

3.1.7 Situación actual de la vegetación y reforestación

(1) Vegetación actual

1) Cuenca de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco

La más reciente información sobre la distribución de la cobertura vegetal en el Perú es la del estudio realizado por FAO en 2005, en cooperación con INRENA. Concretamente es el Mapa Forestal 1995 elaborado por la Dirección General Forestal del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)¹ y sus aclaratorias. Asimismo, en la década de los setenta, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) del Instituto Nacional de Planificación elaboró el Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa proporcionando la zonificación según las características naturales y su vegetación.

De acuerdo con el Mapa Forestal 1995 y sus aclaratorias, las cuencas de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco se extienden desde las costas hasta la región andina, presentando diferentes coberturas vegetales según las altitudes. Desde la costa hasta 2.500 msnm (Cu, Dc) se caracteriza por su escasa vegetación. Salvo las orillas de los Ríos se extienden zonas principalmente de herbáceos y cactus o sin vegetación. En las zonas algo más altas, apenas se distribuyen en forma dispersa los matorrales. Entre 2.500 y 3.500 msnm se desarrollan los matorrales gracias a las precipitaciones que ocurren en estas zonas. Más allá, vuelven a desaparecer la vegetación debido a las bajas temperaturas y se extienden las zonas principalmente de herbáceos. Aún en los matorrales, la altura máxima de los árboles es de 4 metros aproximadamente. Sin embargo, en las orillas de los Ríos se desarrollan árboles altos incluso en las zonas áridas.

Tabla 3.1.7-1 Lista de las formaciones vegetales representativas de las cuencas de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco

| Clasificación | Denominación | Altitudes | Precipitaciones | Vegetación representativa |
|---------------|---|---|---|---|
| 1) Cu | Áreas cultivadas de la Región Costera | Región costera | Casi nula | Áreas cultivadas a lo largo de los Ríos |
| 2) Dc | Desierto costero | Entre 0 y 1.500 m | Casi nula, con algunas zonas con frecuentes neblinas | Casi nula, excepto hierbas en la zona con frecuentes neblinas |
| 3) Ms | Matorral seco | Entre 1.500 y 3.900 m | Entre 120 y 220mm | Cactus e hierbas |
| 4) Msh | Matorral subhúmedo con desarrollo de herbáceo | Centro norte, entre 2.900 y 3.500 msnm Región andina, entre 2.000 y 3.700 msnm | Entre 220 y 1.000 mm | Especies siempreverdes con menos de 4 m de altura. |
| 5) Mh | Matorral húmedo | Norte, entre 2.500 y 3.400 msnm Sur, entre 3.000 y 3.900 msnm | Entre 500 y 2.000 mm | Especies siempreverdes con menos de 4 m de altura. |
| 6) Cp | Césped de puna | 3.800 msnm | (Sin datos) | Hierbas gramíneas |
| 7) Pj | Pajonal | Entre 3.200 y 3.300 m Centro sur, hasta 3.800 m | En la zona lluviosa del sur: menos de 125 mm Vertiente este: más de 4.000 mm | Hierbas gramíneas |
| 8) N | Nevada | | — | — |

Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio de JICA con base en el Mapa Forestal 1995.

¹ Posteriormente, INRENA ha sido disuelto y sus funciones han sido asumidas actualmente por la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre.

2) Cuenca del Río Majes-Camaná

De acuerdo con el mapa de formaciones vegetales 1995, la distribución de la vegetación en esta cuenca es similar a las tres cuencas descritas en el numeral 1). Las diferencias de esta cuenca con las demás son tres: i) ausencia de “Cu (Áreas cultivadas de la Región Costera)”, ii) existencia de Lo (Lomas) y iii) existencia de Bf (bofedales).

Las aclaratorias de las formaciones vegetales existentes únicamente en esta cuenca y no en las tres cuencas restantes son las siguientes. En la Figura 3.1.7-4 se presenta el mapa de formaciones vegetales de la cuenca Majes-Camaná.

(i) Lo: Lomas

Se extiende desde 0 a 1,000 msnm. Se distribuye desde el desierto costero del norte del Perú hasta Chile. En época de invierno (mayo a setiembre) la neblina proveniente del mar permite el desarrollo de comunidades de plantas. Se caracteriza por las especies predominantes como *Tillandsia spp*, la tara (*Caesalpinia spinosa*), la flor de amancaes (*Ismene amancae*), cactus (*Haageocereus spp.*), trébol (*Oxalis spp.*), papa silvestre (*Solanum spp*) entre otros. Por otro lado, el área del desierto costero representa el 11% del territorio peruano, extendiéndose por 2.000Km a lo largo de la costa de norte a sur, además la superficie es de 14.000Km² No se pudo encontrar datos del área de las lomas costeras de la cuenca en estudio.

(ii) Bf : Bofedales

Se extiende desde los 3.900 hasta 4.800 msnm, cuya topografía está dada en terrenos planos, por laderas suaves o con ligeras depresiones. Emanan el agua que viene de glaciares o manantiales y dado que el nivel de agua subterránea es alto, el agua superficial permanece sin infiltrarse en el subsuelo. Se caracteriza por las especies predominantes como champa (*Distichia muscoides*), sillu - sillu (*Alchemilla pinnata*), libro-libro (*Alchemilla diplophylla*), chillihua (*Festuca dolichophylla*), crespillos (*Calamagrostis curvula*), tajlla (*Lilecopsis andina*), sora (*Calamagrostis eminens*), ojho pilli (*Hipochoeris stenocephala*) entre otros. Estas plantas son de bajos tamaños, y los camélidos americanos (llama, alpaca, vicuña y guanaco) se alimentan de ella.

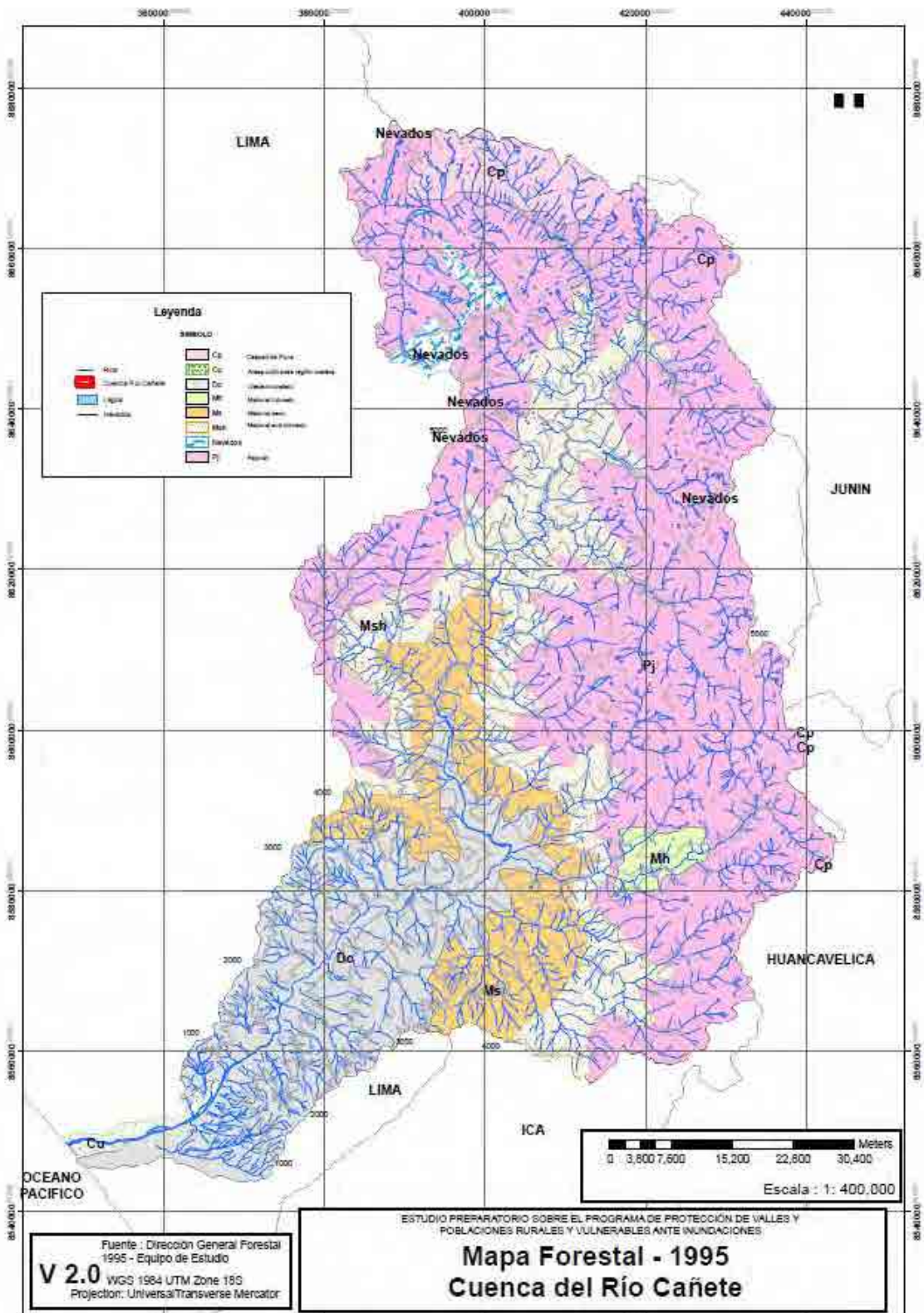


Figura 3.1.7-1 Mapa forestal de la Cuenca del Río Cañete

(Fuente: INRENA, Elaborado por el Equipo de JICA a base del Mapa Forestal. 1995)

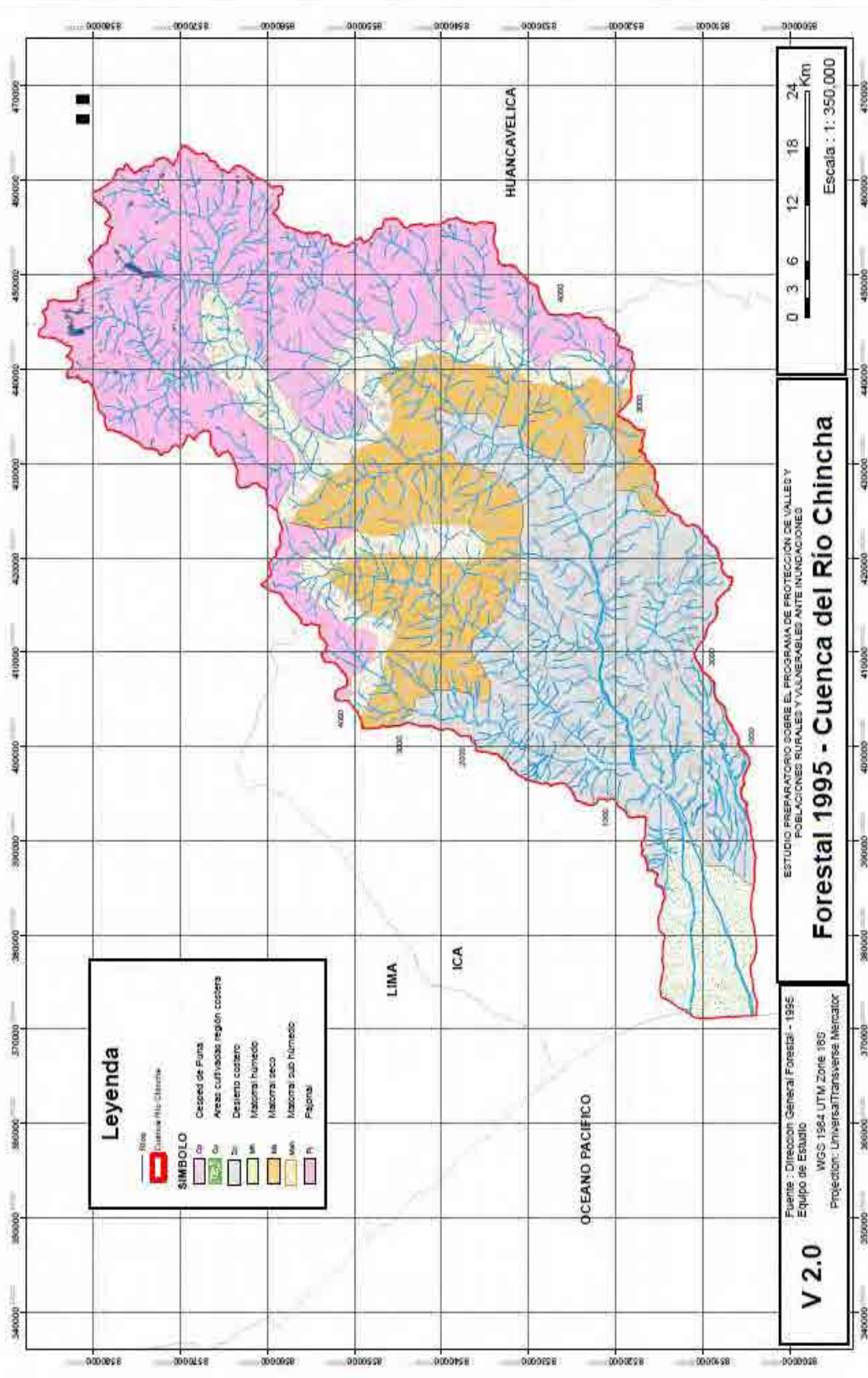


Figura 3.1.7-2 Mapa forestal de la Cuenca del Río Chíncha

(Fuente: INRENA, Elaborado por el Equipo de JICA a base del Mapa Forestal. 1995)

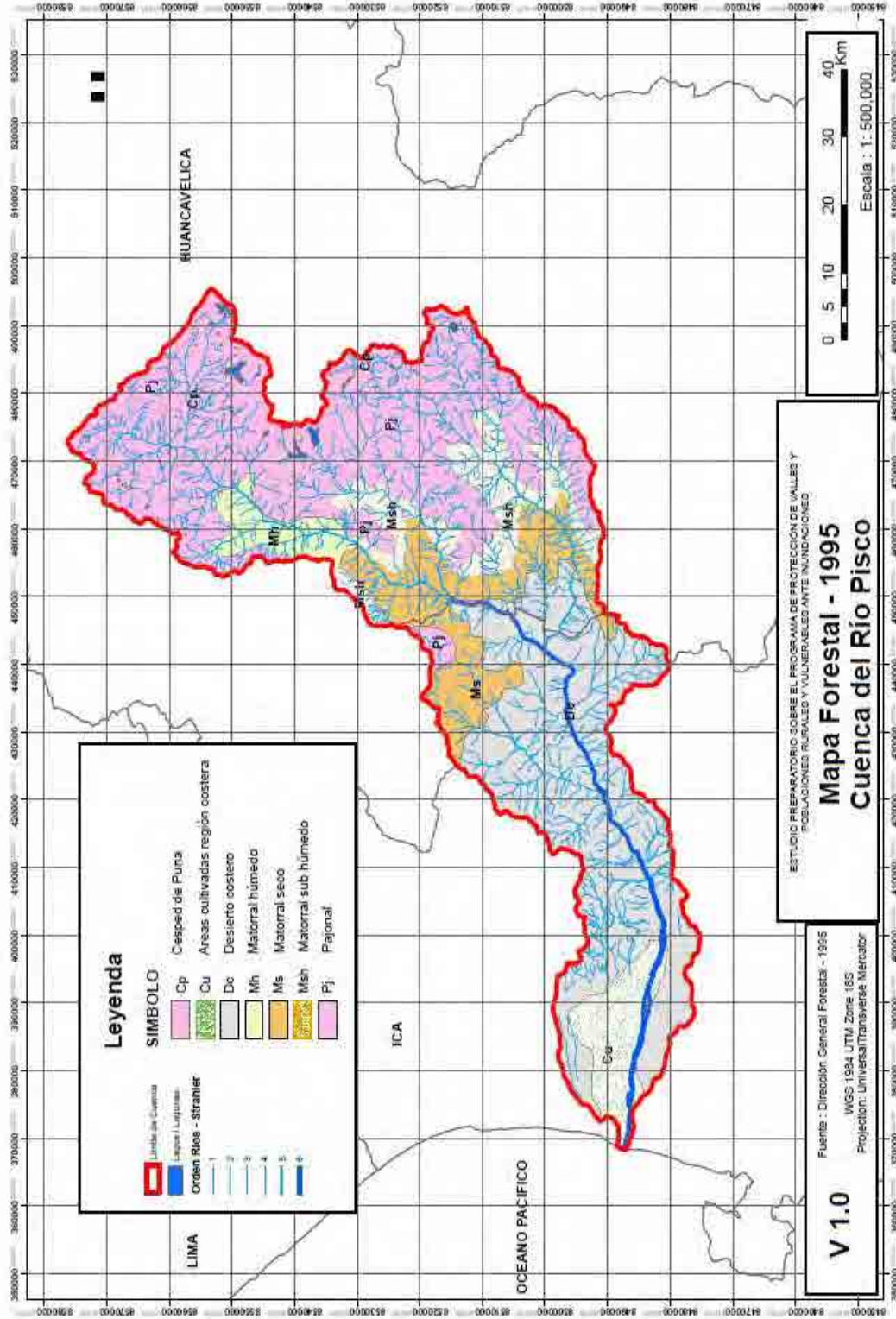


Figura 3.1.7-3 Mapa forestal de la Cuenca del Río Pisco

(Fuente: INRENA, Elaborado por el Equipo de JICA a base del Mapa Forestal, 1995)

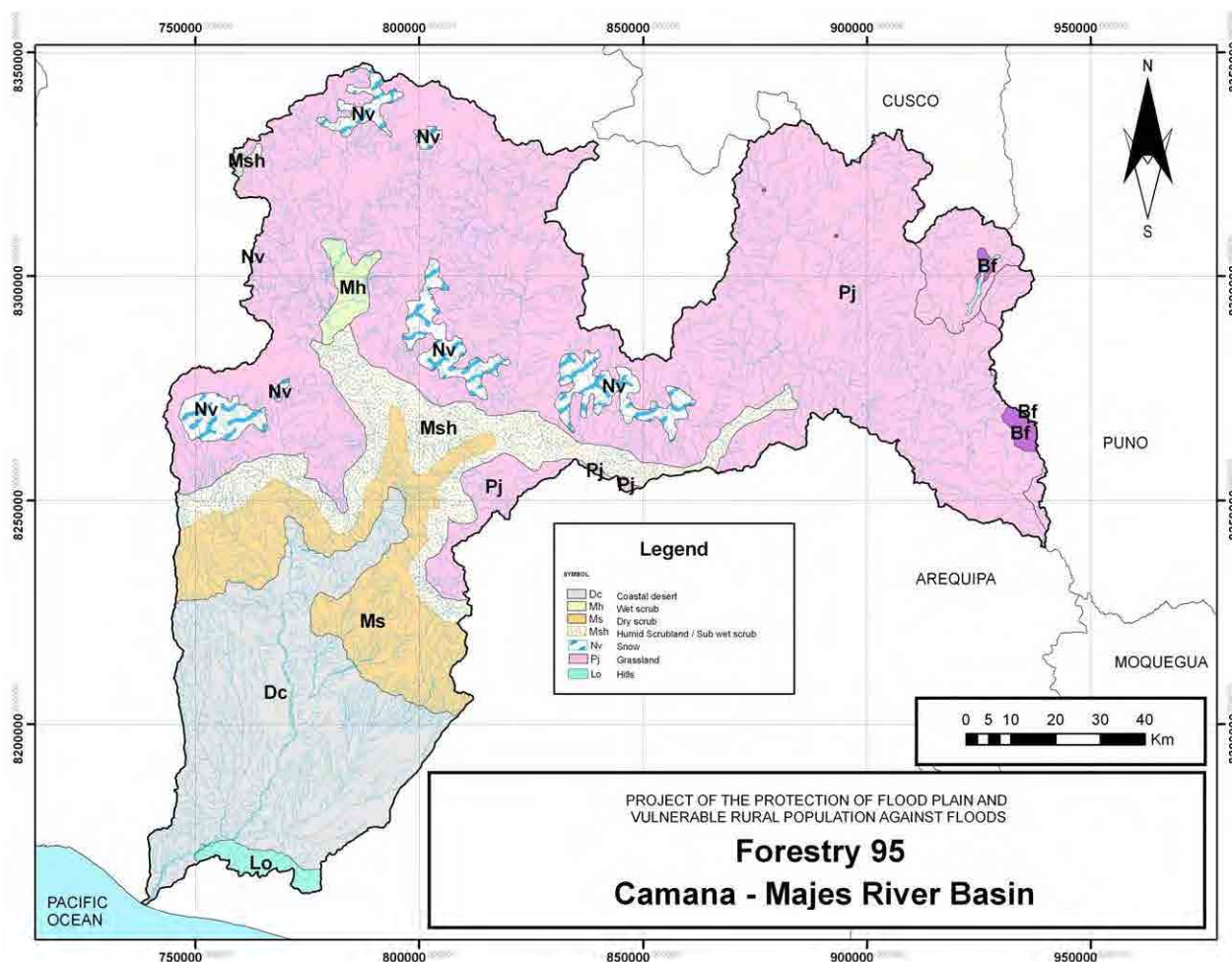


Figura 3.1.7-4 Distribución de vegetación (Cuenca del Río Majes-Camaná)

(Fuente: INRENA, Elaborado por el Equipo de JICA a base del Mapa Forestal. 1995)

(2) Superficie de las formaciones vegetales

1) Cuencas de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco

En el presente Estudio se determinó el porcentaje de la superficie que ocupa cada formación vegetal frente a la superficie total de la cuenca, sobreponiendo al SIG los resultados del estudio de INRENA de 1995 (véase las Tablas 3.1.7-2 y las Figuras 3.7.2-1 a 4). Luego, se calculó la suma de las superficies de cada zona de vida ecológica, distinguiendo el desierto costero (Cu, Dc), matorral seco (Ms), matorrales (Msh, Mh), y el pajonal/césped de puna (Cp, Pj). En la Tabla 3.1.7-3 se muestra el porcentaje de cada zona de vida ecológica frente a la superficie total de cada cuenca. Se observa que el desierto ocupa un 30 % del total, el matorral seco entre 10 y 20 % y el pajonal/césped de puna entre 30 y 50 %. Los matorrales ocupan entre 10 y 20 %. Estos últimos se distribuyen en zonas de condiciones sumamente desfavorables para el desarrollo de bosques densos, razón por la que la superficie de los matorrales en sí tampoco es extensa. De esto se deduce que son bastante severas las condiciones naturales en las tres cuencas de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco. En particular, las bajas

precipitaciones, el suelo poco fértil y la pendiente acentuada son los factores de limitación para el crecimiento de la vegetación, sobre todo de especies arbóreas altas.

**Tabla 3.1.7-2 Superficie de las formaciones vegetales frente a la superficie de la cuenca
(Cuencas de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco)**

| Cuencas | Cobertura vegetal | | | | | | | | |
|--|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------|------------------|
| | Cu | Dc | Ms | Msh | Mh | Cp | Pj | N | Total |
| (Superficie de la cobertura vegetal: hectáreas) | | | | | | | | | |
| Cuenca Río Pisco | 217,88 | 1.354,39 | 469,99 | 381,55 | 140,01 | 672,59 | 1.035,68 | 0,00 | 4.272,09 |
| Cuenca Río Chincha | 169,98 | 1.010,29 | 642,53 | 365,18 | 0,00 | 854,74 | 261,17 | 0,00 | 3.303,89 |
| Cuenca Río Cañete | 61,35 | 1.072,18 | 626,23 | 1.024,77 | 70,39 | 187,39 | 2.956,65 | 66,78 | 6.065,74 |
| Total | 449,21 | 3.436,86 | 1.738,75 | 1.771,50 | 210,40 | 1.714,72 | 4.253,50 | 66,78 | 13.641,72 |
| (Porcentaje frente a la superficie de la cuenca:%) | | | | | | | | | |
| Cuenca Río Pisco | 5,1 | 31,7 | 11,0 | 8,9 | 3,3 | 15,7 | 24,2 | 0,0 | 99,9 |
| Cuenca Río Chincha | 5,1 | 30,6 | 19,4 | 11,1 | 0,0 | 25,9 | 7,9 | 0,0 | 100,0 |
| Cuenca Río Cañete | 1,0 | 17,7 | 10,3 | 16,9 | 1,2 | 3,1 | 48,7 | 1,1 | 100,0 |
| Total | 3,3 | 25,2 | 12,7 | 13,0 | 1,5 | 12,6 | 31,2 | 0,5 | 100,0 |

(Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio de JICA con base en el informe de INRENA 1995)

**Tabla 3.1.7-3 Porcentaje de las zonas de vida ecológicas frente a la superficie de las cuencas
(Cuencas de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco)**

| Cuencas | Zonas de vida ecológica | | | | | |
|--|--------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|------------|--------------|
| | Desiertos, etc. (Cu, Dc) | Matorrales secos (Ms) | Matorrales (Msh, Mh) | Césped y pajonales (Cp, Pj) | Nevada (N) | Total |
| (Porcentaje frente a la superficie de la cuenca:%) | | | | | | |
| Pisco | 36,8 | 11,0 | 12,2 | 40,0 | 0,0 | 100,0 |
| Chincha | 35,7 | 19,4 | 11,1 | 33,8 | 0,0 | 100,0 |
| Cañete | 18,7 | 10,3 | 18,1 | 51,8 | 1,1 | 100,0 |
| Total | 28,5 | 12,7 | 14,5 | 43,7 | 0,5 | 100,0 |

(Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio de JICA con base en el informe de INRENA 1995)

2) Cuenca del Río Majes-Camaná

Al igual que la cuenca del Río Cañete, etc., la Cuenca del Río Camaná-Majes se sobrepuso los resultados del estudio de INRENA del 1995 al SIG, y se obtuvo el porcentaje del área de la cuenca de cada clasificación de la vegetación. (Ver la Tabla 3.1.7-4).

Tabla 3.1.7-4 Área de cada clasificación de la vegetación (Cuenca del Río Majes-Camaná)

| Distribución | Clasificación de la vegetación | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---------|---------|---------|--------|-------|--------|----------|-----------|
| | Lo | Dc | Ms | Msh | Mh | Bf | Nv | Pj | Total |
| Área de distribución de la vegetación (km ²) | 104,54 | 3108,12 | 1570,08 | 1334,76 | 155,20 | 66,16 | 641,44 | 10069,21 | 17.049,51 |
| Porcentaje del área de la cuenca (%) | 0,6 | 18,2 | 9,2 | 7,8 | 0,9 | 0,4 | 3,8 | 59,1 | 100,0 |

Fuente: Elaborado por el Equipo de JICA a base del Mapa Forestal de INRENA1995

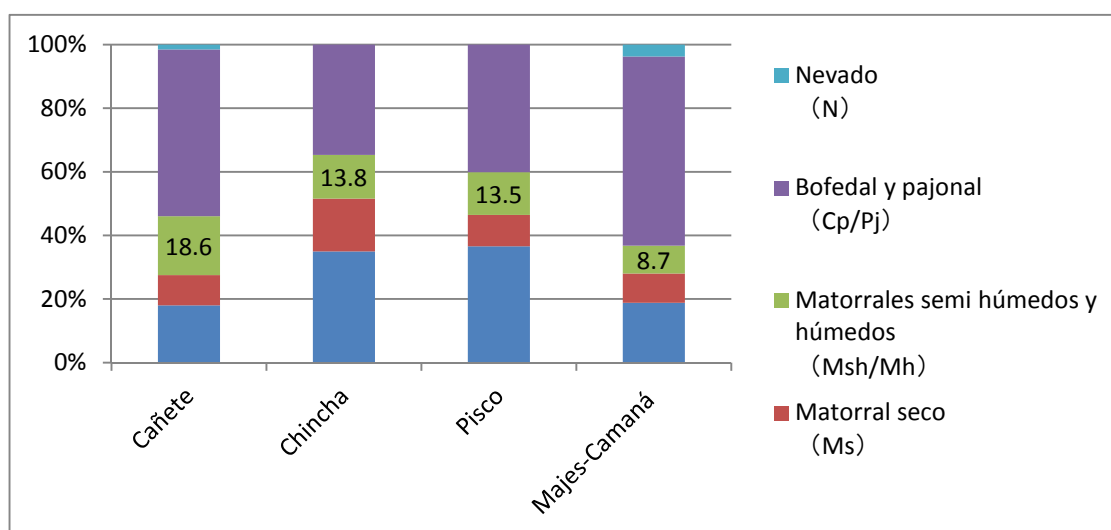
Si a este resultado se aplica la misma clasificación que la Tabla 3.1.7-3, se obtiene la Tabla 3.1.7-5. Las características de la clasificación de la vegetación de la Cuenca del Río Majes-Camaná consiste en porcentajes bajos de las áreas de matorrales (menos de 9%) por otro lado se tiene porcentajes altos en los pajonales (menos de 60 %). La altitud de la Cuenca alta del Río Majes es de más de 4.000msnm,

cubriendo la mayor área de pajonales.

