2.5	2.5	0.3	0.1	0.3	0.5	2.5	2.5	5.0
Río Sechin	16.1	29.9	24.7	8.8	2.6	0.3	0.2	0.3	1.8	5.7	6.7	12.5
Medio Bajo Casma	6.9	10.8	9.9	4.7	2.5	0.3	0.1	0.3	0.6	2.7	2.8	5.4
Río Yaután	39.1	66.3	66.1	29.4	5.3	0.8	0.4	1.1	4.8	15.4	17.3	23.5
Medio Casma	32.4	56.8	49.9	21.3	3.8	0.5	0.3	0.7	2.6	9.9	10.7	17.3
Río Vado	87.3	115.8	136.1	50.7	11.0	1.2	1.3	2.4	10.3	36.3	37.4	60.9
Medio Alto Casma	71.3	97.4	103.2	49.3	11.9	1.6	1.1	2.5	8.8	29.2	31.9	44.9
Río Pira	106.7	139.6	172.6	80.8	21.3	3.4	1.6	4.2	18.3	56.7	55.4	69.8
Alto Casma	85.2	120.8	147.5	70.3	18.4	3.0	1.5	3.8	15.6	47.4	48.3	56.7
Cuenca (N6)	31.5	48.3	50.6	21.4	5.5	0.7	0.4	1.0	4.1	13.6	14.2	20.9

Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 4.10 Precipitación total mensual por unidad hidrografica

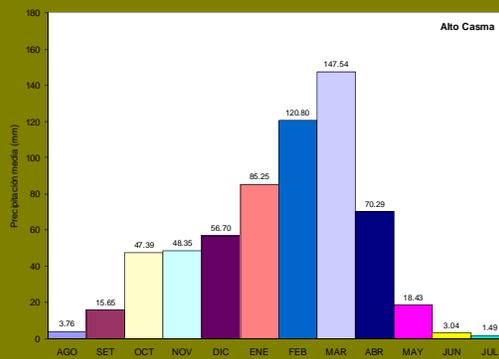
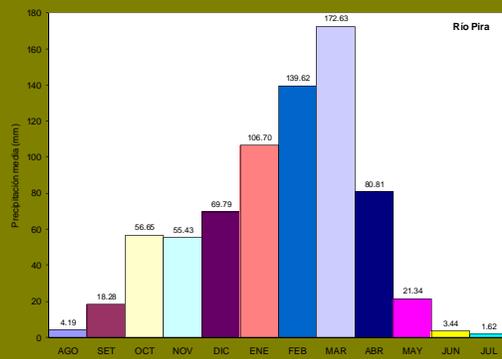
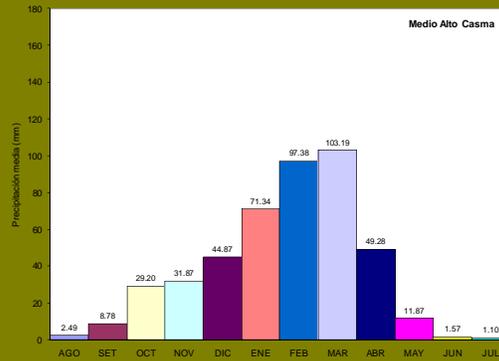
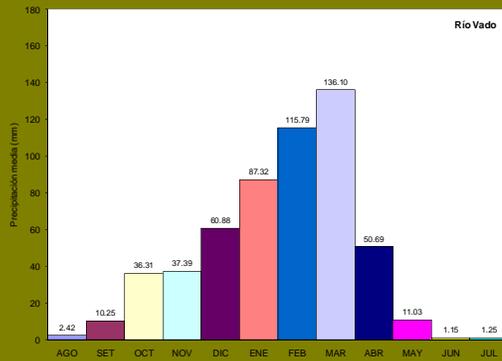
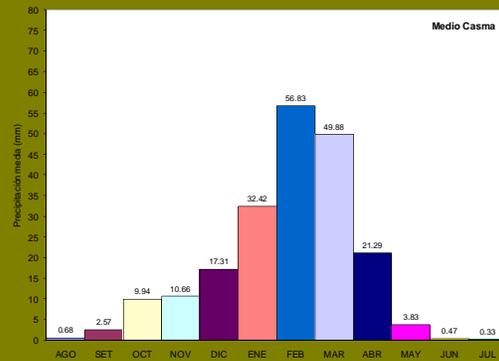
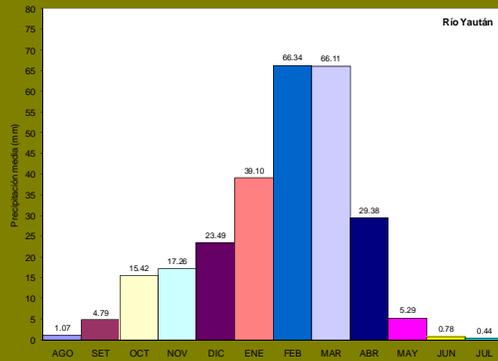


(CONTINUA SIGUIENTE HOJA)

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY

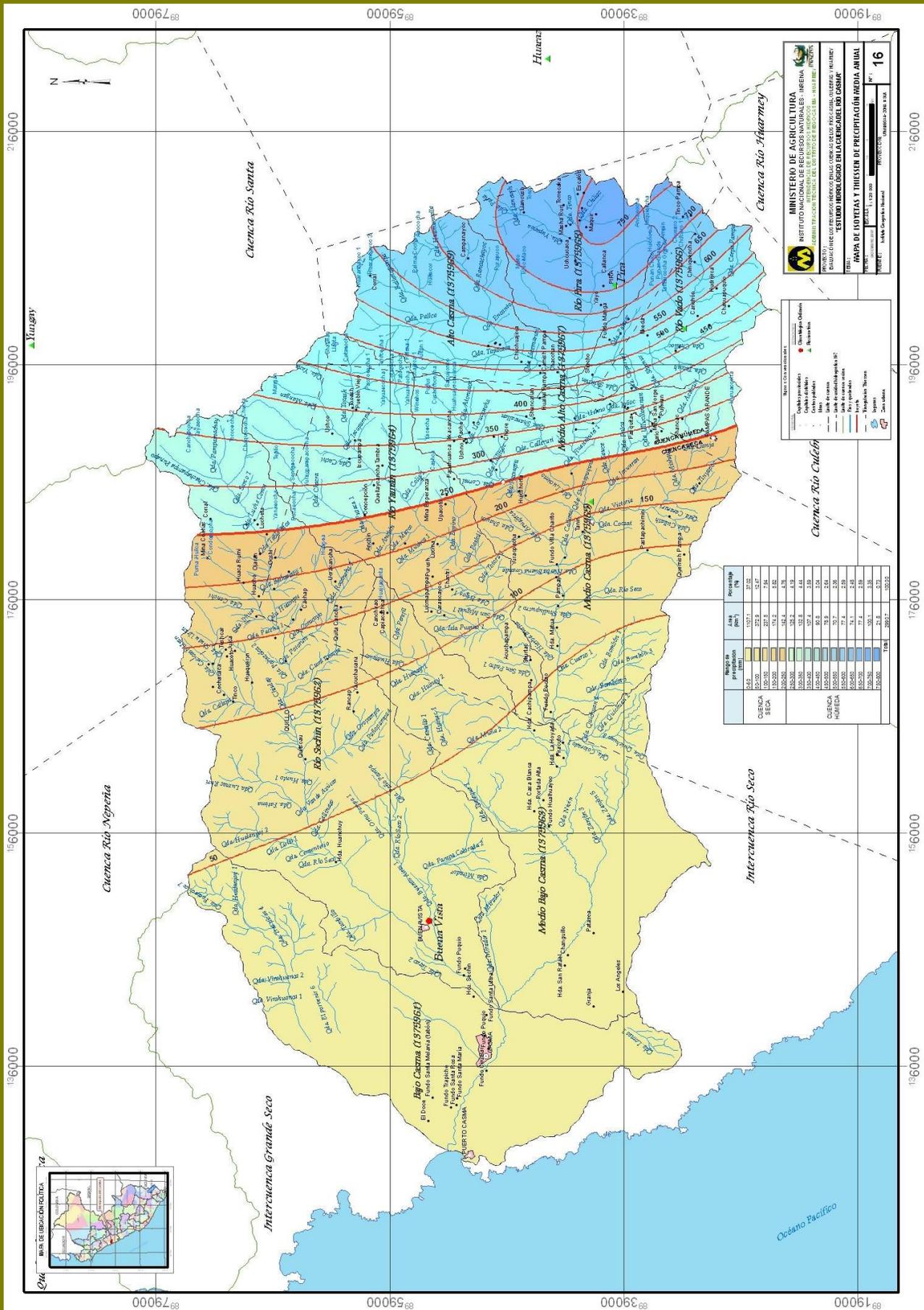
(VIENE DE HOJA ANTERIOR)



Fuente: Elaboración propia, 2007

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMEY



V. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

5.1 RED DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

5.1.1 Funcionamiento

En la cuenca del río Casma se encontraron (05) estaciones hidrométricas y sus registros fueron recopilados de (03) fuentes de información (SENAMHI, ONERN e INRENA)

Al revisar los registros de un mismo periodo y diferente fuente, se encontraron muchas incongruencias relacionadas con el lugar de las mediciones y valores de caudales.

Por esta razón y luego de entrevistar a personal conocedor de la cronología de las mediciones, revisar estudios anteriores y realizar un reconocimiento de campo, se determinó la ubicación de las (05) estaciones hidrométricas en la cuenca del río Casma y su correspondiente periodo de registro confiable.

En conclusión se tienen las estaciones Puente Carretera (Casma), Hacienda Poctao, Puente Carretera (Sechín), Sector Tutuma y Puente Quillo y los periodos confiables se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 5.1 Estaciones Hidrométricas

CODIGO	NOMBRE	TIPO	CUENCA	FUENTE DE AGUA	DPTO.	PROV.	DIST.	UTM ESTE	UTM NORTE	ALT. m.s.n.m.	PERIODO CONFIABLE
202001	PUENTE CARRETERA	Limnimétrica	CASMA	RIO CASMA	ANCASH	SANTA	SANTA	8949725	140686	74	1960-1973 / 2003-2005
202002	HACIENDA POCTAO	Limnigráfica	CASMA	RIO GRANDE	ANCASH	CASMA	CASMA	8944706	165117	500	1965-1969
202003	PUENTE CARRETERA	Limnimétrica	CASMA	RIO SECHIN	ANCASH	CASMA	CASMA	8950474	138305	60	1960-1980 / 2003-2005
202004	SECTOR TUTUMA	Limnimétrica	CASMA	RIO GRANDE	ANCASH	CASMA	BUENA VISTA ALTA	8944074	176492	830	1973-2002
202005	PUENTE QUILLO	Limnimétrica	CASMA	RIO SECHIN	ANCASH	CASMA	BUENA VISTA ALTA	8967487	185275	1189	1973-2002

Fuente: SENAMHI

Estación Hidrométrica Puente Carretera

La Estación Hidrométrica de Puente Carretera (Casma) también denominada “El Carrizal”, se encuentra ubicada en el río Casma aguas arriba del puente de la Carretera Panamericana a una altitud de 74 m.s.n.m.

La ubicación de la Estación en referencia, desde el punto de vista hidráulico es mala; ambos márgenes presentan material granular con presencia de vegetación en una zona en donde el río presenta curvas pronunciadas y el lecho del mismo es móvil, además en esta zona el río se ramifica en dos brazos.

Con relación al control hidrométrico su ubicación es mala, dado que registra los excedentes del caudal del río Casma luego de derivarse aguas arriba de ellas, los requerimientos hídricos necesarios para las áreas de riego

La medición de las descargas se efectuó diariamente. El SENAMHI opero con una mira calibrada con correntómetro. La administración técnica utilizó el método del flotador y correntómetro apoyados en una mira provisional sobre una sección de control variable, aunque muchas veces las descargas se obtuvieron por simple estimación, vulgarmente

denominado “OBC” (ojo de buen cubero).

Las mediciones en esta estación se realizaron por el SENAMHI desde el mes de marzo de 1930 hasta agosto de 1973; y fue reabierta por la administración técnica desde enero del 2003 hasta la actualidad, por lo que el periodo confiable de caudales diarios es de 1960 – 1973 / 2003-2005.

Figura N° 5.1 Foto de la Estación Puente Carretera (Casma)



Fuente: Elaboración propia – foto tomada en julio del 2007

Tal como se aprecia en la foto no quedo ningún rastro de la estación limnimétrica del SENAMHI en la zona, y actualmente la administración técnica cuenta con una sección de control arbitraria sobre la que se realizan mediciones.

Estación Hidrométrica Hacienda Poctao

A nivel de cabecera del valle del río Casma, existió anteriormente la Estación Hidrométrica Hacienda Poctao de tipo limnigráfica, la cual estuvo ubicada aproximadamente a unos 100m. aguas abajo de la confluencia de los ríos Yautan y Grande a una altura de 500 m. La Estación Hacienda Poctao fue instalada por el SENAMHI en el octubre de 1965 y fue totalmente destruida por una crecida del río Casma ocurrida el 16 de Enero de 1970, por lo que el periodo confiable de registros es de octubre de 1965 a diciembre de 1969.

Estación Hidrométrica Puente Carretera (Sechín)

La Estación Hidrométrica Puente Carretera Sechín, se encuentra ubicada en el río Sechín aguas arriba del puente de la carretera Panamericana a una altura de 60 m.s.n.m.

La ubicación de la Estación en referencia, desde el punto de vista hidráulico es buena; ambos márgenes presentan material granular con presencia de vegetación en una zona en donde el río se encuentra en

tramo recto aunque su lecho es móvil.

Con relación al control hidrométrico su ubicación es mala, dado que registra los excedentes del caudal del río Sechín luego de derivarse aguas arriba de ellas, los requerimientos hídricos necesarios para las áreas de riego.

La medición de las descargas se efectuó diariamente. El SENAMHI opero con una mira calibrada con correntómetro. La administración técnica utilizó el método del flotador y correntómetro apoyados en una mira provisional sobre una sección de control variable, aunque muchas veces las descargas se obtuvieron por simple estimación, vulgarmente denominado “OBC” (ojo de buen cubero).

Las mediciones en esta estación se realizaron por el SENAMHI desde 1960 hasta 1980; y fue reabierto por la administración técnica desde enero del 2003 hasta la actualidad, por lo que el periodo confiable de caudales diarios es de 1960 – 1980 / 2003-2005.

Figura N° 5.2 Foto de la Estación Puente Carretera (Sechín)



Fuente: Elaboración propia – foto tomada en julio del 2007

Tal como se aprecia en la foto no se encontró ningún rastro de la estación limnimétrica del SENAMHI en la zona, y actualmente la administración técnica cuenta con una sección de control arbitraria sobre la que se realizan las mediciones.

Estación Hidrométrica Sector Tutuma

La Estación Hidrométrica Sector Tutuma, se encuentra ubicada aguas arriba de la confluencia del río Yaután con el río Grande a 830 m.s.n.m.

La ubicación de la Estación en referencia, desde el punto de vista hidráulico es buena; ambas márgenes presentan material granular con presencia de vegetación en una zona en donde el río no presenta curvas pronunciadas y el lecho del mismo tiene presencia de bolonerías.

La ubicación de esta estación es muy buena, desde el punto de vista de control hidrométrico, por encontrarse a nivel de cabecera del valle, pero no controla los recursos hídricos de la sub cuenca Yaután.

La medición de las descargas se efectuó diariamente. El SENAMHI opero con una mira calibrada con correntómetro. La administración técnica utilizó el método del flotador y correntómetro apoyados en una mira provisional sobre una sección de control variable, aunque muchas veces las descargas se obtuvieron por simple estimación, vulgarmente denominado “OBC” (ojo de buen cubero).

Las mediciones en esta estación se realizaron por el SENAMHI desde septiembre de 1973 hasta diciembre del 1991; y a la par la administración técnica opero desde 1973 hasta diciembre del 2002, por lo que el periodo confiable de caudales diarios es de 1973 – 2002.

Figura N° 5.3 Foto de la Estación Sector Tutuma



Fuente: Elaboración propia – foto tomada en julio del 2007

Tal como se aprecia en la foto no se encontró ningún rastro de la estación limnimétrica del SENAMHI en la zona, y actualmente la administración técnica cuenta con una sección de control arbitraria sobre la que se realizaron las mediciones.

Estación Hidrométrica Puente Quillo

La Estación hidrométrica Puente Quillo, se encuentra sobre el río Sechín aguas arriba del puente en la carretera de acceso a Quillo, aguas arriba de su confluencia con la quebrada Huacuy a una altitud de 1189 m.s.n.m.

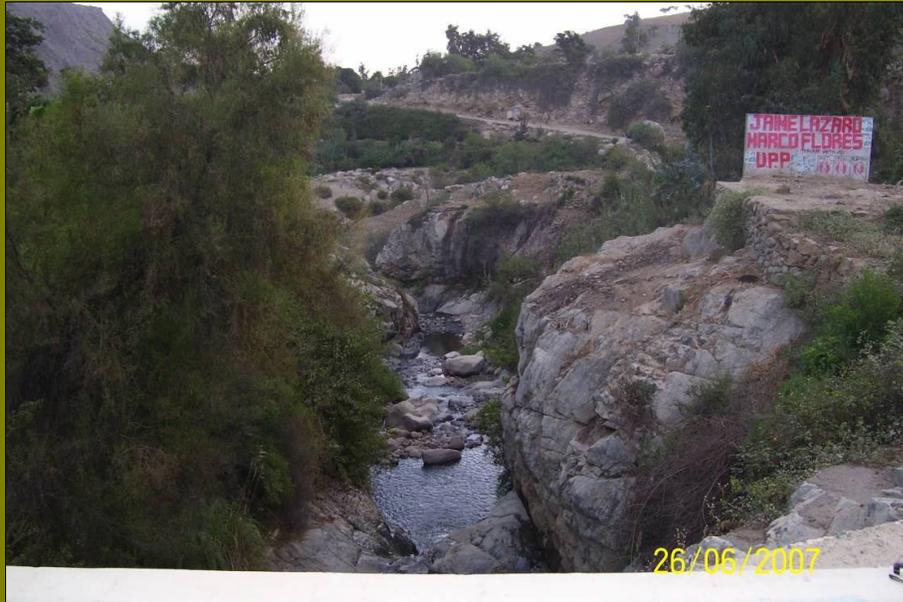
La ubicación de la Estación, desde el punto de vista hidráulico es muy buena; por encontrarse sobre basamento rocoso en una zona donde el río no presenta curvas y presenta una sección muy bien definida y fija.

También, su ubicación es muy buena, desde el punto de vista de control hidrométrico, por encontrarse a nivel de cabecera del valle.

La medición de las descargas se efectuó diariamente. El SENAMHI opero con una mira calibrada con correntómetro. La administración técnica utilizó el método del flotador y correntómetro apoyados en una mira provisional sobre una sección de control variable, aunque muchas veces las descargas se obtuvieron por simple estimación, vulgarmente denominado “OBC” (ojo de buen cubero).

Las mediciones en esta estación se realizaron por el SENAMHI desde 1973 hasta 1990; y a la par la administración técnica opero desde 1973 hasta el 2002, por lo que el periodo confiable de caudales diarios es de 1973 – 2002.

Figura N° 5.4 Foto de la Estación Puente Quillo



Fuente: Elaboración propia – foto tomada en julio del 2007

Tal como se aprecia en la foto no se encontró ningún rastro de la estación limnimétrica del SENAMHI en la zona, y actualmente la administración técnica cuenta con una sección de control arbitraria sobre la que se realizaron las mediciones.