**Tabla 3.1.7-5 Área y porcentaje de cada clasificación de la vegetación agrupada
(Cuenca del Río Majes-Camaná)**

| EE | Desiertos y otros (Lo, Dc) | Matorral seco (Ms) | Matorrales (Msh, Mh) | Praderas de alta elevación (Cp/Pj) | Nevado (N) | Total |
|--|----------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------------|------------|-----------|
| Área de la vegetación (km ²) | 3.212,66 | 1.570,08 | 1.489,96 | 10.135,37 | 641,44 | 17.049,51 |
| Porcentaje del área de la cuenca (%) | 18,8 | 9,2 | 8,7 | 59,4 | 3,8 | 99,9 |

En la Figura 3.1.7-5 se presenta la distribución porcentual de las formaciones vegetales en las cuatro cuencas (Cañete, Chincha, Pisco y Majes-Camaná). En las dos primeras cuencas los matorrales (especies arbóreas) representan solo entre 11 y 18% aproximadamente, pero en Majes-Camaná este porcentaje se reduce aún más (algo menos del 9%).



(Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio de JICA con base en el estudio realizado por INRENA en 1995.)

Figura 3.1.7-5 Comparación entre cuencas (porcentaje según formaciones vegetales)

(3) Variación de la superficie forestal

1) Variación de la superficie forestal a nivel regional

Hasta ahora no se ha realizado un estudio detallado sobre la variación de la superficie forestal en el Perú. Sin embargo, en el Plan Nacional de Reforestación Perú 2005 – 2024 (Anexo 2) del INRENA, aparece la superficie forestal desaparecida según departamentos hasta el año 2005. En la Tabla 3.1.7-6 se presenta la superficie forestal desaparecida (acumulada) de las regiones incluidas en el presente Estudio (Arequipa, Ayacucho, Huancavelica, Ica, Lima y Piura). No obstante, la información referida solo cubre una parte. En Ayacucho, Huancavelica y en Piura se desaparecieron aproximadamente 100.000 hectáreas, 10.000 hectáreas y 10.000 hectáreas de bosques, respectivamente.

Tabla 3.1.7-6 Superficie forestal perdida hasta 2005

| Departamentos | Superficie (ha) | Superficie forestal pérdida acumulada (ha) y porcentaje de la superficie perdida frente a la superficie departamental | Uso posterior a la corta | |
|---------------|-----------------|---|------------------------------|---------------------------|
| | | | Superficie subutilizada (ha) | Superficie utilizada (ha) |
| Arequipa | 6.286.456 | - | - | - |
| Ayacucho | 4.326.169 | 97.992 (2,3%) | 73.554 | 24.438 |
| Huancavelica | 2.190.402 | 11.112 (0,5%) | 11.112 | - |
| Ica | 2.093.457 | - | - | - |
| Junín | 4.428.375 | 628.495 (14,2%) | 289.504 | 338.991 |
| Lima | 3.487.311 | - | - | - |
| Piura | 3.580.750 | 9.958 (0,3%) | 5.223 | 4.735 |

(Fuente: Plan Nacional de Reforestación, INRENA, 2005)

2) Variación de la superficie forestal según cuencas

(a) Cuencas de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco

Se analizó la variación de las formaciones vegetales según cuencas, sobreponiendo al SIG los datos del estudio del FAO realizado en 2005 (elaborados a partir de las imágenes de satélite de 2000) y los resultados del estudio de INRENA de 1995 (elaborados con base en las imágenes de satélite de 1995). (Véase la Tabla 3.1.7-7).

Al analizar la variación de la superficie de cada formación vegetal, se observa que se han reducido la vegetación de las s zonas áridas (desierto y cactus: Cu, DC y Ms) y aumentaron los matorrales (Msh, Mh) y la Nevada (N).

**Tabla 3.1.7-7 Variación de las formaciones vegetales entre 1995 y 2000
(Tres cuencas incluyendo el Río Cañete)**

| Cuencas | Formaciones vegetales | | | | | | | | Superficie de la cuenca |
|---|-----------------------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|-------|-------------------------|
| | Cu | Dc | Ms | Msh | Mh | Cp | Pj | N | |
| (Superficie de la cobertura vegetal: hectáreas) | | | | | | | | | |
| Pisco | -3,59 | -3,44 | -50,99 | 46,88 | 7,01 | -9,52 | 13,65 | — | 4.272,09 |
| Chincha | -5,09 | -19,37 | -95,91 | 86,85 | 3,55 | -5,54 | 35,51 | — | 3.303,89 |
| Cañete | -13,46 | -28,34 | -50,22 | 7,24 | 23,70 | 34,89 | -2,18 | 28,37 | 6.065,74 |
| Sub-total (a) | -22,14 | -51,15 | -197,12 | 146,97 | 34,26 | 19,63 | 46,98 | 28,37 | 13.641,72 |
| Superficie actual (b) | 449,21 | 3.436,86 | 1.738,75 | 1.771,50 | 210,40 | 1.714,72 | 4.253,50 | 66,78 | 13.641,72 |
| Porcentaje frente a la superficie actual (a/b)% | -4,9 | -1,5 | -11,3 | +8,3 | +16,3 | 1,2 | +1,1 | +42,5 | |

(Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio de JICA con base en los estudios realizados por INRENA (1995), y FAO (2005))

(b) Cuenca del Río Majes-Camaná

De la misma manera, se midió la variación de la superficie de la distribución vegetal de la cuenca del Río Majes-Camaná. (Véase la Tabla 3.1.7-8). Desde 1995 al 2000, los matorrales semi húmedos y húmedos disminuyeron 30 km² (2,3 %) y 5 km² (3,2 %) respectivamente, los pajonales (Pj), nevados (Nv) han disminuido significativamente con 364 km² (3,6%) y 60km² (9,4 %) respectivamente, los

bofedales (Bf) está aumentando aproximadamente 12 km² (18,2 %). La distribución vegetal de mayor aumento se presenta en el desierto costero (Dc) con aproximadamente 40 km² (13,0 %).

**Tabla 3.1.7-8 Cambios en las áreas de la distribución de la vegetación de 1995 al 2000
(Cuenca del Río Majes-Camaná)**

| Área | Clasificación de la vegetación | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|--------|-------|-----------|--------|
| | Lo | Dc | Ms | Msh | Mh | Bf | Pj | Nv |
| Año 1995 (km2) (a) | 104,54 | 3.108,12 | 1.570,08 | 1.334,76 | 155,20 | 66,16 | 10.069,21 | 641,44 |
| Año 2000 (km2) (b) | 131,55 | 3.512,24 | 1.586,48 | 1.304,54 | 150,25 | 78,18 | 9.705,02 | 581,25 |
| Cambios (b-a) (km2) (c) | 27,01 | 404,12 | 16,40 | -30,22 | -4,95 | 12,02 | -364,19 | -60,19 |
| Porcentaje de cambio (%) (c/a) | 25,8 | 13,0 | 1,0 | -2,3 | -3,2 | 18,2 | -3,6 | -9,4 |

Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio de JICA a base de los estudios realizados por el INRENA 1995 y FAO 2005

(4) Situación actual de la reforestación

1) Cuencas de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco

Las condiciones climáticas de las tres cuencas (Cañete, Chincha y Pisco) no favorecen el desarrollo de especies arbóreas altas, por lo que casi no se distribuye la vegetación natural, salvo en las orillas de los Ríos donde la napa freática está a poca profundidad.

De esta manera, debido a la dificultad de encontrar áreas aptas para el desarrollo de los árboles, no se han realizado hasta ahora grandes proyectos de reforestación en estas áreas objeto del presente Estudio. Al menos, no se conoce ningún proyecto de reforestación con fines comerciales.

En las cuencas baja y media, se plantan los árboles principalmente para tres objetivos: i) reforestación a lo largo del Río para la prevención de desastres; ii) para proteger las tierras agrícolas de los vientos y arena; y, iii) como cercos perimetrales de las viviendas. En todo caso, la superficie es sumamente reducida. La especie más plantada es eucalipto, y le sigue Casuarinaceae. Es muy poco común el uso de especies endémicas. Por otro lado, en la zona altoandina, se realizan la reforestación para la producción de leñas, protección de las tierras agrícolas (contra el frío y la entrada del ganado), y para la protección de las áreas de recarga de acuíferos. Las especies plantadas son en su mayoría eucalipto y pino. Muchos de los proyectos de reforestación en la zona altoandina han sido ejecutados en el marco del programa de PRNAMACHIS (actualmente, AGRORURAL). Dicho programa consiste en la entrega de plantones a la comunidad por AGRORURAL, los cuales son plantados y manejados por los productores. Existe también un programa de reforestación implementado por el gobierno regional, pero de magnitud reducida. En este caso, el programa establece la necesidad de lograr el consenso de la comunidad para la selección de las áreas a reforestar. Sin embargo, por lo general, la mayoría de los agricultores quieren tener mayor extensión de tierra para cultivar, y se demora en lograr el consenso para emprender la reforestación. Otro factor de limitación es el clima frío en las altitudes de 3.800

msnm o más. En general, casi no se ha podido recolectar información sobre los proyectos de reforestación ejecutados hasta la fecha, ya que los archivos no estaban disponibles debido al proceso de la reforma institucional.

En el Plan Nacional de Reforestación (INRENA, 2005) aparece los datos de la reforestación realizada entre 1994 y 2003 según departamentos (antigua división administrativa). Se extrajeron los datos de los antiguos departamentos que se incluyen en el presente Estudio (Tabla 3.1.7-9). Se observa que la superficie reforestada aumentó en 1994, para luego decrecer drásticamente. Arequipa, Ica y Lima se ubican en la zona costera donde las precipitaciones son extremadamente reducidas y, por lo tanto, hay pocas zonas apropiadas para la reforestación, además que su demanda tampoco es alta. Por otro lado, Ayacucho, Huancavelica y Junín que se sitúan en la Sierra, existe una alta demanda de leñas y de protección de las tierras agrícolas y ganaderas, además que las precipitaciones son altas. Sin embargo, por las razones mencionadas anteriormente, también en estas regiones es reducida la superficie reforestada.

Tabla 3.1.7-9 Reforestación ejecutada entre 1994 y 2003

(Unidad: ha)

| Departamentos | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | Total |
|---------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| Arequipa | 3.758 | 435 | 528 | 1.018 | 560 | 632 | nr | 37 | 282 | 158 | 7.408 |
| Ayacucho | 14.294 | 9.850 | 3.997 | 8.201 | 2.177 | 6.371 | 4.706 | 268 | 2.563 | 220 | 52.647 |
| Huancavelica | 12.320 | 1.210 | 2.587 | 2.061 | 294 | 7.962 | 6.001 | 545 | 1.035 | 0 | 34.015 |
| Ica | 2.213 | 20 | 159 | 159 | 89 | 29 | 61 | 15 | 4 | 1 | 2.750 |
| Junín | 38.064 | 921 | 3.781 | 8.860 | 2.597 | 4.412 | 718 | 995 | 556 | 752 | 61.656 |
| Lima | 6.692 | 490 | 643 | 1.724 | 717 | 1.157 | nr | 232 | 557 | 169 | 12.381 |
| Piura | 7.449 | 971 | 2.407 | 3.144 | 19.070 | 2.358 | 270 | 1.134 | 789 | 48 | 37.640 |

Fuente: Plan Nacional de Reforestación, INRENA, 2005

2) Cuenca del Río Majes-Camaná

Según la información obtenida a través de la entrevista a Agrorural, las experiencias de forestación se muestran en la Tabla 3.1.7-10. Se ha realizado la forestación en 4 lugares, todas en áreas muy reducidas, y mayormente forestación experimental. Por otro lado, la ONG Nature Conservancy actualmente realiza actividades de recuperación de la vegetación de las Lomas en el área costera peruana.

Tabla 3.1.7-10 Experiencias de forestación (Departamento de Arequipa)

| Año | Lugar de plantación | Unidad ejecutora | Especies plantadas | área (ha) | Observaciones |
|------|--|------------------------|-------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 1992 | Arequipa | Univ. Nac. San Agustín | Especies nativas | 2 | Diagnóstico Forestal y Posibilidades |
| 2004 | Usuña, Bellavista Dsitrito de Polobaya, Prov. Arequipa | AGRORURAL | eucalipto, pino, ciprés | 3 | |
| 2005 | Arequipa | Tesis de Universidad | molle | 0,5 | |

Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio de JICA a base de entrevista a AGORURAL

3.1.8 Situación actual de la erosión del suelo

(1) Recolección de información y elaboración de datos básicos

1) Recolección de información

En el presente Estudio se recolectaron los datos e informaciones que se indican en la siguiente Tabla 3.1.8-1 con el fin de conocer la situación actual de la producción de sedimentos dentro del Área del Estudio.

Tabla 3.1.8-1 Lista de informaciones recolectadas

| Materiales recopilados | Año | Formato | Entidades de elaboración |
|--------------------------------------|--------------|--------------------|---|
| Mapas topográficos (Escala 1:50.000) | 2003 | Shp | INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL (IGN) |
| Mapas geológicos (Escala: 1:100:000) | 2007 | Shock Wave | Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) |
| DEM 30x30 Digital Elevation Model | 2008 | GEO TIFF | National aeronautics and Space Administration (NASA) |
| Datos de los Ríos | 2008 | SHP | IGN |
| Datos de las cuencas | 2010 | SHP | Autoridad Nacional del Agua (ANA) |
| Mapa de isoyetas | 1965-74 | PDF | ANA |
| Mapa de riesgo potencial de erosión | 1996 | SHP | Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) |
| Mapa de suelos | 1996 | SHP | INRENA |
| Mapa de cobertura vegetal | 2000 1995 | SHP2000 PDF1995 | Dirección General de Flora y Fauna Silvestre (DGFFS) |
| Datos de precipitación | | Text | Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) |
| Mapa de distribución poblacional | 2007 | SHP | Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) |

2) Elaboración de datos básicos

Se elaboraron los siguientes datos utilizando los materiales recolectados. Los detalles se presentan en el Anexo 6.

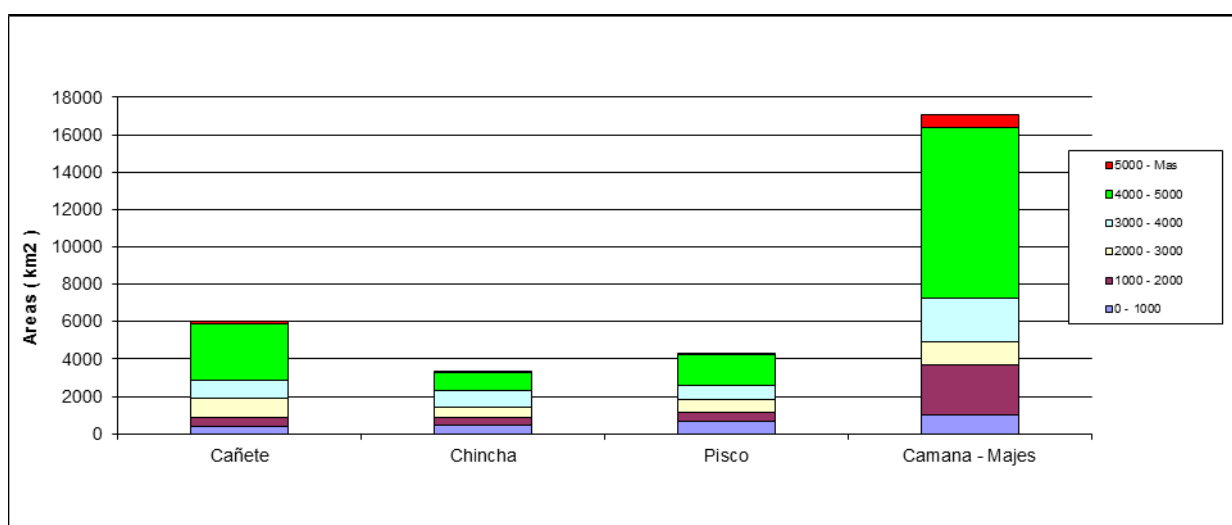
- Mapa de cuencas hidrográficas
- Mapa de zonificación por valles de tercer orden
- Mapa geológico y de cuencas hidrográficas
- Mapa de erosiones y cuencas hidrográficas
- Mapa de formaciones vegetales 2000
- Mapa de formaciones vegetales 1995
- Mapa geológico y de pendiente de los Ríos
- Mapa de cuencas hidrográficas y de pendiente de los Ríos
- Mapa de suelos y de cuencas hidrográficas
- Mapa de isoyetas
- Mapa de distribución poblacional

(2) Análisis de las causas de la erosión del suelo

1) Características topográficas

i) Superficie según altitudes

En la Tabla 3.1.8-2 y en la Figura 3.1.8-1 se presenta la superficie según altitudes de cada cuenca. En las cuencas de los Ríos Cañete y Majes-Camaná existe un elevado porcentaje de zonas con más de 4.000 msnm. Las laderas en estas zonas son poco acentuadas y se distribuyen numerosas nevadas y reservorios. Esta parte de las cuencas de los Ríos Cañete y Majes-Camaná es extensa y presenta abundantes y caudalosos recursos hídricos en comparación con otras cuencas. En particular, en la cuenca del Río Majes-Camaná, las elevaciones entre 4.000 y 5.000 msnm representan el 53% del total.



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio con base en los datos de mallas de 30m

Figura 3.1.8-1 Altitudes según cuencas

Tabla 3.1.8-2 Altitudes según cuencas

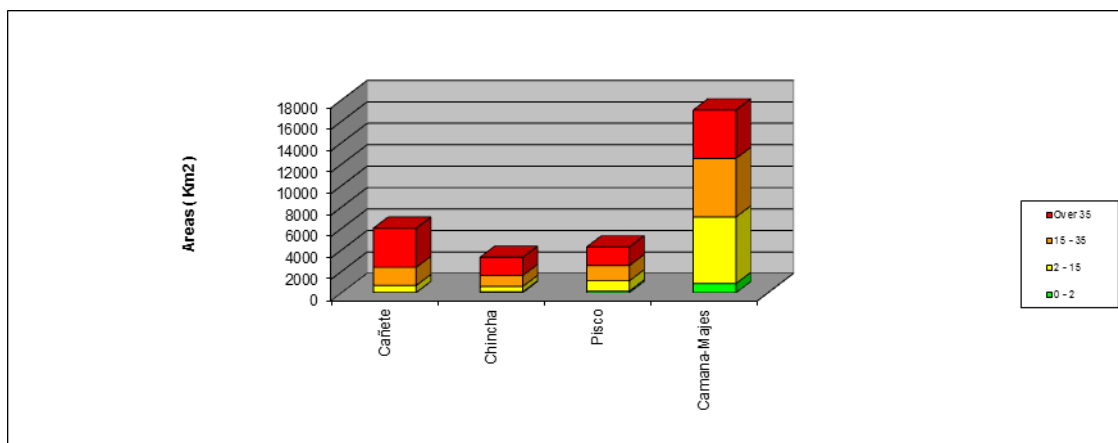
| Altitudes (msnm) | Superficie (km ²) | | | |
|------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|
| | Cuenca del Río Cañete | Cuenca del Río Chincha | Cuenca del Río Pisco | Cuenca del Río Majes-Camaná |
| 0 - 1000 | 381,95 | 435,6 | 694,58 | 1040,56 |
| 1000 - 2000 | 478,2 | 431,33 | 476,7 | 2618,77 |
| 2000 - 3000 | 1015,44 | 534,28 | 684,78 | 1277,54 |
| 3000 - 4000 | 1012,58 | 882,39 | 760,47 | 2305,64 |
| 4000 - 5000 | 3026,85 | 1019,62 | 1647,8 | 9171,56 |
| 5000 ó más | 108,95 | 0,67 | 6,19 | 635,44 |
| Total | 6023,97 | 3303,89 | 4270,52 | 17049,51 |
| Altitud máxima | 5355 | 5005 | 5110 | 5821 |

Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio con base en los datos de mallas de 30 m

ii) Zonificación según pendientes

Se prepararon los mapas de zonificación de pendiente de cada cuenca. En la Figura 3.1.8-2 y en la

Tabla 3.1.8-3 se presentan la distribución porcentual según pendientes de cada cuenca. Se puede ver que la topografía es acentuada en Cañete, Chincha, Pisco y Majes-Camaná, en este orden. En Cañete y Chincha particularmente, las pendientes que superan el 35 % representan más del 50 %. Tanto más acentuada sea la topografía cuanto mayor es el volumen de sedimentos que se descargan. Se deduce que la intensidad de la descarga de sedimentos también sigue el orden indicado anteriormente.



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio con base en los datos de mallas de 30m

Figura 3.1.8-2 Distribución porcentual según pendientes de cada cuenca

Tabla 3.1.8-3 Distribución porcentual según pendientes de cada cuenca

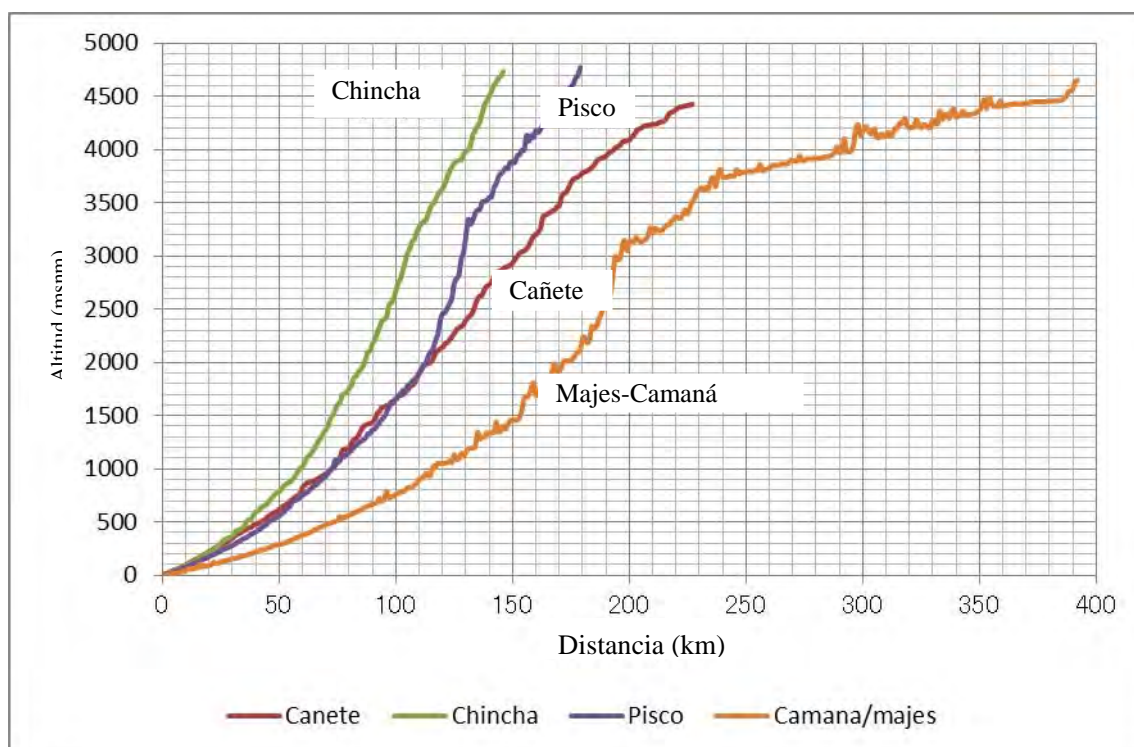
| Pendiente (%) | Cañete | | Chincha | |
|---------------|------------|------|--------------|------|
| | Área (km2) | % | Área (km2) | % |
| 0 - 2 | 36,37 | 1% | 90,62 | 3% |
| 2 - 15 | 650,53 | 11% | 499,68 | 15% |
| 15 - 35 | 1689,81 | 28% | 1019,77 | 31% |
| Más de 35 | 3647,26 | 61% | 1693,82 | 51% |
| TOTAL | 6023,97 | 100% | 3303,89 | 100% |
| Pendiente (%) | Pisco | | Majes-Camaná | |
| | Área (km2) | % | Área (km2) | % |
| 0 - 2 | 168,57 | 4% | 869,75 | 5% |
| 2 - 15 | 947,86 | 22% | 6210,54 | 36% |
| 15 - 35 | 1426,18 | 33% | 5452,97 | 32% |
| Más de 35 | 1727,91 | 40% | 4516,25 | 26% |
| TOTAL | 4270,52 | 100% | 17049,51 | 100% |

Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio con base en los datos de mallas de 30m

iii) Perfil longitudinal de los Ríos

En la Figura 3.1.8-3 se presenta el perfil longitudinal de los Ríos. Se observa que las cuencas Cañete, Chincha y Pisco tienen un perfil relativamente parecido. En el caso de la cuenca del Río

Majes-Camaná, la pendiente es acentuada desde la desembocadura hasta la altura de km 200, pero desde este punto hasta los km 400, la pendiente es suave.

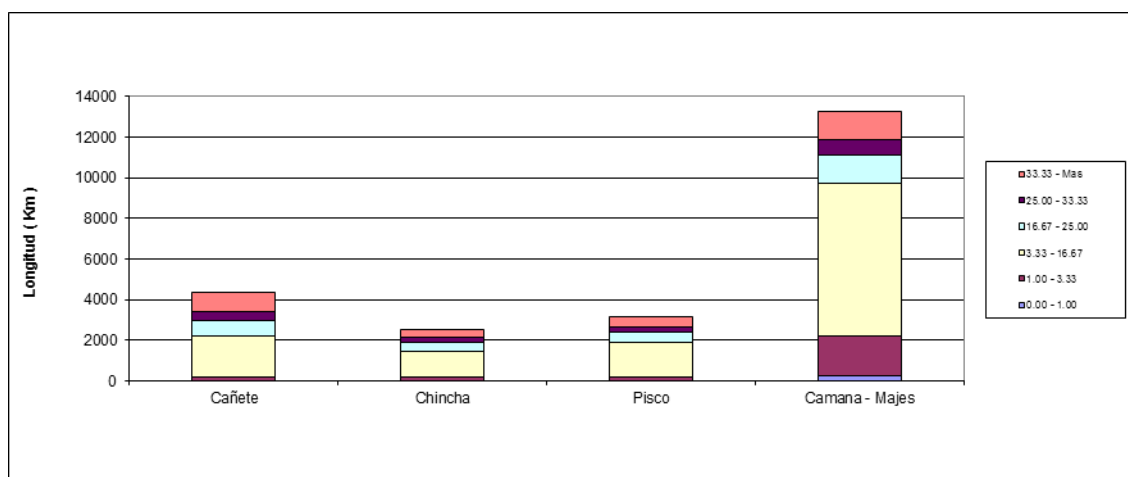


Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio con base en los datos de mallas de 30m

Figura 3.1.8-3 6 Perfil longitudinal de las cuatro quebradas

iii) Pendiente del lecho

Tal como se puede ver en la Figura 3.1.8-5, las quebradas se dividen en tramos de arrastre y de flujo de sedimentos. En la Figura 3.1.8-4 y en la Tabla 3.1.8-4 se presenta la distribución porcentual de las pendientes de lecho. Se dice que las quebradas donde se producen el flujo de sedimentos tienen pendiente superior a $1/3$ y la cuenca de Cañete presenta el tramo correspondiente más largo. Representan mayor proporción los tramos con un pendiente del lecho entre $1/30$ y $1/6$, que corresponden a tramos de sedimentación. Se observa que en términos generales, las cuencas tienen una alta capacidad de regulación.



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio con base en los datos de mallas de 30m

Figura 3.1.8-4 Pendiente de lecho en cada Cuenca

Tabla 3.1.8-4 Pendiente de lecho en cada cuenca

| Pendiente del lecho (%) | Cañete | Chincha | Pisco | Yauca | Majes-Camaná |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| 0,00 - 1,00 | 12,82 | 5,08 | 12,15 | 39,13 | 263,45 |
| 1,00 - 3,33 | 173,88 | 177,78 | 165,05 | 312,82 | 1953,19 |
| 3,33 - 16,67 | 1998,6 | 1250,82 | 1683,15 | 1687,19 | 7511,73 |
| 16,67 - 25,00 | 753,89 | 458,76 | 519,64 | 352,42 | 1383,17 |
| 25,00 - 33,33 | 467,78 | 255,98 | 291,84 | 185,78 | 761,15 |
| 33,33 - Más | 975,48 | 371,8 | 511,76 | 226,92 | 1425,65 |
| TOTAL | 4382,45 | 2520,22 | 3183,59 | 2804,26 | 13298,34 |

Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio con base en los datos de mallas de 30m

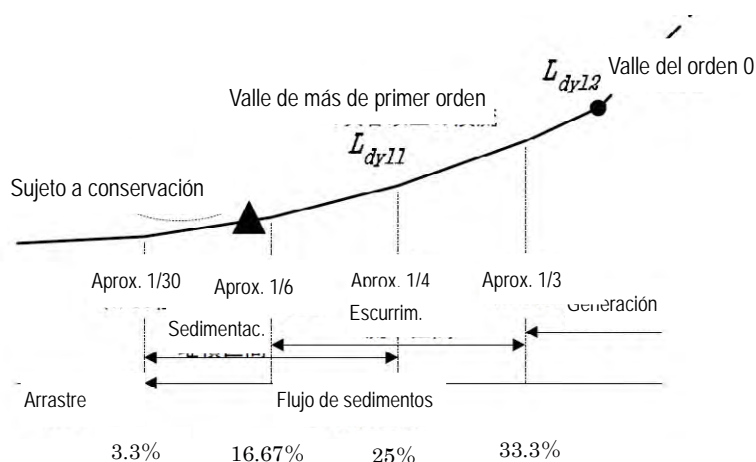


Figura 3.1.8-5 Pendiente del lecho y patrón de movimiento de sedimentos

2) Precipitaciones

En el litoral del Pacífico se extiende una zona árida (Costa) de entre 30 y 50 km de ancho y aprox. 3.000 km de largo. Esta región pertenece a la zona de clima Chala donde la temperatura media anual rodea los 20 °C, y casi no llueve a lo largo del año.