5.1.2 Implementación de nuevas estaciones hidrométricas

La cuenca del río Casma no cuenta con una estación hidrométrica operativa y es de vital importancia que se tomen las medidas necesarias para que se implemente como mínimo una estación.

Según la Organización Meteorológica Mundial en su “Guía de Prácticas Hidrológicas” recomienda para la selección del sitio lo siguiente:

- El curso general del río debe ser recto unos 100m aguas arriba y aguas debajo de la estación de aforo.
- La corriente total debe estar confinada en un solo cauce para todos los niveles y no pueden existir corrientes subterráneas.
- El lecho del río no debe estar sujeto a socavaciones ni a rellenos y debe estar libre de plantas acuáticas

- Las orillas deben ser permanentes, lo suficientemente altas para contener las crecidas y deben estar libres de arbustos.
- Deben haber controles naturales inalterables: afloramientos de roca en el fondo o un cañón estable durante el estiaje, y un cauce encajonado para las crecientes, caídas o cascadas, insumergibles en todos los niveles de manera de tener una relación estable entre el nivel y el caudal. Si no hay condiciones naturales satisfactorias para un control de aguas bajas, se debe prever la instalación de un control artificial.
- Se debe disponer de un sitio conveniente para alojar el limnógrafo, inmediatamente aguas arriba del control, y protegerlo contra posibles daños por los escombros llevados por las aguas durante las crecidas del río. El limnógrafo debe estar por encima de toda crecida probable que pueda ocurrir durante el periodo de vida de la estación.
- El sitio de aforo debe estar lo suficientemente aguas de la confluencia con otro río o de los efectos de la marea, para evitar toda influencia variable que puedan ejercer sobre el nivel en el sitio de la estación.
- Se debe disponer de una longitud de tramo suficiente para medir el caudal a todos los niveles dentro de una razonable disponibilidad de la estación de aforo. No es necesario que las mediciones para aguas altas y bajas se efectúen en la misma sección transversal del río.
- El sitio debe ser fácilmente accesible para facilitar la instalación y el funcionamiento de la estación de aforo.

Sin embargo estas recomendaciones no siempre se pueden cumplir por lo que se debe buscar un sitio con las mejores condiciones posibles.

Finalmente se recomienda que las estaciones se implementen en las cercanías de las actuales estaciones de Sector Tutuma y Puente Quillo porque reúnen las mejores condiciones hidráulicas e hidrológicas. Las consideraciones generales que se debe tomar para la implementación y funcionamiento las nuevas estaciones son:

- Realizar un estudio para el encauzamiento y estabilización de la margen izquierda del río. Previniendo los efectos que el Fenómeno El Niño dejó en épocas pasadas. Para ello se debe simular mediante un modelo hidráulico -incluyendo el encauzamiento diseñado- los niveles que se alcanzarían del río con los caudales de los dos últimos fenómenos y el caudal de diseño para el periodo de vida de la estación (ver análisis de máximas).
- Debido a que aguas arriba de la estación Puente Huamba se encuentran aun algunas captaciones importantes, el reporte de la estación debe ser el registro en la misma mas las aguas captadas en las bocatomas aguas arriba de la estación. De esta manera el registro generado permitirá tener un total conocimiento del régimen natural del río.

5.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

De las (04) estaciones disponibles en la cuenca del río Casma, el estudio seleccionó las (02) estaciones de las cabeceras de los valles de Casma y Sechín ya que sus registros representan los caudales naturales. Estas estaciones son Sector Tutuma en el río Grande y Puente Quillo en el río Sechín y el periodo de análisis es de 1973 al 2002.

Además, con la finalidad de realizar comparaciones con registros de caudales de cuencas aledañas se incorporo (sólo para el proceso de análisis y completación de información) los registros de (02) estaciones y en los periodos que a continuación se muestran:

- Estación Huamba del río Huarmey en cuenca de Huarmey (1973 – 2002)
- Estación Raypa de quebrada Huanchay en cuenca de Culebras (1992 – 2002)

5.2.1 Ajuste Gráfico de errores sistemáticos

En los registros de la estación de Puente Huamba se descartaron los años de 1973 y 2002 debido a que tenían varios meses sin datos redefiniéndose el periodo de datos confiables de análisis de 1974 – 2001.

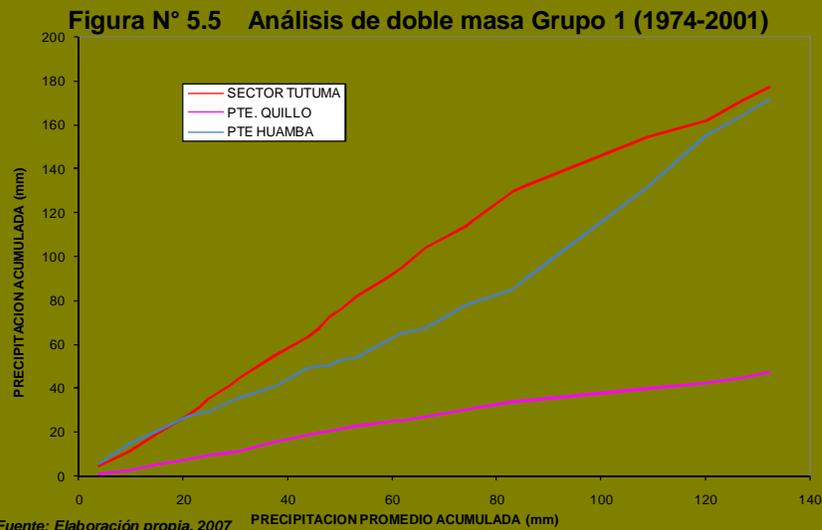
5.2.2 Ajuste de saltos

Antes de realizar el análisis de saltos para las 4 estaciones mencionadas se procedió a completar temporalmente la información faltante con sus correspondientes caudales medios mensuales. El análisis de doble masa se realizó en dos grupos que a continuación se describe

Grupo 1

Se seleccionaron las estaciones de Puente Huamba, Sector Tutuma y Puente Quillo considerando un periodo común de 1974 – 2001.

De la gráfica se detectan saltos importantes para el periodo de 1997 normalizándose en los años posteriores. Este salto no se corrigió debido a que corresponde al comportamiento estacional del fenómeno El Niño 1997 – 1998, en donde los caudales registrados no corresponden a un año medio.

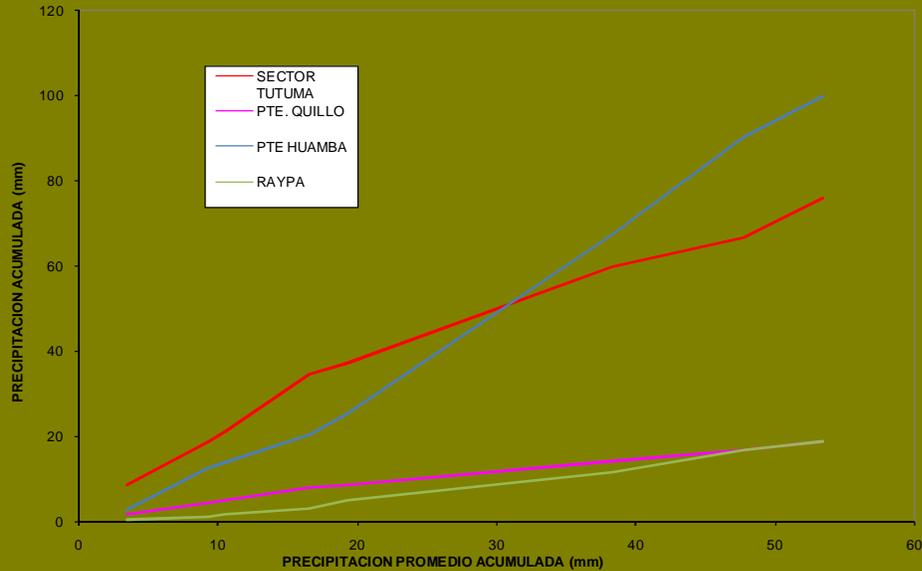


Grupo 2

Se seleccionaron las estaciones de Puente Huamba, Sector Tutuma, Puente Quillo y Raypa considerando un periodo común de 1993 – 2001.

Al introducirse la estación de Raypa en el análisis de saltos se evidencia el mismo comportamiento para el periodo 1997-1998 que ya se analizó en el grupo 1, no encontrándose saltos significativos en otro periodo.

Figura N° 5.6 Análisis de doble masa Grupo 2 (1993-2001)



Fuente: Elaboración propia, 2007

Finalmente no se realizó ninguna corrección por saltos originados por algún cambio de ubicación de las estaciones analizadas.

Se definió el periodo homogéneo y completado de 1974 – 2001 de las estaciones Sector Tutuma y Puente Quillo.

5.2.3 Completación de información

Se completó, para el periodo de 1974 – 2001 los registros hidrométricos de las estaciones de Puente Quillo, Sector Tutuma y Puente Huamba; y para el periodo de 1993 – 2001 los registros de la estación de Raypa.

La información se completó y se extendió, según sea el caso y para el periodo requerido, mediante un análisis de correlación múltiple.

La correlación múltiple se realizó en un solo grupo.

5.2.4 Caudal mensual completado y homogenizado

En el siguiente cuadro, se presentan los caudales medios mensuales de los registros completados de las cuatro estaciones analizadas.

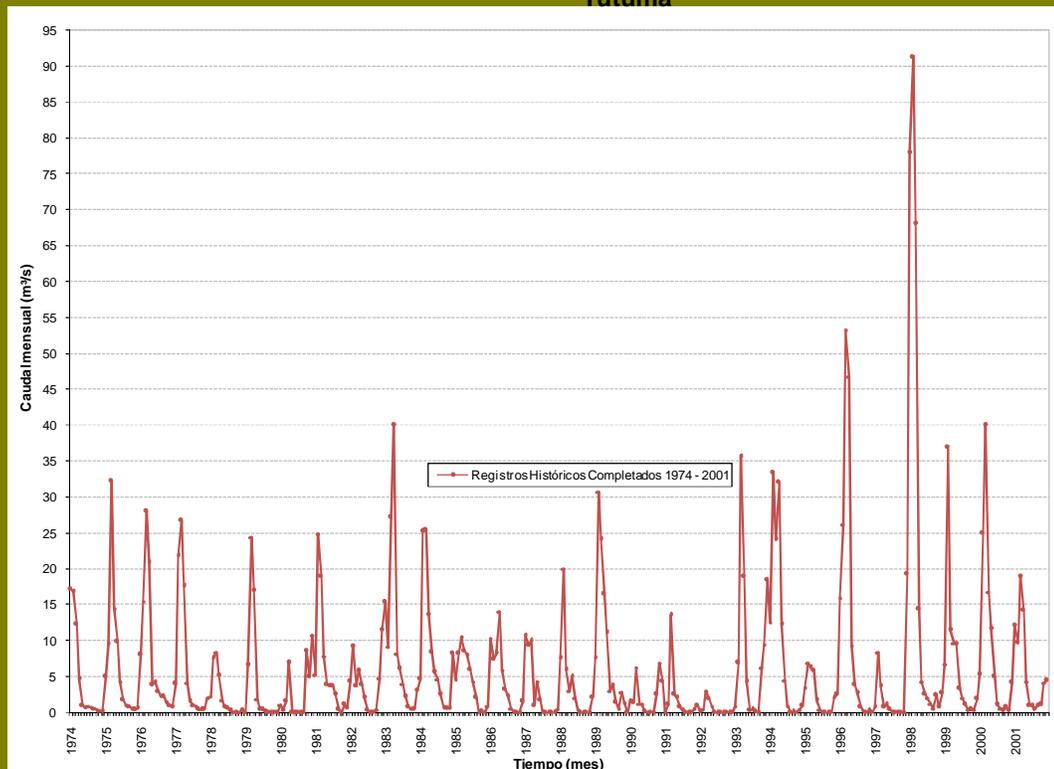
Cuadro N° 5.2 Caudal medio mensual por estación

ESTACION	CUENCA	RÍO O QDA.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
SECTOR TUTUMA	CASMA	GRANDE	8.76	16.80	19.71	12.95	5.13	2.43	1.49	0.76	0.33	1.05	1.47	3.68	6.21
PTE. QUILLO	CASMA	SECHIN	1.80	4.75	5.77	3.83	1.28	0.53	0.28	0.14	0.09	0.21	0.29	0.81	1.65
PTE. HUAMBA	HUARMEY	HUARMEY	6.45	18.00	24.12	13.77	5.65	2.31	1.32	0.63	0.29	0.45	1.07	3.19	6.44
RAYPA	CULEBRAS	HUANCHAY	1.74	4.59	5.80	3.23	1.16	0.48	0.33	0.21	0.11	0.17	0.29	1.01	1.59

Fuente: Elaboración propia, 2007

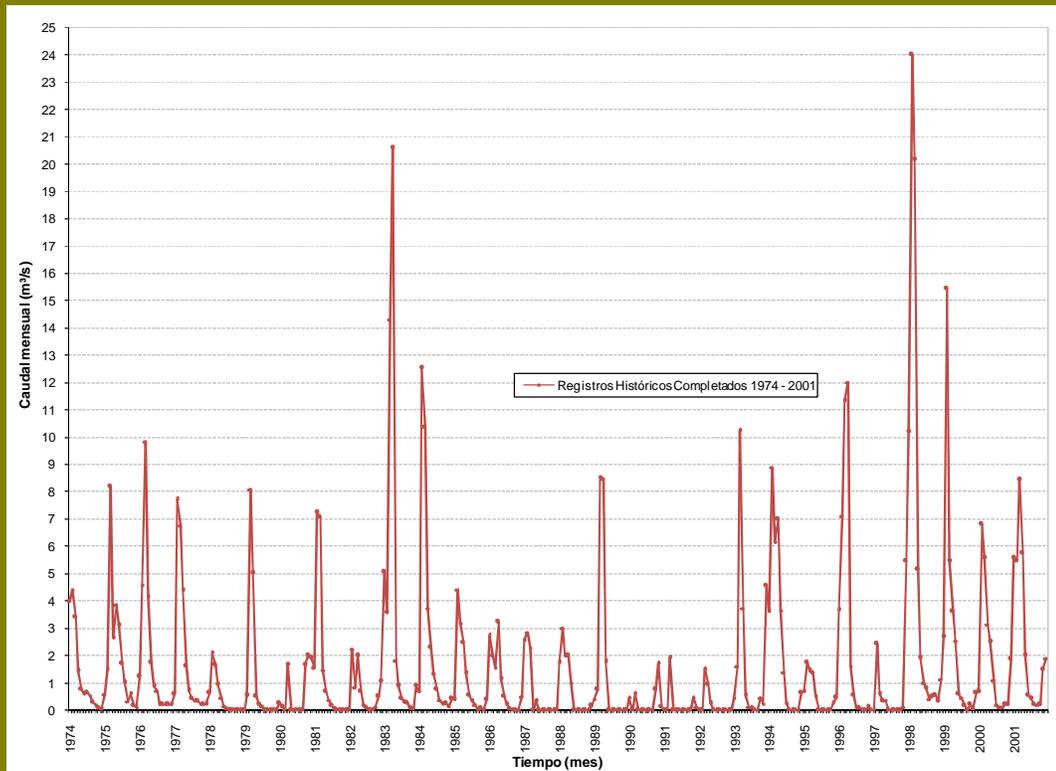
Son de interés para este estudio los registros completados de las estaciones Sector Tutuma y Puente Quillo en el periodo de 1974 – 2001, los mismos que se aprecian en los siguientes gráficos.

Figura N° 5.7 Registros completados de caudales mensuales (1974 – 2001) – Estación Tutuma



Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 5.8 Registros completados de caudales mensuales (1974 – 2001) – Estación Pte. Quillo



Fuente: Elaboración propia, 2007

VI. DISPONIBILIDAD

6.1 MODELACION HIDROLOGICA

6.1.1 Descripción del modelo

Se empleara el modelo de precipitación-escorrentía de Témez para estimar la disponibilidad en las unidades hidrográficas pertenecientes a la cuenca húmeda del río Casma.

El modelo de Temez de tipo 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:

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

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

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

La relación entre el caudal de descarga (Q) y el volumen (V) almacenado en el acuífero es: $Q_i = -\frac{dV_i}{dt}$.

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

$$A_i = T_i - I_i + A_{SUB\ i}$$

Los datos de entrada son la precipitación areal y la evapotranspiración potencial y los datos para la calibración los caudales históricos.

Los parámetros que deben ser calibrados en el modelo son:

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

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 la visualización de los gráficos de (Q_o) Vs (Q_s) y los errores así como a través de fórmulas matemáticas de errores como es el caso del error medio cuadrático.

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

6.1.2 Aplicación del modelo

El modelo de Témez se calibro con los datos de la estación de Tutuma y Quillo para el año hidrológico de 1974/75 - 2000/01.

Los datos de ingreso fueron la precipitación areal y la evapotranspiración potencial de la cuenca colectora hasta la estación de Huamba que hace un área de 868,8 Km² y para la cuenca colectora hasta la estación de Quillo con un área de 252,5 Km².

Los parámetros calibrados obtenidos para Tutuma fueron:

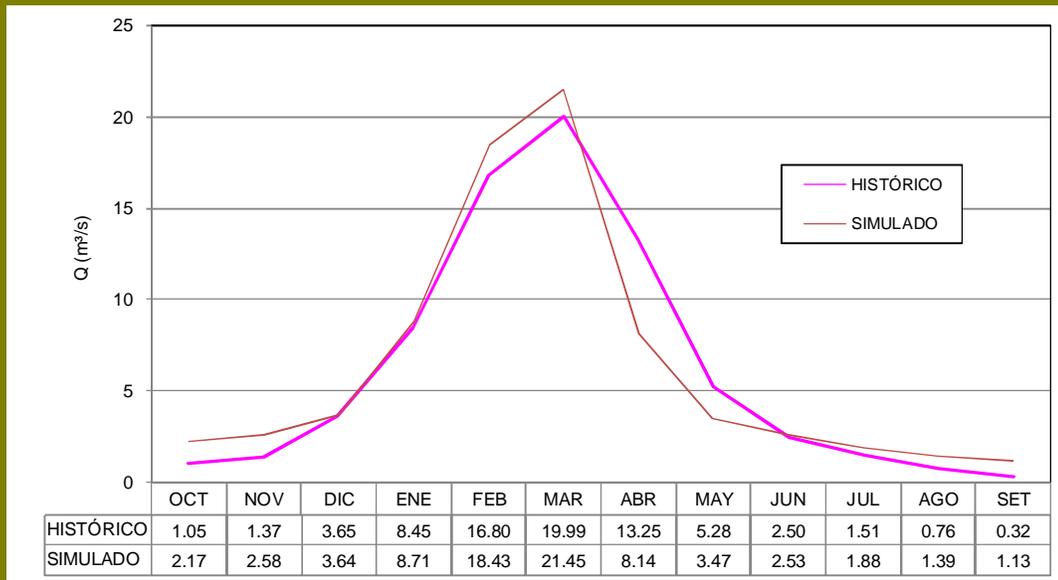
C = 0.1; Hmax = 30; lmax = 30; ;= 0.010; Qo = 1; Ho = 40

Los parámetros calibrados obtenidos para Quillo fueron:

C = 0.1; Hmax = 10; lmax = 30; ;= 0.010; Qo = 1; Ho = 40

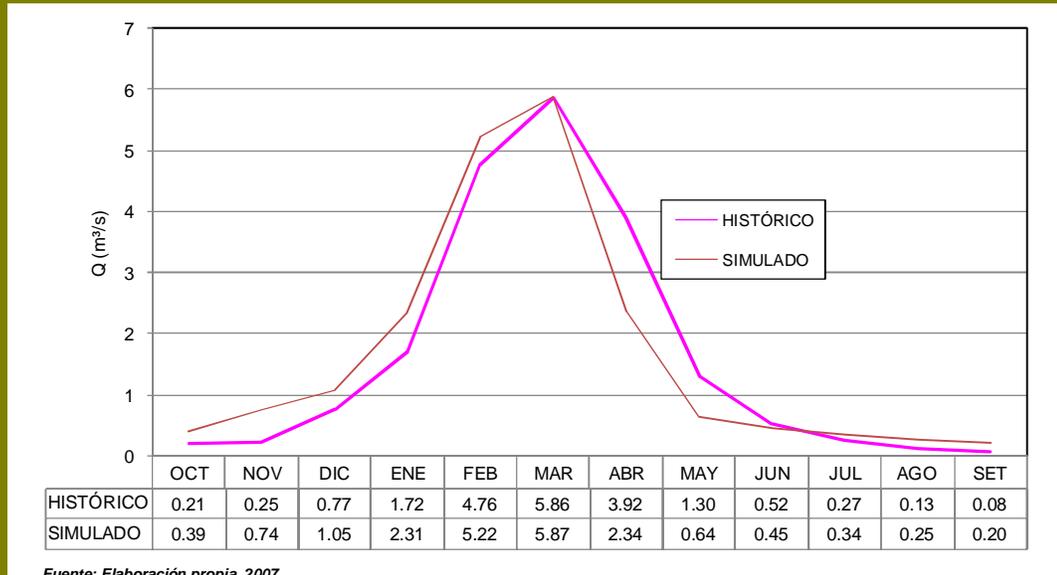
Los ajustes del modelo se aprecian en los siguientes gráficos de caudales medios mensuales históricos y simulados.

Figura N° 6.1 Comparacion de caudal histórico y simulado estacion Tutuma



Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 6.2 Comparacion de caudal histórico y simulado estacion Quillo



En el siguiente ítem se presentan las disponibilidades medias estimadas a partir del modelo de Témez calibrado para las unidades hidrográficas dentro de la cuenca húmeda.

6.2 APORTE DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL – CAUDAL ESPECÍFICO

Con los parámetros calibrados se procedió a simular los caudales a la salida de las unidades hidrográficas que tienen aporte significativo a la cuenca del río Raypa (se consideran aporten significativos aquellos que se encuentran en la cuenca húmeda).

El periodo hidrológico de simulación fue de 1974/75 – 2000/01.

Las unidades hidrográficas que pertenecen a la cuenca húmeda son: Alto Casma, Río Pira, Río Vado, Medio Alto Casma, Medio Casma, Río Yaután y Río Sechín (la simulación se realizo con los parámetros calibrados de Tutuma a excepción del Río Sechín que se realizó con los parámetros de Quillo).

En el siguiente cuadro se muestran los caudales medios estimados para las unidades hidrográficas mencionadas.

Cuadro N° 6.1 Caudales medios por unidad hidrográfica (m³/s)

UNIDAD HIDROGRÁFICA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
Río Sechín	0.14	0.11	1.61	1.94	2.27	2.56	1.36	0.28	0.21	0.16	0.12	0.09	0.90
Río Yaután	0.30	0.49	0.68	1.39	3.24	3.99	1.88	0.81	0.60	0.45	0.33	0.25	1.20
Medio Casma y Medio Alto Casma	0.52	0.68	1.17	2.64	5.04	5.79	2.57	1.11	0.85	0.63	0.47	0.36	1.82
Río Vado	0.36	0.39	0.76	1.74	3.86	3.96	1.15	0.65	0.49	0.36	0.27	0.21	1.18
Río Pira	0.71	0.81	0.96	2.43	5.03	6.12	2.30	0.87	0.60	0.44	0.33	0.29	1.74
Alto Casma	0.58	0.71	0.76	1.91	4.51	5.58	2.12	0.84	0.59	0.44	0.33	0.28	1.55

Fuente: Elaboración propia, 2007

Una forma de medir el rendimiento hídrico por unidad hidrográfica y realizar comparaciones entre ellos es la determinación de sus caudales específicos.

El caudal específico se obtiene dividiendo el caudal medio entre el área de su cuenca colectora.

Al analizar los caudales específicos para las (06) unidades hidrográficas, podemos corroborar que el rendimiento hídrico es mayor donde las precipitaciones son mayores (zonas más altas) tal es el caso de Alto Casma, Río Pira y Río Vado con rendimientos de 8.73, 10.56 y 7.22 respectivamente. Por su parte el Río Yaután tiene un menor rendimiento que alcanza los 3.42, esto debido a que esta unidad hidrográfica abarca no solo las partes altas de la cuenca del río Casma sino también las zonas medias donde las precipitaciones son menores, ese mismo es el caso de Sechin que alcanza un rendimiento de 1.24.

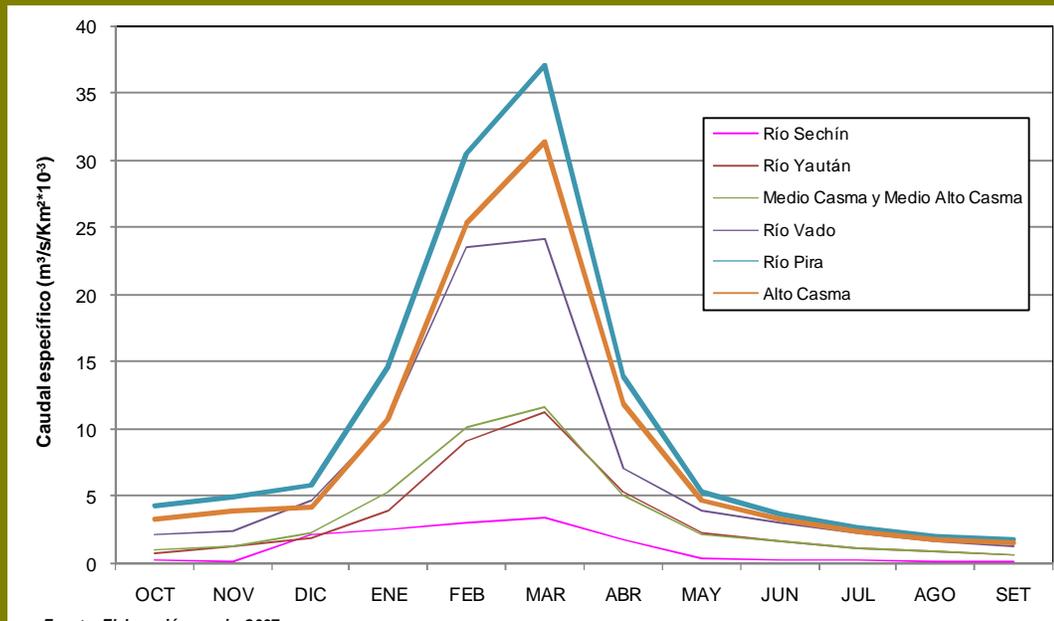
En el siguiente cuadro y figura se muestran los caudales específicos para las (04) unidades hidrográficas.

Cuadro N° 6.2 Caudales específicos por unidad hidrográfica (m³/s/km²x10-3)

UNIDAD HIDROGRÁFICA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
Río Sechín	0.19	0.15	2.20	2.66	3.12	3.51	1.86	0.39	0.29	0.21	0.16	0.12	1.24
Río Yaután	0.84	1.40	1.94	3.96	9.22	11.34	5.34	2.31	1.72	1.27	0.95	0.71	3.42
Medio Casma y Medio Alto Casma	1.05	1.37	2.35	5.32	10.15	11.67	5.18	2.24	1.71	1.27	0.94	0.72	3.66
Río Vado	2.17	2.35	4.63	10.61	23.56	24.21	7.04	3.94	3.00	2.22	1.65	1.27	7.22
Río Pira	4.29	4.92	5.83	14.73	30.52	37.13	13.93	5.30	3.63	2.69	2.00	1.77	10.56
Alto Casma	3.28	3.98	4.26	10.73	25.35	31.36	11.92	4.72	3.33	2.47	1.83	1.55	8.73

Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 6.3 Caudales específicos por unidad hidrográfica ($m^3/s/km^2 \times 10^{-3}$)



Fuente: Elaboración propia, 2007

VII. ANALISIS DE FRECUENCIAS

7.1 ANALISIS DE VALORES MEDIOS

El análisis de frecuencias de valores medios (en nuestro caso caudales), normalmente lo hacemos mediante una curva de persistencia, donde la curva indica el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o excedidos.

La frecuencia de ocurrencia de los caudales medios se plotearon usando la metodología de Weibull cuya formulación se muestra a continuación.

$$P = \frac{m}{(N + 1)} * 100$$

Donde:

P = frecuencia o probabilidad de ocurrencia

m = número de orden

N = número total de valores del registro.

Para nuestro estudio hemos evaluado la frecuencia de ocurrencia en cinco puntos de interés, tres para ser utilizados en el balance de los valles Casma, Sechín y Yaután y dos para las cuencas altas.

El primer punto de interés corresponde a la serie de caudales históricos del río Casma en la estación de Tutuma y para el periodo hidrológico de 1974/75-2000/01. Esta frecuencia de ocurrencia servirá para determinar el balance hídrico en el valle Casma. Ver resultados en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 7.1 Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Casma (m³/s)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	1.051	1.371	3.647	8.447	16.797	19.989	13.255	5.279	2.495	1.511	0.763	0.319	6.244
50%	0.390	0.482	1.620	5.036	9.396	18.903	13.650	4.274	2.090	0.929	0.500	0.067	4.778
75%	0.000	0.067	0.392	1.632	6.929	6.323	5.133	1.872	0.517	0.292	0.000	0.000	1.930
90%	0.000	0.000	0.000	0.232	4.181	6.600	2.043	1.387	0.600	0.000	0.000	0.000	1.254

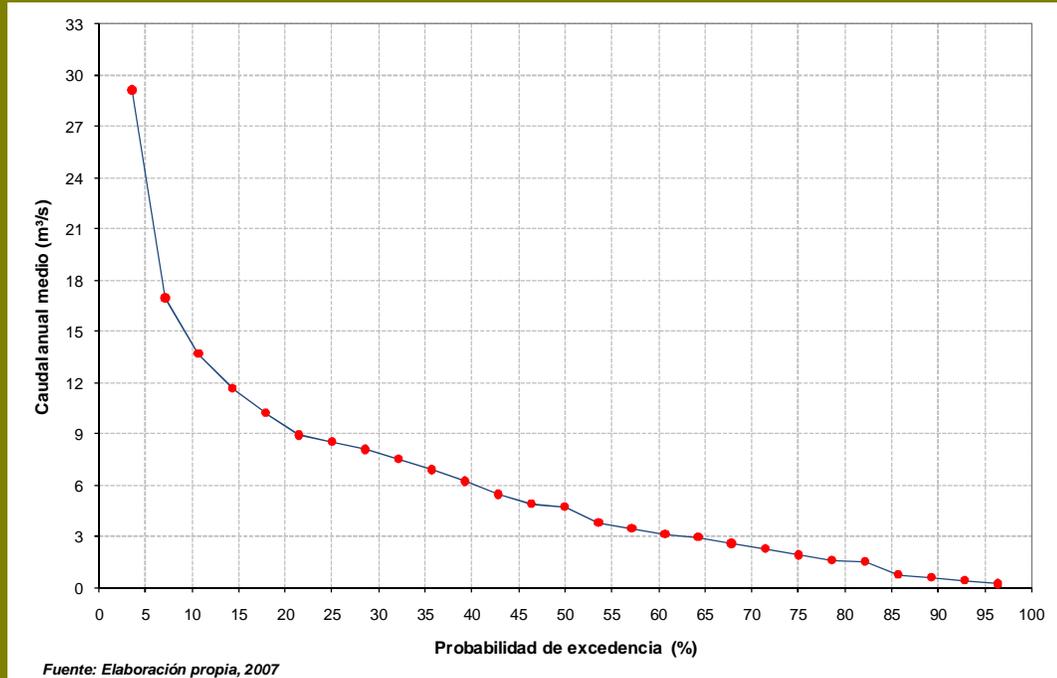
Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 7.2 Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Casma (MMC)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	2.82	3.32	9.77	21.89	44.99	51.81	35.50	14.14	6.47	4.05	1.98	0.86	196.90
50%	1.05	1.17	4.34	13.05	25.17	49.00	36.56	11.45	5.42	2.49	1.30	0.18	150.68
75%	0.00	0.16	1.05	4.23	18.56	16.39	13.75	5.02	1.34	0.78	0.00	0.00	60.85
90%	0.00	0.00	0.00	0.60	11.20	17.11	5.47	3.72	1.56	0.00	0.00	0.00	39.53

Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 7.1 Curva de Duracion de Caudales anuales medios del río Casma en la Estación Tutuma



El segundo punto de interés corresponde a la serie de caudales históricos del río Sechín en la estación de Quillo y para el periodo hidrológico de 1974/75-2000/01. Esta frecuencia de ocurrencia servirá para determinar el balance hídrico en el valle Sechín. Ver resultados en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 7.3 Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Sechín (m³/s)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	0.206	0.251	0.771	1.719	4.764	5.857	3.917	1.302	0.524	0.268	0.129	0.078	1.649
50%	0.080	0.100	0.221	0.678	2.839	5.581	3.133	1.142	0.365	0.146	0.006	0.000	1.191
75%	0.000	0.000	0.000	0.390	1.489	1.555	1.360	0.449	0.000	0.000	0.000	0.000	0.437
90%	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058

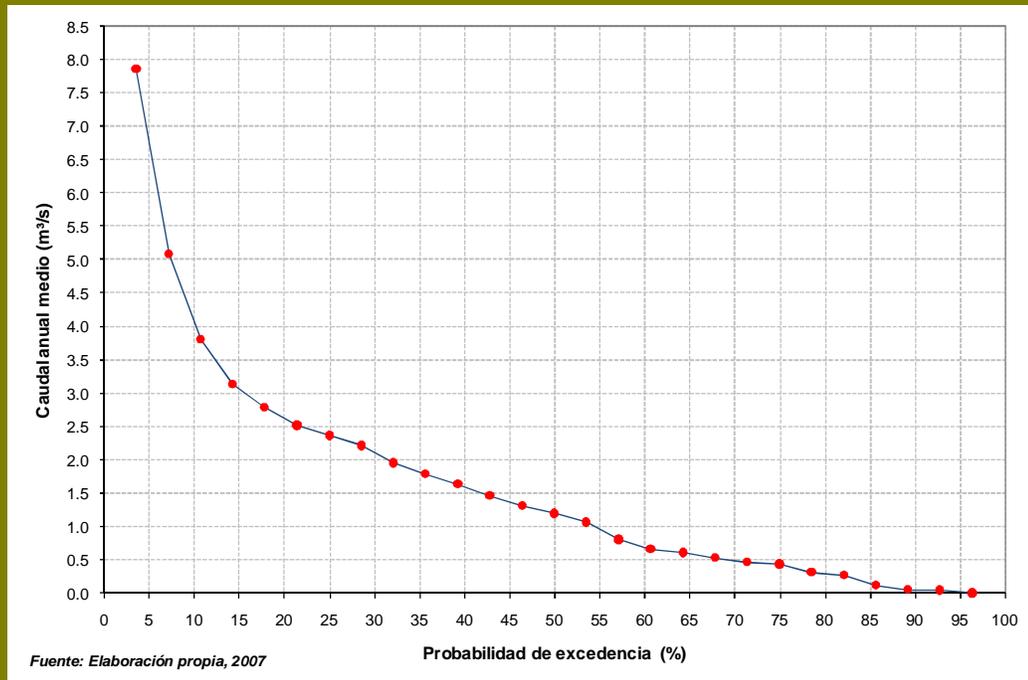
Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 7.4 Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Sechín (MMC)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	0.55	0.61	2.07	4.46	12.76	15.18	10.49	3.49	1.36	0.72	0.33	0.21	52.00
50%	0.21	0.24	0.59	1.76	7.60	14.47	8.39	3.06	0.95	0.39	0.02	0.00	37.56
75%	0.00	0.00	0.00	1.01	3.99	4.03	3.64	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	13.78
90%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.84

Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura N° 7.2 Curva de Duracion de Caudales anuales medios del río Sechín en la Estación Puente Quillo



El tercer punto de interés corresponde a la serie de caudales generados del río Yaután para el periodo hidrológico de 1974/75-2000/01. Esta frecuencia de ocurrencia servirá para determinar el balance hídrico en el valle Yaután. La disponibilidad del río Yaután se realizó por proporción de áreas entre la cuenca hasta la estación Tutuma (868,8 Km²) y la cuenca de Yaután (352,0 Km²). Ver resultados en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 7.5 Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Yaután (m³/s)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	0.426	0.555	1.478	3.422	6.805	8.099	5.370	2.139	1.011	0.612	0.309	0.129	2.530
50%	0.158	0.195	0.656	2.040	3.807	7.659	5.530	1.732	0.847	0.376	0.203	0.027	1.936
75%	0.000	0.027	0.159	0.661	2.807	2.562	2.079	0.759	0.209	0.118	0.000	0.000	0.782
90%	0.000	0.000	0.000	0.094	1.694	2.674	0.828	0.562	0.243	0.000	0.000	0.000	0.508

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 7.6 Persistencia de caudales históricos para balance hídrico del valle Yaután (MMC)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	1.14	1.34	3.96	8.87	18.23	20.99	14.38	5.73	2.62	1.64	0.80	0.35	79.78
50%	0.42	0.47	1.76	5.29	10.20	19.85	14.81	4.64	2.19	1.01	0.53	0.07	61.05
75%	0.00	0.07	0.43	1.71	7.52	6.64	5.57	2.03	0.54	0.32	0.00	0.00	24.66
90%	0.00	0.00	0.00	0.24	4.54	6.93	2.22	1.51	0.63	0.00	0.00	0.00	16.02

Fuente: Elaboración propia, 2007

El cuarto punto de interés corresponde a los caudales simulados del río Casma en la estación de Tutuma sumados al caudal simulado del río Yaután en el punto que determina un área de 311.88Km² y para el periodo hidrológico de 1974/75-2000/01. Esta frecuencia de ocurrencia servirá para determinar el balance hídrico en la cuenca alta de Casma (comunidades campesinas). Ver resultados en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 7.7 Persistencia de caudales simulados para balance hídrico de cuenca alta – Casma (m³/s)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	2.945	3.510	4.954	11.841	25.048	29.150	11.065	4.720	3.437	2.549	1.891	1.537	8.554
50%	1.522	2.066	2.718	10.260	17.055	19.895	8.317	4.865	3.615	2.677	1.984	1.590	6.380
75%	1.114	1.169	1.576	2.908	3.737	7.991	4.675	3.411	2.555	1.903	1.413	1.074	2.794
90%	0.965	1.549	1.359	4.797	4.906	6.985	3.248	3.017	2.528	1.862	1.563	1.074	2.821

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 7.8 Persistencia de caudales simulados para balance hídrico de cuenca alta – Casma (MMC)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	7.89	8.49	13.27	30.69	67.09	75.56	29.64	12.64	8.91	6.83	4.90	4.12	269.76
50%	4.08	5.00	7.28	26.59	45.68	51.57	22.28	13.03	9.37	7.17	5.14	4.26	201.21
75%	2.98	2.83	4.22	7.54	10.01	20.71	12.52	9.14	6.62	5.10	3.66	2.88	88.11
90%	2.58	3.75	3.64	12.43	13.14	18.11	8.70	8.08	6.55	4.99	4.05	2.88	88.96

Fuente: Elaboración propia, 2007

El quinto punto de interés corresponde a la serie de caudales simulados del río Sechín en la estación de Quillo sumados al caudal simulado de la quebrada Huacuy en el punto que determina un área de 39.26 Km² y para el periodo hidrológico de 1974/75-2000/01. Esta frecuencia de ocurrencia servirá para determinar el balance hídrico en la cuenca alta de Sechín (comunidades campesinas). Ver resultados en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 7.9 Persistencia de caudales simulados para balance hídrico de cuenca alta Sechín (m³/s)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	0.453	0.856	1.213	2.673	6.029	6.785	2.707	0.739	0.520	0.388	0.288	0.234	1.907
50%	0.277	0.289	0.312	0.578	3.455	3.409	1.283	0.693	0.508	0.381	0.277	0.220	0.973
75%	0.162	0.185	0.208	0.404	1.294	1.722	0.670	0.508	0.381	0.277	0.208	0.173	0.516
90%	0.208	0.312	0.254	0.196	0.901	2.149	0.763	0.508	0.404	0.277	0.220	0.173	0.531

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 7.10 Persistencia de caudales simulados para balance hídrico de cuenca alta – Sechín (MMC)

PERSISTENCIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
MEDIA	1.21	2.07	3.25	6.93	16.15	17.59	7.25	1.98	1.35	1.04	0.75	0.63	60.14
50%	0.74	0.70	0.84	1.50	9.25	8.84	3.44	1.86	1.32	1.02	0.72	0.59	30.70
75%	0.43	0.45	0.56	1.05	3.47	4.46	1.80	1.36	0.99	0.74	0.54	0.46	16.28
90%	0.56	0.75	0.68	0.51	2.41	5.57	2.04	1.36	1.05	0.74	0.57	0.46	16.73

Fuente: Elaboración propia, 2007

7.2 ANALISIS DE VALORES EXTREMOS

El análisis de valores extremos, en este caso de máximas avenidas, se realiza a partir de los caudales máximos diarios anuales.