Las altitudes entre 2.500 y 3.000 msnm pertenece al clima Quechua, donde presentan precipitaciones anuales entre 200 y 300 mm. Más allá de esta zona, entre las altitudes de 3.500 y 4.500 msnm se extiende una región natural denominada Suni, caracterizada por su esterilidad. Las precipitaciones en esta región ocurren anualmente 700 mm de lluvias.

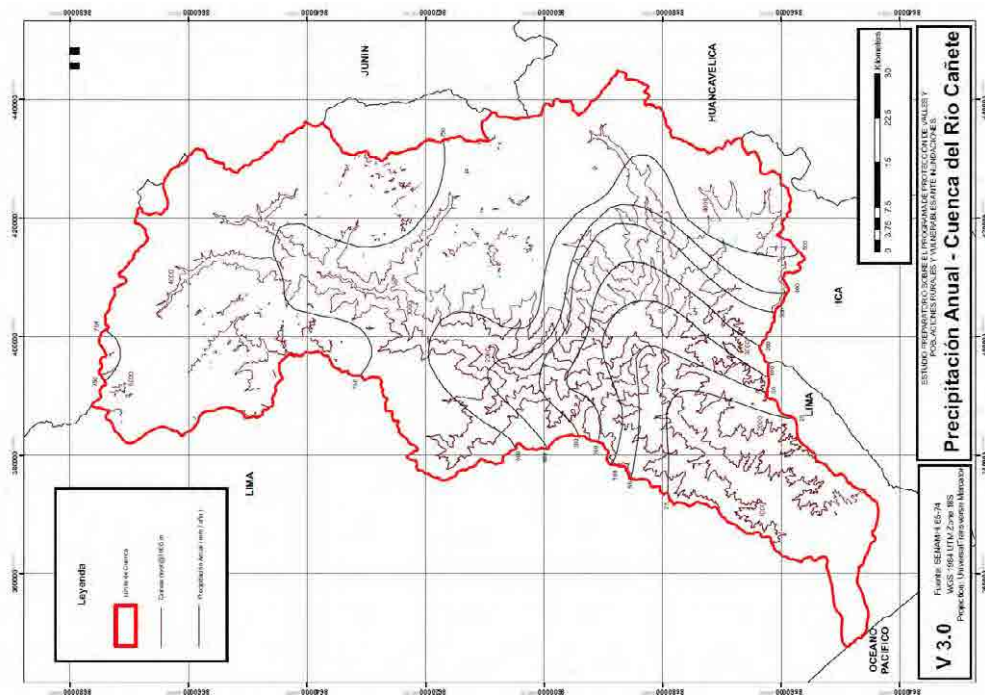
En las Figuras de 3.1.8-6 a 3.1.8-9 se presentan los mapas de isoyetas (precipitaciones anuales) de cada cuenca. Las características de cada cuenca se presentan a continuación.

Cuenca del Río Cañete: Las áreas objeto del análisis de inundaciones presentan precipitaciones anuales de 0 a 25 mm. Las áreas del lado norte a una altitud de 4000m tienen precipitaciones anuales de 750 a 1000mm.

Cuenca del Río Chincha: Las áreas objeto del análisis de inundaciones presentan precipitaciones anuales de 0 a 25 mm. Las áreas del lado este a una altitud de 4.000 m tienen precipitaciones anuales de 500 a 750 mm.

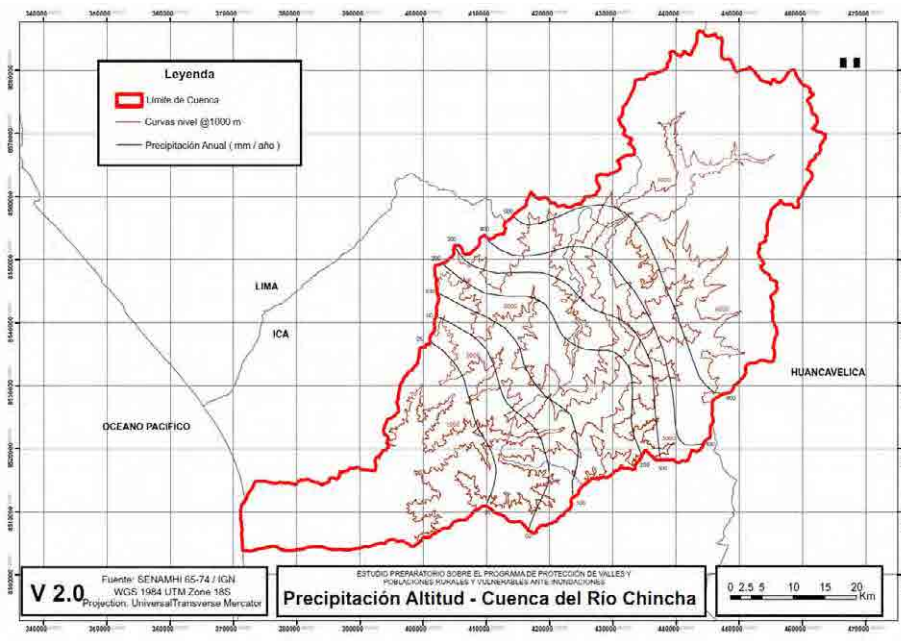
Cuenca del Río Pisco: Las áreas objeto del análisis de inundaciones presentan precipitaciones anuales de 0 a 25 mm. Las áreas del lado este a una altitud de 4.000 m tienen precipitaciones anuales de 500 a 750mm.

Cuenca del Río Majes-Camaná: Las áreas objeto del análisis de inundaciones presentan precipitaciones anuales de 0 a 50 mm. Las áreas del lado sudeste a una altitud de entre 4.000 y 5.000 m tienen precipitaciones anuales de 500 a 750 mm.



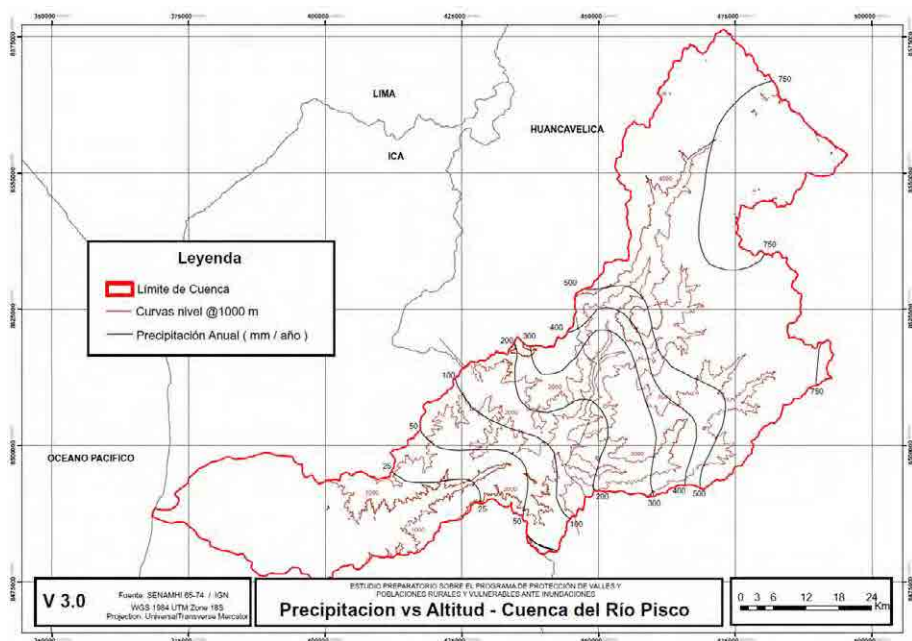
Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio de JICA con base en los datos de SENAMHI

Figura 3.1.8-6 Mapa de Isoyetas de la Cuenca del Río Cañete



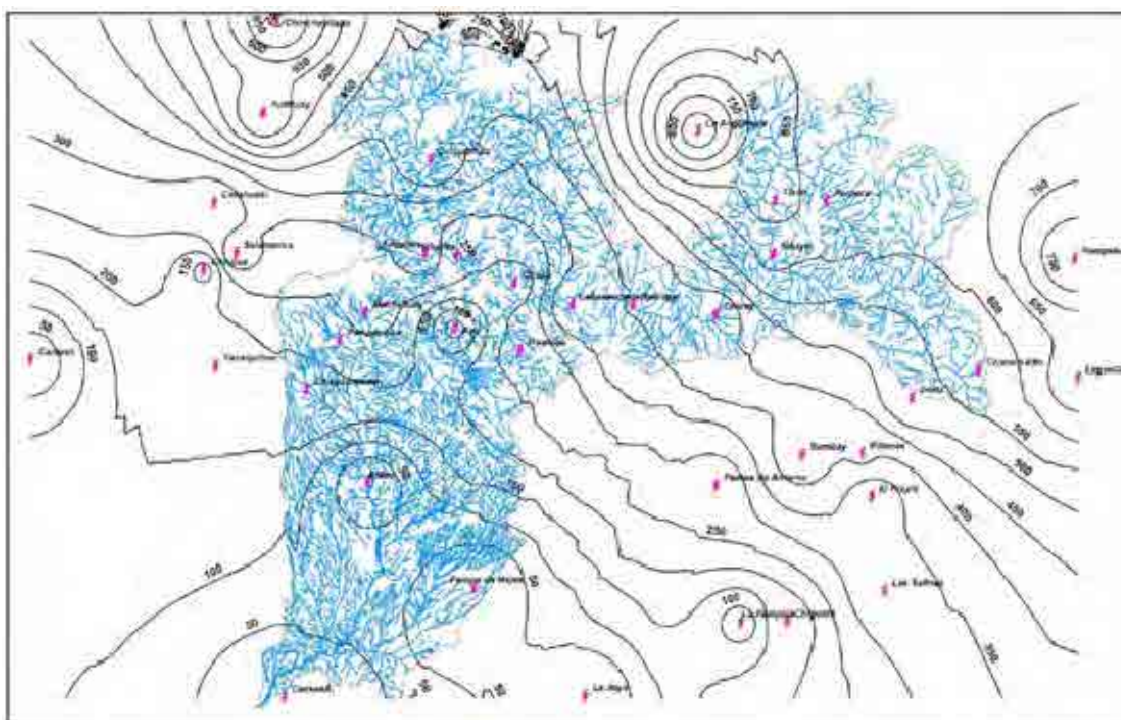
Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio de JICA con base en los datos de SENAMHI

Figura 3.1.8-7 Mapa de Isoyetas de la Cuenca del Río Chíncha



Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio de JICA con base en los datos de SENAMHI

Figura 3.1.8-8 Mapa de Isoyetas de la Cuenca del Río Pisco



Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio de JICA con base en los datos de SENAMHI

Figura 3.1.8-9 Mapa de Isoyetas de la Cuenca del Río Majes-Camaná

3) Pendiente y altitud de las laderas

En la Figura 3.1.8-10 y en el Tabla 3.1.8-5 se esquematiza la relación de la pendiente y la altitud de las laderas.

En la cuenca del Río Cañete, las laderas con más de 35° representan el 60% de las laderas. Las laderas de más de 35° predominan particularmente entre la altura de 4.000 y 5.000 msnm.

En la cuenca del Río Chincha, las laderas de más de 35° están entre los 2.000 y 4.000 msnm.

En la cuenca del Río Pisco, las laderas de más de 35° están entre los 1.000 y 4.000 msnm. Por encima de los 4.000 msnm, se distribuyen las laderas relativamente suaves, con menos de 35°.

En la cuenca del Río Majes-Camaná, la topografía es muy variable entre los 1.000 y 4.000 msnm. El Cañón del Colca considerado como uno de los más profundos en el mundo se ubica aquí.

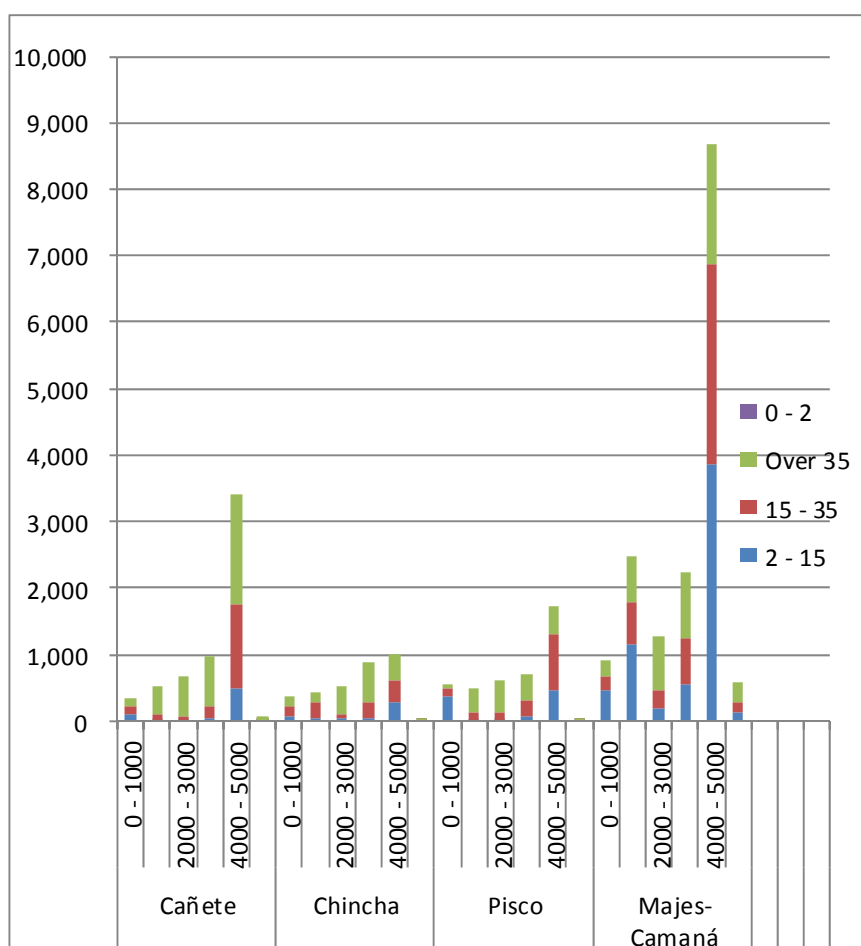


Figura 3.1.8-10 Relación entre pendiente y altitud de cada Cuenca

Tabla-3.1.8-5 Relación entre pendiente y altitud de cada cuenca

| Cuenca | Pendiente | Altitud (msnm) | | | | | | | | | | | Total | |
|--------------|-----------|----------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|------------|-------|---------|
| | | 0 - 1000 | | 1000 - 2000 | | 2000 - 3000 | | 3000 - 4000 | | 4000 - 5000 | | 5000 - Mas | | |
| Cañete | 0 - 2 | 15,51 | 60% | 0,56 | 2% | 0,15 | 1% | 0,52 | 2% | 8,88 | 35% | 0,05 | 0% | 25,67 |
| | 2 - 15 | 111,54 | 17% | 18,13 | 3% | 11,10 | 2% | 35,27 | 5% | 490,68 | 73% | 3,26 | 0% | 669,98 |
| | 15 - 35 | 101,99 | 6% | 75,00 | 4% | 64,27 | 4% | 193,48 | 11% | 1252,70 | 73% | 21,88 | 1% | 1709,32 |
| | 35 ó más | 141,11 | 4% | 435,02 | 12% | 604,91 | 17% | 751,43 | 21% | 1668,31 | 46% | 59,99 | 2% | 3660,77 |
| Chincha | 0 - 2 | 78,15 | 86% | 0,00 | 0% | 0,00 | 0% | 0,00 | 0% | 12,47 | 14% | 0,00 | 0% | 90,62 |
| | 2 - 15 | 80,09 | 16% | 50,00 | 10% | 47,83 | 10% | 32,12 | 6% | 289,52 | 58% | 0,12 | 0% | 499,68 |
| | 15 - 35 | 148,11 | 15% | 234,91 | 23% | 64,87 | 6% | 256,02 | 25% | 315,65 | 31% | 0,21 | 0% | 1019,77 |
| | 35 ó más | 129,25 | 8% | 146,42 | 9% | 421,58 | 25% | 594,25 | 35% | 401,98 | 24% | 0,34 | 0% | 1693,82 |
| Pisco | 0 - 2 | 132,09 | 76% | 1,79 | 1% | 2,08 | 1% | 3,58 | 2% | 33,74 | 19% | 0,02 | 0% | 173,30 |
| | 2 - 15 | 371,35 | 39% | 25,01 | 3% | 23,33 | 2% | 67,75 | 7% | 459,43 | 48% | 1,51 | 0% | 948,38 |
| | 15 - 35 | 118,98 | 8% | 107,69 | 8% | 101,38 | 7% | 230,25 | 16% | 856,43 | 60% | 4,06 | 0% | 1418,79 |
| | 35 ó más | 60,92 | 4% | 373,82 | 22% | 479,29 | 28% | 415,34 | 24% | 398,45 | 23% | 3,8 | 0% | 1731,62 |
| Majes-Camaná | 0 - 2 | 140,95 | 15% | 158,22 | 17% | 14,72 | 2% | 78,54 | 8% | 480,22 | 51% | 61,23 | 7% | 140,95 |
| | 2 - 15 | 446,73 | 7% | 1164,54 | 18% | 350,89 | 5% | 560,22 | 9% | 3850,12 | 59% | 128,91 | 2% | 446,73 |
| | 15 - 35 | 222,03 | 4% | 622,51 | 12% | 399,92 | 8% | 673,63 | 13% | 3014,22 | 59% | 154,69 | 3% | 222,03 |
| | 35 ó más | 230,75 | 5% | 677,32 | 15% | 537,05 | 12% | 993,25 | 22% | 1823,81 | 40% | 290,08 | 6% | 230,75 |

3) Características de la erosión

En la Figura 3.1.8-11 se resumen las características de las cuencas. Las áreas por debajo de los 500 msnm con poca vegetación y precipitaciones reducidas corresponden al “Área A”. Aquí, ocurre poca erosión. Dichas áreas llamadas “Costa”, forman una franja de desierto que alcanza una longitud de 2,414km desde Ecuador por el norte hasta Chile por el sur y se extienden entre la costa pacífica y regiones interiores hasta a una altitud de 500 msnm. Las áreas entre los 1,000 y 4,000 msnm con pendiente acentuado, poca vegetación y baldíos corresponden al “Área B”. Aquí es donde se da mayor intensidad de erosión a pesar de que ocurren pocas lluvias. Estas áreas se llaman Sierra, zona Quechua y zona Suni. La Sierra que representa el 28% del territorio nacional, comprende desde las áreas a más de 500 msnm de la ladera occidental de los Andes hasta las áreas a 1,500 msnm de la ladera oriental. La zona Quechua (o Quichua) corresponde a zonas templadas a una altitud entre 2,300 y 3,500 msnm. La zona Suni (o Jarca) corresponde a áreas frías a una altitud entre 3,500 y 4,000 msnm. Las áreas por encima de los 4,000 msnm presentan abundantes precipitaciones y baja temperatura. Aquí, las tierras están cubiertas por matorrales adaptados al clima frío, y la pendiente es suave, por lo que ocurre poca erosión. (Área C) El área se llama zona Puna.

En la Tabla 3.1.8-6 se presenta la relación entre cada área y la altitud según cuencas.

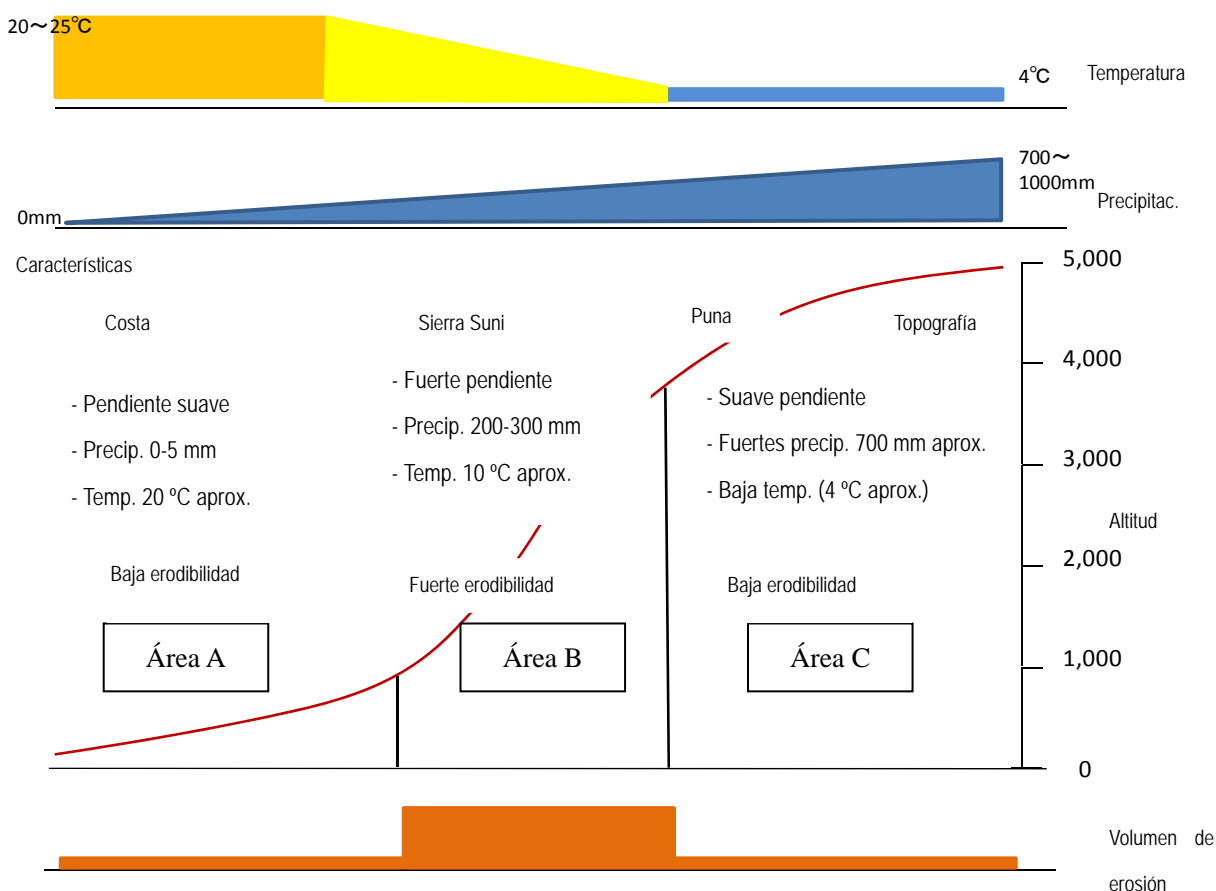


Figura 3.1.8-11 Características de las cuencas

Tabla 3.1.8-6 Relación entre las áreas y altitud de cada cuenca

| Área | Cuenca Cañete | Cuenca Chincha | Cuenca Pisco | Cuenca Majes-Camaná |
|------|---------------|----------------|--------------|---------------------|
| A | 0-1.000 | 0-1.000 | 0-1.000 | 0-1.000 |
| B | 1.000-3.500 | 1.000-3.500 | 1.000-3.500 | 1.000-3.000 |
| C | 3.500-5.000 | 3.500-5.000 | 3.500-5.000 | 3.000-5.000 |

(3) Producción de sedimentos

1) Resultados del estudio de campo

Se considera que las tres cuencas, sin incluir Majes-Camaná, presentan similares condiciones ya que están geográficamente cercas. A continuación se presentan los resultados del estudio de campo realizado en las cuencas de los Ríos Pisco, Cañete y Majes-Camaná.

(a) Cuencas de los Ríos Pisco y Cañete

A continuación se describen los resultados del estudio.

- En la ladera de las montañas se observan la formación de depósito de materiales clásticos desprendidos por el derrumbe o por la erosión eólica.
- Los patrones de producción se difieren según la geología de la roca base. Si la roca base es

andesítica o basáltica, el mecanismo consiste principalmente en la caída o fracturación de grandes gravas y en caso de roca base sedimentaria, consiste en la erosión eólica y el arrastre de arena fina (véase la Figura 3.1.8-12 y Figura 3.1.8-13).

- No se observa vegetación enraizada (Figura 3.1.8-14) probablemente por el arrastre de sedimentos en tiempo ordinario. En las diaclasas de la capa de roca andesítica, etc. donde ocurre poco movimiento de sedimentos, se ha observado el desarrollo de algas y cactus.
- En casi todos los cauces se observó la formación de terrazas bajas. En estos lugares, los sedimentos arrastrados de las laderas no entran directamente al cauce, sino que se depositan sobre la terraza. Por este motivo, la mayor parte de los sedimentos que entran al Río, probablemente sean aportados por los depósitos de las terrazas erosionados o sedimentos acumulados debido a la variación del lecho (véase la Figura 3.1.8-15).
- En la cuenca alta se observó menos terrazas y los sedimentos arrastrados de las laderas entran directamente al Río, aunque su cantidad es sumamente reducida.
- En las quebradas se desarrollan las terrazas (de más de 10 m de altura en las cuencas de los Ríos Cañete y Pisco). El pie de estas terrazas se contactan directamente con el curso de agua y desde estos lugares los sedimentos vuelven a ser arrastrados y transportados con un caudal ordinario (incluyendo pequeñas y medianas crecidas en la época de lluvias).



Figura 3.1.8-12 Tierras andesíticas y basálticas derrumbadas



Figura 3.1.8-13 Producción de sedimentos de rocas sedimentarias



Figura 3.1.8-14 Invasión de cactus



Figura 3.1.8-15 Movimiento de sedimentos en el cauce

(b) Cuencas del Río Majes-Camaná

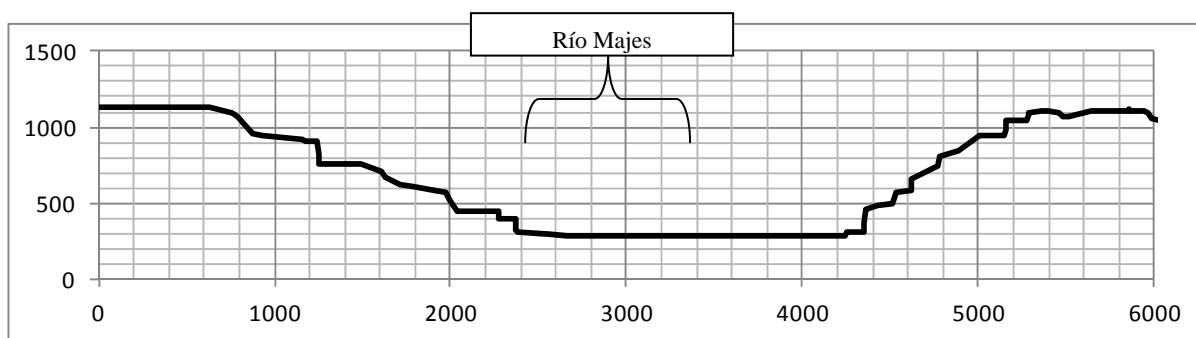
A continuación se describen los resultados del estudio.

- Se ha formado un cañón por la erosión de 800m aproximadamente de suelo, donde en el medio recorre el Río. El ancho del valle es de 4,2km y el ancho del Río es de 400m (ver la Figura 3.1.8-18). Tiene las características topográficas similares a la Cuenca de Yauca sin embargo, la profundidad y el ancho de la Cuenca de Camaná-Majes es mucho mayor.
- En la superficie de la montaña no se aprecia vegetación alguna, se observan la formación de

depósito de materiales clásticos desprendidos por el derrumbe o por la erosión eólica (ver la Figura 3.1.8-24).

- La roca base son rocas sedimentarias del periodo Mesozoico formando depósito con el mecanismo de erosión eólica y arrastre de arena fina (ver la Figura 3.1.8-24).
- Como se muestra en la foto, no se observa vegetación enraizada probablemente por el arrastre de sedimentos en tiempo ordinario (ver la Figura 3.1.8-18 y la Figura 3.1.8-24).
- En caso del tramo de estudio, el ancho de la base del valle es amplio (a 111km de la desembocadura del Río, en la intersección de Andamayo), en los cauces se observó la formación de las terrazas bajas. En estos lugares, los sedimentos arrastrados de las laderas no entran directamente al cauce, sino que se depositan sobre la terraza. Por este motivo, la mayor parte de los sedimentos que entran al Río, probablemente sean aportados por los depósitos de las terrazas erosionados o sedimentos acumulados debido a la variación del lecho (ver la Figura 3.1.8-24).
- En la cuenca alta se observaron menos terrazas y los sedimentos arrastrados de laderas entran directamente al Río, aunque su cantidad es sumamente reducida (ver la Figura 3.1.8-24).
- Según el resultado de las entrevistas, se muestra a continuación la situación de la generación de arrastre de sedimentos de las subcuencas del tramo de estudio. Por otro lado, se decía que hubo arrastre de sedimentos desde aguas arriba colmatando el cauce, sin embargo no se ha hecho medición.