La frecuencia de caudales máximos diarios se puede ajustar a una distribución Normal, Gumbel, Log Normal y Log Pearson III.

Con la prueba de Smirnov – Kolmogorov se define la distribución de mejor ajuste.

En el estudio se determinó la distribución de mejor ajuste para los caudales máximos diarios registrados en las estaciones de Sector Tutuma (río Grande) y Puente Quillo (río Sechin) en el periodo de 1974 – 2001, determinándose que, para ambas estaciones, la distribución Log Pearson III presenta el mejor ajuste tal como apreciamos en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 7.11 Prueba de Smirnov-Kolmogorov – Estacion Sector Tutuma

m	x _m	F _o (x _m)	F(x _m) Normal	F _o (x _m)-F(x _m) Normal	F(y _m) Log - Normal	F _o (y _m)-F(y _m) Log - Normal	F(y _m) Pearson III	F _o (y _m)-F(y _m) Pearson III	F(y _m) Log Pearson III	F _o (y _m)-F(y _m) Log Pearson III
1	410.00	0.965517	0.999998	0.034481	0.990103	0.024586	0.992097	0.026580	0.996345	0.030828
2	120.00	0.931034	0.785134	0.145900	0.869821	0.061214	0.879268	0.051767	0.875070	0.055965
3	100.00	0.896552	0.699743	0.196809	0.828124	0.068427	0.843896	0.052656	0.828159	0.068393
4	90.00	0.862069	0.651978	0.210091	0.800518	0.061550	0.820890	0.041178	0.797200	0.064869
5	84.50	0.827586	0.624574	0.203012	0.782789	0.044797	0.806180	0.021406	0.777392	0.050195
6	80.00	0.793103	0.601669	0.191435	0.766690	0.026413	0.792702	0.000401	0.759232	0.033871
7	80.00	0.758621	0.601669	0.156952	0.766690	0.008069	0.792645	0.034025	0.759191	0.000570
8	80.00	0.724138	0.601669	0.122469	0.766690	0.042552	0.792619	0.068481	0.759166	0.035028
9	65.00	0.689655	0.523196	0.166459	0.700000	0.010345	0.736717	0.047061	0.686109	0.003546
10	60.00	0.655172	0.496680	0.158492	0.672173	0.017000	0.712823	0.057650	0.656161	0.000989
11	60.00	0.620690	0.496680	0.124010	0.672173	0.051483	0.712726	0.092036	0.656031	0.035342
12	50.00	0.586207	0.443810	0.142397	0.605326	0.019119	0.652300	0.066093	0.584362	0.001845
13	50.00	0.551724	0.443810	0.107914	0.605326	0.053601	0.652257	0.100533	0.584560	0.032836
14	47.00	0.517241	0.428099	0.089142	0.581795	0.064554	0.629448	0.112207	0.560244	0.043003
15	43.62	0.482759	0.410535	0.072223	0.553027	0.070268	0.599998	0.117240	0.530628	0.047869
16	40.00	0.448276	0.391922	0.056354	0.519288	0.071012	0.561803	0.113528	0.496324	0.048048
17	40.00	0.413793	0.391922	0.021871	0.519288	0.105495	0.561436	0.147643	0.496599	0.082806
18	33.90	0.379310	0.361130	0.018180	0.454671	0.075360	0.471388	0.092077	0.431965	0.052655
19	33.40	0.344828	0.358642	0.013815	0.448901	0.104073	0.461618	0.116790	0.426289	0.081461
20	32.00	0.310345	0.351710	0.041365	0.432339	0.121994	0.428128	0.117784	0.410071	0.099726
21	25.80	0.275862	0.321623	0.045760	0.351385	0.075523	0.057981	0.217881	0.332236	0.056374
22	19.30	0.241379	0.291292	0.049913	0.252645	0.011266	0.023554	0.217826	0.239551	0.001829
23	15.00	0.206897	0.271991	0.065095	0.180536	0.026361	0.014720	0.192176	0.172665	0.034232
24	13.00	0.172414	0.263236	0.090822	0.146025	0.026389	0.011956	0.160458	0.140779	0.031635
25	8.00	0.137931	0.241995	0.104064	0.063049	0.074882	0.006972	0.130959	0.061770	0.076161
26	7.00	0.103448	0.237862	0.134413	0.048397	0.055051	0.006289	0.097160	0.046983	0.056466
27	5.00	0.068966	0.229712	0.160746	0.023268	0.045698	0.005011	0.063955	0.020842	0.048124
28	5.00	0.034483	0.229712	0.195229	0.023268	0.011215	0.005009	0.029474	0.020711	0.013771

Δ max	0.210091	0.121994	0.217881	0.099726
Δ crítico	0.250705			
nivel de significancia α	0.05			
CONDICION	Δ crítico > Δ max	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 7.12 Prueba de Smirnov-Kolmogorov – Estacion Puente Quillo

m	x _m	F _c (x _m)	F(x _m) Normal	F _c (x _m)-F(x _m) Normal	F(y _m) Log - Normal	F _c (y _m)-F(y _m) Log - Normal	F(y _m) Pearson III	F _c (y _m)-F(y _m) Pearson III	F(y _m) Log Pearson III	F _c (y _m)-F(y _m) Log Pearson III
1	60.00	0.965517	0.998552	0.033034	0.931315	0.034202	0.986644	0.021126	0.991093	0.025576
2	40.00	0.931034	0.942103	0.011068	0.868331	0.062704	0.924728	0.006307	0.910142	0.020892
3	40.00	0.896552	0.942103	0.045551	0.868331	0.028221	0.924732	0.028180	0.910115	0.013563
4	40.00	0.862069	0.942103	0.080034	0.868331	0.006262	0.924742	0.062673	0.909846	0.047777
5	35.00	0.827586	0.888998	0.061412	0.840771	0.013184	0.886426	0.058840	0.866033	0.038447
6	27.00	0.793103	0.745017	0.048087	0.777167	0.015937	0.786939	0.006164	0.765027	0.028076
7	20.00	0.758621	0.566257	0.192363	0.688263	0.070357	0.645876	0.112744	0.637423	0.121197
8	20.00	0.724138	0.566257	0.157881	0.688263	0.035875	0.645876	0.078262	0.637423	0.086715
9	20.00	0.689655	0.566257	0.123398	0.688263	0.001392	0.645545	0.044110	0.637335	0.052320
10	19.20	0.655172	0.544041	0.111131	0.675075	0.019903	0.625672	0.029500	0.619267	0.035905
11	18.50	0.620690	0.524486	0.096203	0.662883	0.042193	0.607611	0.013078	0.604083	0.016606
12	18.00	0.586207	0.510480	0.075727	0.653776	0.067570	0.594517	0.008310	0.592598	0.006391
13	15.60	0.551724	0.443371	0.108353	0.604868	0.053144	0.525971	0.025753	0.533560	0.018164
14	15.00	0.517241	0.426771	0.090471	0.591131	0.073890	0.507848	0.009394	0.517163	0.000079
15	15.00	0.482759	0.426771	0.055988	0.591131	0.108373	0.507647	0.024888	0.517756	0.034997
16	15.00	0.448276	0.426771	0.021505	0.591131	0.142855	0.508016	0.059740	0.517629	0.069353
17	13.00	0.413793	0.372521	0.041272	0.540180	0.126387	0.444620	0.030827	0.461885	0.048092
18	10.00	0.379310	0.295960	0.083351	0.445647	0.066337	0.343539	0.035772	0.369474	0.009837
19	10.00	0.344828	0.295960	0.048868	0.445647	0.100819	0.343595	0.001232	0.369685	0.024858
20	10.00	0.310345	0.295960	0.014385	0.445647	0.135302	0.343109	0.032764	0.369567	0.059222
21	8.52	0.275862	0.260944	0.014918	0.388887	0.113025	0.291680	0.015818	0.319496	0.043634
22	7.80	0.241379	0.244878	0.003499	0.358813	0.117434	0.266788	0.025409	0.294176	0.052797
23	4.20	0.206897	0.172650	0.034246	0.178229	0.028667	0.145889	0.061008	0.155999	0.050897
24	4.00	0.172414	0.169081	0.003333	0.166944	0.005469	0.139596	0.032817	0.148041	0.024373
25	3.22	0.137931	0.155619	0.017688	0.122473	0.015458	0.115799	0.022132	0.115615	0.022316
26	3.00	0.103448	0.151953	0.048505	0.109951	0.006503	0.109318	0.005869	0.106270	0.002821
27	1.00	0.068966	0.121267	0.052302	0.013158	0.055807	0.055739	0.013227	0.022341	0.046625
28	0.50	0.034483	0.114330	0.079847	0.002192	0.032291	0.044772	0.010289	0.004774	0.029709

Δ max	0.192363	0.142855	0.112744	0.121197
-------	----------	----------	----------	----------

Δ crítico	0.250705	Mejor Ajuste			
nivel de significancia α	0.05				
CONDICION	Δ crítico > Δ max	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta

Fuente: Elaboración propia, 2007

Con el cálculo de caudales máximos diarios en los ríos Grande (estación Sector Tutuma) y Sechín (estación Puente Quillo) para un determinado tiempo de retorno, procedimos a determinar sus correspondientes caudales máximos instantáneos, a partir de una formulación empírica conocida como relación de Fuller que transforman las descargas máximas diarias a instantáneas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q_i = c Q_d$$

Siendo:

$$c = 1 + \frac{a}{A^b}$$

Y donde:

Q_i: caudal máximo instantáneo en m³/s

Q_d: caudal máximo diario en m³/s

A: área de la cuenca en km²

a,b: constante característico, igual a 2.7 y 0.3 respectivamente

Los caudales máximos diarios e instantáneos estimados mediante la distribución de Log Pearson III para los dos ríos y para diferentes tiempos de retorno se aprecian en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 7.13 Caudales máximos instantaneos de Sector Tutuma (río Grande)

PERIODO DE RETORNO	DISTRIBUCION DE CAUDALES ESTIMADOS				CAUDAL MÁXIMO DIARIO	CAUDAL MÁXIMO INSTANTANEO
	NORMAL	GUMBEL	LOG-NORMAL	LOG-PEARSON III		
2	63.00	51.00	44.00	37.00	37.00	46.05
5	125.00	116.00	86.00	86.00	86.00	107.04
10	157.00	159.00	122.00	140.00	140.00	174.26
25	192.00	214.00	177.00	223.00	223.00	277.57
50	214.00	254.00	225.00	295.00	295.00	367.19
100	235.00	294.00	279.00	373.00	373.00	464.27
200	253.00	335.00	340.00	456.00	456.00	567.58
500	275.00	387.00	431.00	573.00	573.00	713.21
1000	291.00	427.00	510.00	667.00	667.00	830.21

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 7.14 Caudales máximos instantaneos de Puente Quillo (río Sechin)

PERIODO DE RETORNO	DISTRIBUCION DE CAUDALES ESTIMADOS				CAUDAL MÁXIMO DIARIO	CAUDAL MÁXIMO INSTANTANEO
	NORMAL	GUMBEL	LOG-NORMAL	LOG-PEARSON III		
2	18.00	16.00	13.00	15.00	15.00	18.67
5	30.00	28.00	26.00	28.00	28.00	34.85
10	36.00	36.00	37.00	36.00	36.00	44.81
25	42.00	46.00	54.00	47.00	47.00	58.50
50	46.00	54.00	69.00	55.00	55.00	68.46
100	50.00	61.00	86.00	62.00	62.00	77.17
200	54.00	69.00	105.00	70.00	70.00	87.13
500	58.00	79.00	134.00	79.00	79.00	98.33
1000	61.00	86.00	158.00	86.00	86.00	107.04

Fuente: Elaboración propia, 2007

7.3 ANÁLISIS DE SEQUIAS

Seqüía, tomando en consideración su definición objetivo, se produce cuando la demanda de agua es mayor a la disponibilidad en un intervalo de tiempo.

El método empleado para determinar la seqüía crítica es el RUN y para obtener un resultado estándar se desarrollo el análisis de seqüía considerando que la demanda es la media de los datos de disponibilidad (en nuestro caso los caudales medios mensuales).

Los parámetros de un análisis de seqüía son:

- Duración: Suma de intervalos de tiempo sucesivos en el que permanece la seqüía.

- Magnitud: Integración de los intervalos de tiempo sucesivos en el que permanece la sequía.
- Severidad o Intensidad: Es la división entre la magnitud y la duración. Nos indica que cantidad de déficit se produce por unidad de tiempo
- Déficit hídrico porcentual: Es lo que requiere el caudal histórico para llegar a cubrir la demanda

La definición de sequía más crítica es aquella que presenta la mayor severidad o intensidad y por ende mayor déficit hídrico porcentual.

7.3.1 Sequía crítica anual

Adoptando una demanda uniforme de 6.21m³/s en el Sector Tutuma y 1.65 m³/s en Puente Quillo se presentaron en el río Grande y el río Sechin respectivamente, para un periodo de 28 años (1974 – 2001), 7 y 6 sequías respectivamente con duraciones que van desde 5 años hasta 1 año, siendo la más común las sequías de duración de un año y entre las menos frecuentes están las de 5,4 y 3 años de duración que solo se presentaron una vez.

La sequia de mayor duración se presento de 1978 a 1982 (5 años) con una severidad 74.23 hm³/año para Sector Tutuma y de 1978 a 1982 (5 años) con una severidad 23.39 hm³/año para Puente Quillo

La sequía más crítica se presentó con una severidad de 146.72 hm³/año, un déficit hídrico de 75.9%, con una duración de 3años continuos en el periodo de 1990 a 1992 para el Sector Tutuma y una severidad de 44.34 hm³/año, un déficit hídrico de 85.3%, con una duración de 3años continuos en el periodo de 1990 a 1992 para Puente Quillo.

En los siguientes cuadros se presentan las características más importantes de las sequías anuales para la cuenca del río Casma en las zonas de Sector Tutuma y Puente Quillo.

Cuadro N° 7.15 Sequía crítica anual – Sector Tutuma (rio Grande)

Periodo de evento		Duracion (años)	Magnitud		Severidad o Intensidad		Deficit Hídrico (%)	Observación
Inicio	Fin		Caudal total (m3/s)	Volumen Total (MMC)	Caudal promedio (m3/s/año)	Vol. promedio (MMC/año)		
1990	1992	3	14.15	446.17	4.72	146.72	75.9%	Más severo
1995	1995	1	3.77	118.96	3.77	118.96	60.7%	mas frecuente
1997	1997	1	3.33	104.98	3.33	104.98	53.6%	mas frecuente
1978	1982	5	11.77	371.17	2.35	74.23	37.9%	Mayor duración
1985	1988	4	8.98	283.07	2.24	70.77	36.1%	
1974	1974	1	1.58	49.79	1.58	49.79	25.4%	mas frecuente
2001	2001	1	0.17	5.40	0.17	5.40	2.8%	mas frecuente

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 7.16 Sequía crítica anual – Puente Quillo (rio Sechín)

Periodo de evento		Duracion (años)	Magnitud		Severidad o Intensidad		Deficit Hídrico (%)	Observación
Inicio	Fin		Caudal total (m3/s)	Volumen Total (MMC)	Caudal promedio (m3/s/año)	Vol. promedio (MMC/año)		
1990	1992	3	4.22	133.01	1.41	44.34	85.3%	Mas severo
1995	1995	1	1.11	35.00	1.11	35.00	67.3%	mas frecuente
1997	1997	1	0.88	27.66	0.88	27.66	53.2%	mas frecuente
1985	1988	4	2.99	94.44	0.75	23.61	45.4%	
1978	1982	5	3.71	116.93	0.74	23.39	45.0%	Mayor duración
1974	1974	1	0.29	9.04	0.29	9.04	17.4%	mas frecuente

Fuente: Elaboración propia, 2007

7.3.2 Sequía crítica mensual

Al realizar un análisis mensual observamos que los meses de estiaje de mayo a diciembre y junio a enero son frecuentes de estar en sequía, coincidiendo con los periodos de estiaje que suceden año a año en la costa de nuestro país.

La sequía de mayor duración se presentó de abril de 1991 a enero de 1993 (22 meses) con una severidad 14.64 hm³/mes para Sector Tutuma y abril de 1991 a febrero de 1993 (23 meses) con una severidad 3.74 hm³/mes para Puente Quillo

La sequía más crítica se presentó con una severidad de 16.43 hm³/mes, un déficit hídrico de 100.0%, con una duración de 5 meses continuos en el periodo de mayo a septiembre de 1980 para el Sector Tutuma y una severidad de 4.35 hm³/año, un déficit hídrico de 99.7%, con una duración de 5 meses continuos en el periodo de mayo a septiembre de 1980 para Puente Quillo.

En los siguientes cuadros se presentan las características más importantes de las sequías mensuales para la cuenca del río Casma en las zonas de Sector Tutuma y Puente Quillo.