En el cañón, se han desarrollado las terrazas, los pies de las terrazas están en contacto con el canal de flujo en varios puntos. Se puede pensar que la corriente de agua ordinaria (incluyendo pequeñas y medianas inundaciones durante la temporada de lluvia) arrastra de nuevo los sedimentos.



• **Figura 3.1.8-16** Corte transversal de la Cuenca de Majes (50km aprox. desde la desembocadura)

Tabla 3.1.8-7 Generación del aluvión en la aguas arriba del Río de Majes

| No | Nombre del Río | Distancia | Situación |
|----|---|--------------|--|
| 1 | Cosos Figura 3.1.8-19 Figura 3.1.8-20 | 88km aprox. | En temporada de lluvia, una vez al mes, se generan aluviones ocasionando obstrucción en las carreteras rural (=local) a causa de los arrastres de los sedimentos. En un día se logra restaurar. A veces afecta las tuberías de abastecimiento de agua. |
| 2 | Ongoro Figura 3.1.8-21 | 103km aprox. | En 1998, se generó un aluvión, 2 personas fallecieron debido al arrastre de sedimentos. Tomó un mes para recuperar los daños en los canales de riego. |

| | | | |
|---|----------------------------------|-----------------|---|
| | | | 30 minutos antes aprox. 8 familias escucharon desde la montaña un sonido de anticipo de aluvión logrando evacuarse. Estas 8 familias actualmente viven en el mismo lugar de desastre. El Río principal del Río Majes es muy grande y no se ha colmatado el cauce. Una ONG apoyó para la restauración de los canales de riego. |
| 3 | San Francisco Figura 3.1.8-22 | 106km aprox. | En 1998, se generó un aluvión, ocasionado daños en los canales de riego. Se demoró 1 mes para la restauración temporal y 4 años para la restauración. El tamaño del aluvión de sedimentos de arena ha sido de 10m. de alto aprox. |
| 4 | Jorón Figura 3.1.8-23 | 106km aprox. | Se generó el aluvión y se arrastró los sedimentos hasta el Río principal. El tamaño del aluvión de sedimentos de arena ha sido de 10m. de alto. Se cree que se ha arrastrado 100.000 a 1.000.000 m ³ de sedimentos. |

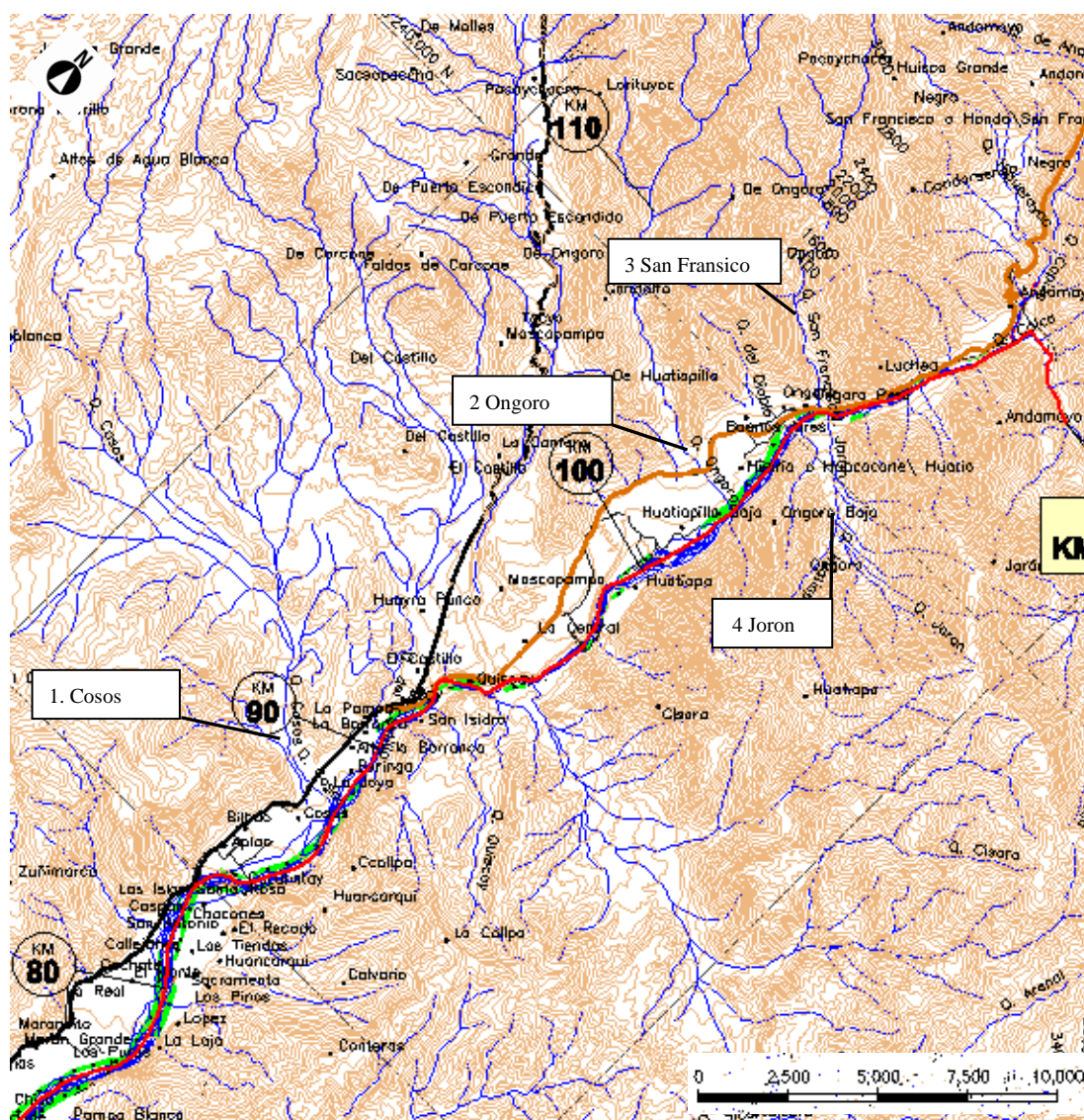


Figura 3.1.8-17 Ubicación de la generación del aluvión



Figura 3.1.8-18 Situación alrededor del Km 60 (formación del valle de aprox. 5km de ancho)

Figura 3.1.8-19 Situación de deposición de sedimentos en el Río Cosos (Ancho aprox. 900m)



Figura 3.1.8-20 Carretera rural (=local) que cruza el Río Cosos (en temporada de lluvia los sedimentos cubre la carretera rural, sin embargo se restaura en un día)

Figura 3.1.8-21 Situación de Ongoro (en 1998, fallecieron 2 personas a causa del aluvión)



Figura 3.1.8-22 Situación de la deposición de sedimentos en el Río San Francisco (obstrucción de los canales de riego a causa del desastre. Las paredes de la carretera son los sedimentos de tierra y arena de ese entonces)

Figura 3.1.8-23 Situación de Río Jorón (los sedimentos del aluvión llegó hasta el Río principal en 1998)



Figura 3.1.8-24 Situación alrededor de la desembocadura del Km110 (Se puede deducir que es poca la afluencia de los sedimentos desde las laderas hasta el canal del Río)

Figura 3.1.8-25 Intersección del Río Camaná y Río Andamayo (el Río Andamayo es un aliviadero)

2) Relación de los daños por sedimentos y la precipitación

En 1998, se produjeron múltiples daños por sedimentos en la Cuenca de Camaná-Majes. Por ello, se hizo un estudio de la precipitación de 1998. Los datos de precipitación es obtenida del análisis hidrológico del Anexo 1 de Reporte de Soporte. Se verificaron las estaciones Pluviométricas (Tabla 3.1.8-8) más cercanas de los puntos que se ha identificado el aluvión, obteniendo la información de años con probabilidad de mayor precipitación y la mayor cantidad de lluvia/día en 1998, como se muestra en la Tabla 3.1.8-9. En Chuquibamba se ha observado datos de precipitación con un periodo de retorno de 150 años, en Pampacolca 25 años, en Aplao y Huambo sólo 2 años.

En general, el muy poderoso Fenómeno de El Niño de los años 1982-1983 y 1998, ha aparecido casi cada 50 años² y se determinó que los daños por sedimentos se han producido por una precipitación con un periodo de retorno de 50 años.

Tabla 3.1.8-8 Lista de Estaciones Pluviométricas para verificar la precipitación

| Estación | Coordenadas | | |
|-------------|-------------|-----------|----------------|
| | Latitud | Longitud | Altitud (msnm) |
| Aplao | 16° 04'10 | 72° 29'26 | 625 |
| Chuquibamba | 15° 50'17 | 72° 38'55 | 2839 |
| Huambo | 15° 44'1 | 72° 06'1 | 3500 |
| Pampacolca | 15° 42'51 | 72° 34'3 | 2895 |

² (Fuente) Lorenzo Huertas DILUVIOS ANDINOS A TRAVÉS DE LAS FUENTES DOCUMENTALES - COLECCIÓN CLÁSICOS PERUANOS 05/2003

Tabla 3.1.8-9 Probabilidad de precipitación de cada Estación Pluviométrica y la mayor cantidad de precipitación por día en 1998

| Estación | Precipitación para T (años) | | | | | | | Precipitación en 1998 |
|-------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | |
| Aplao | 1,71 | 5,03 | 7,26 | 9,51 | 10,71 | 11,56 | 12,14 | 1,20 |
| Chuquibamba | 21,65 | 36,96 | 47,09 | 59,89 | 69,39 | 78,82 | 88,21 | 82,00 |
| Huambo | 22,87 | 30,14 | 34,96 | 41,05 | 45,57 | 50,05 | 54,52 | 25,30 |
| Pampacolca | 21,13 | 29,11 | 34,40 | 41,08 | 46,04 | 50,95 | 55,86 | 42,40 |

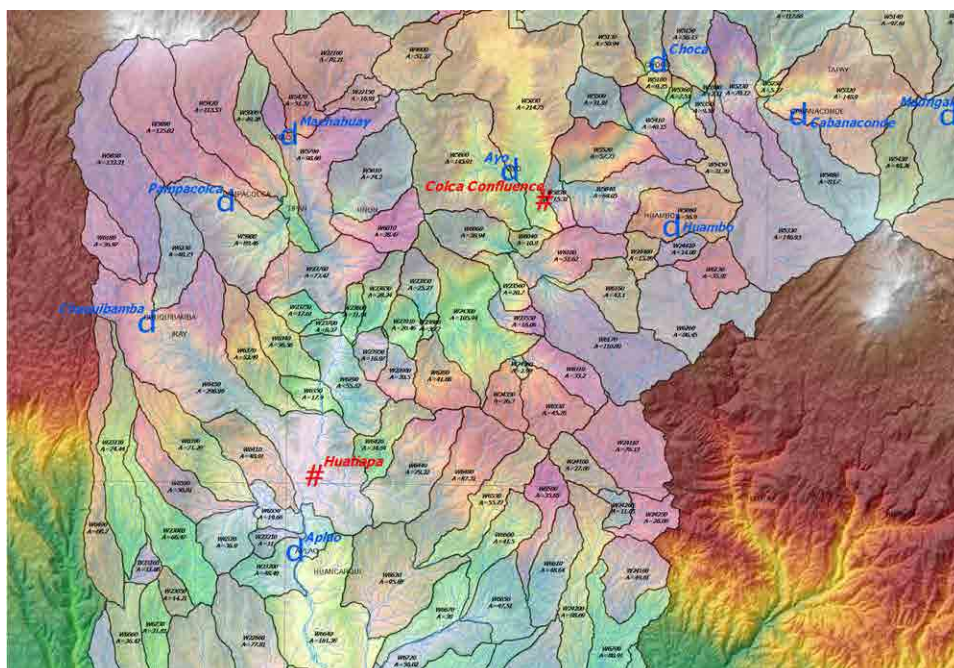


Figura 3.1.8-26 Ubicación de Estaciones Pluviométricas

(4) Proyección de la producción y arrastre de sedimentos

Se prevé que la cantidad de producción y arrastre de sedimentos varía dependiendo de la magnitud de los factores como las precipitaciones, caudal, etc.

Dado que no existen los datos cuantitativos del levantamiento secuencial ni de un estudio comparativo, aquí se presentan algunas observaciones cualitativas sobre las lluvias en tiempo ordinario y lluvias torrenciales con un período de retorno de 50 años, y sobre las inundaciones.

i) Un año ordinario

En la Figura 3.1.8-27 se presentan los datos de producción y descarga de sedimentos en tiempo ordinario.

- Casi no se producen los sedimentos desde las laderas.
- Los sedimentos se producen por el choque de la corriente de agua contra el depósito de sedimentos desprendidos de las laderas y depositados al pie de las terrazas.
- Se considera que el arrastre de sedimentos se produce por el siguiente mecanismo: los sedimentos acumulados en los bancos de arena dentro del cauce son empujados y transportados aguas abajo por el cambio del canal de flujo durante las crecidas pequeñas.

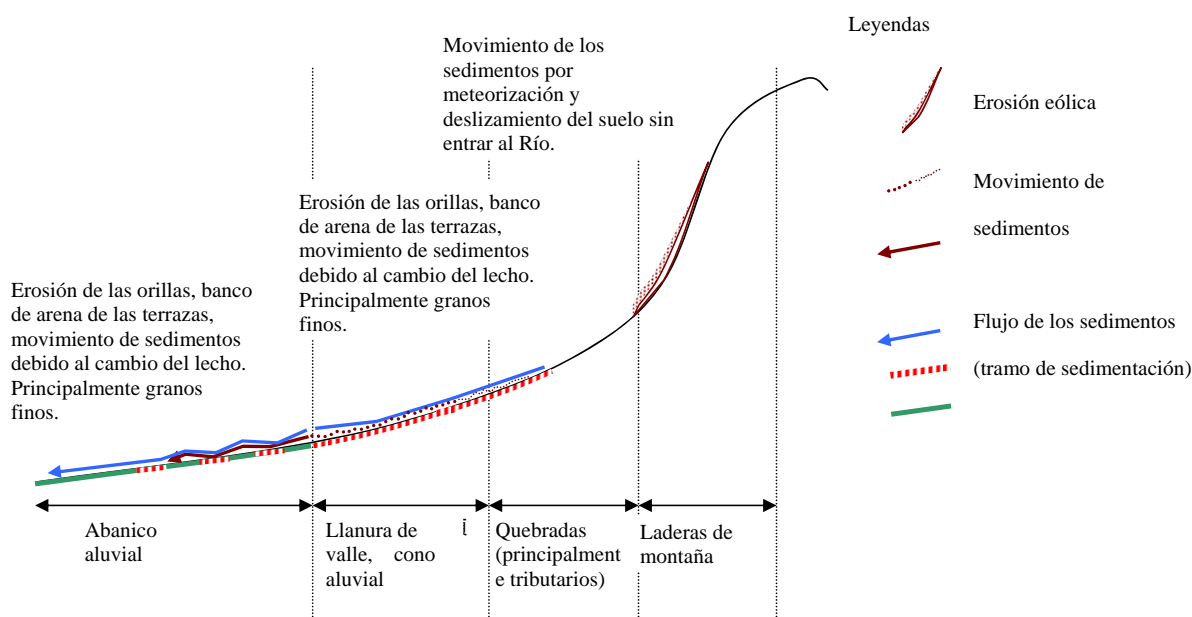


Figura 3.1.8-27 Producción y arrastre de sedimentos en un año ordinario

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

ii) Lluvias torrenciales con un período de retorno de 50 años aproximadamente

De acuerdo con las entrevistas realizadas en la localidad, cada vez que ocurre el fenómeno de El Niño se produce el flujo de sedimentos en los tributarios. Sin embargo, dado que el cauce tiene suficiente capacidad para regular los sedimentos, la influencia en la cuenca baja es reducida. En la Figura 3.1.8-28 se presentan los datos sobre la producción y descarga de los sedimentos cuando ocurren lluvias torrenciales de la magnitud del fenómeno El Niño. Se observa que la cantidad de sedimentos es proporcional a la cantidad de agua que se discurre por la ladera.

- El flujo de sedimentos desde los tributarios llega a entrar al Río principal.
- Dado que el cauce tiene suficiente capacidad para regular los sedimentos, la influencia en la cuenca baja es reducida.

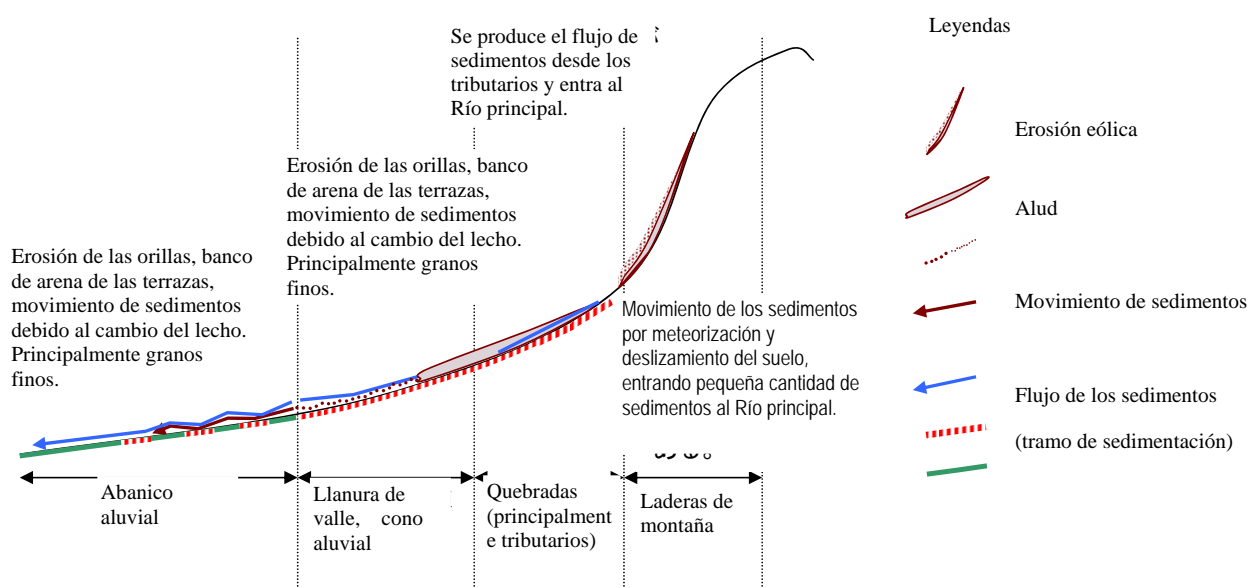


Figura 3.1.8-28 Producción y arrastre de sedimentos durante las lluvias torrenciales con un período de retorno de 50 años

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

- ii) Crecidas de enorme magnitud (que puedan dar lugar a la formación de terrazas similares a las existentes actualmente), con un período de retorno de varios miles de años.

En la región de Costa, las precipitaciones diarias con un periodo de retorno de más de 100 años son de aproximadamente 50 mm, por lo que actualmente muy raras veces se producen el movimiento de tierras arrastras por el agua. Sin embargo, precisamente por tener pocas lluvias, ordinariamente, una vez ocurridas las lluvias torrenciales, existe un alto potencial de arrastre de sedimentos por las aguas.

Si suponemos que ocurren lluvias con un periodo de retorno de más de varios miles de años, se estima que se generaría la siguiente situación (véase la Figura 3.1.8-29). La frecuencia de grandes crecidas se estimó en miles de años suponiendo que se coincide con el ciclo de calentamiento-enfriamiento a nivel global

- Arrastre de sedimentos de las laderas, por la cantidad congruente con la cantidad de agua.
- Arrastre de sedimentos excedentes desde el talud y pie de las laderas por la cantidad congruente con la cantidad de agua, provocando movimiento de tierras que puedan bloquear las quebradas o cauces.
- Destrucción de las presas naturales de los cauces bloqueados por los sedimentos, flujo de sedimentos por la destrucción de bancos de arena.
- Formación de terrazas y aumento de sedimentos en los cauces en la cuenca baja debido a la entrada de gran cantidad de sedimentos.

- Desbordamiento de agua en el tramo entre el cono aluvial y las secciones críticas, que puede alterar el cauce.

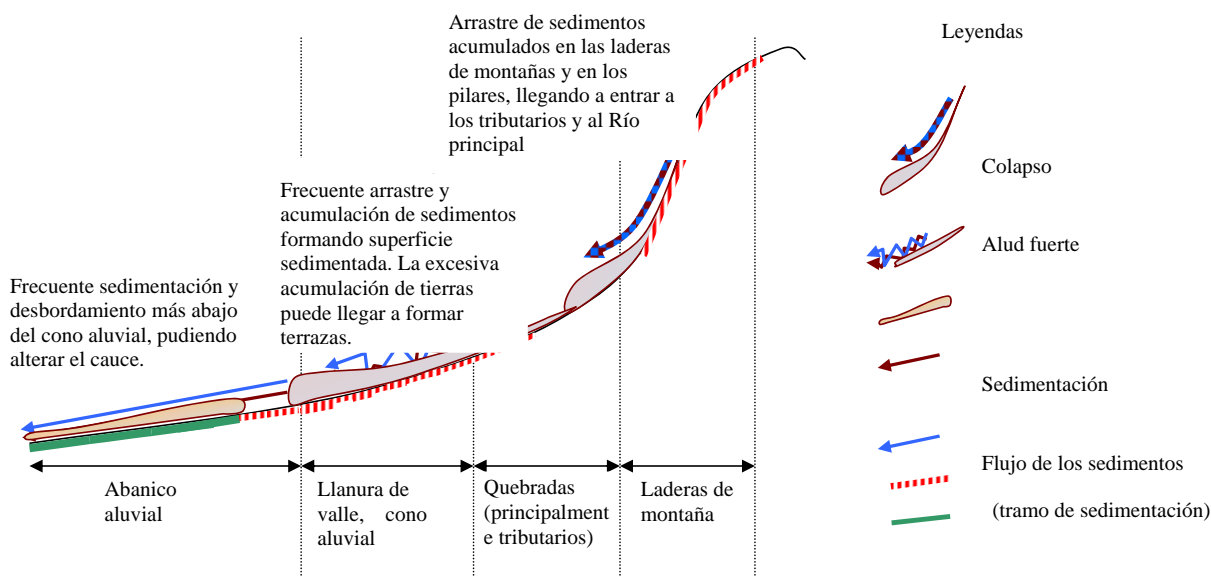
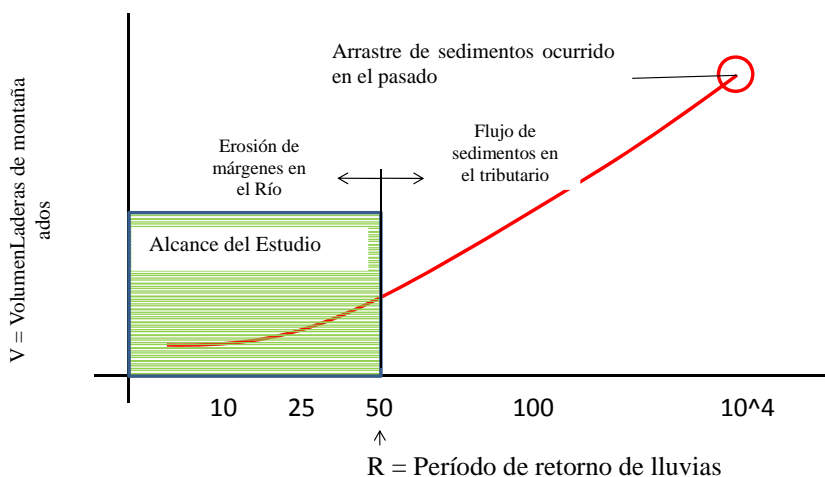


Figura 3.1.8-29 Producción de sedimentos de sedimentos en grandes crecidas (escala geológica)

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

(5) Alcance del presente Estudio

El alcance del presente Estudio está enfocado a las precipitaciones con un período de retorno de 50 años, tal como se indica en la siguiente Figura, lo cual equivale a precipitaciones que producen el flujo de sedimentos desde los tributarios.



Fenómeno de El Niño

Figura 3.1.8-30 Relación entre Producción de sedimentos de sedimentos y Período de retorno de lluvias, y Alcance del presente Estudio

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

3.1.9 Precipitaciones

A continuación se describe el análisis de descarga en las áreas objeto del estudio. Para los detalles del análisis meteorológico/hidrológico y de descarga véase el Anexo-1: Análisis meteorológico/hidrológico y de descarga.

3.1.9.1 Caudal

Tuvimos conocimiento de la situación del monitoreo pluvial que son datos a utilizar en el análisis de descarga en el área objeto del estudio y recopilamos y pusimos en orden los datos de precipitaciones necesarios para dicho análisis. Los datos de precipitaciones fueron obtenidos principalmente de SENAMHI. Casi todas las estaciones de monitoreo pertenecen a SENAMHI. Las estaciones objeto no cuentan con el monitoreo automático, sino con un monitoreo periódico manual. Por consiguiente, no existen datos pluviales horarios y todos los datos son de precipitaciones diarias (de 24 horas).

(1) Cuenca del Río Cañete

1) Situación del monitoreo pluvial

Las Tablas 3.1.9.1-1 y 3.1.9.1-2 y la Figura 3.1.9.1-1 presentan la ubicación de las estaciones de monitoreo pluvial y el periodo de tomad e datos pluviales. En la cuenca del Río Cañete, hasta la fecha se lleva el monitoreo de precipitaciones en 13 estaciones de monitoreo (incluyendo las inoperativas actualmente), y el periodo más largo de monitoreo es 47 años desde 1964 hasta 2010.

Tabla-3.1.9.1-1 Lista de estaciones de monitoreo pluvial (Cuenca del Río Cañete)

| Código | Estación de monitoreo | Departamento | Longitud | Latitud | Institución |
|--------|---------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 636 | YAUYOS | LIMA | 75° 54'38.2 | 12° 29'31.4 | SENAMHI |
| 155450 | YAURICOCHA | LIMA | 75° 43'22.5 | 12° 19'0 | SENAMHI |
| 155169 | TOMAS | LIMA | 75° 45'1 | 12° 14'1 | SENAMHI |
| 156106 | TANTA | LIMA | 76° 01'1 | 12° 07'1 | SENAMHI |
| 6230 | SOCSI CAÑETE | LIMA | 76° 11'40 | 13° 01'42 | SENAMHI |
| 638 | PACARAN | LIMA | 76° 03'18.3 | 12° 51'43.4 | SENAMHI |
| 6641 | NICOLAS FRANCO SILVERA | LIMA | 76° 05'17 | 12° 53'57 | SENAMHI |
| 156112 | HUANTAN | LIMA | 75° 49'1 | 12° 27'1 | SENAMHI |
| 156110 | HUANGASCAR | LIMA | 75° 50'2.2 | 12° 53'55.8 | SENAMHI |
| 156107 | COLONIA | LIMA | 75° 53'1 | 12° 38'1 | SENAMHI |
| 156109 | CARANIA | LIMA | 75° 52'20.7 | 12° 20'40.8 | SENAMHI |
| 156104 | AYAVIRI | LIMA | 76° 08'1 | 12° 23'1 | SENAMHI |
| 489 | COSMOS | JUNIN | 75° 34'1 | 12° 09'1 | SENAMHI |

2) Precipitaciones mensuales

La Tabla 3.1.9.1-3 y la Figura 3.1.9.1-2 presentan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones de monitoreo pluvial en la cuenca del Río Cañete y su distribución.

Según la Tabla y la figura, las precipitaciones aumentan entre octubre y abril y disminuyen bastante de mayo a septiembre. Las precipitaciones anuales varían de 1,47mm en la estación Socsí a 1.016mm en la estación Yauricocha.