Cuadro N° 7.17 Sequia crítica mensual – Sector Tutuma (rio Grande)

Periodo de evento				Duracion (meses)	Magnitud		Severidad o Intensidad		Deficit Hídrico (%)	Observación
Inicio		Fin			Caudal total (m ³ /s)	Volumen Total (MMC)	Caudal promedio (m ³ /s/mes)	Vol. promedio (MMC/mes)		
may	1980	sep	1980	5	31.07	82.13	6.21	18.43	100.0%	Max sequia
may	1979	mar	1980	11	62.38	164.00	5.67	14.91	91.3%	
abr	1991	ene	1993	22	122.22	322.04	5.56	14.64	89.4%	Mayor duración
mar	1997	nov	1997	9	49.72	131.15	5.52	14.57	88.9%	
abr	1987	dic	1987	9	48.53	128.06	5.39	14.23	86.8%	
abr	1978	ene	1979	10	53.18	140.82	5.32	14.08	85.6%	
may	1993	sep	1993	5	25.85	68.20	5.17	13.64	83.2%	
jun	1996	ene	1997	8	40.90	108.33	5.11	13.54	82.3%	mas frecuente
jun	1994	ene	1995	8	39.41	104.36	4.93	13.05	79.3%	mas frecuente
jun	1975	dic	1975	7	33.97	89.86	4.85	12.84	78.1%	
abr	1995	dic	1995	9	43.29	114.52	4.81	12.72	77.4%	
abr	1974	ene	1975	10	47.81	126.43	4.78	12.64	76.9%	
may	1977	ene	1978	9	42.79	113.22	4.75	12.58	76.5%	
jun	1989	oct	1990	17	78.28	205.76	4.60	12.10	74.1%	
may	1986	dic	1986	8	36.02	95.15	4.50	11.89	72.5%	mas frecuente
jun	2000	dic	2000	7	31.27	82.63	4.47	11.80	71.9%	
mar	1988	dic	1988	10	43.61	115.10	4.36	11.51	70.2%	
jun	1999	ene	2000	8	34.81	91.99	4.35	11.50	70.0%	mas frecuente
jun	1985	dic	1985	7	30.06	79.42	4.29	11.35	69.1%	
dic	1990	feb	1991	3	13.12	33.82	4.37	11.27	70.4%	
may	1998	dic	1998	8	33.09	87.35	4.14	10.92	66.6%	mas frecuente
may	2001	dic	2001	8	32.21	85.18	4.03	10.65	64.8%	mas frecuente
may	1981	ene	1982	9	35.37	93.59	3.93	10.40	63.3%	
mar	1982	nov	1982	9	34.85	92.30	3.87	10.26	62.3%	
jun	1984	nov	1984	6	22.44	59.10	3.74	9.85	60.2%	
may	1976	ene	1977	9	33.17	87.88	3.69	9.76	59.3%	
jun	1983	ene	1984	8	27.73	73.32	3.47	9.16	55.8%	mas frecuente
ene	1985	ene	1985	1	1.65	4.41	1.65	4.41	26.5%	
nov	1980	nov	1980	1	1.22	3.16	1.22	3.16	19.6%	
ene	1981	ene	1981	1	0.99	2.64	0.99	2.64	15.9%	

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 7.18 Sequía crítica mensual – Puente Quillo (rio Sechín)

Periodo de evento				Duracion (meses)	Magnitud		Severidad o Intensidad		Deficit Hídrico (%)	Observación
Inicio		Fin			Caudal total (m3/s)	Volumen Total (MMC)	Caudal promedio (m3/s/mes)	Vol. promedio (MMC/mes)		
may	1980	sep	1980	5	8.22	21.73	1.64	4.38	99.7%	Mas sequia
abr	1987	dic	1987	9	14.50	38.27	1.61	4.25	97.7%	
dic	1990	feb	1991	3	4.83	12.51	1.61	4.17	97.7%	
jun	1989	oct	1990	17	26.25	69.02	1.54	4.06	93.7%	
may	1979	mar	1980	11	16.85	44.34	1.53	4.03	93.0%	
mar	1997	nov	1997	9	13.47	35.55	1.50	3.95	90.8%	
may	1993	nov	1993	7	10.15	26.79	1.45	3.83	88.0%	
abr	1978	feb	1979	11	16.00	42.08	1.45	3.83	88.2%	
abr	1991	feb	1993	23	32.65	86.00	1.42	3.74	86.1%	Mayor duración
may	1988	feb	1989	10	14.16	37.27	1.42	3.73	85.9%	
may	1996	ene	1997	9	12.41	32.86	1.38	3.65	83.6%	
abr	1981	ene	1982	10	13.77	36.48	1.38	3.65	83.6%	
may	1986	dic	1986	8	10.79	28.52	1.35	3.57	81.8%	mas frecuente
jun	2000	nov	2000	6	8.02	21.16	1.34	3.53	81.1%	
may	1982	dic	1982	8	10.57	27.94	1.32	3.49	80.1%	mas frecuente
jun	1999	ene	2000	8	10.37	27.41	1.30	3.43	78.6%	mas frecuente
may	1985	dic	1985	8	10.30	27.20	1.29	3.40	78.1%	mas frecuente
jun	1994	ene	1995	8	10.26	27.16	1.28	3.40	77.8%	mas frecuente
jun	1976	ene	1977	8	10.01	26.48	1.25	3.31	75.9%	mas frecuente
mar	1995	dic	1995	10	12.44	32.89	1.24	3.29	75.5%	
jun	1983	ene	1984	8	9.61	25.40	1.20	3.18	72.8%	mas frecuente
jun	1984	ene	1985	8	9.35	24.75	1.17	3.09	70.9%	mas frecuente
jun	2001	nov	2001	6	6.84	18.09	1.14	3.02	69.2%	
may	1977	ene	1978	9	10.13	26.81	1.13	2.98	68.3%	
ago	1975	ene	1976	6	6.47	17.08	1.08	2.85	65.4%	
abr	1974	feb	1975	11	11.51	30.43	1.05	2.77	63.5%	
jun	1998	dic	1998	7	6.81	17.97	0.97	2.57	59.0%	
mar	1982	mar	1982	1	0.82	2.19	0.82	2.19	49.7%	
ene	1981	ene	1981	1	0.11	0.28	0.11	0.28	6.4%	
mar	1986	mar	1986	1	0.09	0.25	0.09	0.25	5.7%	

Fuente: Elaboración propia, 2007

VIII. DEMANDA DE AGUA

El análisis de la demanda se realiza de manera diferenciada para el valle o cuenca baja y la cuenca media y alta tal como se describe en los siguientes ítems.

8.1 CUENCA BAJA O VALLE

En la cuenca del río Casma se encuentran los valles de Casma y Sechin, los mismo que corresponden a los sectores de riego de los mismos nombres. En el sector de riego Casma se encuentran las comisiones de regantes Casma, San Rafael y Yaután; mientras que en el sector de riego Sechin tenemos a las comisiones de regantes Buena Vista y Huanchuy.

8.1.1 USO AGRICOLA

El cálculo de la demanda agrícola es extraído íntegramente de la “Propuesta de asignaciones de agua superficial en bloques (volúmenes anuales y mensuales) para la Formalización de los Derechos de uso de agua – Valle Casma” presentado por el Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua.

Cedula de cultivo

La cédula de cultivos y el calendario de siembra promedio, fue determinado en base a la información del Plan para la Gestión de la Oferta de Agua en las Cuencas de los Proyectos Hidráulicos del INADE presentado en el Diagnóstico de los Derechos de Agua de los Valles Casma y Huarmey-Culebras; el único Plan de Cultivo y Riegos disponible de la Junta de Usuarios Casma para la Campaña Agrícola 2003/2004; información de cultivos de la Agencia Agraria Casma y a la identificación de los cultivos a nivel de Bloque de Asignación que determinó el PROFODUA.

Cuadro N° 8.1 Cedula de cultivo de los valles Casma y Sechín

CULTIVOS	SECTOR DE RIEGO CASMA (ha)				SECTOR DE RIEGO SECHIN (ha)			TOTAL
	Casma	San Rafael	Yaután	TOTAL	Buena Vista	Huanchuy	TOTAL	
Maíz	330.0	602.5	677.3	1609.8	219.3	339.8	559.14	2168.95
Frutales	115.8	364.0	1079.7	1559.5	955.3	174.8	1130.08	2689.62
Pomoideos		4.9	20.7	25.6	29.7	78.0	107.69	133.31
Cítricos	7.1	0.3	0.4	7.8	17.2		17.25	25.07
Frijol	47.2	31.5	109.6	188.3	29.3	29.3	58.60	246.94
Yuca	7.8	20.0	35.9	63.7	14.0	26.3	40.33	103.99
Maní	11.1	21.2	77.1	109.4				109.38
Algodón	400.4	321.9	30.4	752.8	117.9		117.94	870.70
Papa			3.4	3.4	4.2	21.1	25.24	28.63
Sandía			5.5	5.5	5.6	10.0	15.61	21.12
Ají	756.9	419.7	144.5	1321.0	394.8	201.6	596.38	1917.43
Vid		0.9	78.6	79.4	26.5		26.45	105.89
Arveja			8.1	8.1		4.0	4.03	12.16
Pallar	446.2	109.7	19.4	575.2	27.3	14.1	41.42	616.62
Tomate	4.6	0.3		5.0	3.3	12.8	16.19	21.15
Col, lechuga	0.8	2.2	0.6	3.7		0.7	0.69	4.36
Cebolla	38.0	155.6	13.8	207.4	66.8	32.4	99.25	306.65
Espárrago	331.1	125.1		456.2	141.7		141.69	597.91
Caña de Azúcar	411.3	39.6		451.0				450.96
Alfalfa	17.9	0.3	3.8	22.0		0.8	0.83	22.78
Lenteja	26.1	3.2	5.2	34.5	15.1	40.1	55.21	89.71
Zapallo	21.5		1.3	22.8				22.77
Rosas	3.3			3.3				3.30
Maracuyá	5.4	9.3	298.5	313.2	37.1	11.7	48.83	362.02
Alcachofa	58.0	12.1		70.0				70.01
Pastos		9.2	39.7	48.9		5.1	5.05	54.00
Camote		1.4	2.7	4.1	0.9	1.4	2.35	6.43
Ajos		1.2		1.2				1.18
Otros		9.3	7.9	17.2		1.0	1.04	18.26
TOTAL	3040.5	2265.4	2664.1	7970.0	2106.2	1005.0	3111.3	11081.3

Fuente: PROFODUA 2006

Evapotranspiración potencial

En el ámbito de la zona de estudio, para la estimación de la evapotranspiración potencial (ETP) de los valles Casma y Sechin se consideró la Estación Climatológica Ordinaria (CO) Buenavista la cual es controlada por el SENAMHI como representativa de los valles.

Los datos extraídos de la estación climatológica se ingresaron al Programa CropWat 4 de la FAO para estimar la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Penman Monteith.

Los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 8.2 Evapotranspiración Potencial valles Casma y Sechin

MES	ETP (mm/día)
ENERO	5.01
FEBRERO	5.1
MARZO	4.67
ABRIL	4.22
MAYO	3.37
JUNIO	2.85
JULIO	2.84
AGOSTO	3.16
SETIEMBRE	3.84
OCTUBRE	4.29
NOVIEMBRE	4.57
DICIEMBRE	4.88

Fuente: PROFODUA 2006

Demanda hídrica neta

Siguiendo la metodología establecida en la publicación 24 de la FAO (Las Necesidades de Agua de los Cultivos) tomando así mismo, como base la indicada fuente bibliográfica y los requerimientos del software Cropwat 4 Windows Versión 4.3 para estimar la demanda hídrica, se establecieron las fases de los períodos vegetativos de los cultivos (inicial, desarrollo, mediados y final) con sus respectivos coeficientes de uso consuntivo (Kc) de las fases de maduración (mediados) y cosecha (final) y los niveles de agotamiento (P) y respuesta al rendimiento (Ky).

Utilizando el software Cropwat 4 Windows Versión 4.3 se determinó el requerimiento neto de los cultivos.

Eficiencia de riego

En la zona de los valles Casma, Sechin y Huarney, no existen evaluaciones para determinar la eficiencia de riego. En este sentido, este indicador se consignó del estudio "Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa, Cuencas de los Ríos Casma, Culebras y Huarney" realizado en el año 1972 por la ex Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN).

La ex ONERN determinó en 4 grupos de canales en los valles de Casma y Sechin que la eficiencia de conducción varía entre 65 y 89%, considerando un valor promedio de 75%. Asimismo, de las pruebas de aplicación del agua por el método de riego por surcos imperante en el valle, estableció que la eficiencia de aplicación promedio para el valle es de 53%, valor que está relacionado al deficiente manejo del agua que se traduce en altas pérdidas por percolación profunda debido a la aplicación excesiva de agua.

Por lo expuesto, la ex ONERN definió que la eficiencia de riego promedio en los valles Casma y Sechin es de 40%.

Demanda hídrica bruta

El requerimiento de agua bruto de los cultivos, se estimó considerando las

eficiencias de riego promedio anteriormente descrita a nivel de cada Bloque de Asignación de cada Comisión de Regantes.

La demanda hídrica de los valles Casma y Sechin es de 212.173 MMC, la cual se desagrega a nivel mensual para cada Comisión de Regantes como sigue.

Cuadro N° 8.3 Demanda Hídrica neta (MMC)

Meses	Comisión de Regantes (MMC)					Total
	Yaután	San Rafael	Casma	Huanchuy	Buenavista	
Agosto	3.541	2.005	2.627	0.837	3.014	12.024
Setiembre	3.935	2.412	3.424	1.007	3.530	14.308
Octubre	4.274	2.620	4.294	1.112	3.956	16.255
Noviembre	4.399	2.858	4.810	1.165	4.154	17.386
Diciembre	4.405	2.474	3.950	1.001	4.090	15.919
Enero	5.970	3.247	2.880	1.488	4.512	18.096
Febrero	6.833	4.205	4.436	2.106	4.942	22.521
Marzo	7.592	4.886	5.565	2.527	5.392	25.962
Abril	6.667	4.945	6.515	2.365	5.232	25.725
Mayo	4.668	3.745	5.158	1.569	4.316	19.456
Junio	3.369	2.488	3.249	0.942	3.163	13.211
Julio	3.232	2.011	2.525	0.738	2.804	11.309
Total	58.884	37.895	49.434	16.855	49.104	212.173

Fuente: PROFODUA 2006

Cuadro N° 8.4 Demanda Hídrica neta (m³/ha)

Meses	Comisión de Regantes (m³/ha)					Total
	Yaután	San Rafael	Casma	Huanchuy	Buenavista	
Agosto	20,699	24,038	16,526	21,549	14,193	19,401
Setiembre	23,916	30,168	22,085	24,848	17,762	23,756
Octubre	27,378	36,391	28,752	26,060	21,232	27,963
Noviembre	28,848	39,137	30,753	26,399	23,182	29,664
Diciembre	20,228	28,264	21,827	17,455	16,712	20,897
Enero	25,350	30,654	19,703	20,660	18,670	23,007
Febrero	34,667	41,159	25,928	31,053	24,553	31,472
Marzo	37,799	45,406	27,755	37,188	25,744	34,778
Abril	33,324	40,570	27,306	34,413	25,987	32,320
Mayo	26,233	31,445	20,743	27,350	20,570	25,268
Junio	21,346	24,570	15,706	21,756	15,561	19,788
Julio	19,425	22,401	14,167	18,815	13,203	17,602

Fuente: PROFODUA 2006

Cuadro N° 8.5 Modulo de riego (l/s/ha)

Meses	Comisión de Regantes					Total
	Yaután	San Rafael	Casma	Huanchuy	Buenavista	
Agosto	0.742	0.688	0.677	0.599	0.742	0.690
Setiembre	0.903	0.885	0.884	0.796	0.908	0.875
Octubre	1.167	1.132	1.134	1.004	1.122	1.112
Noviembre	1.244	1.272	1.311	1.096	1.223	1.229
Diciembre	1.230	1.004	1.035	0.874	1.135	1.056
Enero	1.056	0.816	0.662	0.866	1.055	0.891
Febrero	1.236	0.928	0.698	1.095	1.079	1.007
Marzo	1.222	1.041	0.841	1.182	1.090	1.075
Abril	1.090	1.064	1.005	1.115	1.081	1.071
Mayo	0.751	0.695	0.748	0.698	0.822	0.743
Junio	0.741	0.681	0.640	0.705	0.709	0.695
Julio	0.742	0.754	0.722	0.767	0.744	0.746

Fuente: PROFODUA 2006

La demanda hídrica presentada para usos de agua agrícola es suplida con un volumen de 7.603 MMC por aguas subterráneas tal como se aprecia en el Cuadro N° 8.7

8.1.2 OTROS USOS

En los valles de Casma y Sechín no se han identificado usos de agua superficial con fines no agrarios, a excepción de la subcuenca del río Yaután, donde el Consejo Distrital de Yaután tiene un volumen de agua superficial promedio anual comprometido para uso poblacional de 0.063 MMC/año, captando sus aguas del Canal El Pueblo.

Cuadro N° 8.6 Demanda de uso de agua superficial no agrario (MMC)

USO	Meses de riego												TOTAL
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
Poblacional (subcuenca del río Yaután)	0.000	0.000	0.000	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.063

Fuente: PROFODUA 2006

La demanda de uso poblacional y por otros usos (Uso No Agrario) de los valles Casma y Sechín relacionadas con la explotación de las fuentes de aguas subterráneas artificiales (pozos) son de acuerdo a los fines: doméstico (1.398 MMC), industrial (0.362 MMC) y pecuario (0.028 MMC), los cuales se presentan en el Cuadro N° 8.7

8.1.3 EXPLOTACIÓN HÍDRICA SUBTERRANEA Y DE MANANTIALES

La caracterización de la oferta hídrica proveniente de los recursos hídricos subterráneos del valle Casma, se realizó tomando como base la información secundaria consignada del estudio “Inventario y Monitoreo de las Aguas Subterráneas en el Valle Casma” realizado en el año 2002 por la Intendencia de Recursos Hídricos-IRH del Instituto Nacional de Recursos Naturales –INRENA, la misma que fue actualizada por el PROFODUA Casma-Huarmey.

En el valle Casma-Sechín se inventariaron un total de 608 pozos, de los cuales 468 pozos corresponden al valle de Casma con un volumen anual de explotación de agua subterránea con fines agrarios de 5.7 MMC. Así mismo, corresponde al valle Sechín 140 pozos, con un volumen de explotación de 1.9 MMC con fines de uso agrícola.

A continuación se resume la explotación de agua subterránea en los valles de Casma y Sechín:

Cuadro N° 8.7 Demanda de uso de agua subterraneo

Valle	N° Pozos	Explotación de agua subterránea por pozos					
		Uso	Agrícola	Doméstico	Pecuario	Industrial	Total
Casma	468	m ³ /año	5,733,302	1,301,421	26,947	362,040	7,423,710
		m ³ /s	0.182	0.041	0.001	0.011	0.235
Sechín	140	m ³ /año	1,869,490	96,342	1,116		1,966,948
		m ³ /s	0.059	0.003	0.00004		0.062
Total	608	m ³ /año	7,602,792	1,397,763	28,063	362,040	9,390,658
		M ³ /s	0.241	0.044	0.001	0.011	0.298

Fuente: PROFODUA 2006

Asimismo, al identificar las tomas de los canales de derivación de los sistemas de riego de los valles Casma y Sechín y de la subcuenca del río Yaután, se precisaron que varios canales captaban el agua que afloraban en manantiales (puquios) y no captaban agua de los ríos Casma o Sechín, información que se presenta a continuación a nivel de Bloques de Asignación:

Cuadro N° 8.8 Demanda de uso de agua de manantiales valle de Casma

Comisión Regantes	Bloque de Asignación		Canal de Derivación		Área (ha)	
	N°	Nombre	Nombre	Cap. máx. (l/s)	Total	Bajo Riego
Yaután	19	Yaután VII	CD El Puquio	60	5.09	4.52
			CD Mishiruri	100	28.21	25.08
	13	Yaután I	CD Canal Puquio	100	12.03	10.69
San Rafael	11	San Rafael III	Toma Directa Puquio Chamusco	40	5.07	4.12
TOTAL				300	50.40	44.41

Fuente: PROFODUA 2006

Cuadro N° 8.9 Demanda de uso de agua de manantiales valle de Sechín

Comisión	Bloque de Asignación		Canal de Derivación		Área (ha)	
	Regantes	Nº	Nombre	Nombre	Cap. Máx. (l/s)	Total
Huanchuy	30	Huanchuy III	CD Mal Paso	60	0.61	0.59
	29	Huanchuy II	CD Puquio Los Ángeles	60	15.72	15.12
Buenavista	27	Buenavista VIII	Toma Directa Puquio Carrizal	50	1.14	1.10
			CD Poyor Alto	250	73.64	70.81
			CD Puquio El Olivar Alto	200	82.43	79.26
			CD Puquio Toma Baja	80	57.58	55.36
			CD Toma Guanábano	120	5.90	5.67
			Toma Directa Puquio Santa María	50	7.87	7.57
			Toma Directa Puquio Estanque Grande	50	0.77	0.74
	26	Buenavista VII	Toma Directa Puquio Hidalgo	60	2.96	2.16
TOTAL				980	248.63	238.38

Fuente: PROFODUA 2006

Cuadro N° 8.10 Demanda de uso de agua de manantiales subcuenca del río Yaután

Comisión	Bloque de Asignación		Canal de Derivación		Área (ha)	
	Regantes	Nº	Nombre	Nombre	Cap. máx. (l/s)	Total
Yaután	18	Yaután VI	CD Chaclahuain	100	56.13	53.97
			CD Llahuac	100	9.49	8.43
	17	Yaután V	CD Antimonio I	200	21.70	19.29
			CD Antimonio II	150	6.43	5.72
	15	Yaután III	CD Limac Bajo	100	24.35	21.64
			Toma Directa Quispe	60	2.59	2.30
	14	Yaután II	CD Armas	100	11.33	10.07
			CD Cantarilla	200	106.35	94.54
			CD Lagar Bajo	200	62.93	55.94
			CD San Cristóbal	100	20.92	18.60
Colector Lagar Alto			100	28.44	25.28	
TOTAL				1,410	350.66	315.78

Fuente: PROFODUA 2006

Las capacidades máximas de los canales de derivación que captan aguas de los puquios originan la disponibilidad efectiva que puede captarse de estos afloramientos.