Tabla 3.1.9.1-3 Precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Cañete y las cuencas cercanas

| Estación | Mes | | | | | | | | | | | | Total |
|------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|
| | Ene | Feb | Mar | Abr. | May | Jun | Jul | Ago. | Sep. | Oct | Nov | Dic | |
| YAUYOS | 71.36 | 83.70 | 83.26 | 20.35 | 3.36 | 0.52 | 0.15 | 0.92 | 3.10 | 12.94 | 19.68 | 44.46 | 343.80 |
| YAURICOCHA | 178.17 | 168.19 | 169.94 | 92.76 | 20.76 | 9.40 | 10.52 | 20.85 | 37.28 | 88.02 | 81.24 | 138.64 | 1,015.78 |
| TOMAS | 128.45 | 119.02 | 100.86 | 67.50 | 21.93 | 17.36 | 11.13 | 14.36 | 35.34 | 44.19 | 55.36 | 86.90 | 702.39 |
| TANTA | 151.80 | 157.83 | 162.22 | 91.07 | 25.07 | 7.23 | 5.52 | 11.23 | 29.59 | 60.70 | 78.74 | 110.98 | 891.99 |
| SOCSI CAÑETE | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.47 |
| PACARAN | 4.21 | 4.70 | 3.83 | 0.29 | 0.10 | 0.04 | 0.01 | 0.07 | 0.09 | 0.41 | 0.41 | 1.93 | 16.09 |
| NICOLAS FRANCO SILVERA | 1.80 | 4.57 | 2.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 2.33 | 11.50 |
| HUANTAN | 195.68 | 236.82 | 196.02 | 72.60 | 7.82 | 1.09 | 1.77 | 2.17 | 2.61 | 50.73 | 62.07 | 98.77 | 928.15 |
| HUANGASCAR | 59.94 | 72.77 | 85.06 | 9.93 | 0.63 | 0.20 | 0.03 | 0.25 | 0.43 | 2.23 | 6.45 | 24.95 | 262.87 |
| COLONIA | 84.62 | 109.69 | 127.22 | 27.47 | 3.15 | 0.35 | 0.79 | 0.56 | 3.81 | 15.23 | 21.41 | 64.96 | 459.25 |
| CARANIA | 118.12 | 118.97 | 126.34 | 43.37 | 12.69 | 3.80 | 3.19 | 4.98 | 11.01 | 27.60 | 32.47 | 79.56 | 582.10 |
| AYAVIRI | 119.80 | 137.90 | 151.32 | 46.06 | 5.25 | 0.02 | 0.28 | 0.83 | 1.93 | 10.36 | 17.37 | 56.67 | 547.80 |
| COSMOS | 110.38 | 99.85 | 110.09 | 53.48 | 24.93 | 4.10 | 7.03 | 13.01 | 32.87 | 49.44 | 52.59 | 95.53 | 653.29 |

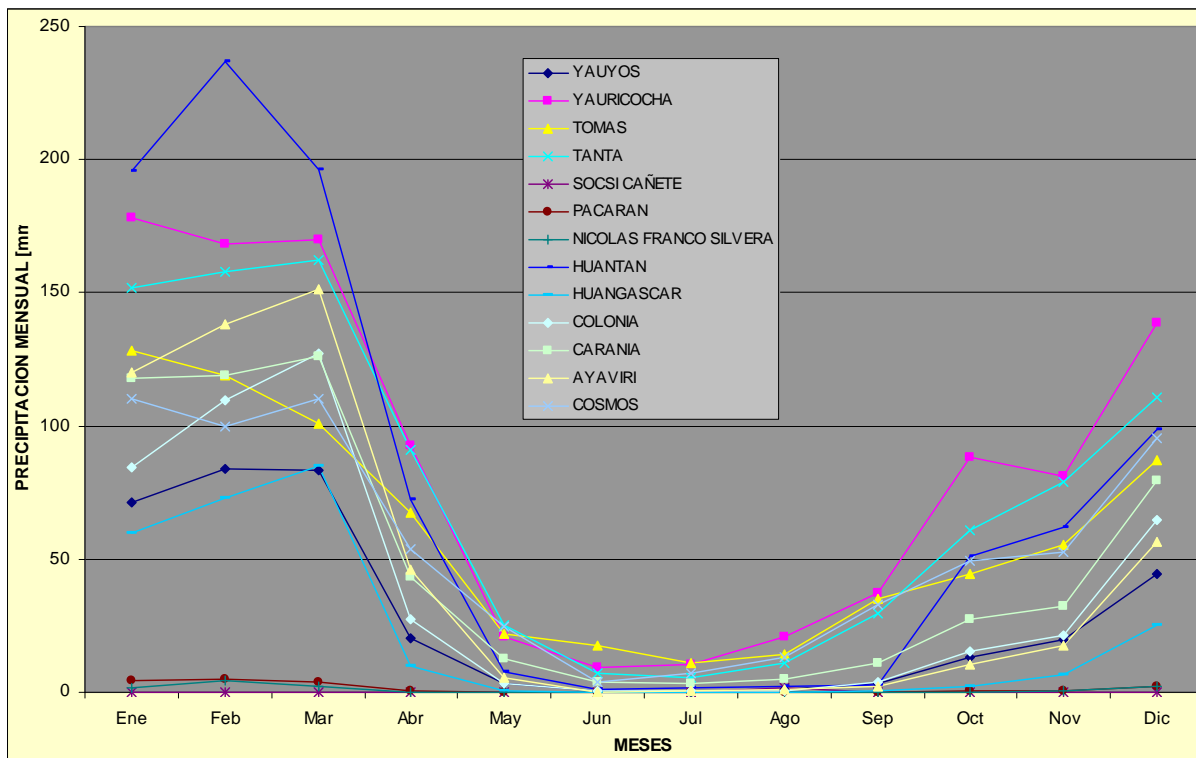


Figura-3.1.9.1-2 Distribución de Precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Cañete y las cuencas cercanas

3) Precipitaciones de 24 horas máximas/año

La Tabla 3.1.9.1-4 presenta las precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Cañete.

Tabla 3.1.9.1-4 Precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Cañete

| Year | YAUYOS | YAUROC HA | TOMAS | TANTA | SOCSE CA NETE | PACARAN | NICOLAS FRANCO SILVERA | HUANTAN | HUANGAS CAR | COLONIA | CARANIA | AYAVIRI | COSMOS |
|------|--------|--------------|-------|-------|---------------------|---------|------------------------------|---------|----------------|---------|---------|---------|--------|
| 1964 | 19.5 | | | 25.4 | | | | | | 14.2 | 28.4 | 12.0 | |
| 1965 | 31.4 | | | 34.5 | | 2.1 | | 41.6 | 15.0 | 43.5 | 44.3 | 13.0 | |
| 1966 | 23.3 | | | 26.6 | | 2.5 | | 20.0 | 25.1 | 34.4 | 25.0 | 28.5 | |
| 1967 | 23.6 | | | 28.0 | | 8.8 | | | 35.3 | 62.8 | 18.6 | | |
| 1968 | | | | 23.7 | | | | 17.7 | 12.9 | 18.1 | | 19.7 | |
| 1969 | 17.4 | | | 33.0 | | | | | 21.3 | 17.2 | 29.3 | 33.5 | |
| 1970 | 26.8 | | | 37.9 | | 20.3 | | 21.2 | 28.0 | 24.2 | 16.6 | 29.9 | |
| 1971 | 33.0 | | | 24.5 | | 6.3 | | 18.5 | 19.6 | 31.5 | 18.0 | 22.7 | |
| 1972 | | | | 26.1 | | 4.8 | | 29.3 | 70.5 | 16.3 | 20.1 | 33.0 | |
| 1973 | 28.2 | | | 18.2 | | 6.0 | | 30.2 | 27.2 | 15.8 | 22.6 | 37.6 | |
| 1974 | 21.5 | | | 19.3 | | 2.4 | | 20.0 | 12.7 | 15.7 | 16.8 | 30.5 | |
| 1975 | 19.0 | | | 15.1 | | 3.3 | | 40.1 | 34.6 | 14.1 | 16.0 | 34.8 | |
| 1976 | 20.0 | | | 17.5 | | 0.4 | | 32.4 | | 23.2 | 19.3 | 16.1 | |
| 1977 | 14.8 | | | 16.4 | | 0.8 | | | 29.4 | 24.9 | 17.4 | 34.4 | |
| 1978 | 20.1 | | | 16.3 | | 0.2 | | 22.0 | 49.8 | 25.2 | 16.1 | 33.4 | |
| 1979 | 16.9 | | | 11.7 | | | | | 18.1 | | 15.1 | 11.2 | |
| 1980 | 15.5 | | | 14.4 | | | | | 8.5 | | 17.1 | | |
| 1981 | 22.8 | | | 13.1 | | | | | 21.0 | 17.6 | 17.5 | | |
| 1982 | | | 16.8 | 13.3 | | | | 61.2 | 17.2 | | 15.6 | | 19.3 |
| 1983 | | | 9.8 | | | | | 33.6 | 9.7 | 21.5 | 16.6 | | 15.5 |
| 1984 | 10.0 | | | 11.3 | | | | 53.4 | 14.9 | | 14.2 | | 27.0 |
| 1985 | | | | 12.4 | | | | | 13.8 | 8.0 | 12.9 | | |
| 1986 | | | 17.5 | 18.0 | | 3.5 | | 36.2 | 19.0 | 26.5 | 20.0 | 32.7 | 33.7 |
| 1987 | | 37.6 | 13.1 | 16.8 | | 4.8 | | 35.5 | 13.1 | 12.5 | 20.9 | 31.9 | 29.3 |
| 1988 | | 28.8 | 13.6 | 13.8 | | 3.3 | | | 20.4 | | 33.1 | 23.8 | |
| 1989 | | 26.1 | | 13.9 | | 6.0 | | 27.7 | 20.0 | | 24.4 | 39.4 | |
| 1990 | | 30.8 | | 15.8 | | 1.2 | | | 20.0 | | 26.0 | 25.6 | |
| 1991 | | 24.0 | | 11.5 | | 1.5 | | | 19.0 | | 12.4 | 27.4 | |
| 1992 | 6.3 | 21.5 | | 16.0 | | 1.2 | | | 5.0 | | 15.1 | 29.9 | |
| 1993 | 17.3 | 40.5 | | 41.6 | | 3.0 | | | 20.0 | | 16.0 | 29.7 | |
| 1994 | 31.5 | 21.8 | | 26.4 | | 9.0 | | | 24.0 | | 14.1 | 30.2 | |
| 1995 | 12.2 | 20.2 | | 27.0 | | 6.2 | | | 30.0 | | 13.5 | 30.2 | |
| 1996 | 24.3 | 16.6 | | 31.7 | | 2.6 | | | 23.0 | | 16.1 | 24.6 | |
| 1997 | 18.8 | 28.2 | | 27.4 | | 3.6 | | | 25.3 | | 14.6 | 46.2 | |
| 1998 | 14.7 | 27.6 | | 41.8 | | 5.5 | | | 33.8 | | 14.1 | 32.4 | |
| 1999 | 19.9 | 24.4 | | 24.5 | | 11.2 | | | 24.3 | | 15.6 | 23.1 | |
| 2000 | 12.9 | 58.6 | | 28.9 | | 3.8 | | | 30.6 | | 27.0 | 35.4 | |
| 2001 | 13.3 | 20.6 | | 22.7 | | 5.6 | | | 12.8 | | 14.9 | 24.0 | |
| 2002 | 11.6 | 25.8 | | 28.2 | | | | | 24.8 | | 17.7 | 28.7 | |
| 2003 | 14.4 | 60.4 | | 28.0 | | 4.4 | | | 15.0 | | 18.9 | 18.2 | |
| 2004 | 14.2 | 41.3 | | 32.9 | | | | | 17.7 | | 21.4 | 29.2 | |
| 2005 | 13.6 | 30.4 | | 22.0 | 0.0 | | 6.4 | | 13.0 | | 20.5 | 21.0 | |
| 2006 | 20.6 | 26.2 | | 29.5 | 0.0 | | 3.0 | | 25.1 | | 30.1 | 26.5 | |
| 2007 | 19.8 | 29.0 | | 33.6 | 0.0 | 2.3 | | | 14.6 | | 23.4 | 34.2 | |
| 2008 | 19.9 | 15.4 | | | 0.0 | 2.6 | | | 24.0 | | 21.9 | 30.4 | |
| 2009 | 15.1 | 26.9 | | 69.2 | 8.0 | 6.0 | | | 14.8 | | 20.5 | 27.3 | |
| 2010 | | | | | | | | | | | | | |

4) Mapa de isoyetas

En la Figura 3.1.9.1-3 se presenta un mapa de isoyetas de la cuenca del Río Cañete.

En la cuenca del Río Cañete, las precipitaciones anuales varían considerablemente según la zona, con un mínimo de 25mm y máximo de 750 mm aproximadamente. Las precipitaciones son menores a medida que se acerca a la cuenca baja y son mayores a medida que se va aumentando las altitudes hacia la cuenca alta.

Las precipitaciones anuales en la cuenca baja donde se tomarán medidas contra inundaciones son de 25 a 50mm, que no son grandes.

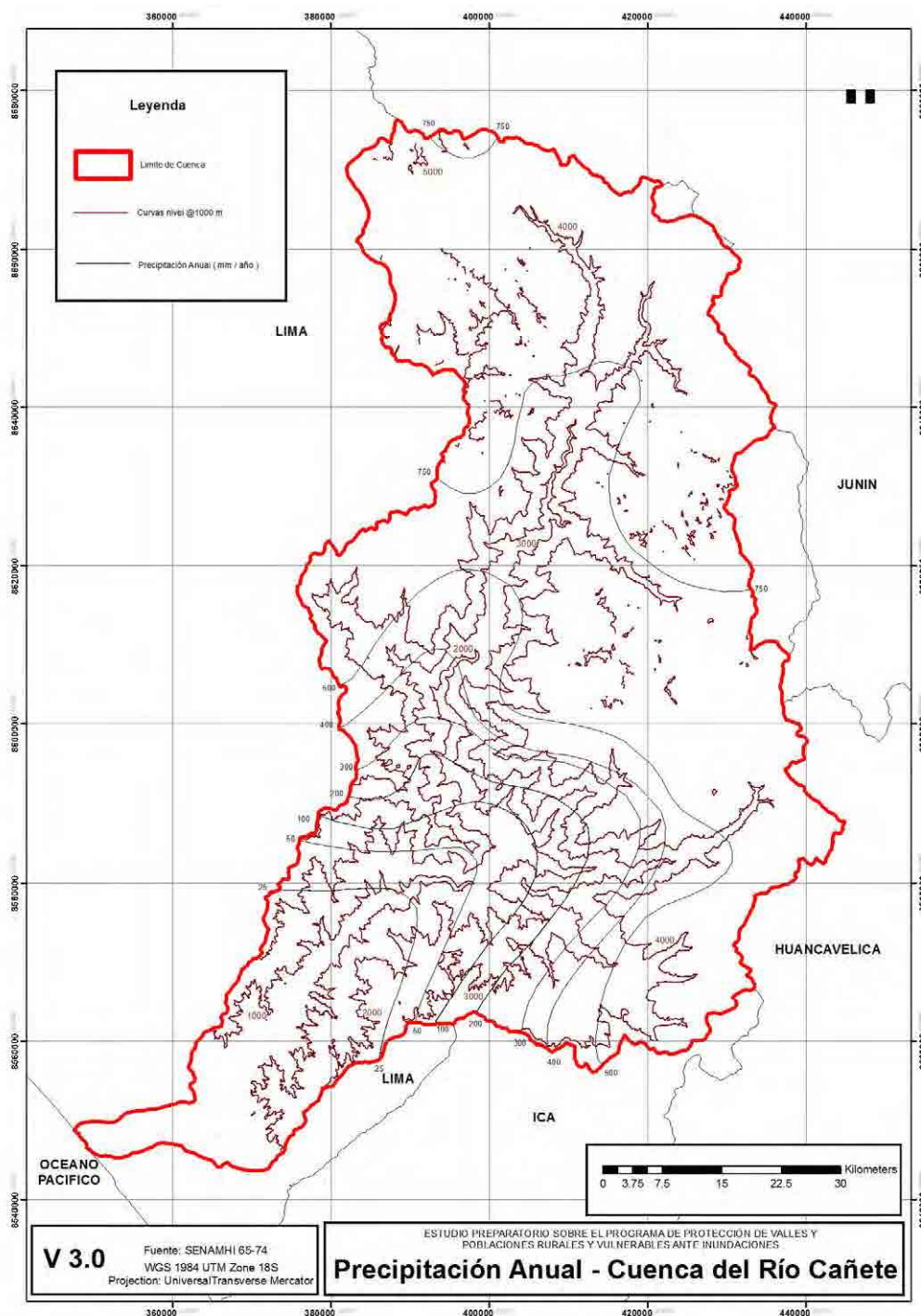


Figura-3.1.9.1-3 Mapa de isoyetas (Cuenca del Río Cañete)

(2) Cuenca del Río Chincha

1) Situación del monitoreo pluvial

Las Tablas 3.1.9.1-5 y 3.1.9.1-6 y la Figura 3.1.9.1-4 presentan la ubicación de las estaciones de monitoreo pluvial y el periodo de tomad e datos pluviales.

14 estaciones de monitoreo y el periodo más largo de monitoreo es 31 años desde 1980 hasta 2010.

Tabla-3.1.9.1-5 Lista de estaciones de monitoreo pluvial (Cuenca del Río Chíncha)

| NOMBRE DE ESTACION | CODIGO ESTACION | Cuenca | Tipo Estac. | Inicio Func. | Años de Observ. | UBICACION POLITICA | | | UBIC. GEOGRAFICA | | | Instituc. Responsable | OBSERVACION |
|----------------------------|-----------------|----------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|------------------|---------|------|-----------------------|-------------|
| | | | | | | Dpto | Prov | Dist | Lat | Long | Alt | | |
| CONTA | 203501 | San Juan | H-Lm | 1922 | 80 | Ica | Chíncha | Chíncha Alta | 13°27' | 75°58' | 320 | JUNTA USUARIOS | OPERATIVA |
| FONAGRO | 130791 | San Juan | MAP | 1966 | 17 | Ica | Chíncha | Chíncha Baja | 13° 28' | 76° 08' | 50 | SENAMHI | OPERATIVA |
| SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA | 156114 | San Juan | PLU | 1966 | 37 | Huancavelica | Castrovirreyna | San Juan | 13° 12' | 75° 38' | 2150 | SENAMHI | OPERATIVA |
| SAN JUAN DE YANAC | 156113 | San Juan | PLU | 1964 | 37 | Ica | Chíncha | Chavín | 13° 13' | 75° 47' | 2400 | SENAMHI | OPERATIVA |
| HUACHOS | 151503 | San Juan | PLU | 1980 | 23 | Huancavelica | Castrovirreyna | Huachos | 13° 14' | 75° 32' | 3680 | SENAMHI | OPERATIVA |
| VILLA DE ARMAS | 110641 | San Juan | CO | 1964 | 27 | Huancavelica | Castrovirreyna | Arma | 13° 08' | 75° 32' | 3600 | SENAMHI | OPERATIVA |
| SAN PEDRO DE HUACARPANA | 156115 | San Juan | CO | 1964 | 34 | Ica | Chíncha | S.P.Huacarpana | 13° 03' | 75° 39' | 3680 | SENAMHI | OPERATIVA |
| LAGUNA HUICHINGA | 110632 | San Juan | PLU | 1980 | 18 | Huancavelica | Castrovirreyna | Aurahua | 13°02" | 75°34" | 3460 | SENAMHI | PARALIZADA |
| TANTARA | 110633 | San Juan | PLU | 1980 | 18 | Huancavelica | Castrovirreyna | Tantará | 13°14" | 75°37" | 2890 | SENAMHI | PARALIZADA |
| CHUNCHO | 110631 | Mantaro | PLU | 1945 | 23 | Lima | Yauyos | Tupe | 12°45' | 75°31' | 4695 | IRRIG-SAN JUAN | PARALIZADA |
| BERNALES | 110650 | Pisco | CO | 1964 | 39 | Ica | Pisco | Humay | 13° 45' | 75° 57' | 250 | SENAMHI | OPERATIVA |
| HUANCANO | 110639 | Pisco | CO | 1964 | 39 | Ica | Pisco | Huancano | 13° 36' | 75° 37' | 1006 | SENAMHI | OPERATIVA |
| TICRAPO | 110643 | Pisco | PLU | 1964 | 39 | Huancavelica | Castrovirreyna | Ticrapo | 13° 23' | 75° 26' | 2174 | SENAMHI | PARALIZADA |
| TOTORA | 110644 | Pisco | PLU | 1964 | 39 | Huancavelica | Castrovirreyna | Castrovirreyna | 13° 08' | 75° 19' | 3900 | SENAMHI | PARALIZADA |

H-lm: Aforo automático MAP: Monitoreo meteorológico para la agricultura
PLU: Monitoreo pluviométrico CO: Monitoreo meteorológico

Tabla-3.1.9.1-6 Periodo de toma de datos pluviales (cuenca del Río Chíncha)

| CHINCHA | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| HUACHOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VILLA DE ARMAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FONAGRO (CHINCHA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SAN JUAN DE YANAC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SAN PEDRO DE HUACARPANA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SAN PEDRO DE HUACARPANA 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTORA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TICRAPO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COCAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

El niño

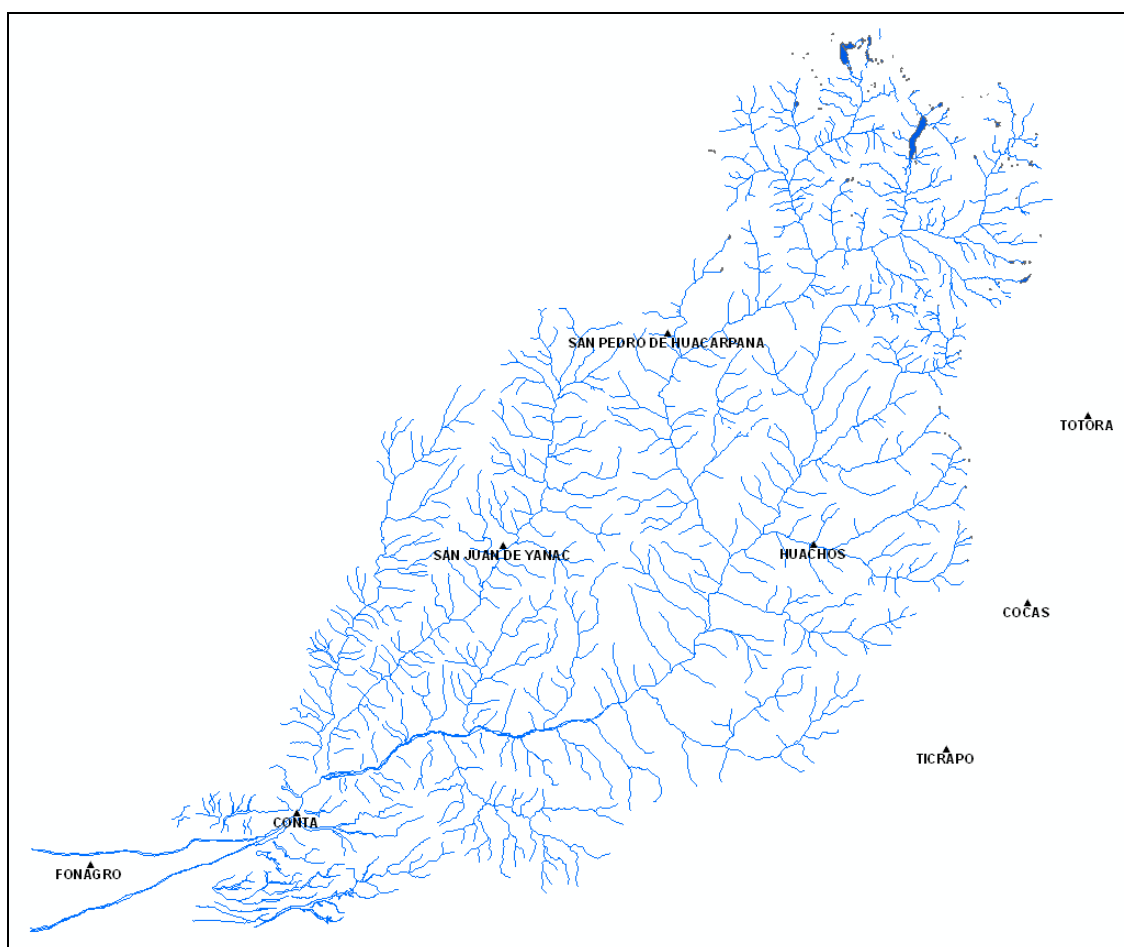


Figura-3.1.9.1-4 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo (cuenca del Río Chíncha)

2) Precipitaciones mensuales

La Tabla 3.1.9.1-7 y la Figura 3.1.9.1-5 presentan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones de monitoreo pluvial en la cuenca del Río Chíncha y su distribución.

Según la Tabla y la figura, las precipitaciones aumentan entre octubre y abril y disminuyen bastante de mayo a septiembre. Las precipitaciones anuales varían de 6,95mm en la estación Conta a 625,95mm en la estación Totora.

Tabla 3.1.9.1-7 Precipitaciones medias mensuales en la cuenca del Río Chíncha y las cuencas cercanas

| ESTACION | Mes | | | | | | | | | | | | Total |
|----------|--------|--------|--------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago. | Sep. | Oct | Nov | Dic | |
| TOTORA | 125.39 | 133.76 | 104.56 | 46.33 | 18.20 | 4.07 | 4.90 | 7.76 | 24.24 | 32.59 | 41.47 | 81.67 | 624.95 |
| TICRAPO | 54.24 | 75.45 | 73.35 | 14.10 | 0.44 | 0.20 | 0.03 | 0.45 | 0.98 | 3.99 | 5.05 | 24.32 | 252.60 |
| COCAS | 94.93 | 111.50 | 138.93 | 29.87 | 5.31 | 0.26 | 0.36 | 1.54 | 6.70 | 11.83 | 16.61 | 40.73 | 458.57 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| SAN PEDRO DE HUACARPANA 2 | 114.93 | 137.80 | 161.96 | 50.64 | 5.30 | 0.38 | 0.23 | 2.25 | 5.51 | 17.68 | 30.93 | 58.94 | 586.56 |
| SAN PEDRO DE HUACARPANA | 121.19 | 136.68 | 139.80 | 34.99 | 2.64 | 0.00 | 0.04 | 2.53 | 7.24 | 12.94 | 27.45 | 64.52 | 550.02 |
| CHINCHA DE YANAC | 27.03 | 37.28 | 39.98 | 6.97 | 0.27 | 0.00 | 0.10 | 0.02 | 0.76 | 2.81 | 2.11 | 14.08 | 131.41 |
| FONAGRO (CHINCHA) | 0.42 | 1.08 | 0.34 | 0.07 | 0.48 | 1.23 | 1.34 | 0.83 | 0.68 | 0.38 | 0.21 | 0.56 | 7.60 |
| CONTA | 1.84 | 3.24 | 0.81 | 0.31 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.18 | 0.14 | 0.24 | 6.95 |
| VILLA DE ARMAS | 133.69 | 136.26 | 148.26 | 39.55 | 2.82 | 0.00 | 0.01 | 1.57 | 8.52 | 10.84 | 22.17 | 59.92 | 563.61 |
| HUACHOS | 98.45 | 120.27 | 119.57 | 29.42 | 1.90 | 0.23 | 0.25 | 1.01 | 1.73 | 6.74 | 15.33 | 57.08 | 451.98 |

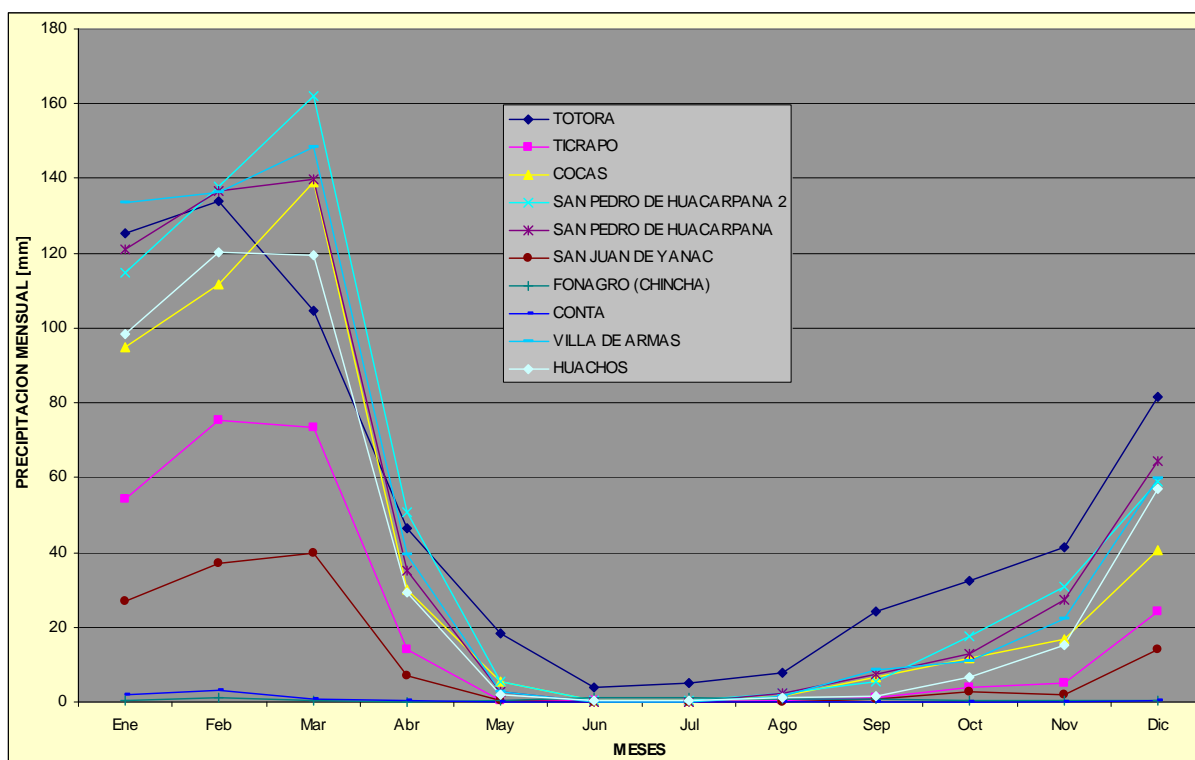


Figura-3.1.9.1-5 Distribución de Precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Chíncha y las cuencas cercanas

3) Precipitaciones de 24 horas máximas/año

La Tabla 3.1.9.1-8 presenta las precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Chíncha.

Tabla 3.1.9.1-8 Precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Chincha

| Year | TOTORA | TICRAPO | COCAS | SAN PEDRO DE HUACARP ANA 2 | SAN PEDRO DE HUACARP ANA | SAN JUAN DE YANAC | FONAGRO (CHINCHA) | CONTA | VILLA DE ARMAS | HUACHOS |
|------|--------|---------|-------|----------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|-------|----------------|---------|
| 1964 | | 21.5 | 19.8 | | | | | | | |
| 1965 | 24.0 | 20.7 | 21.6 | 15.0 | | | | | | |
| 1966 | 15.0 | 12.6 | 20.2 | 5.2 | | | | | | |
| 1967 | 24.0 | 24.4 | 36.0 | 31.0 | | | | | 59.6 | |
| 1968 | 20.0 | 10.0 | | 16.0 | | | | | | |
| 1969 | 22.0 | 35.8 | | 24.5 | | | | | | |
| 1970 | 23.0 | 40.2 | 22.1 | 24.5 | | | | | 24.9 | |
| 1971 | 21.0 | 28.4 | 29.4 | 20.0 | | | | | 31.0 | |
| 1972 | 27.0 | 32.0 | 30.8 | 26.0 | | 12.8 | | | 29.6 | |
| 1973 | 25.0 | 44.3 | 36.8 | 21.1 | | | | | 42.4 | |
| 1974 | 22.0 | 14.0 | 20.6 | 14.5 | | 8.2 | | | 36.0 | |
| 1975 | 19.0 | 19.5 | 22.4 | 22.5 | | 10.3 | | | 35.8 | |
| 1976 | 20.0 | 25.5 | 21.4 | 17.0 | | | | | 38.0 | |
| 1977 | 25.0 | 24.0 | 20.6 | 15.0 | | | | | 36.2 | |
| 1978 | 20.0 | 5.4 | 14.4 | 26.0 | | | | | 61.8 | |
| 1979 | 25.0 | 18.0 | 27.4 | 32.0 | | | | | 27.4 | |
| 1980 | 35.0 | 24.1 | | 19.5 | | | | | 43.0 | 33.2 |
| 1981 | 29.0 | 33.0 | 0.0 | 32.0 | | | | | 35.2 | 20.8 |
| 1982 | 29.0 | 10.9 | | 18.0 | | | | | 30.0 | 25.8 |
| 1983 | 24.0 | 30.0 | | | | | | | 11.8 | 19.9 |
| 1984 | 37.0 | 20.8 | | | | | | | 11.8 | 29.2 |
| 1985 | 30.0 | 18.0 | | | | | | | 20.8 | 25.5 |
| 1986 | 27.0 | 26.8 | | 24.0 | | | 0.3 | | 20.0 | 28.5 |
| 1987 | 13.0 | | | | | | 0.2 | | 19.0 | 20.1 |
| 1988 | 25.0 | | | 32.0 | | | 0.7 | | 20.0 | 33.5 |
| 1989 | | | | 27.0 | | 6.8 | 3.0 | | 10.8 | 19.8 |
| 1990 | | | | 24.0 | | 5.5 | 2.0 | | 20.0 | 23.2 |
| 1991 | | | | 33.0 | | | | | 28.0 | 24.3 |
| 1992 | | | | | | | | | | |
| 1993 | | | | 23.0 | | | | | 26.0 | |
| 1994 | | | | 30.0 | | | | | 21.4 | 26.1 |
| 1995 | | | | 25.0 | | 10.3 | 2.3 | | 28.4 | 23.1 |
| 1996 | | | | | | 0.4 | 0.9 | | 48.6 | 25.4 |
| 1997 | | | | | 23.6 | 2.5 | 0.8 | | 30.4 | 16.2 |
| 1998 | | | | | 25.0 | 11.3 | 1.5 | | | 38.5 |
| 1999 | | | | | 28.0 | 15.9 | 6.0 | | | 41.6 |
| 2000 | | | | | 24.2 | 14.0 | 1.5 | | | 20.5 |
| 2001 | | | | | 24.2 | 9.7 | 1.1 | | | 23.8 |
| 2002 | | | | | 30.0 | 14.6 | 1.1 | | | 37.0 |
| 2003 | | | | | 20.6 | 9.5 | 0.5 | 0.6 | | 15.2 |
| 2004 | | | | | 28.7 | 7.2 | 1.2 | 0.4 | | 44.2 |
| 2005 | | | | | 16.0 | 16.5 | 0.9 | 1.0 | | 28.6 |
| 2006 | | | | | 27.8 | 37.4 | 3.2 | 6.0 | | 25.6 |
| 2007 | | | | | 16.0 | 14.2 | 1.0 | 4.0 | | 20.5 |
| 2008 | | | | | 22.6 | 14.7 | 1.9 | 0.8 | | 23.8 |
| 2009 | | | | | 16.4 | 15.9 | 2.2 | 0.3 | | |
| 2010 | | | | | | 23.8 | | | | |

4) Mapa de isoyetas

En la Figura 3.1.9.1-6 se presenta un mapa de isoyetas de la cuenca del Río Chincha.

En la cuenca del Río Chincha, las precipitaciones anuales varían considerablemente según la zona,

con un mínimo de 25mm y máximo de 900 mm aproximadamente. Las precipitaciones son menores a medida que se acerca a la cuenca baja y son mayores a medida que se va aumentando las altitudes hacia la cuenca alta.

Las precipitaciones anuales en la cuenca baja donde se tomarán medidas contra inundaciones son muy escasas con 25mm.

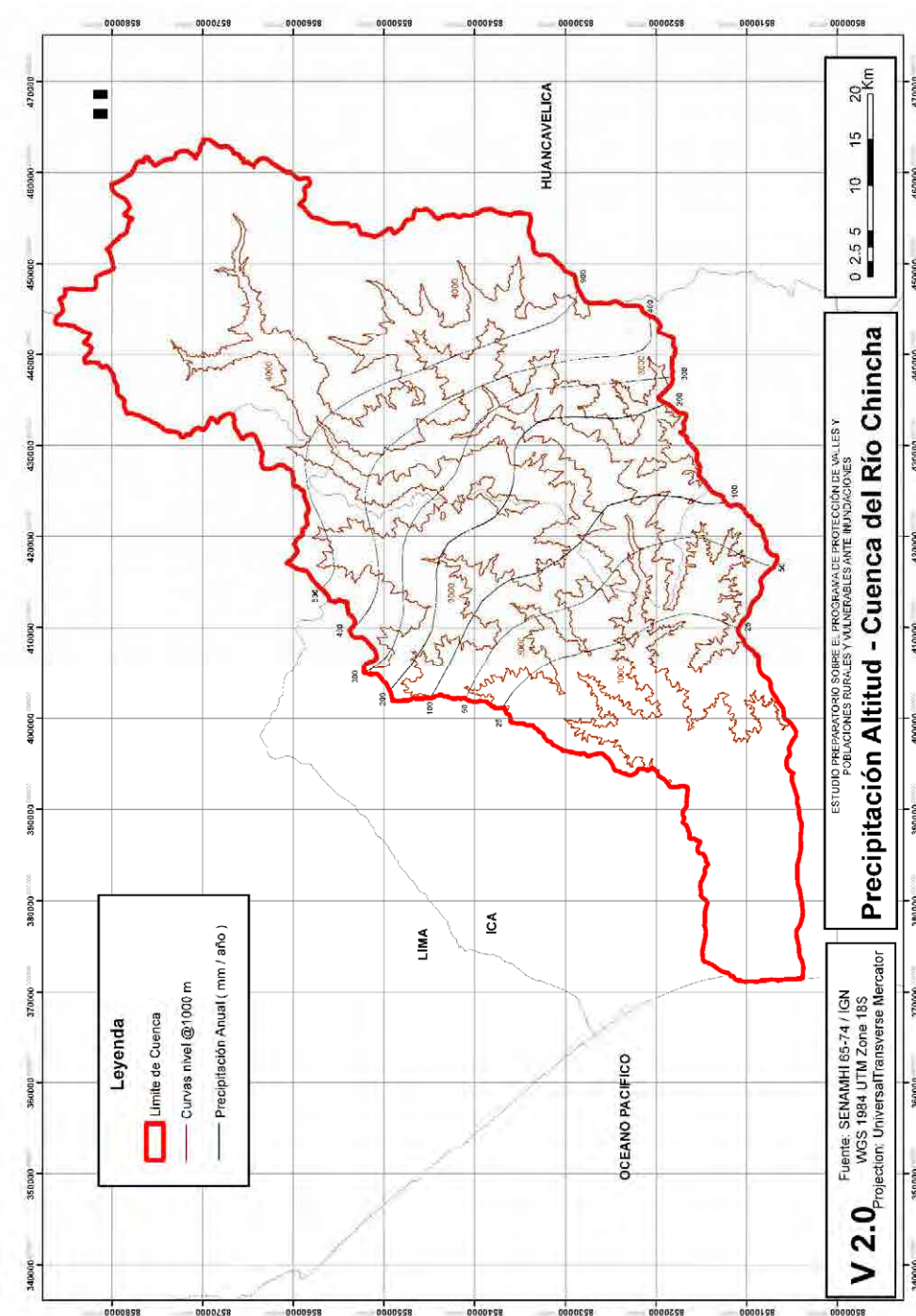


Figura-3.1.9.1-6 Mapa de isoyetas (cuenca del Río Chincha)

(3) Cuenca del Río Pisco

1) Situación del monitoreo pluvial

Las Tablas 3.1.9.1-9 y 3.1.9.1-10 y la Figura 3.1.9.1-7 presentan la ubicación de las estaciones de monitoreo pluvial y el periodo de tomad e datos pluviuales.

En la cuenca del Río Pisco, hasta la fecha se lleva el monitoreo de precipitaciones en 20 estaciones de monitoreo y el periodo más largo de monitoreo es 39 años desde 1964 hasta 2002.

Tabla-3.1.9.1-9 Lista de estaciones de monitoreo pluvial (cuenca del Río Pisco)

| Estación | Provincia | Longitud | Latitud | Organización |
|----------------------------|--------------|------------|------------|--------------|
| AGNOCOCHA | HUANCAVELICA | 75° 05'11" | 13° 13'11" | SENAIMHI |
| CHOCLOCOCHA | HUANCAVELICA | 75° 02'11" | 13° 06'11" | SENAIMHI |
| COCAS | HUANCAVELICA | 75° 22'11" | 13° 16'11" | SENAIMHI |
| CUSICANCHA | HUANCAVELICA | 75° 18'18" | 13° 29'29" | SENAIMHI |
| PARIONA | HUANCAVELICA | 75° 04'11" | 13° 32'11" | SENAIMHI |
| SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA | HUANCAVELICA | 75° 38'38" | 13° 12'12" | SENAIMHI |
| TAMBO | HUANCAVELICA | 75° 16'16" | 13° 41'41" | SENAIMHI |
| TICRAPO | HUANCAVELICA | 75° 26'11" | 13° 23'11" | SENAIMHI |
| TOTORA | HUANCAVELICA | 75° 19'11" | 13° 07'11" | SENAIMHI |
| TUNEL CERO | HUANCAVELICA | 75° 05'51" | 13° 15'15" | SENAIMHI |
| HACIENDA BERNALES | ICA | 75° 57'57" | 13° 45'45" | SENAIMHI |
| HUAMANI | ICA | 75° 35'35" | 13° 50'50" | SENAIMHI |

Tabla-3.1.9.1-10 Periodo de toma de datos pluviuales (cuenca del Río Pisco)

| RIO PISCO | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AGNOCOCHA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CHOCLOCOCHA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COCAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CUSICANCHA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PARIONA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TAMBO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TICRAPO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTORA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TUNEL CERO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HACIENDA BERNALES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HUAMANI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Figura-3.1.9.1-7 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo (cuenca del Río Pisco)

2) Precipitaciones mensuales

La Tabla 3.1.9.1-11 y la Figura 3.1.9.1-8 presentan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones de monitoreo pluvial en la cuenca del Río Pisco y su distribución.

Según la Tabla y la figura, las precipitaciones aumentan entre octubre y abril y disminuyen bastante de mayo a septiembre. Las precipitaciones anuales varían de 2,93mm en la estación Hacienda Bernales a 884mm en la estación Choclococha.

Tabla 3.1.9.1-11 Precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Pisco y las cuencas cercanas

| ESTACION | Mes | | | | | | | | | | | | Total |
|-------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | |
| ACNOCOCHA | 139,08 | 145,04 | 129,35 | 56,57 | 17,74 | 8,18 | 5,65 | 13,73 | 21,69 | 40,59 | 52,30 | 83,59 | 713,51 |
| CHOCLOCOCHA | 147,66 | 161,73 | 156,09 | 80,13 | 26,52 | 14,25 | 8,03 | 22,18 | 35,24 | 59,48 | 68,69 | 103,97 | 883,97 |
| COCAS | 94,93 | 111,50 | 138,93 | 29,87 | 5,31 | 0,26 | 0,36 | 1,54 | 6,70 | 11,83 | 15,36 | 40,73 | 457,31 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| CUSICANCHA | 74,40 | 88,26 | 104,57 | 33,77 | 1,74 | 0,00 | 0,01 | 0,71 | 3,48 | 4,85 | 12,38 | 36,37 | 360,55 |
| PARIONA | 161,82 | 155,42 | 174,45 | 68,15 | 13,61 | 3,06 | 3,12 | 4,02 | 16,39 | 32,52 | 54,23 | 90,91 | 777,70 |
| SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA | 49,69 | 54,27 | 46,95 | 8,78 | 0,96 | 0,09 | 0,17 | 0,67 | 0,95 | 3,50 | 7,06 | 19,24 | 192,34 |
| TAMBO | 82,19 | 120,28 | 130,42 | 32,03 | 3,95 | 0,00 | 0,12 | 0,51 | 0,88 | 9,53 | 11,48 | 40,40 | 431,78 |
| TICRAPO | 54,24 | 75,45 | 73,35 | 14,10 | 0,44 | 0,20 | 0,03 | 0,45 | 0,98 | 3,99 | 5,05 | 24,32 | 252,60 |
| TOTORA | 125,39 | 133,76 | 104,56 | 46,33 | 18,20 | 4,07 | 4,90 | 7,76 | 24,24 | 32,59 | 41,47 | 81,67 | 624,95 |
| TUNEL CERO | 163,61 | 162,53 | 150,68 | 72,29 | 20,96 | 7,59 | 6,98 | 14,51 | 29,20 | 56,12 | 72,29 | 121,55 | 878,32 |
| HACIENDA BERNALES | 0,84 | 1,50 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,14 | 0,08 | 0,08 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,09 | 2,93 |
| HUAMANI | 3,08 | 3,75 | 3,45 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 10,60 |

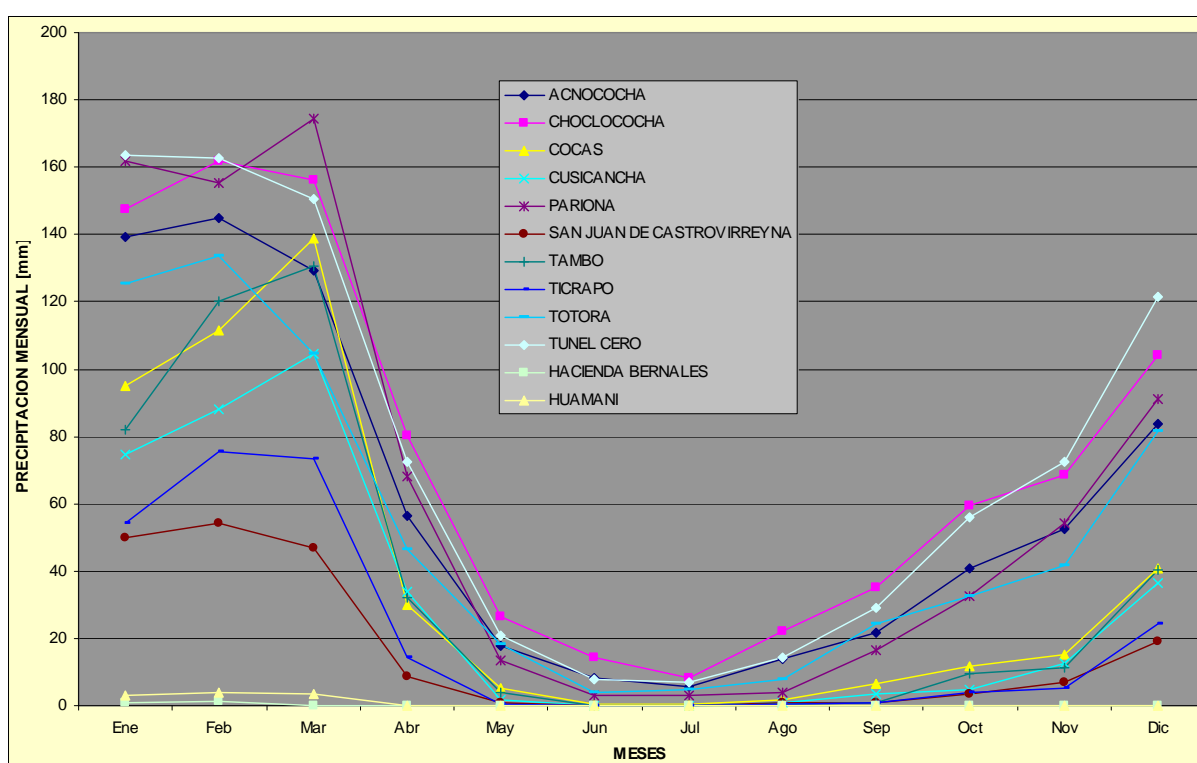


Figura-3.1.9.1-8 Distribución de precipitaciones medias mensuales (mm) en la cuenca del Río Pisco y las cuencas cercanas

3) Precipitaciones de 24 horas máximas/año

La Tabla 3.1.9.1-12 presenta las precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Pisco.

Tabla 3.1.9.1-12 Precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Pisco

| Year | ACNOCOC HA | CHOCLOC OCHA | COCAS | CUSICANC HA | PARIONA | SAN JUAN DE CASTROVI RREYNA | TAMBO | TICRAPO | TOTORA | TUNEL CERO | HACIENDA BERNALES | HUAMANI |
|------|---------------|-----------------|-------|----------------|---------|--------------------------------------|-------|---------|--------|---------------|----------------------|---------|
| 1964 | | | 19.8 | | | | | 21.5 | | | | |
| 1965 | | | 21.6 | | | | 35.0 | 20.7 | | | | |
| 1966 | | | 20.2 | 18.7 | | | | 12.6 | 15.0 | | | |
| 1967 | | | 36.0 | 23.5 | | 20.1 | | 24.4 | 24.0 | | | 25.5 |
| 1968 | | | | 12.3 | | | 24.0 | 10.0 | 20.0 | | | 0.0 |
| 1969 | | | | 23.0 | | | | 35.8 | 22.0 | | | 1.6 |
| 1970 | | | 22.1 | 25.3 | | 33.3 | 13.3 | 40.2 | 23.0 | | | 33.5 |
| 1971 | 32.3 | | 29.4 | 28.6 | | 13.7 | 18.2 | 28.4 | 21.0 | 30.7 | | 1.7 |
| 1972 | 29.2 | | 30.8 | 26.9 | 40.0 | 28.0 | 30.7 | 32.0 | 27.0 | 28.2 | 29.5 | 18.8 |
| 1973 | 24.6 | | 36.8 | 13.1 | 37.8 | 23.0 | | | 25.0 | 34.6 | 1.6 | 2.1 |
| 1974 | 31.1 | | 20.6 | 9.7 | 36.9 | 12.1 | 21.0 | 14.0 | 22.0 | 24.2 | 0.0 | 4.1 |
| 1975 | 24.1 | 27.4 | 22.4 | 6.6 | 39.1 | 17.0 | 42.4 | 19.5 | 19.0 | 29.2 | 0.0 | 23.0 |
| 1976 | 26.4 | 36.1 | 21.4 | 6.6 | 34.4 | 17.2 | 40.0 | | 20.0 | 22.8 | 20.8 | 12.5 |
| 1977 | 26.9 | | 20.6 | 24.2 | 29.7 | 15.5 | 20.5 | 24.0 | 25.0 | 31.3 | 0.0 | 0.0 |
| 1978 | 28.1 | 22.9 | 14.4 | 20.0 | 20.6 | 7.8 | 32.0 | 5.4 | 20.0 | 19.5 | 0.6 | 0.0 |
| 1979 | 22.3 | 15.4 | 27.4 | | 25.4 | 21.6 | 20.4 | 18.0 | 25.0 | 33.2 | 0.0 | 0.2 |
| 1980 | 23.0 | 14.8 | | 19.0 | 44.4 | 40.0 | 21.2 | | 35.0 | 27.3 | 0.0 | 0.3 |
| 1981 | 22.6 | 13.5 | 0.0 | 20.0 | 28.5 | | 25.6 | 33.0 | 29.0 | 35.9 | | 0.0 |
| 1982 | 32.1 | | | 10.1 | | 17.1 | 15.7 | 10.9 | 29.0 | 52.2 | | 0.0 |
| 1983 | 30.1 | 26.5 | | 5.0 | | 28.0 | 35.0 | 30.0 | 24.0 | | 0.0 | 0.0 |
| 1984 | 28.7 | | | 20.0 | | 24.0 | 40.0 | 20.8 | 37.0 | 38.3 | 0.0 | 0.4 |
| 1985 | 26.5 | 19.0 | | 11.0 | 26.5 | 11.5 | 30.0 | 18.0 | 30.0 | 22.7 | 0.0 | 7.5 |
| 1986 | 29.2 | 36.0 | | | | 14.7 | 30.0 | | 27.0 | 35.3 | 0.0 | |
| 1987 | 22.4 | 24.4 | | | 14.8 | 12.3 | 20.0 | | 13.0 | 23.1 | 0.0 | 0.0 |
| 1988 | 26.9 | 39.1 | | | 28.0 | 13.5 | 17.0 | | | 27.8 | 0.0 | |
| 1989 | 20.3 | | | | | 31.8 | 36.7 | | | 31.9 | 0.0 | 0.0 |
| 1990 | | 39.5 | | | | 13.1 | 29.0 | | | 54.5 | 0.0 | |
| 1991 | | | | | | 11.0 | 40.0 | | | | 0.0 | 0.0 |
| 1992 | | | | | | | | | | | | |
| 1993 | | 39.3 | | | | 13.7 | | | | 36.5 | 0.0 | |
| 1994 | | 37.3 | | | | 12.3 | 22.0 | | | 30.5 | 0.0 | |
| 1995 | | 28.1 | | | | 12.0 | 43.2 | | | 26.2 | 0.0 | |
| 1996 | | 35.9 | | | | 19.2 | 42.0 | | | 27.3 | 0.0 | |
| 1997 | | 67.5 | | | | 10.5 | 30.0 | | | 21.6 | 0.0 | |
| 1998 | | 55.5 | | | | 37.9 | 40.0 | | | 25.1 | 0.0 | |
| 1999 | | 34.4 | | | | 25.0 | 23.0 | | | 26.1 | 0.5 | |
| 2000 | | 38.0 | | | | 18.8 | 26.0 | | | | 0.3 | 2.5 |
| 2001 | | 29.3 | | | | 23.2 | 16.0 | | | 29.6 | 1.3 | 2.2 |
| 2002 | | 30.7 | | | | 19.5 | | | | 23.7 | 0.5 | 3.1 |
| 2003 | | 57.7 | | | | 10.5 | 22.0 | | | 27.4 | 0.0 | 2.7 |
| 2004 | | 45.0 | | | | 10.3 | 16.0 | | | 28.7 | 0.4 | 0.0 |
| 2005 | | 36.1 | | | | 16.1 | 27.0 | | | 47.8 | 4.6 | 13.0 |
| 2006 | | 36.7 | | | | 21.4 | 38.0 | | | 25.0 | 3.2 | 4.2 |
| 2007 | | | | | | 18.4 | 16.5 | | | 35.8 | | 0.0 |
| 2008 | | 24.6 | | | | 14.5 | 26.0 | | | 28.6 | 5.1 | 6.2 |
| 2009 | | 58.4 | | | | 17.2 | 38.0 | | | 36.2 | 1.3 | 8.3 |
| 2010 | | | | | | | | | | | | |

4) Mapa de isoyetas

En la Figura 3.1.9.1-9 se presenta un mapa de isoyetas en la cuenca del Río Pisco.

En la cuenca del Río Pisco, las precipitaciones anuales varían considerablemente según la zona, con un mínimo de menos de 25mm y máximo de 750 mm aproximadamente. Las precipitaciones son menores a medida que se acerca a la cuenca baja y son mayores a medida que se va aumentando las altitudes hacia la cuenca alta.

Las precipitaciones anuales en la cuenca baja donde se tomarán medidas contra inundaciones son

escasas de 25 a 50 mm.

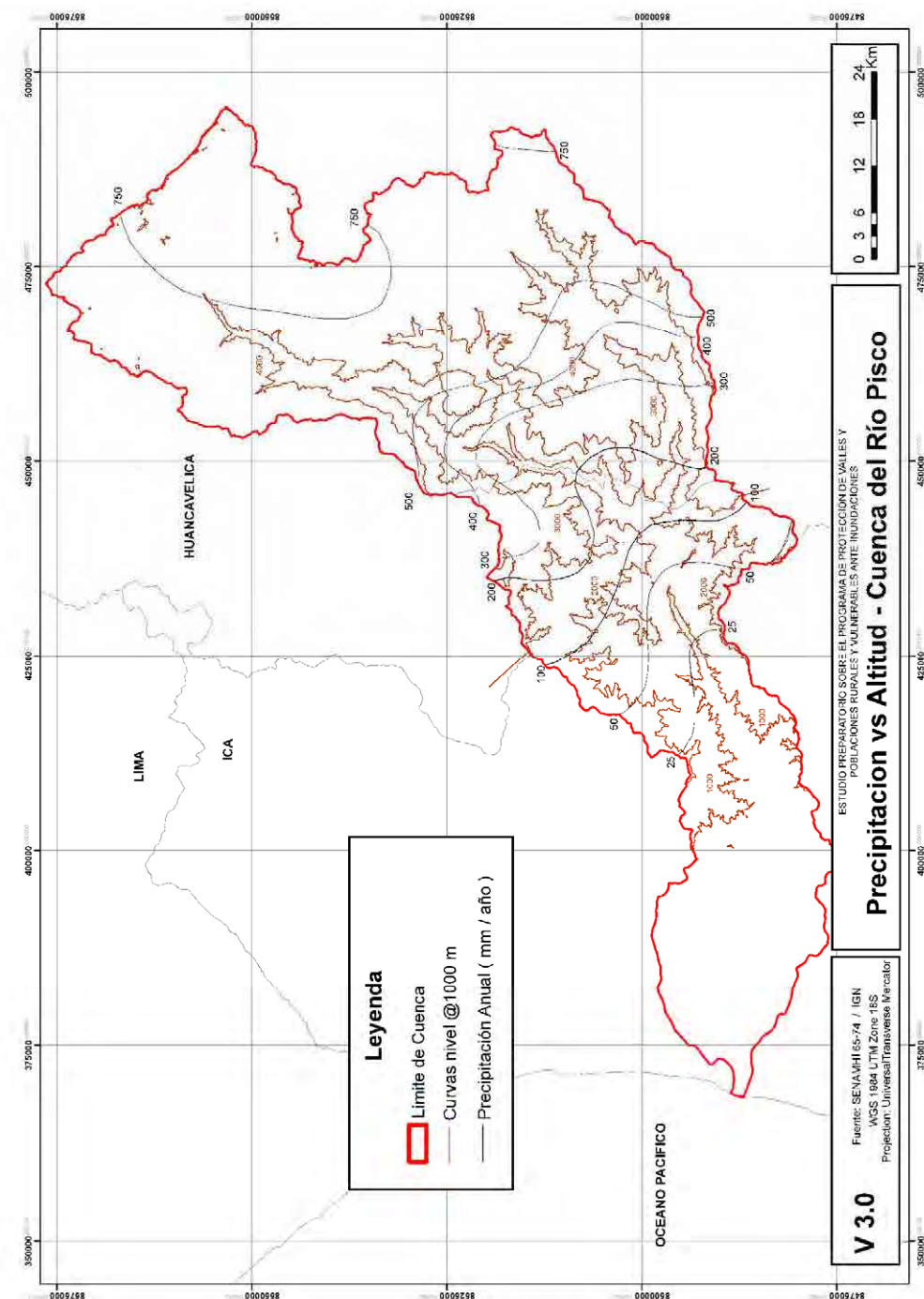


Figura-3.1.9.1-9 Mapa de isoyetas (Cuenca del Río Pisco)

(4) Cuenca del Río Majes-Camaná

1) Situación del monitoreo pluvial

Las Tablas 3.1.9.1-13 y 3.1.9.1-14 y la Figura 3.1.9.1-10 presentan la ubicación de las estaciones de monitoreo pluvial y el periodo de tomad e datos pluviales.