8.2 CUENCA ALTA

La cuenca alta del río Casma comprende las zonas superiores a las cabeceras de los valles de Casma y Sechín, que para fines de riego denominaremos cuenca alta de Casma y cuenca alta de Sechín. En la cuenca alta de Casma se encuentran las comisiones de regantes Pira, Pariacoto y Yaután; mientras que en la cuenca alta de Sechín tenemos a la comisión de regantes Quillo.

8.2.1 USO AGRICOLA

El cálculo de la demanda agrícola es extraído íntegramente de la

“Propuesta de asignación de agua superficial en bloques (volúmenes anuales y mensuales), para la formalización de los derechos de uso de agua en la cuenca alta de Casma” presentado por el Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua.

Cedula de cultivo

La *cédula de cultivos* promedio de la cuenca alta de Casma y de cada comisión de riego se ha definido según la información proporcionada por el PROFODUA Casma Huarney, obtenida en base a su trabajo de campo.

Cuadro N° 8.11 Cedula de cultivo de cuenca alta Casma y Sechin (ha)

BLOQUE	Cereales	Tuberosas	Maiz	Menestras	Alfalfa	Frutales	Hortalizas	otros	TOTAL
1 SAIS Huaraz	101.11	51.89	62.28	85.71	273.19	11.57	51.32	112.93	749.99
2 Cochabamba II	0.62	27.53	34.11	58.67	202.24	125.34	1.58	5.42	455.50
3 Independiente de Chacchan	65.82	14.80	42.54	69.25	111.43	62.94	45.88	1.96	414.62
4 Pampan	17.93	1.16	10.02	0.83	1.47	0.00	0.03	0.00	31.43
5 Virgen de Fátima de Rurashca	0.57	11.31	11.41	3.57	3.01	7.12	7.70	0.00	44.69
6 San Pedro de Colcabamba	3.77	0.95	7.93	0.00	36.42	42.21	4.22	0.00	95.50
7 Señor de los Milagros	0.00	1.40	2.62	32.14	0.38	112.08	0.00	0.29	148.90
8 Belgica Santa Clara Lucmo Toma	0.00	2.33	11.11	37.82	13.62	144.24	0.51	15.37	224.99
9 Cochabamba I	0.19	8.53	10.57	18.18	62.68	38.85	0.49	1.68	141.18
10 Yautan V	0.04	1.68	2.08	3.58	12.34	7.65	0.10	0.33	27.79
11 Yautan VI	0.07	3.27	4.05	6.97	24.02	14.89	0.19	0.64	54.11
12 San Roque	17.66	43.93	40.12	13.97	25.07	2.37	24.06	0.89	168.07
13 Virgen de Guadalupe de Huacuy	32.69	34.27	57.07	17.37	8.83	6.13	0.76	0.20	157.32
14 Virgen del Rosario de Quillo	380.57	178.74	122.43	208.89	79.15	743.41	41.93	12.62	1767.74
TOTAL (ha)	621.06	381.79	418.33	556.94	853.86	1318.78	178.75	152.32	4481.83

Fuente: PROFODUA 2007

Evapotranspiración potencial

En el ámbito de la zona de estudio, para la estimación de la evapotranspiración potencial (ETP) en la cuenca media y alta se consideró la Estación Climatológica Ordinaria (CO) Aija la cual es controlada por el SENAMHI.

Los datos extraídos de la estación climatológica se ingresaron al Programa CropWat 4 de la FAO para estimar la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Penman Monteith.

Los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 8.12 Evapotranspiración Potencial cuenca alta

MES	ETP (mm/mes)
ENERO	92.4
FEBRERO	82.3
MARZO	85.3
ABRIL	81.3
MAYO	81.2
JUNIO	78.0
JULIO	83.1
AGOSTO	88.0
SETIEMBRE	90.3
OCTUBRE	92.7
NOVIEMBRE	93.0
DICIEMBRE	92.7

Fuente: PROFODUA 2007

Demanda hídrica neta

Siguiendo la metodología establecida en la publicación 24 de la FAO (Las Necesidades de Agua de los Cultivos) tomando así mismo, como base la indicada fuente bibliográfica y los requerimientos del software Cropwat 4 Windows Versión 4.3 para estimar la demanda hídrica, se establecieron las fases de los periodos vegetativos de los cultivos (inicial, desarrollo, mediados y final) con sus respectivos coeficientes de uso consuntivo (Kc) de las fases de maduración (mediados) y cosecha (final) y los niveles de agotamiento (P) y respuesta al rendimiento (Ky).

Utilizando el software Cropwat 4 Windows Versión 4.3 se determinó el requerimiento neto de los cultivos.

Eficiencia de riego

No existen estudios de eficiencia de riego que se hayan reportado en Alto Casma. Sin embargo, en base a trabajos de la Ex ONERN y la experiencia de los técnicos de la ATDR Casma Huarney y dadas las condiciones de la infraestructura de conducción y distribución de agua de riego, de las características de aplicación del agua en las parcelas de riego (riego por gravedad), se ha encontrado valores de eficiencias de riego del orden del 42% (75% de conducción, 80% de distribución y 70% de aplicación), valor que se aplicó para cada uno de los bloques de asignación de agua superficial.

Demanda hídrica bruta

El requerimiento de agua bruto de los cultivos, se estimó considerando las eficiencias de riego promedio anteriormente descrita a nivel de cada Bloque de Asignación de cada Comisión de Regantes.

La demanda hídrica de los valles Casma y Sechin es de 212.173 MMC, la cual se desagrega a nivel mensual para cada Comisión de Regantes como sigue.

ESTUDIO HIDROLOGICO EN LA CUENCA DEL RÍO CASMA

EVALUACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CASMA, CULEBRAS Y HUARMAY

Cuadro N° 8.13 Demanda Hídrica neta cuenca alta Casma (MMC)

COMISION DE REGANTES	Nº	Comunidades Bloques de Riego	AREA (ha)	AGO 31	SET 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31	ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30	JUL 31	TOTAL
PIRA	1	SAIS Huaraz	749.99	0.581	1.459	0.570	0.669	0.600	0.666	0.242	0.026	0.356	0.648	0.616	0.607	7.038
PARIACOTO	2	Cochabamba II	455.50	0.480	0.979	0.235	0.325	0.237	0.265	0.085	0.005	0.282	0.539	0.516	0.518	4.466
	3	Independiente de Chacchan	414.62	0.253	0.764	0.287	0.342	0.327	0.344	0.111	0.003	0.149	0.284	0.272	0.273	3.410
	4	Pampan	31.43	0.002	0.025	0.029	0.024	0.033	0.037	0.015	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.173
	7	Virgen de Fátima de Rurashca	44.69	0.016	0.072	0.020	0.050	0.038	0.044	0.014	0.001	0.009	0.017	0.016	0.017	0.314
	5	San Pedro de Colcabamba	95.50	0.117	0.206	0.050	0.054	0.038	0.040	0.010	0.001	0.067	0.129	0.125	0.127	0.982
	6	Señor de los Milagros	148.90	0.184	0.316	0.058	0.078	0.052	0.049	0.017	0.000	0.101	0.196	0.191	0.202	1.445
	8	Belgica Santa Clara Lucmo Toma	224.99	0.281	0.491	0.102	0.131	0.092	0.090	0.030	0.003	0.157	0.299	0.292	0.305	2.274
	9	Cochabamba I	141.18	0.149	0.303	0.073	0.101	0.073	0.082	0.026	0.002	0.087	0.167	0.160	0.161	1.384
YAUTAN	10	Yautan V	27.79	0.029	0.060	0.014	0.020	0.014	0.016	0.005	0.000	0.017	0.033	0.032	0.032	0.272
	11	Yautan VI	54.11	0.057	0.116	0.028	0.039	0.028	0.032	0.010	0.001	0.033	0.064	0.061	0.062	0.530
		TOTAL	2388.70	2.147	4.792	1.468	1.831	1.532	1.666	0.566	0.041	1.260	2.378	2.285	2.304	22.270

Fuente: PROFODUA 2007

Cuadro N° 8.14 Demanda Hídrica neta cuenca alta Sechin (MMC)

COMISION DE REGANTES	Nº	Comunidades Bloques de Riego	AREA (ha)	AGO 31	SET 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31	ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30	JUL 31	TOTAL
QUILLO	12	San Roque	168.07	0.038	0.239	0.091	0.189	0.156	0.187	0.066	0.004	0.023	0.044	0.042	0.041	1.121
	13	Virgen de Guadalupe de Huacuy	157.32	0.022	0.185	0.090	0.164	0.154	0.184	0.071	0.003	0.013	0.025	0.024	0.024	0.956
	14	Virgen del Rosario de Quillo	1767.74	1.338	2.620	1.026	1.185	1.041	1.241	0.528	0.021	0.743	1.435	1.400	1.467	14.046
		TOTAL	2093.13	1.399	3.044	1.207	1.537	1.352	1.612	0.664	0.027	0.779	1.504	1.466	1.532	16.123

Fuente: PROFODUA 2007

Cuadro N° 8.15 Demanda Hídrica neta cuenca alta Casma (m³/s)

COMISION DE REGANTES	Nº	Comunidades Bloques de Riego	AREA (ha)	AGO 31	SET 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31	ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30	JUL 31	PROM.
PIRA	1	SAIS Huaraz	749.99	0.217	0.563	0.213	0.258	0.224	0.249	0.100	0.010	0.137	0.242	0.238	0.227	0.223
PARIACOTO	2	Cochabamba II	455.50	0.179	0.378	0.088	0.125	0.088	0.099	0.035	0.002	0.109	0.201	0.199	0.193	0.141
	3	Independiente de Chacchan	414.62	0.094	0.295	0.107	0.132	0.122	0.128	0.046	0.001	0.057	0.106	0.105	0.102	0.108
	4	Pampan	31.43	0.001	0.010	0.011	0.009	0.012	0.014	0.006	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.005
	7	Virgen de Fátima de Rurashca	44.69	0.006	0.028	0.007	0.019	0.014	0.017	0.006	0.000	0.003	0.006	0.006	0.006	0.010
	5	San Pedro de Colcabamba	95.50	0.044	0.080	0.019	0.021	0.014	0.015	0.004	0.000	0.026	0.048	0.048	0.047	0.030
	6	Señor de los Milagros	148.90	0.069	0.122	0.022	0.030	0.019	0.018	0.007	0.000	0.039	0.073	0.074	0.075	0.046
	8	Belgica Santa Clara Lucmo Toma	224.99	0.105	0.190	0.038	0.051	0.034	0.033	0.013	0.001	0.061	0.112	0.113	0.114	0.072
	9	Cochabamba I	141.18	0.056	0.117	0.027	0.039	0.027	0.031	0.011	0.001	0.034	0.062	0.062	0.060	0.044
YAUTAN	10	Yautan V	27.79	0.011	0.023	0.005	0.008	0.005	0.006	0.002	0.000	0.007	0.012	0.012	0.012	0.009
	11	Yautan VI	54.11	0.021	0.045	0.010	0.015	0.010	0.012	0.004	0.000	0.013	0.024	0.024	0.023	0.017
		TOTAL	2388.70	0.802	1.849	0.548	0.707	0.572	0.622	0.234	0.015	0.486	0.888	0.881	0.860	

Fuente: PROFODUA 2007

Cuadro N° 8.16 Demanda Hídrica neta cuenca alta Sechin (m³/s)

COMISION DE REGANTES	Nº	Comunidades Bloques de Riego	AREA (ha)	AGO 31	SET 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31	ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30	JUL 31	PROM.
QUILLO	12	San Roque	168.07	0.014	0.092	0.034	0.073	0.058	0.070	0.027	0.001	0.009	0.017	0.016	0.015	0.036
	13	Virgen de Guadalupe de Huacuy	157.32	0.008	0.071	0.033	0.063	0.057	0.069	0.029	0.001	0.005	0.009	0.009	0.009	0.030
	14	Virgen del Rosario de Quillo	1767.74	0.500	1.011	0.383	0.457	0.389	0.463	0.218	0.008	0.287	0.536	0.540	0.548	0.445
		TOTAL	2093.13	0.522	1.175	0.451	0.593	0.505	0.602	0.275	0.010	0.301	0.562	0.566	0.572	

Fuente: PROFODUA 2007

8.2.2 OTROS USOS

El abastecimiento de agua a los centros poblados y rurales de la cuenca alta de Casma constituye uno de los servicios públicos que contribuyen al bienestar de la población y cuya existencia afecta directamente al factor productivo más importante de la actividad económica o sea el recurso humano.

Al no existir licencias de uso de agua para consumo poblacional ni para ningún otro uso, se estimó, el volumen de agua en MMC, correspondiente a la demanda poblacional actual.

Cuadro N° 8.17 Demanda de uso de agua superficial no agrario cuenca alto Casma (MMC)

USO	Meses de riego												TOTAL
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
Poblacional	0.027	0.026	0.027	0.026	0.027	0.027	0.024	0.027	0.026	0.027	0.026	0.027	0.315

Fuente: PROFODUA 2007

Cuadro N° 8.18 Demanda de uso de agua superficial no agrario cuenca alto Sechin (MMC)

USO	Meses de riego												TOTAL
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
Poblacional	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.158

Fuente: PROFODUA 2007

8.2.1 EXPLOTACIÓN HÍDRICA SUBTERRANEA Y DE MANANTIALES

En la cuenca alta de Casma, existen recursos de aguas subterráneas, que son utilizados en una proporción muy baja. Se ha detectado la existencia de algunos ojos de agua cuya explotación se destina a cubrir parcialmente las demandas del sector agrícola, y principalmente se destina al uso doméstico.

Debido a la inexistencia de aflores y su escaso uso agrícola, no se ha considerado como aporte importante en el presente estudio.

IX. BALANCE HÍDRICO

9.1 VALLES CASMA, SECHÍN Y YAUTÁN

Para el valle de Casma se consideraron la comisión de regantes Casma, San Rafael y dos bloques de la comisión de regantes Yaután (Yaután I y Yaután VII) las que tienen una demanda actual de 103,06 MMC. Otras demandas presentes importantes de agua superficial no existen, ya que la demanda poblacional es atendida con agua subterránea.

Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a la estación de Tutuma con 59,73 MMC.

El balance hídrico en el valle evidencia un déficit de 43,33 MMC distribuidos entre todos los meses a excepción de febrero y marzo en donde se presentan superávit. Ello refleja los problemas de rendimiento y producción de cultivos en la actualidad, debido a que las tierras bajo riego son irrigadas pero no con las cantidades adecuadas. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 53.8%, confiabilidad baja, que nos revela que el volumen sólo es satisfecho en dicho porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 16.7% haciendo necesario de la regulación de estos volúmenes.

En el siguiente cuadro se puede apreciar la disponibilidad hídrica y las demandas para el valle, así como el balance hídrico expresado en m³/s y MMC a nivel mensual y anual. Adicionalmente se han determinado en este cuadro las confiabilidades en volumen y tiempo que son indicadores que pueden servir para la gestión del recurso hídrico en el valle.

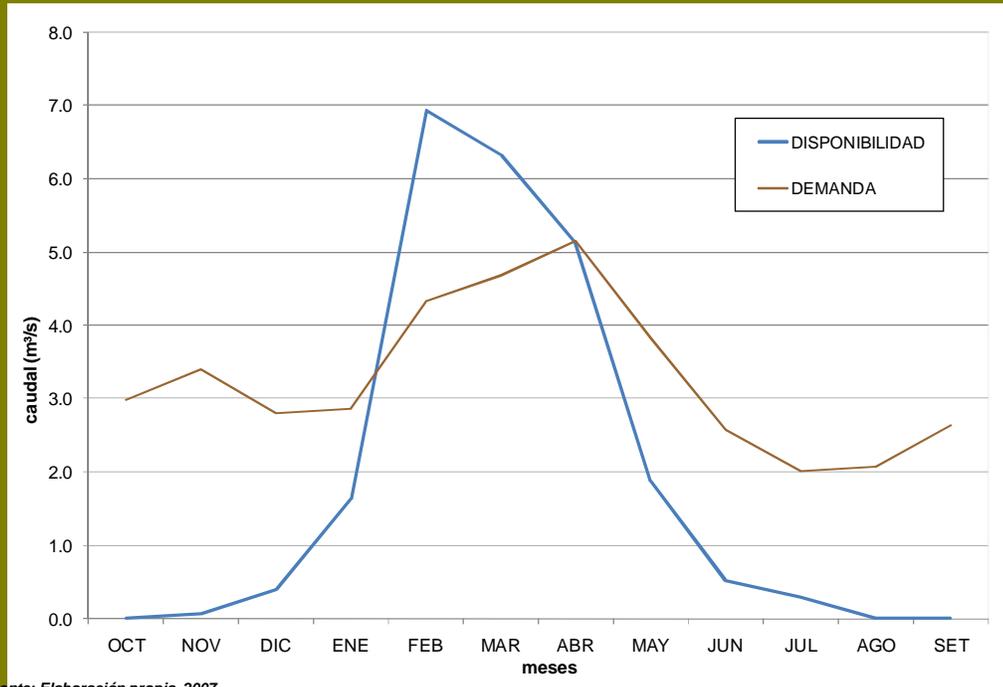
Cuadro N° 9.1 Balance Hídrico General del Valle Casma

DESCRIPCION	UND.	MESES												TOTAL
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	
Disponibilidad superficial	(m ³ /s)	0.00	0.07	0.39	1.63	6.93	6.32	5.13	1.87	0.52	0.29	0.00	0.00	1.930
Demanda Agrícola	(m ³ /s)	2.99	3.39	2.81	2.86	4.34	4.69	5.15	3.82	2.57	2.01	2.07	2.64	
Demanda Poblacional	(m ³ /s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Balance Hidrico	(m ³ /s)	-2.99	-3.33	-2.42	-1.23	2.59	1.64	-0.02	-1.95	-2.06	-1.72	-2.07	-2.64	
Disponibilidad superficial	MMC	0.00	0.17	1.05	4.37	16.76	16.93	13.30	5.02	1.34	0.78	0.00	0.00	59.73
Demanda Agrícola	MMC	7.997	8.795	7.530	7.671	10.489	12.549	13.361	10.242	6.667	5.384	5.538	6.838	103.06
Demanda Poblacional	MMC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Balance Hidrico	MMC	-8.00	-8.62	-6.48	-3.30	6.27	4.39	-0.06	-5.23	-5.33	-4.60	-5.54	-6.84	-43.33
Confiabilidad en Volumen (%)		53.8						Confiabilidad en Tiempo (%)						16.7

Fuente: Elaboración propia, 2007

El cuadro de balance es representado gráficamente en la siguiente figura.