En la cuenca del Río Majes-Camaná, hasta la fecha se lleva el monitoreo de precipitaciones en 48 estaciones de monitoreo. El monitoreo empezó en 1964. Existen estaciones cuyos datos carecen de nivel de precisión por tener un largo lapso de tiempo sin monitoreo. Por tanto, el análisis de descarga adoptó datos de 48 estaciones indicadas en la Figura 3.1.9.1-13, que presentan un nivel de precisión relativamente bueno de datos recolectados. Por otra parte, en la estación de monitoreo de precipitaciones en Chivay, que se encuentra en la parte central de la cuenta, se está realizando la medición utilizando un pluviómetro automático tipo telemetría. En esta estación se han obtenido los datos de precipitaciones por horas del mes de febrero (época de lluvias) de los años 2011 y 2012.

Tabla-3.1.9.1-13 Lista de estaciones de monitoreo pluvial (cuenca del Río Majes-Camaná)

| Estación | Longitud | Latitud | Altura | Organización |
|-------------------|-------------|-------------|--------|--------------|
| APLAO | 16° 04'10 | 72° 29'26 | 625 | SENAMHI |
| AYO | 15° 40'45 | 72° 16'13 | 1950 | SENAMHI |
| CABANACONDE | 15° 37'7 | 71° 58'7 | 3369 | SENAMHI |
| CAMANÁ | 16° 36'24 | 72° 41'49 | 29 | SENAMHI |
| CARAVELÍ | 15° 46'17 | 73° 21'42 | 1757 | SENAMHI |
| CHACHAS | 15° 29'56 | 72° 16'2 | 3130 | SENAMHI |
| CHICHAS | 15° 32'41 | 72° 54'59.7 | 2120 | SENAMHI |
| CHIGUATA | 16° 24'1 | 71° 24'1 | 2945 | SENAMHI |
| CHINCHAYLLAPA | 14° 55'1 | 72° 44'1 | 4514 | SENAMHI |
| CHIVAY | 15° 38'17 | 71° 35'49 | 3663 | SENAMHI |
| CHOCO | 15° 34'1 | 72° 07'1 | 3160 | SENAMHI |
| CHUQUIBAMBA | 15° 50'17 | 72° 38'55 | 2839 | SENAMHI |
| COTAHUASI | 15° 22'29 | 72° 53'28 | 5086 | SENAMHI |
| CRUCERO ALTO | 15° 46'1 | 70° 55'1 | 4486 | SENAMHI |
| EL FRAYLE | 16° 05'5 | 71° 11'14 | 4110 | SENAMHI |
| HUAMBO | 15° 44'1 | 72° 06'1 | 3500 | SENAMHI |
| IMATA | 15° 50'12 | 71° 05'16 | 4451 | SENAMHI |
| LA ANGOSTURA | 15° 10'47 | 71° 38'58 | 4260 | SENAMHI |
| LA JOYA | 16°35'33 | 71°55'9 | 1279 | SENAMHI |
| LA PAMPILLA | 16° 24'12.2 | 71° 31'.6 | 2388 | SENAMHI |
| LAGUNILLAS | 15° 46'46 | 70° 39'38 | 4385 | SENAMHI |
| LAS SALINAS | 16° 19'5 | 71° 08'54 | 3369 | SENAMHI |
| MACHAHUAY | 15° 38'43 | 72° 30'8 | 3000 | SENAMHI |
| MADRIGAL | 15° 36'59.7 | 71° 48'42 | 3238 | SENAMHI |
| ORCOPAMPA | 15° 15'39 | 72° 20'20 | 3805 | SENAMHI |
| PAMPA DE ARRIEROS | 16° 03'48 | 71° 35'21 | 3720 | SENAMHI |
| PAMPA DE MAJES | 16° 19'40 | 72° 12'39 | 1442 | SENAMHI |
| PAMPACOLCA | 15° 42'51 | 72° 34'3 | 2895 | SENAMHI |
| PAMPAHUTA | 15° 29'1 | 70° 40'33.3 | 4317 | SENAMHI |
| PILLONES | 15° 58'44 | 71° 12'49 | 4428 | SENAMHI |
| PORPERA | 15° 21'1 | 71° 19'1 | 4142 | SENAMHI |
| PULLHUAY | 15° 09'1 | 72° 46'1 | 3098 | SENAMHI |
| SALAMANCA | 15° 30'1 | 72° 50'1 | 3153 | SENAMHI |
| SIBAYO | 15° 29'8 | 71° 27'11 | 3839 | SENAMHI |
| SUMBAY | 15° 59'1 | 71° 22'1 | 4300 | SENAMHI |
| TISCO | 15° 21'1 | 71° 27'1 | 4198 | SENAMHI |
| YANAQUIHUA | 15° 46'59.8 | 72° 52'57 | 2834 | SENAMHI |

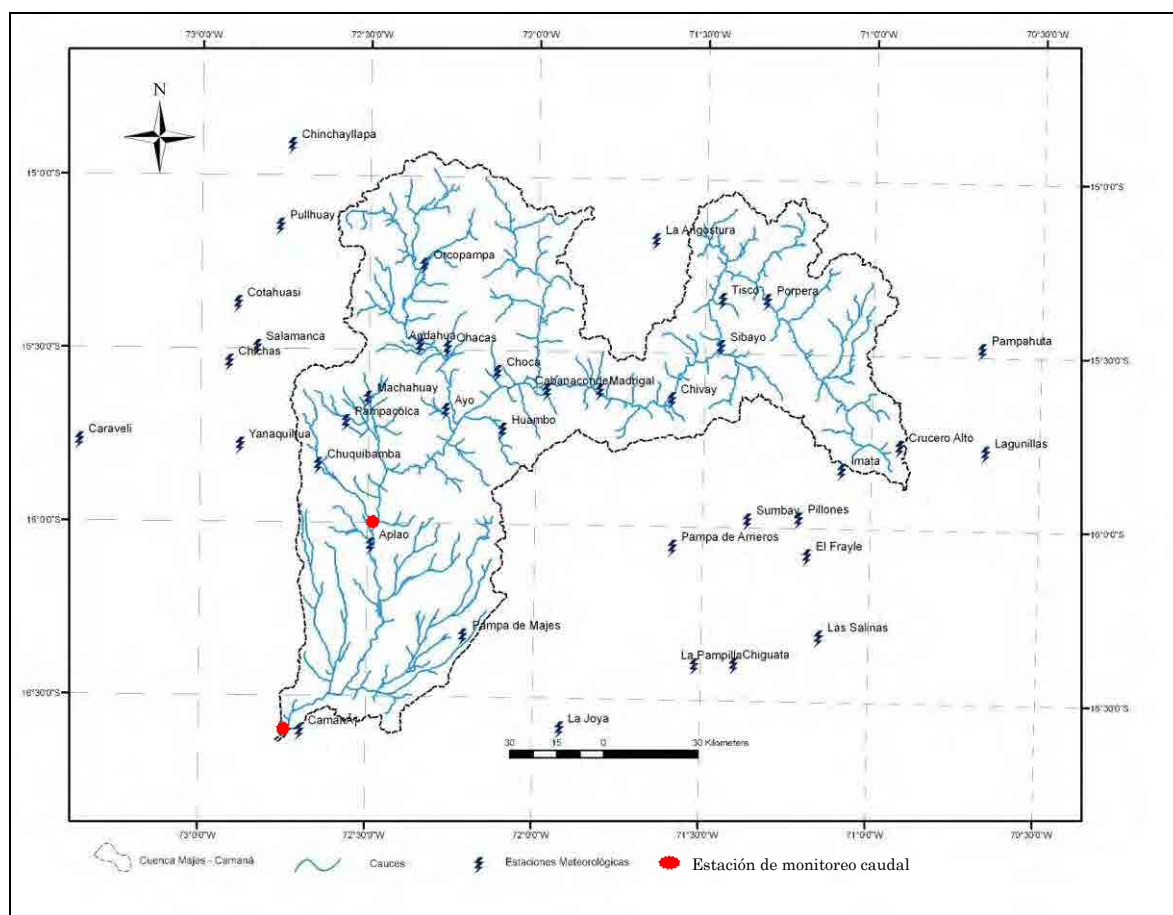


Figura-3.1.9.1-10 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo (cuenca del Río Majes-Camaná)

2) Precipitaciones mensuales

De entre las 48 estaciones de monitoreo pluvial ubicadas en la cuenca del Río Majes- Camaná y en su cercanía, fueron eliminados los datos monitoreados en 10 estaciones por su corto periodo de monitoreo (menos de 20 años), la falta de datos de los últimos 10 años, o su ubicación muy apartada de la cuenca, adoptándose los datos de las 38 estaciones restantes.

La Tabla 3.1.9.1-15 presenta los datos de precipitaciones mensuales de la estación TISCO como ejemplo de las 38 estaciones.

Tabla 3.1.9.1-15 Precipitaciones mensuales de la estación TISCO

| TOTAL MONTHLY PRECIPITATION (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|------------|-----------|----------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| BASIN | GAGE | DEPARTMENT | LONGITUDE | LATITUDE | | | | | | | | | |
| Camaná - Majes | TISCO | AREQUIPA | 71° 27'1 | 15° 21'1 | | | | | | | | | |
| Year | Month | | | | | | | | | | | | Total |
| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | |
| 1963 | | | | | | | | | | | 41.1 | 131.8 | |
| 1964 | 86.1 | 72.9 | 114.4 | 42.9 | 22.0 | 0.0 | 0.0 | 6.1 | 4.4 | 17.9 | 59.7 | 57.6 | 484.0 |
| 1965 | 75.0 | 161.1 | 85.9 | 42.5 | 0.3 | 0.0 | 9.2 | 0.0 | 24.0 | 22.0 | 10.4 | 151.7 | 582.1 |
| 1966 | 110.3 | 184.9 | 64.6 | 10.6 | 45.1 | 0.0 | 0.0 | 4.5 | 0.0 | 43.3 | 79.7 | 55.0 | 598.0 |
| 1967 | 103.8 | 161.0 | 220.2 | 64.5 | 13.1 | 0.6 | 8.2 | 9.4 | 41.8 | 23.6 | 12.7 | 90.5 | 749.4 |
| 1968 | 266.0 | 119.6 | 179.4 | 31.6 | 4.0 | 5.1 | 5.5 | 5.8 | 20.0 | 52.9 | 84.6 | 31.7 | 806.3 |
| 1969 | 150.1 | 113.0 | 52.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 60.8 | 97.7 | 478.0 |
| 1970 | 139.6 | 150.5 | 138.5 | 22.4 | 9.5 | 0.0 | 1.0 | 1.1 | 35.6 | 5.1 | 4.7 | 146.8 | 654.9 |
| 1971 | 140.0 | 183.5 | 101.2 | 30.1 | 2.6 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 2.2 | 132.7 | 598.2 |
| 1972 | 362.1 | 188.7 | 235.5 | 32.7 | 0.1 | 0.0 | 2.3 | 0.1 | 55.1 | 32.9 | 32.1 | 90.1 | 1031.7 |
| 1973 | 297.8 | 190.2 | 159.2 | 81.1 | 15.9 | 0.0 | 8.2 | 10.2 | 31.1 | 7.6 | 60.6 | 53.9 | 915.7 |
| 1974 | 290.2 | 172.9 | 44.7 | 80.7 | 1.5 | 14.5 | 0.0 | 111.1 | 9.3 | 4.3 | 7.5 | 50.2 | 786.8 |
| 1975 | 146.6 | 246.7 | 122.4 | 30.2 | 20.8 | 3.2 | 0.0 | 1.0 | 8.0 | 48.3 | 1.4 | 131.4 | 760.1 |
| 1976 | 153.0 | 107.7 | 166.8 | 41.6 | 9.3 | 7.5 | 4.6 | 2.3 | 58.9 | 0.5 | 0.6 | 71.9 | 624.7 |
| 1977 | 67.0 | 239.2 | 118.8 | 7.1 | 4.1 | 0.0 | 2.3 | 0.0 | 11.7 | 16.3 | 110.2 | 49.8 | 626.6 |
| 1978 | 317.6 | 24.1 | 78.7 | 68.9 | 0.0 | 4.0 | 0.0 | 1.0 | 2.3 | 26.9 | 78.6 | 60.0 | 662.2 |
| 1979 | 127.4 | 88.0 | 123.3 | 16.5 | 0.0 | 0.0 | 2.5 | 2.5 | 0.0 | 59.2 | 71.2 | 93.7 | 584.4 |
| 1980 | 72.5 | 43.1 | 183.6 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 13.5 | 25.9 | 28.1 | 94.1 | 2.1 | 30.2 | 495.3 |
| 1981 | 205.2 | | 52.0 | 73.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 46.8 | 9.0 | 24.8 | 52.3 | 110.6 | |
| 1982 | 161.0 | 45.9 | 122.8 | 34.9 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 80.9 | 105.5 | 150.5 | 70.0 | 772.0 |
| 1983 | 46.7 | 93.7 | 81.0 | 47.9 | 12.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 35.2 | 18.0 | 2.5 | 32.4 | 370.5 |
| 1984 | 178.4 | 256.0 | 284.8 | 11.1 | 10.5 | 3.0 | 0.0 | 28.4 | 0.0 | 46.3 | 135.5 | 125.6 | 1079.6 |
| 1985 | 32.9 | 263.0 | 134.4 | 49.7 | 10.0 | 14.8 | 0.0 | 0.0 | 15.4 | 0.0 | 70.0 | 142.4 | 732.6 |
| 1986 | 105.9 | 162.7 | 178.9 | 98.4 | 12.5 | 0.0 | 2.8 | 52.2 | 18.1 | 11.0 | 11.0 | 149.6 | 803.1 |
| 1987 | 212.5 | 42.9 | 26.2 | 23.6 | 3.4 | 2.1 | 27.0 | 4.5 | 2.0 | 23.3 | 24.6 | 29.0 | 421.1 |
| 1988 | 216.9 | 72.5 | 97.0 | 63.5 | 8.5 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 6.8 | 0.0 | 4.0 | 30.2 | 503.4 |
| 1989 | 123.9 | 93.0 | 159.5 | 50.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 12.0 | 4.0 | 446.1 |
| 1990 | 118.4 | 27.6 | 58.5 | 25.6 | 12.5 | 39.5 | 0.0 | 13.0 | 5.0 | 52.5 | 0.0 | | |
| 1991 | 150.6 | 72.7 | 162.3 | 10.7 | 3.5 | 30.7 | 3.0 | 1.6 | 3.5 | 29.2 | 48.6 | 0.0 | 516.4 |
| 1992 | 51.6 | 73.8 | 32.9 | 4.8 | 0.0 | 2.7 | 2.8 | 40.0 | 1.0 | 25.2 | 24.7 | 85.6 | 345.1 |
| 1993 | 230.9 | 82.4 | 133.9 | 49.9 | 6.2 | 1.3 | 0.3 | 25.1 | 15.5 | 34.2 | 63.7 | 106.1 | 749.5 |
| 1994 | 241.6 | 218.1 | 74.3 | 45.6 | 10.1 | 2.8 | 1.5 | 1.7 | 0.0 | 1.0 | 25.2 | 72.7 | 694.6 |
| 1995 | 121.5 | 135.0 | 215.7 | 27.8 | 3.7 | 0.1 | 0.0 | 2.8 | 8.6 | 13.1 | 22.3 | 122.0 | 672.7 |
| 1996 | 187.3 | 156.8 | 83.0 | 61.6 | 12.0 | 0.0 | 0.3 | 14.1 | 11.7 | 10.6 | 41.3 | 146.6 | 725.4 |
| 1997 | 175.0 | 201.8 | 86.5 | 31.7 | 18.1 | 0.0 | 0.0 | 33.1 | 64.8 | 14.0 | 60.1 | 102.2 | 787.3 |
| 1998 | 271.1 | 114.9 | 96.6 | 15.9 | 0.5 | 3.0 | 0.0 | 0.8 | 0.5 | 9.6 | 48.5 | 75.9 | 637.4 |
| 1999 | 199.2 | 273.9 | 198.2 | 30.5 | 6.0 | 0.1 | 1.2 | 0.6 | 23.5 | 75.3 | 10.7 | 90.3 | 909.5 |
| 2000 | 194.3 | 242.5 | 157.2 | 21.5 | 28.7 | 7.8 | 0.4 | 11.4 | 1.6 | 70.9 | 22.1 | 97.9 | 856.4 |
| 2001 | 240.3 | 239.0 | 144.2 | 108.9 | 31.3 | 5.4 | 16.5 | 12.0 | 8.4 | 18.7 | 8.6 | 35.9 | 869.0 |
| 2002 | 123.6 | 241.6 | 186.8 | 134.9 | 17.4 | 8.0 | 31.8 | 0.6 | 19.1 | 44.7 | 82.2 | 113.3 | 1004.1 |
| 2003 | 83.5 | | 193.1 | 29.2 | 11.8 | 1.5 | 3.6 | 4.1 | 13.2 | 14.8 | | | 114.6 |
| 2004 | 208.7 | 176.4 | 138.0 | 39.4 | 2.4 | 0.5 | 20.3 | 14.9 | 15.4 | 3.2 | 7.0 | 72.7 | 698.8 |
| 2005 | 124.4 | 207.0 | 127.5 | 56.9 | 0.5 | 0.0 | 0.1 | 0.7 | 23.2 | 11.6 | 18.8 | 103.4 | 674.1 |
| 2006 | 202.0 | 200.4 | 195.5 | 62.4 | 6.1 | 4.1 | 0.0 | 7.7 | 25.6 | 29.3 | 61.6 | 78.8 | 873.4 |
| 2007 | 187.0 | 179.7 | 180.4 | 38.4 | 9.1 | 0.1 | 9.7 | 0.8 | 16.1 | 13.7 | 22.9 | 96.2 | 753.8 |
| 2008 | 257.8 | 123.5 | 70.0 | 5.5 | 3.2 | 2.7 | 0.1 | 0.6 | 1.7 | 17.1 | 5.0 | 95.6 | 582.7 |
| 2009 | 104.6 | 203.6 | 133.3 | 65.6 | 2.8 | 0.0 | 11.1 | 2.4 | 23.9 | 9.9 | 47.9 | 64.6 | 669.7 |
| 2010 | 179.1 | 164.6 | 73.0 | 69.3 | 6.4 | 2.1 | 2.2 | 1.0 | 6.2 | 21.2 | 13.4 | 142.9 | 681.4 |
| 2011 | | 233.8 | 96.9 | 104.8 | | | | | | | | | |
| Pp Maxima | 362.1 | 273.9 | 284.8 | 134.9 | 45.1 | 39.5 | 31.8 | 111.1 | 80.9 | 105.5 | 150.5 | 151.7 | 1079.6 |
| Pp Media | 166.8 | 153.2 | 128.4 | 43.7 | 8.5 | 3.6 | 4.1 | 10.8 | 16.7 | 25.8 | 38.7 | 85.9 | 687.9 |
| Pp Minima | 32.9 | 24.1 | 26.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 345.1 |

3) Precipitaciones de 24 horas máximas/año

La Tabla 3.1.9.1-16 presenta las precipitaciones de 24 horas máximas/año (precipitaciones diarias) en cada estación en la cuenca del Río Majes-Camaná.

4) Mapa de isoyetas

En la Figura 3.1.9.1-12 se presenta un mapa de isoyetas en la cuenca del Río Majes-Camaná.

En la cuenca del Río Majes-Camaná, las precipitaciones anuales varían considerablemente según la zona, con un mínimo de 50mm y máximo de 750 mm aproximadamente. Las precipitaciones son menores a medida que se acerca a la cuenca baja hacia la costa pacífica y son mayores a medida que se va aumentando las altitudes hacia la cuenca alta.

Las precipitaciones anuales en la cuenca baja donde se tomarán medidas contra inundaciones son escasas de 50 a 200 mm.

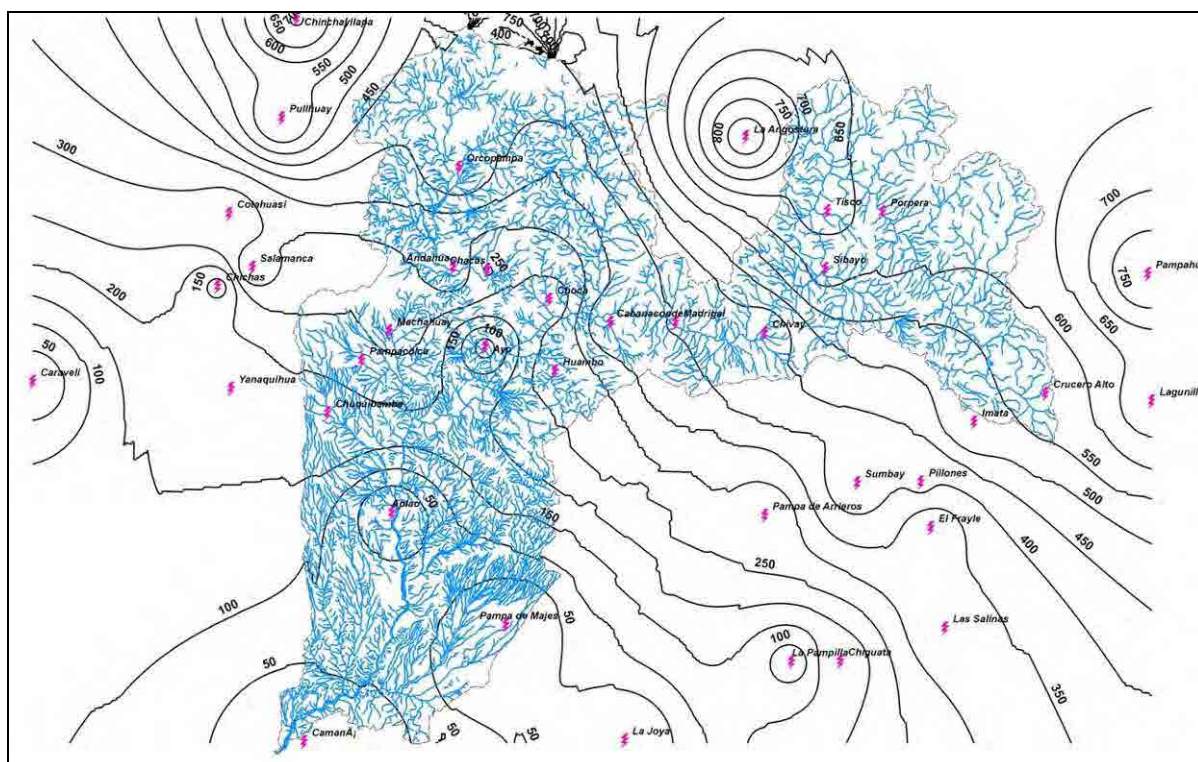


Figura-3.1.9.1-11 Mapa de isoyetas (Cuenca del Río Majes-Camaná)

3.1.9.2 Caudal

Mayoría de las estaciones de monitoreo de caudal ubicadas en las áreas objeto del estudio no cuentan con el monitoreo automático, sino con un monitoreo periódico manual una vez diaria (7:00 a.m.) o 2 veces diarias (7:00 a.m. y 7:00 p.m.). Por consiguiente, no existen datos pluviales horarios y todos los datos son de precipitaciones diarias (de 24 horas). Tratándose de un monitoreo a las horas fijas, es muy probable que no se hayan registrado caudales instantáneos máximos como los caudales picos de inundaciones.

El monitoreo de nivel de agua se hace principalmente con un indicador del nivel de agua y el valor medido se convierte en el caudal según una fórmula elaborada previamente a partir de los datos del

levantamiento transversal fluvial y del aforo.

No obstante, en la estación en Huatiapa de monitoreo de nivel y caudal del Río Majes-Camaná, a partir de 2006, el monitoreo de nivel de agua por parte de SENAHÍ (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) se realiza 4 veces al día (7:00, 10:00, 14:00 y 18:00) mediante un indicador del nivel de agua, además de la confirmación del nivel registrado por el medidor del nivel automático tipo flotador (a partir de 2006). Además de esto, durante inundaciones, se toman los datos por hora. En esta estación sólo algunos datos del nivel de agua por horas se introducen y se recopilan en una computadora, quedándose guardados únicamente los papeles de registro automático. El caudal máximo anual publicado por SENAHÍ, a partir de 2006, es el valor máximo de los caudales medios diarios de 2 ó 4 mediciones al día. Se requiere seguir el monitoreo del nivel de agua y caudal en los momentos pico de inundaciones, así como organizar los datos obtenidos.

Las estaciones de monitoreo están ubicadas en la cuenca media y la baja de abanicos aluviales en la costa (véase el mapa de ubicación de estaciones de monitoreo pluvial). Puesto que en la zona costera casi no llueve, se supone que casi no hay entrada del agua desde los afluentes de curso bajo y los datos monitoreados indican precisamente el volumen de descarga de las áreas objeto. Por tanto, es recomendable considerar las estaciones de monitores de caudal ubicadas curso más bajo como puntos de referencia para el análisis de descarga.

(1) Cuenca del Río Cañete

1) Estaciones de monitoreo de caudal

La Tabla 3.1.9.2-1 presenta la ubicación de la estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Cañete. El monitoreo se hace a cargo de SENAMI y la junta de regantes.

Tabla 3.1.9.2-1 Estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Cañete

| Estación | Latitud | Longitud | Altitud (s.n.m.) |
|--------------|-----------|-----------|------------------|
| SOCSI CAÑETE | 13° 01'42 | 76° 11'40 | 330 |

2) Caudal diario máximo/año

La Tabla 3.1.9.2-2 presenta el caudal máximo anual en la estación arriba mencionada.

Tabla 3.1.9.2-2 Caudal diario máximo/año en la estación SOCSI CAÑETE de la cuenca del Río Cañete

| Año | Caudal máx.anual (m ³ /sec) | |
|------|--|-------------------|
| | SENAMHI | Junta de regantes |
| 1926 | - | 455,00 |
| 1927 | - | 120,00 |
| 1928 | - | 198,00 |
| 1929 | - | 342,00 |
| 1930 | - | 263,00 |

*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES
RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL I-1 INFORME PRINCIPAL. INFORME DE PROGRAMA*

| | | |
|------|--------|--------|
| 1931 | - | 148,60 |
| 1932 | - | 850,00 |
| 1933 | - | 176,00 |
| 1934 | - | 305,00 |
| 1935 | - | 386,00 |
| 1936 | - | 265,00 |
| 1937 | - | 283,76 |
| 1938 | - | 401,99 |
| 1939 | - | 308,53 |
| 1940 | - | 141,28 |
| 1941 | - | 301,13 |
| 1942 | - | 319,22 |
| 1943 | - | 324,13 |
| 1944 | - | 396,65 |
| 1945 | - | 350,00 |
| 1946 | - | 354,00 |
| 1947 | - | 353,00 |
| 1948 | - | 279,00 |
| 1949 | - | 198,00 |
| 1950 | - | 244,74 |
| 1951 | - | 485,00 |
| 1952 | - | 360,00 |
| 1953 | - | 555,00 |
| 1954 | - | 657,00 |
| 1955 | - | 700,00 |
| 1956 | - | 470,00 |
| 1957 | - | 228,32 |
| 1958 | - | 270,40 |
| 1959 | - | 700,00 |
| 1960 | - | 488,75 |
| 1961 | - | 597,62 |
| 1962 | - | 566,24 |
| 1963 | - | 242,37 |
| 1964 | - | 153,06 |
| 1965 | 214,70 | 214,70 |
| 1966 | 207,00 | 201,00 |
| 1967 | 343,00 | 343,00 |
| 1968 | 154,00 | 154,00 |
| 1969 | 316,00 | 316,00 |
| 1970 | 408,00 | 408,00 |
| 1971 | 430,00 | 430,00 |
| 1972 | 900,00 | 900,00 |
| 1973 | 484,20 | 450,10 |
| 1974 | - | 326,00 |
| 1975 | - | 298,00 |
| 1976 | 294,92 | 332,00 |
| 1977 | - | 249,00 |
| 1978 | - | 216,00 |

| | | |
|------|--------|--------|
| 1979 | - | 182.80 |
| 1980 | - | 100.10 |
| 1981 | - | 257.10 |
| 1982 | - | 120.00 |
| 1983 | - | 228.00 |
| 1984 | - | 425,50 |
| 1985 | - | 165,60 |
| 1986 | - | 370,50 |
| 1987 | - | 487,30 |
| 1988 | 206,00 | 420,30 |
| 1989 | - | 377,00 |
| 1990 | - | 189,00 |
| 1991 | - | 372,00 |
| 1992 | - | 164,30 |
| 1993 | - | 390,00 |
| 1994 | - | 550,00 |
| 1995 | - | 500,00 |
| 1996 | - | 310,00 |
| 1997 | - | 350,00 |
| 1998 | - | 348,00 |
| 1999 | - | 420,00 |
| 2000 | - | 350,00 |
| 2001 | - | 255,00 |
| 2002 | - | 204,00 |
| 2003 | - | 215,00 |
| 2004 | - | 196,00 |
| 2005 | - | 167,00 |
| 2006 | - | 250,00 |

(2) Cuenca del Río Chíncha

1) Estaciones de monitoreo de caudal

La Tabla 3.1.9.2-3 presenta la ubicación de la estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Chíncha. El monitoreo se hace a cargo de SENAMI y la junta de regantes.