Figura N° 9.1 Balance Hídrico General del Valle Casma (m³/s)



Fuente: Elaboración propia, 2007

Para el valle de Sechín se consideraron la comisión de regantes Huanchuy y Buena Vista las que tienen una demanda actual de 65,96 MMC. Otras demandas presentes importantes de agua superficial no existen, ya que la demanda poblacional es atendida con agua subterránea.

Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a la estación de Quillo con 13,54 MMC.

El balance hídrico en el valle evidencia un déficit de 52,42 MMC distribuidos entre todos los meses. Ello refleja los problemas de rendimiento y producción de cultivos en la actualidad, debido a que las tierras bajo riego son irrigadas pero no con las cantidades adecuadas. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 20,5%, confiabilidad muy baja, que nos revela que el volumen sólo es satisfecho en dicho porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 0.0% haciendo necesario la total regulación de estos volúmenes.

En el siguiente cuadro se puede apreciar la disponibilidad hídrica y las demandas para el valle, así como el balance hídrico expresado en m³/s y MMC a nivel mensual y anual. Adicionalmente se han determinado en este cuadro las confiabilidades en volumen y tiempo que son indicadores que pueden servir para la gestión del recurso hídrico en el valle.

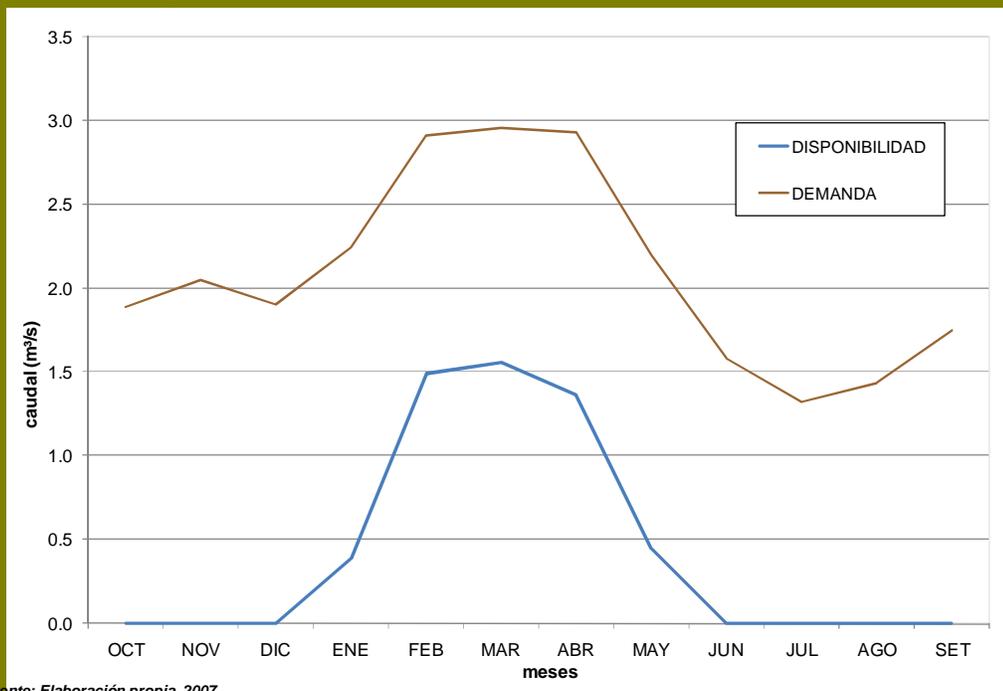
Cuadro N° 9.2 Balance Hídrico General del Valle Sechín

DESCRIPCION	UND.	MESES												TOTAL
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	
Disponibilidad superficial	(m³/s)	0.00	0.00	0.00	0.39	1.49	1.55	1.36	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.437
Demanda Agrícola	(m³/s)	1.89	2.05	1.90	2.24	2.91	2.96	2.93	2.20	1.58	1.32	1.44	1.75	
Demanda Poblacional	(m³/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Balance Hidrico	(m³/s)	-1.89	-2.05	-1.90	-1.85	-1.42	-1.40	-1.57	-1.75	-1.58	-1.32	-1.44	-1.75	
Disponibilidad superficial	MMC	0.00	0.00	0.00	1.05	3.60	4.16	3.53	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	13.54
Demanda Agrícola	MMC	5.067	5.319	5.091	5.999	7.047	7.919	7.597	5.885	4.105	3.542	3.851	4.537	65.96
Demanda Poblacional	MMC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Balance Hidrico	MMC	-5.07	-5.32	-5.09	-4.95	-3.44	-3.75	-4.07	-4.68	-4.11	-3.54	-3.85	-4.54	-52.42
Confiabilidad en Volumen (%)							20.5		Confiabilidad en Tiempo (%)					0.0

Fuente: Elaboración propia, 2007

El cuadro de balance es representado gráficamente en la siguiente figura.

Figura N° 9.2 Balance Hídrico General del Valle Sechín (m³/s)



Fuente: Elaboración propia, 2007

Para la unidad hidrográfica de Yaután se considero de la comisión de regantes Yaután los bloques de riego Yaután II, Yaután III y Yaután IV las que en conjunto tienen una demanda actual de 40,956 MMC. Otras demandas presentes importantes de agua superficial son la demanda poblacional con 0,063 MMC.

Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a la generada por relación de áreas con un valor de 24,20 MMC.

El balance hídrico en el valle evidencia un déficit de 16,82 MMC distribuidos entre todos los meses, excepto febrero, marzo y abril. Ello refleja los problemas de rendimiento y producción de cultivos en la actualidad, debido a que las tierras bajo riego son irrigadas pero no con las cantidades adecuadas. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 48,0%, confiabilidad baja, que nos revela que el volumen sólo es satisfecho en dicho porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 25.0% haciendo necesario la regulación de estos volúmenes.

En el siguiente cuadro se puede apreciar la disponibilidad hídrica y las demandas para el valle, así como el balance hídrico expresado en m³/s y MMC a nivel mensual y anual. Adicionalmente se han determinado en este cuadro las confiabilidades en volumen y tiempo que son indicadores que pueden servir para la gestión del recurso hídrico en el valle.

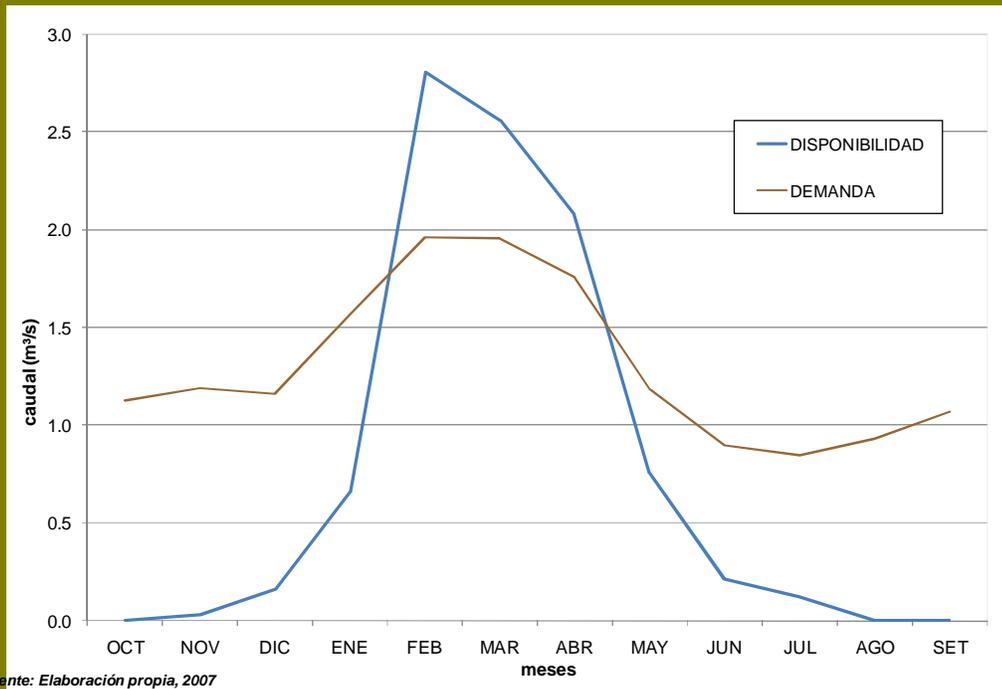
Cuadro N° 9.3 Balance Hídrico General de Yaután

DESCRIPCION	UND.	MESES												TOTAL	
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET		
Disponibilidad superficial	(m ³ /s)	0.00	0.03	0.16	0.66	2.81	2.56	2.08	0.76	0.21	0.12	0.00	0.00	0.782	
Demanda Agrícola	(m ³ /s)	1.12	1.19	1.16	1.57	1.96	1.95	1.75	1.19	0.90	0.85	0.93	1.07		
Demanda Poblacional	(m ³ /s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Balance Hidrico	(m ³ /s)	-1.12	-1.16	-1.00	-0.91	0.85	0.61	0.33	-0.43	-0.69	-0.73	-0.93	-1.07		
Disponibilidad superficial	MMC	0.00	0.07	0.43	1.77	6.79	6.86	5.39	2.03	0.54	0.32	0.00	0.00	24.20	
Demanda Agrícola	MMC	3.009	3.084	3.106	4.196	4.744	5.234	4.543	3.175	2.324	2.265	2.501	2.775	40.956	
Demanda Poblacional	MMC	0.000	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.000	0.000	0.063	
Balance Hidrico	MMC	-3.01	-3.02	-2.69	-2.43	2.04	1.62	0.84	-1.15	-1.79	-1.96	-2.50	-2.78	-16.82	
Confiabilidad en Volumen (%)							48.0		Confiabilidad en Tiempo (%)					25.0	

Fuente: Elaboración propia, 2007

El cuadro de balance es representado gráficamente en la siguiente figura.

Figura N° 9.3 Balance Hídrico General de Yaután (m³/s)



Fuente: Elaboración propia, 2007

9.2 CUENCA ALTA DE CASMA Y SECHÍN

Para la cuenca alta de Casma se consideraron sus (11) comunidades campesinas: SAIS Huaraz, Cochabamba II, independiente de Chacchan, Pampan, Virgen de Fátima de Rurashca, San Pedro de Colcabamba, Señor de los Milagros, Belgica Santa Clara Lucmo Toma, Cochabamba I, Yautan V, Yautan VI.

Estas comunidades pertenecen a las comisiones de regantes de Pira, Pariacoto y Yaután y su demanda actual es de 22,270 MMC. Otras demanda de agua superficial de importancia es la demanda poblacional con 0.315 MMC.

Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a los caudales simulados por el modelo de Témez en Tutuma sumado al caudal simulado de Yaután, que en conjunto tienen 88,01 MMC a los que hay que restar la demanda que puede ser atendida en el valle que es de 68,753 MMC.

El balance hídrico en la cuenca alta no evidencia un déficit anual, sin embargo a nivel mensual existe déficit en los meses de enero, febrero, abril, mayo y septiembre. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 81,1%, confiabilidad alta, que nos revela que el volumen es satisfecho en dicho porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 58,3% haciendo necesario de la regulación de estos volúmenes si queremos cubrir la demanda completa.

En el siguiente cuadro se puede apreciar la disponibilidad hídrica y las demandas para la cuenca alta, así como el balance hídrico expresado en m³/s y MMC a nivel mensual y anual. Adicionalmente se han determinado en este cuadro las confiabilidades en volumen y tiempo que son indicadores que pueden servir para la gestión del recurso hídrico en la cuenca alta.

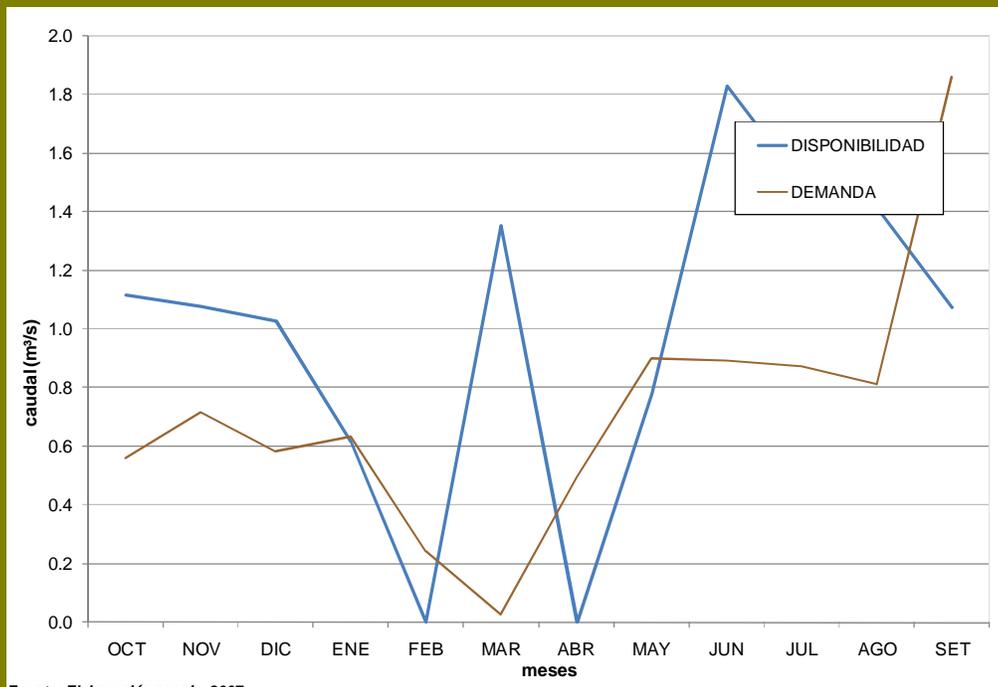
Cuadro N° 9.4 Balance Hídrico General cuenca alta Casma (comunidades campesinas)

DESCRIPCION	UND.	MESES												TOTAL
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	
Disponibilidad superficial (Tutuma + río Yaután)	(m³/s)	1.11	1.17	1.58	2.91	3.74	7.99	4.67	3.41	2.55	1.90	1.41	1.07	2.794
Demanda Atendida en Valles de Casma y Yautan	(m³/s)	0.00	0.09	0.55	2.29	6.30	6.64	6.89	2.63	0.73	0.41	0.00	0.00	
Disponibilidad cuenca alta	(m³/s)	1.11	1.08	1.03	0.61	0.00	1.35	0.00	0.78	1.83	1.49	1.41	1.07	
Demanda Agrícola	(m³/s)	0.55	0.71	0.57	0.62	0.23	0.02	0.49	0.89	0.88	0.86	0.80	1.85	
Demanda Poblacional	(m³/s)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Balance Hídrico	(m³/s)	0.56	0.36	0.44	-0.02	-0.24	1.33	-0.50	-0.12	0.94	0.62	0.60	-0.79	
Disponibilidad superficial (Tutuma + río Yaután)	MMC	2.98	3.03	4.22	7.79	9.04	21.40	12.12	9.14	6.62	5.10	3.79	2.78	88.01
Demanda Atendida en Valle de Casma y Yaután	MMC	0.00	0.24	1.48	6.14	15.23	17.78	17.85	7.05	1.88	1.10	0.00	0.00	68.753
Disponibilidad cuenca alta	MMC	2.98	2.79	2.75	1.65	0.00	3.62	0.00	2.09	4.74	4.00	3.79	2.78	31.178
Demanda Agrícola	MMC	1.468	1.831	1.532	1.666	0.566	0.041	1.260	2.378	2.285	2.304	2.147	4.792	22.270
Demanda Poblacional	MMC	0.027	0.026	0.027	0.027	0.024	0.027	0.026	0.027	0.026	0.027	0.027	0.026	0.315
Balance Hídrico	MMC	1.49	0.93	1.19	-0.05	-0.59	3.55	-1.29	-0.32	2.43	1.67	1.61	-2.03	8.59
Confiabilidad en Volumen (%)						81.1						Confiabilidad en Tiempo (%)		58.3

Fuente: Elaboración propia, 2007

El cuadro de balance es representado gráficamente en la siguiente figura.

Figura N° 9.4 Balance Hídrico General de cuenca alta Casma (m³/s)



Fuente: Elaboración propia, 2007

Para la cuenca alta de Sechín se consideraron sus (03) comunidades campesinas: San Roque, Virgen de Guadalupe de Huacuy y Virgen del Rosario de Quillo.

Estas comunidades pertenecen a la comisión de regantes de Quillo y su demanda actual es de 16,123 MMC. Otras demanda de agua superficial de importancia es la demanda poblacional con 0.158 MMC.

Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a los caudales simulados por el modelo de Témex en Quillo sumado al caudal simulado de Qda.Huacuy, que en conjunto tienen 16,13 MMC a los que hay que restar la demanda que puede ser atendida en el valle que es de 13,54 MMC.

El balance hídrico en la cuenca alta evidencia un déficit anual de 11,43 MMC distribuidos entre todos los meses excepto marzo. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 27,3%, confiabilidad muy baja, que nos revela que el volumen es satisfecho en dicho porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 8,3% haciendo necesario de la regulación de estos volúmenes si queremos cubrir la demanda completa.

En el siguiente cuadro se puede apreciar la disponibilidad hídrica y las demandas para la cuenca alta, así como el balance hídrico expresado en m³/s y MMC a nivel mensual y anual. Adicionalmente se han determinado en este cuadro las confiabilidades en volumen y tiempo que son indicadores que pueden servir para la gestión del recurso hídrico en la cuenca alta.

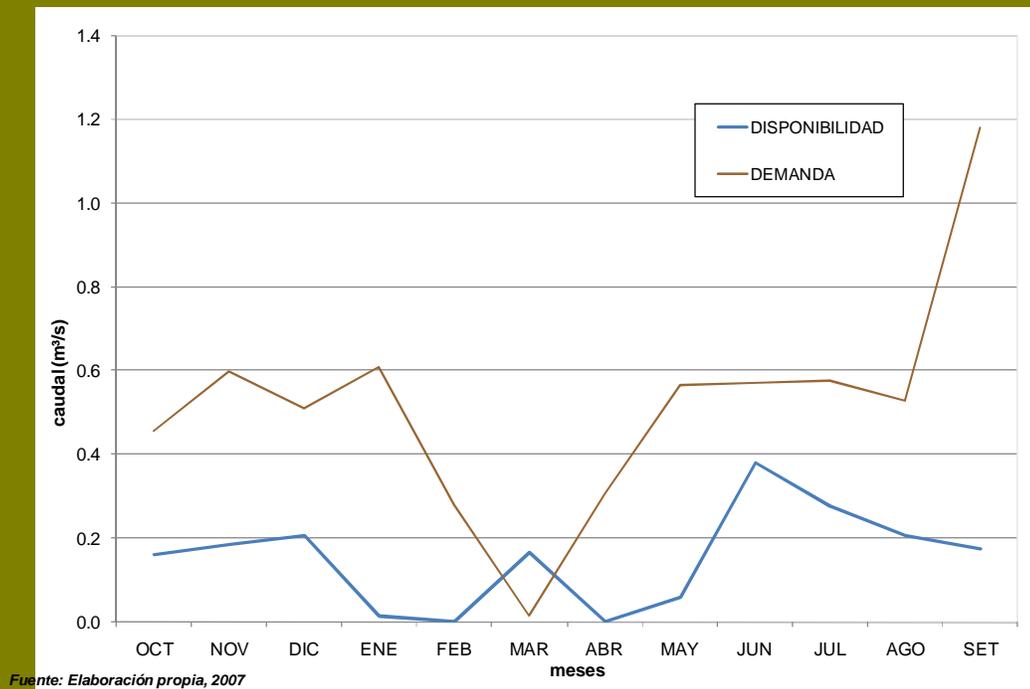
Cuadro N° 9.5 Balance Hídrico General cuenca alta Sechín (comunidades campesinas)

DESCRIPCION	UND.	MESES												TOTAL
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	
Disponibilidad superficial (Quillo + Qda. Huacuy)	(m ³ /s)	0.16	0.18	0.21	0.40	1.29	1.72	0.67	0.51	0.38	0.28	0.21	0.17	0.516
Demanda Atendida en Valle	(m ³ /s)	0.00	0.00	0.00	0.39	1.49	1.55	1.36	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	
Disponibilidad cuenca alta	(m ³ /s)	0.16	0.18	0.21	0.01	0.00	0.17	0.00	0.06	0.38	0.28	0.21	0.17	
Demanda Agrícola	(m ³ /s)	0.45	0.59	0.50	0.60	0.27	0.01	0.30	0.56	0.57	0.57	0.52	1.17	
Demanda Poblacional	(m ³ /s)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Balance Hidrico	(m ³ /s)	-0.29	-0.41	-0.30	-0.59	-0.28	0.15	-0.31	-0.51	-0.19	-0.30	-0.32	-1.01	
Disponibilidad superficial (Quillo + Qda. Huacuy)	MMC	0.43	0.48	0.56	1.08	3.13	4.61	1.74	1.36	0.99	0.74	0.56	0.45	16.13
Demanda Atendida en Valle	MMC	0.00	0.00	0.00	1.05	3.60	4.16	3.53	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	13.54
Disponibilidad cuenca alta	MMC	0.43	0.48	0.56	0.04	0.00	0.45	0.00	0.16	0.99	0.74	0.56	0.45	4.852
Demanda Agrícola	MMC	1.207	1.537	1.352	1.612	0.664	0.027	0.779	1.504	1.466	1.532	1.399	3.044	16.123
Demanda Poblacional	MMC	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.158
Balance Hidrico	MMC	-0.79	-1.07	-0.81	-1.59	-0.68	0.41	-0.79	-1.36	-0.49	-0.80	-0.85	-2.61	-11.43
Confiabilidad en Volumen (%)						27.3						Confiabilidad en Tiempo (%)		8.3

Fuente: Elaboración propia, 2007

El cuadro de balance es representado gráficamente en la siguiente figura.

Figura N° 9.5 Balance Hídrico General de cuenca alta Sechín (m³/s)



X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 CONCLUSIONES

- La cuenca del río Casma, pertenece al sistema hidrográfico de la vertiente del Océano Pacífico, tiene una extensión de 2990.7 Km², su curso principal recorre 107,026 Km con rumbo predominante E-O desde sus nacientes a 4590 m.s.n.m. en la quebrada Huarancayoc hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, la pendiente del curso principal es del orden de 8% en sus nacientes, 3% en su curso medio y alcanza el 0.4% en su desembocadura.
- La cuenca del río Huarmey cuenta con (05) unidades hidrográficas menores que forman los principales afluentes en la cuenca del río Huarmey enumerados en orden desde su nacimiento hasta su desembocadura son: el río Chacchan (Alto Casma), el río Pira, el río Vado, el río Yaután y el río Sechin.

Cuadro N° 10.1 Unidades Hidrográficas Principales

UNIDAD HIDROGRÁFICA (CUENCAS / INTERCUENCAS)			SUPERFICIE	
MAYOR (N6)	MENOR (N7)	CÓDIGO	Km ²	(%)
Casma	Bajo Casma	1375961	418.7	14.0
	Río Sechin	1375962	729.5	24.4
	Medio Bajo Casma	1375963	487.8	16.3
	Río Yaután	1375964	352.0	11.8
	Medio Casma	1375965	492.5	16.5
	Río Vado	1375966	163.7	5.5
	Medio Alto Casma	1375967	4.0	0.1
	Río Pira	1375968	164.8	5.5
	Alto Casma	1375969	177.8	5.9
TOTAL			2990.7	100.0

Fuente: Elaboración propia, 2007

- La evapotranspiración potencial para cada unidad hidrográfica en la cuenca se realizó, en base a la evapotranspiración potencial calculada para las estaciones de Buena Vista, Aija y Chiquian mediante la mejor correlación entre la evapotranspiración potencial para el mes promedio con la altitud, tal como se aprecia en el siguiente cuadro

Cuadro N° 10.2 Evapotranspiracion potencial por unidad hidrográfica menor

ESTACION	ALTITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Bajo Casma	304.2	115.3	112.2	115.0	88.6	67.2	53.3	52.2	54.4	61.7	74.7	78.0	92.9	966.1
Río Sechin	1960.7	82.2	74.1	73.6	67.1	65.2	66.5	71.0	70.0	68.8	67.4	70.1	74.8	853.5
Medio Bajo Casma	819.5	105.0	100.4	102.1	81.9	66.6	57.4	58.0	59.3	63.9	72.4	75.5	87.3	931.1
Río Yaután	3298.3	55.4	43.3	40.1	49.7	63.6	77.2	86.3	82.6	74.6	61.5	63.6	60.3	762.5
Medio Casma	2226.6	76.9	68.0	66.9	63.6	64.9	68.7	74.1	72.5	70.0	66.3	68.8	71.9	835.4
Río Vado	3896.2	43.5	29.6	25.2	41.9	62.9	82.0	93.1	88.2	77.2	58.9	60.8	53.7	721.9
Medio Alto Casma	2597.9	69.4	59.4	57.7	58.8	64.5	71.6	78.3	76.0	71.6	64.6	67.0	67.9	810.2
Río Pira	3958.9	42.2	28.1	23.6	41.1	62.8	82.5	93.8	88.8	77.4	58.6	60.5	53.1	717.6
Alto Casma	4147.2	38.5	23.8	18.9	38.6	62.6	84.0	96.0	90.6	78.2	57.8	59.6	51.0	704.8
CUENCA (N6)	2090.8	79.6	71.1	70.3	65.4	65.1	67.6	72.5	71.2	69.4	66.9	69.4	73.4	844.6

Fuente: Elaboración propia, 2007

- Se seleccionaron (12) estaciones de la red conformada por (20) estaciones meteorológicas para realizar el análisis pluviométrico y finalmente se completaron los registros de (11) estaciones con las cuales se generaron la precipitación areal para cada unidad hidrográfica que se muestran a continuación.

Cuadro N° 10.3 Precipitacion media mensual por Unidad Hidrografica

UNIDAD HIDROGRAFICA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Bajo Casma	5.0	5.7	7.5	2.5	2.5	0.3	0.1	0.3	0.5	2.5	2.5	5.0
Río Sechin	16.1	29.9	24.7	8.8	2.6	0.3	0.2	0.3	1.8	5.7	6.7	12.5
Medio Bajo Casma	6.9	10.8	9.9	4.7	2.5	0.3	0.1	0.3	0.6	2.7	2.8	5.4
Río Yaután	39.1	66.3	66.1	29.4	5.3	0.8	0.4	1.1	4.8	15.4	17.3	23.5
Medio Casma	32.4	56.8	49.9	21.3	3.8	0.5	0.3	0.7	2.6	9.9	10.7	17.3
Río Vado	87.3	115.8	136.1	50.7	11.0	1.2	1.3	2.4	10.3	36.3	37.4	60.9
Medio Alto Casma	71.3	97.4	103.2	49.3	11.9	1.6	1.1	2.5	8.8	29.2	31.9	44.9
Río Pira	106.7	139.6	172.6	80.8	21.3	3.4	1.6	4.2	18.3	56.7	55.4	69.8
Alto Casma	85.2	120.8	147.5	70.3	18.4	3.0	1.5	3.8	15.6	47.4	48.3	56.7
Cuenca (N6)	31.5	48.3	50.6	21.4	5.5	0.7	0.4	1.0	4.1	13.6	14.2	20.9

Fuente: Elaboración propia, 2007

- Se uso el modelo determinístico de Temez para estimar los caudales específicos en las unidades hidrográficas que pertenecen a la cuenca húmeda que son: Alto Casma, Río Pira, Río Vado, Medio Alto Casma, Medio Casma, Río Yaután y Río Sechín (la simulación se realizo con los parámetros calibrados de Tutuma a excepción del Río Sechín que se realizó con los parámetros de Quillo).

Cuadro N° 10.4 Caudales específicos por unidad hidrográfica (m³/s/km²x10-3)

UNIDAD HIDROGRÁFICA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
Río Sechín	0.14	0.11	1.61	1.94	2.27	2.56	1.36	0.28	0.21	0.16	0.12	0.09	0.90
Río Yaután	0.30	0.49	0.68	1.39	3.24	3.99	1.88	0.81	0.60	0.45	0.33	0.25	1.20
Medio Casma y Medio Alto Casma	0.52	0.68	1.17	2.64	5.04	5.79	2.57	1.11	0.85	0.63	0.47	0.36	1.82
Río Vado	0.36	0.39	0.76	1.74	3.86	3.96	1.15	0.65	0.49	0.36	0.27	0.21	1.18
Río Pira	0.71	0.81	0.96	2.43	5.03	6.12	2.30	0.87	0.60	0.44	0.33	0.29	1.74
Alto Casma	0.58	0.71	0.76	1.91	4.51	5.58	2.12	0.84	0.59	0.44	0.33	0.28	1.55

Fuente: Elaboración propia, 2007

- Los caudales máximos diarios e instantáneos estimados en la estación de Tutuma mediante la distribución de Log Pearson III para el río Casma y río Sechín y para diferentes tiempos de retorno se aprecian en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 10.5 Caudales máximos instantaneos de Sector Tutuma (río Grande)

PERIODO DE RETORNO	DISTRIBUCION DE CAUDALES ESTIMADOS				CAUDAL MÁXIMO DIARIO	CAUDAL MÁXIMO INSTANTANEO
	NORMAL	GUMBEL	LOG-NORMAL	LOG-PEARSON III		
2	63.00	51.00	44.00	37.00	37.00	46.05
5	125.00	116.00	86.00	86.00	86.00	107.04
10	157.00	159.00	122.00	140.00	140.00	174.26
25	192.00	214.00	177.00	223.00	223.00	277.57
50	214.00	254.00	225.00	295.00	295.00	367.19
100	235.00	294.00	279.00	373.00	373.00	464.27
200	253.00	335.00	340.00	456.00	456.00	567.58
500	275.00	387.00	431.00	573.00	573.00	713.21
1000	291.00	427.00	510.00	667.00	667.00	830.21

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 10.6 Caudales máximos instantáneos de Puente Quillo (río Sechin)

PERIODO DE RETORNO	DISTRIBUCION DE CAUDALES ESTIMADOS				CAUDAL MÁXIMO DIARIO	CAUDAL MÁXIMO INSTANTANEO
	NORMAL	GUMBEL	LOG-NORMAL	LOG-PEARSON III		
2	18.00	16.00	13.00	15.00	15.00	18.67
5	30.00	28.00	26.00	28.00	28.00	34.85
10	36.00	36.00	37.00	36.00	36.00	44.81
25	42.00	46.00	54.00	47.00	47.00	58.50
50	46.00	54.00	69.00	55.00	55.00	68.46
100	50.00	61.00	86.00	62.00	62.00	77.17
200	54.00	69.00	105.00	70.00	70.00	87.13
500	58.00	79.00	134.00	79.00	79.00	98.33
1000	61.00	86.00	158.00	86.00	86.00	107.04

Fuente: Elaboración propia, 2007

- En el análisis de sequía, adoptando una demanda uniforme de 6.21m³/s en el Sector Tutuma y 1.65 m³/s en Puente Quillo se presentaron en el río Grande y el río Sechin respectivamente, para un periodo de 28 años (1974 – 2001), 7 y 6 sequías respectivamente con duraciones que van desde 5 años hasta 1 año, siendo la más común las sequías de duración de un año y entre las menos frecuentes están las de 5,4 y 3 años de duración que solo se presentaron una vez. La sequía de mayor duración se presentó de 1978 a 1982 (5 años) con una severidad 74.23 hm³/año para Sector Tutuma y de 1978 a 1982 (5 años) con una severidad 23.39 hm³/año para Puente Quillo. La sequía más crítica se presentó con una severidad de 146.72 hm³/año, un déficit hídrico de 75.9%, con una duración de 3años continuos en el periodo de 1990 a 1992 para el Sector Tutuma y una severidad de 44.34 hm³/año, un déficit hídrico de 85.3%, con una duración de 3años continuos en el periodo de 1990 a 1992 para Puente Quillo.

Cuadro N° 10.7 Sequía crítica anual – Sector Tutuma (río Grande)

Periodo de evento		Duracion (años)	Magnitud		Severidad o Intensidad		Deficit Hídrico (%)	Observación
Inicio	Fin		Caudal total (m3/s)	Volumen Total (MMC)	Caudal promedio (m3/s/año)	Vol. promedio (MMC/año)		
1990	1992	3	14.15	446.17	4.72	146.72	75.9%	Más severo
1995	1995	1	3.77	118.96	3.77	118.96	60.7%	mas frecuente
1997	1997	1	3.33	104.98	3.33	104.98	53.6%	mas frecuente
1978	1982	5	11.77	371.17	2.35	74.23	37.9%	Mayor duración
1985	1988	4	8.98	283.07	2.24	70.77	36.1%	
1974	1974	1	1.58	49.79	1.58	49.79	25.4%	mas frecuente
2001	2001	1	0.17	5.40	0.17	5.40	2.8%	mas frecuente

Fuente: Elaboración propia, 2007

Cuadro N° 10.8 Sequia crítica anual – Puente Quillo (rio Sechín)

Periodo de evento		Duracion (años)	Magnitud		Severidad o Intensidad		Deficit Hídrico (%)	Observación
Inicio	Fin		Caudal total (m3/s)	Volumen Total (MMC)	Caudal promedio (m3/s/año)	Vol. promedio (MMC/año)		
1990	1992	3	4.22	133.01	1.41	44.34	85.3%	Mas severo
1995	1995	1	1.11	35.00	1.11	35.00	67.3%	mas frecuente
1997	1997	1	0.88	27.66	0.88	27.66	53.2%	mas frecuente
1985	1988	4	2.99	94.44	0.75	23.61	45.4%	
1978	1982	5	3.71	116.93	0.74	23.39	45.0%	Mayor duración
1974	1974	1	0.29	9.04	0.29	9.04	17.4%	mas frecuente

Fuente: Elaboración propia, 2007

- Para el valle de Casma se consideraron la comisión de regantes Casma, San Rafael y dos bloques de la comisión de regantes Yaután (Yaután I y Yaután VII) las que tienen una demanda actual de 103,06 MMC. Otras demandas presentes importantes de agua superficial no existen, ya que la demanda poblacional es atendida con agua subterránea. Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a la estación de Tutuma con 59,73 MMC. El balance hídrico en el valle evidencia un déficit de 43,33 MMC distribuidos entre todos los meses a excepción de febrero y marzo en donde se presentan superávit. Ello refleja los problemas de rendimiento y producción de cultivos en la actualidad, debido a que las tierras bajo riego son irrigadas pero no con las cantidades adecuadas. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 53.8%, confiabilidad baja, que nos revela que el volumen sólo es satisfecho en dicho porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 16.7% haciendo necesario de la regulación de estos volúmenes.
- Para el valle de Sechín se consideraron la comisión de regantes Huanchuy y Buena Vista las que tienen una demanda actual de 65,96 MMC. Otras demandas presentes importantes de agua superficial no existen, ya que la demanda poblacional es atendida con agua subterránea. Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a la estación de Quillo con 13,54 MMC. El balance hídrico en el valle evidencia un déficit de 52,42 MMC distribuidos entre todos los meses. Ello refleja los problemas de rendimiento y producción de cultivos en la actualidad, debido a que las tierras bajo riego son irrigadas pero no con las cantidades adecuadas. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 20,5%, confiabilidad muy baja, que nos revela que el volumen sólo es satisfecho en dicho porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 0.0% haciendo necesario la total regulación de estos volúmenes.
- Para la unidad hidrográfica de Yaután se considero de la comisión de regantes Yaután los bloques de riego Yaután II, Yaután III y Yaután IV las que en conjunto tienen una demanda actual de 40,956 MMC. Otras demandas presentes importantes de agua superficial son la demanda poblacional con 0,063 MMC. Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a la generada por relación de áreas con un valor de 24,20 MMC. El balance hídrico en el valle evidencia un déficit de 16,82 MMC distribuidos entre todos los meses, excepto febrero, marzo y abril. Ello refleja los problemas de rendimiento y producción de cultivos en la actualidad, debido a que las tierras bajo riego son irrigadas pero no con las cantidades adecuadas. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 48,0%, confiabilidad baja, que nos revela que el volumen sólo es satisfecho en dicho

porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 25.0% haciendo necesario la regulación de estos volúmenes.

- Para la cuenca alta de Casma se consideraron sus (11) comunidades campesinas: SAIS Huaraz, Cochabamba II, independiente de Chacchan, Pampan, Virgen de Fátima de Rurashca, San Pedro de Colcabamba, Señor de los Milagros, Belgica Santa Clara Lucmo Toma, Cochabamba I, Yautan V, Yautan VI. Estas comunidades pertenecen a las comisiones de regantes de Pira, Pariacoto y Yaután y su demanda actual es de 22,270 MMC. Otras demanda de agua superficial de importancia es la demanda poblacional con 0.315 MMC. Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a los caudales simulados por el modelo de Téméz en Tutuma sumado al caudal simulado de Yaután, que en conjunto tienen 88,01 MMC a los que hay que restar la demanda que puede ser atendida en el valle que es de 68,753 MMC. El balance hídrico en la cuenca alta no evidencia un déficit anual, sin embargo a nivel mensual existe déficit en los meses de enero, febrero, abril, mayo y septiembre. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 81,1%, confiabilidad alta, que nos revela que el volumen es satisfecho en dicho porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 58,3% haciendo necesario de la regulación de estos volúmenes si queremos cubrir la demanda completa.
- Para la cuenca alta de Sechín se consideraron sus (03) comunidades campesinas: San Roque, Virgen de Guadalupe de Huacuy y Virgen del Rosario de Quillo. Estas comunidades pertenecen a la comisión de regantes de Quillo y su demanda actual es de 16,123 MMC. Otras demanda de agua superficial de importancia es la demanda poblacional con 0.158 MMC. Por su parte la disponibilidad al 75% de persistencia es la correspondiente a los caudales simulados por el modelo de Téméz en Quillo sumado al caudal simulado de Qda.Huacuy, que en conjunto tienen 16,13 MMC a los que hay que restar la demanda que puede ser atendida en el valle que es de 13,54 MMC. El balance hídrico en la cuenca alta evidencia un déficit anual de 11,43 MMC distribuidos entre todos los meses excepto marzo. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 27,3%, confiabilidad muy baja, que nos revela que el volumen es satisfecho en dicho porcentaje. Así también la confiabilidad en el tiempo es de 8,3% haciendo necesario de la regulación de estos volúmenes si queremos cubrir la demanda completa.

10.2 RECOMENDACIONES

- La implementación de dos estaciones hidrométricas en Tutuma y Quillo daría continuidad a los registros de caudales medidos en los ríos Casma y Sechín respectivamente de manera confiable, dejándose las mediciones arbitrarias que se realizan ante la ausencia de estas. La implementación de estas estaciones es de vital importancia no solo para tener mediciones directas de caudales, sino también para un mejor control de la distribución del recurso hídrico.
- La implementación de la red de estaciones pluviométricas permitiría obtener isoyetas más ajustadas a la realidad y por ende los modelos hidrológicos basados en la precipitación tendrían una mejor calibración.