Tabla 3.1.9.2-3 Estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Chíncha

| Estación | Latitud | Longitud | Altitud (s.n.m.) |
|----------|---------|----------|------------------|
| CONTA | 13° 27' | 75° 58' | 320 |

2) Caudal diario máximo/año

La Tabla 3.1.9.2-4 presenta el caudal máximo anual en la estación arriba mencionada. El Río Chíncha está dividido en el Río Chico y el Río Matagente, por lo que el caudal del Río Chíncha es la suma del caudal de ambos Ríos.

Tabla3.1.9.2-4 Caudal máximo/año en la estación CONTA de la cuenca del Río Chíncha (m³/s)

| Año | SENAMHI | Junta de regantes | | | Caudal adoptado |
|------|----------|-------------------|---------------|----------|-----------------|
| | Total | Río Chico | Río Matagente | Total | |
| 1950 | 155,43 | - | - | - | 155,43 |
| 1951 | 395,75 | - | - | - | 395,75 |
| 1952 | 354,00 | - | - | - | 354,00 |
| 1953 | 1.268,80 | - | - | - | 1,268,80 |
| 1954 | 664,40 | - | - | - | 664,40 |
| 1955 | 241,45 | - | - | - | 241,45 |
| 1956 | 227,83 | - | - | - | 227,83 |
| 1957 | 226,53 | - | - | - | 226,53 |
| 1958 | 88,36 | 35,34 | 53,02 | 88,36 | 88,36 |
| 1959 | 301,42 | 120,57 | 180,85 | 301,42 | 301,42 |
| 1960 | 245,17 | 98,07 | 147,10 | 245,17 | 245,17 |
| 1961 | 492,83 | 197,13 | 295,69 | 492,82 | 492,82 |
| 1962 | 395,06 | 158,02 | 237,03 | 395,05 | 395,05 |
| 1963 | 337,84 | 135,14 | 202,70 | 337,84 | 337,84 |
| 1964 | 66,95 | 26,78 | 40,17 | 66,95 | 66,95 |
| 1965 | 154,12 | 61,65 | 92,47 | 154,12 | 154,12 |
| 1966 | 139,13 | 55,65 | 83,48 | 139,13 | 139,13 |
| 1967 | 1.202,58 | 481,03 | 721,55 | 1.202,58 | 1.202,58 |
| 1968 | 43,92 | 17,57 | 26,35 | 43,92 | 43,92 |
| 1969 | 72,14 | 28,86 | 43,28 | 72,14 | 72,14 |
| 1970 | 271,57 | 108,63 | 162,94 | 271,57 | 271,57 |
| 1971 | 497,84 | 199,13 | 298,71 | 497,84 | 497,84 |
| 1972 | 784,16 | 313,66 | 470,50 | 784,16 | 784,16 |
| 1973 | 137,53 | 55,01 | 82,52 | 137,53 | 137,53 |
| 1974 | 215,66 | 86,26 | 129,40 | 215,66 | 215,66 |
| 1975 | 246,87 | 98,75 | 148,12 | 246,87 | 246,87 |
| 1976 | 311,13 | 124,45 | 186,68 | 311,13 | 311,13 |
| 1977 | 97,10 | 38,84 | 58,26 | 97,10 | 97,10 |
| 1978 | 33,00 | 13,20 | 19,80 | 33,00 | 33,00 |
| 1979 | 51,90 | 20,76 | 31,14 | 51,90 | 51,90 |
| 1980 | 33,70 | 13,48 | 20,22 | 33,70 | 33,70 |
| 1981 | 83,95 | 33,58 | 50,37 | 83,95 | 83,95 |
| 1982 | 183,60 | 73,44 | 110,16 | 183,60 | 183,60 |
| 1983 | 81,20 | 32,48 | 48,72 | 81,20 | 81,20 |
| 1984 | 292,87 | 117,15 | 175,72 | 292,87 | 292,87 |
| 1985 | 71,42 | 51,88 | 77,82 | 129,70 | 129,70 |
| 1986 | 106,26 | 46,00 | 69,00 | 115,00 | 115,00 |
| 1987 | - | 42,00 | 63,00 | 105,00 | 105,00 |
| 1988 | - | 28,51 | 42,76 | 71,27 | 71,27 |
| 1989 | - | 71,38 | 107,07 | 178,45 | 178,45 |
| 1990 | 24,34 | 9,74 | 14,60 | 24,34 | 24,34 |
| 1991 | - | 41,00 | 61,49 | 102,49 | 102,49 |
| 1992 | - | 5,95 | 8,92 | 14,87 | 14,87 |

| | | | | | |
|------|---|--------|--------|--------|--------|
| 1993 | - | 51,73 | 77,59 | 129,32 | 129,32 |
| 1994 | - | 75,61 | 113,41 | 189,02 | 189,02 |
| 1995 | - | 121,47 | 182,21 | 303,68 | 303,68 |
| 1996 | - | 49,85 | 74,77 | 124,62 | 124,62 |
| 1997 | - | 10,60 | 15,89 | 26,49 | 26,49 |
| 1998 | - | 112,00 | 168,00 | 280,00 | 280,00 |
| 1999 | - | 165,74 | 248,61 | 414,35 | 414,35 |
| 2000 | - | 114,93 | 172,39 | 287,32 | 287,32 |
| 2001 | - | 81,72 | 122,59 | 204,31 | 204,31 |
| 2002 | - | 47,65 | 71,48 | 119,13 | 119,13 |
| 2003 | - | 52,38 | 78,57 | 130,95 | 130,95 |
| 2004 | - | 63,73 | 95,60 | 159,33 | 159,33 |
| 2005 | - | 14,24 | 21,36 | 35,60 | 35,60 |
| 2006 | - | 62,48 | 93,72 | 156,20 | 156,20 |

(3) Cuenca del Río Pisco

1) Estaciones de monitoreo de caudal

La Tabla 3.1.9.2-5 presenta la ubicación de la estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Pisco.

Tabla 3.1.9.2-5 Estación de monitoreo de caudal en la cuenca del Río

| Estación | Latitud | Longitud | Altitud (s.n.m.) |
|----------|---------|----------|------------------|
| LETRAYOC | 13°40' | 75°45' | 640 |

2) Caudal diario máximo/año

La Tabla 3.1.9.2-6 presenta el caudal máximo anual en la estación arriba mencionada.

**Tabla 3.1.9.2-6 Caudal máximo/año en la estación LETRAYOC de la cuenca del Río Pisco
(m³/s)**

| Año | Caudal máx./año (m ³ /s) | Año | Caudal máx./año (m ³ /s) |
|------|--|------|--|
| 1933 | 227,50 | 1971 | 194,45 |
| 1934 | 264,50 | 1972 | 509,87 |
| 1935 | 311,00 | 1973 | 293,62 |
| 1936 | 360,50 | 1974 | 194,68 |
| 1937 | 956,03 | 1975 | 141,88 |
| 1938 | 253,70 | 1976 | 237,62 |
| 1939 | 328,67 | 1977 | 231,26 |
| 1940 | 155,34 | 1978 | 80,33 |
| 1941 | 212,25 | 1979 | 213,13 |
| 1942 | 326,79 | 1980 | 91,23 |
| 1943 | 301,93 | 1981 | 252,00 |

| | | | |
|------|--------|------|--------|
| 1944 | 295,05 | 1982 | 274,00 |
| 1945 | 250,01 | 1983 | 273,00 |
| 1946 | 528,14 | 1984 | 485,65 |
| 1947 | 144,09 | 1985 | 200,50 |
| 1948 | 765,10 | 1986 | 355,00 |
| 1949 | 148,26 | 1987 | 146,20 |
| 1950 | 156,33 | 1988 | 369,50 |
| 1951 | 289,09 | 1989 | 272,50 |
| 1952 | 208,05 | 1990 | 49,38 |
| 1953 | 427,20 | 1991 | 325,00 |
| 1954 | 536,64 | 1992 | 47,75 |
| 1955 | 403,42 | 1993 | 118,00 |
| 1956 | 330,99 | 1994 | 312,50 |
| 1957 | 256,19 | 1995 | 354,37 |
| 1958 | 169,35 | 1996 | 190,00 |
| 1959 | 378,26 | 1997 | 150,00 |
| 1960 | 312,85 | 1998 | 800,00 |
| 1961 | 272,04 | 1999 | 355,00 |
| 1962 | 423,06 | 2000 | 215,00 |
| 1963 | 255,85 | 2001 | 240,00 |
| 1964 | 238,45 | 2002 | 300,00 |
| 1965 | 162,44 | 2003 | 176,25 |
| 1966 | 710,02 | 2004 | 215,00 |
| 1967 | 521,91 | 2005 | 137,50 |
| 1968 | 189,11 | 2006 | 350,00 |
| 1969 | 314,07 | 2007 | 250,00 |
| 1970 | 454,31 | 2008 | 300,00 |

(4) Cuenca del Río Majes-Camaná

1) Estaciones de monitoreo de caudal

La Tabla 3.1.9.2-7 presenta la ubicación de las estaciones de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Majes-Camaná.

Tabla 3.1.9.2-7 Estaciones de monitoreo de caudal en la cuenca del Río Majes-Camaná

| Estación | Latitud | Longitud | Altitud (s.n.m.) |
|-------------------------|---------------|---------------|------------------|
| Huaripa | 15°59'41,0" S | 72°28'13,0" W | 700 |
| Puente Carretera Camaná | 16°36'00,0" S | 72°44'00,0" W | 122 |

2) Caudal diario máximo/año

La Tabla 3.1.9.2-8 presenta el caudal máximo anual en las estaciones arriba mencionadas.

Tabla 3.1.9.2-8 Caudal máximo/año en las estaciones de la cuenca del Río Majes-Camaná (m³/s)

Huaripa

| Año | Caudal máx./año (m ³ /s) |
|------|-------------------------------------|
| 1945 | 620,00 |
| 1946 | 619,00 |
| 1947 | 580,79 |
| 1948 | 506,50 |
| 1949 | 1012,80 |
| 1950 | 458,33 |
| 1951 | 687,32 |
| 1952 | 592,50 |
| 1953 | 980,00 |
| 1954 | 980,00 |
| 1955 | 2400,00 |
| 1956 | 445,30 |
| 1957 | 316,00 |
| 1958 | 985,50 |
| 1959 | 1400,00 |
| 1960 | 600,00 |
| 1965 | 171,94 |
| 1966 | 237,00 |
| 1967 | 420,00 |
| 1968 | 442,55 |
| 1969 | 308,60 |
| 1970 | 362,00 |
| 1971 | 356,00 |
| 1972 | 633,00 |
| 1973 | 1040,00 |
| 1974 | 902,00 |
| 1975 | 748,00 |
| 1976 | 514,00 |
| 1977 | 592,00 |
| 1978 | 1600,00 |
| 1979 | 410,00 |
| 1980 | 415,00 |
| 1981 | 1000,00 |
| 1982 | 345,00 |
| 1983 | 23,20 |
| 1984 | 1025,00 |
| 1986 | 750,00 |
| 2006 | 590,87 |
| 2007 | 366,33 |
| 2008 | 418,50 |
| 2009 | 400,22 |

Puente Carretera Camaná

| Año | Caudal máx./año(m ³ /s) |
|------|------------------------------------|
| 1961 | 301.10 |
| 1962 | 399.87 |
| 1963 | 340.16 |
| 1971 | 340.72 |
| 1972 | 800.42 |
| 1973 | 750.19 |
| 1974 | 950.00 |
| 1975 | 890.00 |
| 1977 | 1200.00 |
| 1978 | 2000.00 |
| 1979 | 150.70 |
| 1980 | 89.00 |
| 1981 | 530.00 |
| 1982 | 300.00 |
| 1983 | 40.00 |
| 1984 | 1300.00 |
| 1986 | 600.00 |

3.1.9.3 Caudal de inundaciones según periodo de retorno basado en el aforo

Establecidos los puntos de referencia para el análisis de descarga de cada cuenca en las estaciones de monitoreo de caudal ubicadas cerca de la desembocadura del abanico aluvial, fueron procesados estadísticamente los datos del monitoreo de caudal máximo diario/año y se calculó el caudal de inundaciones con periodos de retorno de 2 a 100 años. Los resultados del cálculo vienen en la Tabla 3.1.9.3-1.

Para el cálculo estadístico hidrológico se empleó los siguientes modelos de distribución de probabilidades y fueron adoptados los valores del modelo de mejor adaptabilidad. Para más detalles véase el Apéndice del Anexo-1 Análisis Meteorológico, Hidrológico y de Descarga.

- Distribución Normal o Gaussiana
- Log - Normal con 3 parámetros
- Log - Normal con 2 parámetros
- Gamma con 2 ó 3 parámetros
- the log - Pearson III
- Gumbel
- Valores extremos generalizados

Tabla 3.1.9.3-1 Caudal de inundaciones según el periodo de retorno en los puntos de referencia

(m³/s)

| Nombre del Río/punto de referencia | 2 años | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años |
|------------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|
| Río Cañete Socsi | 313 | 454 | 547 | 665 | 753 | 840 |
| Río Chincha Conta | 179 | 378 | 536 | 763 | 951 | 1.156 |
| Río Pisco Letrayoc | 267 | 398 | 500 | 648 | 774 | 914 |
| Río Majes-Camaná Huaripa | 560 | 901 | 1.169 | 1.565 | 1.906 | 2.292 |

El valor máximo del aforo realizado en la estación Socsi del Río Cañete fueron 900 m³/s en 1972 y la Tabla anterior ha sido calculada según los caudales máximos anuales incluyendo dicho valor. Como se mencionará más tarde (véase la cláusula 3.1.9.5 (2)), el supuesto caudal máximo medible en esta estación serán alrededor de 900 m³/s, por lo que es muy probable que los caudales según el periodo de retorno indicados en la Tabla anterior sean bastante menores de lo que son.

3.1.9.4 Análisis de descarga basado en precipitaciones (Sistema HEC-HMS)

El monitoreo de caudal en las áreas objeto del estudio comprende solamente el caudal diario y los caudales según el periodo de retorno calculados en la cláusula anterior son caudales pico. Para llevar a cabo un análisis de descarga que se mencionará más tarde, se hará necesaria una distribución horaria de inundaciones (hidrograma de crecida). En esta cláusula se hará un análisis de descarga basado en datos del monitoreo pluvial.

Para el análisis de descarga se empleará el sistema HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) desarrollado por el Cuerpo de ingenieros del Ejército de EE.UU. Este sistema es un programa universal de análisis de descarga, utilizado en América del Norte y otros países del mundo, y es uno de los programas más populares en Perú.

(1) Resumen del sistema HEC-HMS

El sistema HEC-HMS está diseñado de manera que permita simular la relación entre las precipitaciones y la descarga en un sistema de cuenca compuesta de numerosas sub-cuencas. Un modelo de cuenca puede componerse de numerosas sub-cuencas, canal fluvial, confluencias, puntos de afluencia, reservorios, etc.

Respecto a las pérdidas de infiltración se pueden aplicar los métodos de SCS curve number, Initial Constant, Exponential, Green Ampt, etc.

En cuanto al método de conversión de precipitaciones efectivas en el volumen de descarga, se puede aplicar el método de hidrograma unitario que incluye Clark, Snyder y SCS. Para la descarga del canal fluvial, se pueden adoptar varios métodos que incluyen el método Muskingum y el método Kinematic Wave. Además, al cálculo del caudal del fondo son aplicables varios métodos.

El análisis de precipitaciones comprende 6 métodos de análisis de datos pluviales y de composición de datos pluviales. Asimismo son aplicables a un sinnúmero de estaciones de monitores 4 métodos de distribución de precipitaciones incluyendo el método Thiessen.

Con el método de frecuencia de crecidas se pueden calcular inundaciones con un determinado periodo de retorno de excedencia. También es posible calcular una distribución horaria de precipitaciones con el uso de criterios de NRCS (Natural Resources Conservation Service Criteria) según el método de *SCS hypothetical storm*. Casi todos los parámetros incluidos en las sub-cuencas y el canal fluvial se pueden suponer automáticamente utilizando un triángulo de optimización. Están disponibles 6 funciones con distintas finalidades para optimizar el caudal calculado con relación al valor de aforo.

El procedimiento de la aplicación de dicho sistema al presente estudio se menciona a continuación. Siguiendo dicho procedimiento se describe el resumen del análisis de descarga tomando como ejemplo

la cuenca del Río Majes-Camaná. Para más detalles véase el Apéndice del Anexo-1 Análisis Meteorológico, Hidrológico y de Descarga.

- (1) Elaboración de un modelo de cuenca
- (2) Análisis de precipitaciones
 - 1) Cálculo de precipitaciones de 24 horas según el periodo de retorno en cada estación de monitoreo pluvial
 - 2) Cálculo de precipitaciones de 24 horas en cada cuenca componente del área objeto
 - 3) Determinación de curva de precipitaciones de 24 horas
- (3) Cálculo de pérdidas de infiltración según el método SSC
 - 1) Determinación de valores iniciales del número de curva de cada cuenca
 - 2) Determinación de los números definitivos de curvas
 - 3) Verificación del modelo
- (4) Cálculo de caudal de inundaciones según el periodo de retorno e hidrograma de crecidas

(2) Elaboración de un modelo de cuenca

1) División de la cuenca

La cuenca del Río Majes-Camaná ha sido dividida en 236 sub-cuencas de acuerdo con la similitud hidrológica. Como características de la cuenca, se han tenido en cuenta la topografía, distribución y topografía de los afluentes, vegetación, condiciones del suelo, entre otros. La Figura 3.1.9.4-1 presenta la división de la cuenca.



Figura-3.1.9.4-1 División de la cuenca del Río Majes-Camaná

2) Elaboración de un modelo de cuenca

Según el sistema HEC-HMS, se expresan las sub-cuencas, canal fluvial y puntos de confluencia en forma de maqueta, tal como se indica en la Figura 3.1.9.4-2. Un modelo de toda la cuenca elaborado en base a dicha maqueta se presenta en la Figura 3.1.9.4-2.

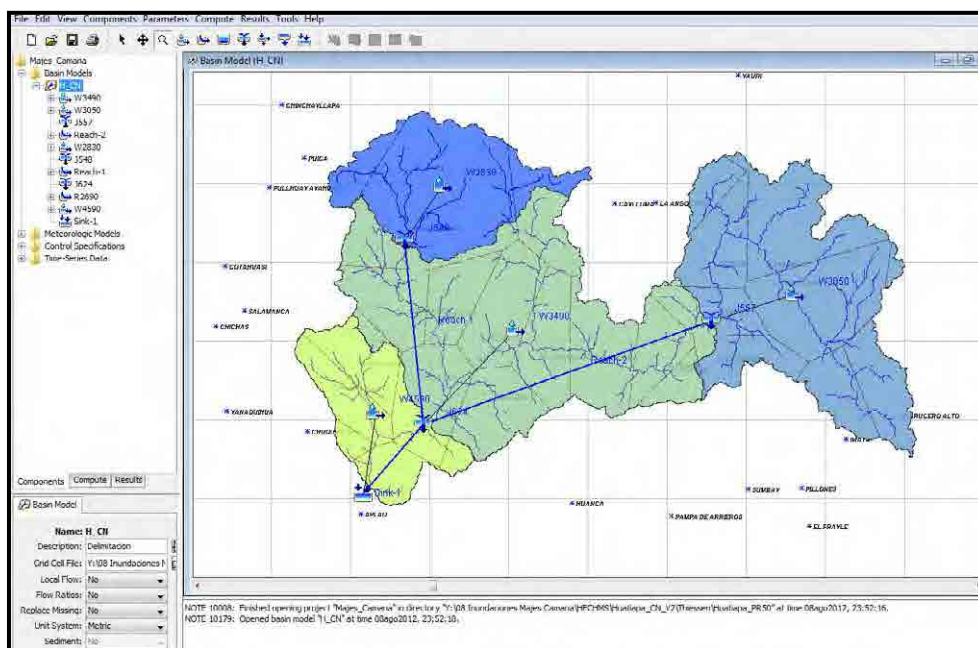


Figura-3.1.9.4-2 Modelo de HEC-HMS de la cuenca del Río Majes-Camaná

(3) Análisis de precipitaciones

De entre los datos de precipitaciones horarias de la estación de monitoreo Chivay, situada en la parte media alta de la cuenca, se han conseguido los datos de febrero de 2011 y 2012, para realizar análisis de profundidad-duración de las 3 inundaciones. Según el resultado de este análisis, el tiempo de duración de lluvia de febrero de 2012 ($Q_p=1.400 \text{ m}^3/\text{s}$), que fue el más largo en las 3 inundaciones principales, ha sido de 17 horas. Por lo tanto, el tiempo para el análisis de descarga se ha establecido en 24 horas.

Por otra parte, según el resultado de entrevistas a las personas relacionadas con SENAMHI y diferentes universidades, dicho tiempo en las zonas costeras de Perú es de entre 6 y 12 horas, por lo que, para el análisis de descarga³ de otros Ríos que desembocan en dichas zonas, se realiza el cálculo en base a 24 horas.

1) Cálculo de precipitaciones con un periodo de retorno de 24 horas en cada estación de monitoreo pluvial

³ Estudio de Máximas Avenidas en las Cuencas de la Zona Centro de la Vertiente del Pacífico, Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua, Ing. Mg Sc. Ricardo Apaella Nalvarde, 2010.

La Tabla 3.1.9.4-1 presenta las precipitaciones un periodo de retorno de 24 horas en cada estación de monitoreo pluvial, calculadas de los valores medidos de precipitaciones de 24 horas máximas/año, luego de procesados de forma estadística.

De acuerdo con la tabla, las isoyetas de las precipitaciones de 24 horas con un periodo de retorno de 50 años se presentan en la Figura 3.1.9.4-2.

Tabla 3.1.9.4-1 Precipitaciones con un periodo de retorno de 24 horas en cada estación de monitoreo pluvial (Cuenca del Río Majes-Camaná)

| Station | Coordinates | | | Precipitation for T (years) | | | | | | |
|-------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | Latitude | Longitude | Altitude (masl) | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| Andahua | 15° 29'37 | 72° 20'57 | 3538 | 24.30 | 31.33 | 34.83 | 38.29 | 40.33 | 42.02 | 43.43 |
| Aplao | 16° 04'10 | 72° 29'26 | 625 | 1.71 | 5.03 | 7.26 | 9.51 | 10.71 | 11.56 | 12.14 |
| Ayo | 15° 40'45 | 72° 16'13 | 1950 | 10.28 | 16.43 | 20.51 | 25.66 | 29.48 | 33.27 | 37.05 |
| Cabanaconde | 15° 37'7 | 71° 58'7 | 3369 | 26.58 | 37.88 | 45.89 | 56.58 | 64.95 | 73.67 | 82.79 |
| Camaná | 16° 36'24 | 72° 41'49 | 29 | 3.18 | 7.16 | 9.79 | 13.11 | 15.58 | 18.03 | 20.46 |
| Caraveli | 15° 46'17 | 73° 21'42 | 1757 | 7.67 | 16.07 | 22.60 | 31.46 | 38.30 | 45.21 | 52.15 |
| Chachas | 15° 29'56 | 72° 16'2 | 3130 | 22.21 | 28.60 | 32.08 | 35.83 | 38.24 | 40.37 | 42.30 |
| Chichas | 15° 32'41 | 72° 54'59.7 | 2120 | 16.28 | 23.47 | 27.01 | 30.37 | 32.23 | 33.67 | 34.80 |
| Chiguata | 16° 24'1 | 71° 24'1 | 2945 | 18.88 | 29.98 | 37.33 | 46.40 | 52.94 | 59.27 | 65.42 |
| Chinchayllapa | 14° 55'1 | 72° 44'1 | 4514 | 23.12 | 31.21 | 36.57 | 43.34 | 48.37 | 53.35 | 58.32 |
| Chivay | 15° 38'17 | 71° 35'49 | 3663 | 24.50 | 32.74 | 38.20 | 45.09 | 50.21 | 55.29 | 60.35 |
| Choco | 15° 34'1 | 72° 07'1 | 3160 | 16.10 | 22.92 | 27.45 | 33.16 | 37.39 | 41.60 | 45.79 |
| Chuquibamba | 15° 50'17 | 72° 38'55 | 2839 | 21.65 | 36.96 | 47.09 | 59.89 | 69.39 | 78.82 | 88.21 |
| Cotahuasi | 15° 22'29 | 72° 53'28 | 5086 | 21.20 | 29.97 | 35.78 | 43.12 | 48.56 | 53.96 | 59.35 |
| Crucero Alto | 15° 46'1 | 70° 55'1 | 4486 | 25.33 | 31.66 | 35.20 | 39.10 | 41.67 | 44.02 | 46.17 |
| El Frayle | 16° 05'5 | 71° 11'14 | 4110 | 22.33 | 29.95 | 35.43 | 42.89 | 48.83 | 55.12 | 61.82 |
| Huambo | 15° 44'1 | 72° 06'1 | 3500 | 22.87 | 30.14 | 34.96 | 41.05 | 45.57 | 50.05 | 54.52 |
| Imata | 15° 50'12 | 71° 05'16 | 4451 | 28.35 | 37.09 | 42.87 | 50.18 | 55.60 | 60.98 | 66.34 |
| La Angostura | 15° 10'47 | 71° 38'58 | 4260 | 35.90 | 45.89 | 53.22 | 63.31 | 71.46 | 80.18 | 89.57 |
| La Joya | 16°35'33 | 71°55'9 | 1279 | 1.22 | 4.74 | 7.89 | 11.93 | 14.65 | 16.98 | 18.92 |
| La Pampilla | 16° 24'12.2 | 71° 31'6 | 2388 | 12.65 | 21.64 | 27.66 | 35.01 | 40.23 | 45.20 | 49.94 |
| Lagunillas | 15° 46'46 | 70° 39'38 | 4385 | 28.55 | 34.30 | 37.75 | 41.81 | 44.67 | 47.40 | 50.05 |
| Las Salinas | 16° 19'5 | 71° 08'54 | 3369 | 18.05 | 25.72 | 30.80 | 37.22 | 41.98 | 46.70 | 51.41 |
| Machahuay | 15° 38'43 | 72° 30'8 | 3000 | 21.06 | 29.80 | 34.71 | 40.03 | 43.45 | 46.46 | 49.14 |
| Madrigal | 15° 36'59.7 | 71° 48'42 | 3238 | 23.63 | 30.07 | 33.66 | 37.59 | 40.17 | 42.50 | 44.63 |
| Orcopampa | 15° 15'39 | 72° 20'20 | 3805 | 21.51 | 29.58 | 36.83 | 48.66 | 59.81 | 73.37 | 89.92 |
| Pampa de Arrieros | 16° 03'48 | 71° 35'21 | 3720 | 18.86 | 32.08 | 40.82 | 51.88 | 60.07 | 68.21 | 76.32 |
| Pampa de Majes | 16° 19'40 | 72° 12'39 | 1442 | 2.07 | 6.68 | 10.56 | 15.55 | 18.98 | 22.04 | 24.69 |
| Pampacolca | 15° 42'51 | 72° 34'3 | 2895 | 21.13 | 29.11 | 34.40 | 41.08 | 46.04 | 50.95 | 55.86 |
| Pampahuta | 15° 29'1 | 70° 40'33.3 | 4317 | 34.18 | 39.66 | 42.87 | 46.58 | 49.14 | 51.57 | 53.89 |
| Pillones | 15° 58'44 | 71° 12'49 | 4428 | 24.00 | 32.95 | 38.88 | 46.36 | 51.92 | 57.43 | 62.92 |
| Porpera | 15° 21'1 | 71° 19'1 | 4142 | 27.40 | 40.61 | 49.37 | 60.42 | 68.63 | 76.77 | 84.88 |
| Pullhuay | 15° 09'1 | 72° 46'1 | 3098 | 24.47 | 32.43 | 37.63 | 44.15 | 48.97 | 53.77 | 58.60 |
| Salamanca | 15° 30'1 | 72° 50'1 | 3153 | 19.86 | 26.64 | 31.13 | 36.81 | 41.02 | 45.20 | 49.36 |
| Sibayo | 15° 29'8 | 71° 27'11 | 3839 | 31.25 | 38.61 | 42.98 | 48.06 | 51.59 | 54.93 | 58.13 |
| Sumbay | 15° 59'1 | 71° 22'1 | 4300 | 25.43 | 35.57 | 43.10 | 53.56 | 62.08 | 71.26 | 81.17 |
| Tisco | 15° 21'1 | 71° 27'1 | 4198 | 33.41 | 42.74 | 51.24 | 65.12 | 78.15 | 93.95 | 113.15 |
| Yanaquihua | 15° 46'59.8 | 72° 52'57 | 2834 | 20.70 | 35.78 | 45.76 | 58.38 | 67.74 | 77.03 | 86.29 |

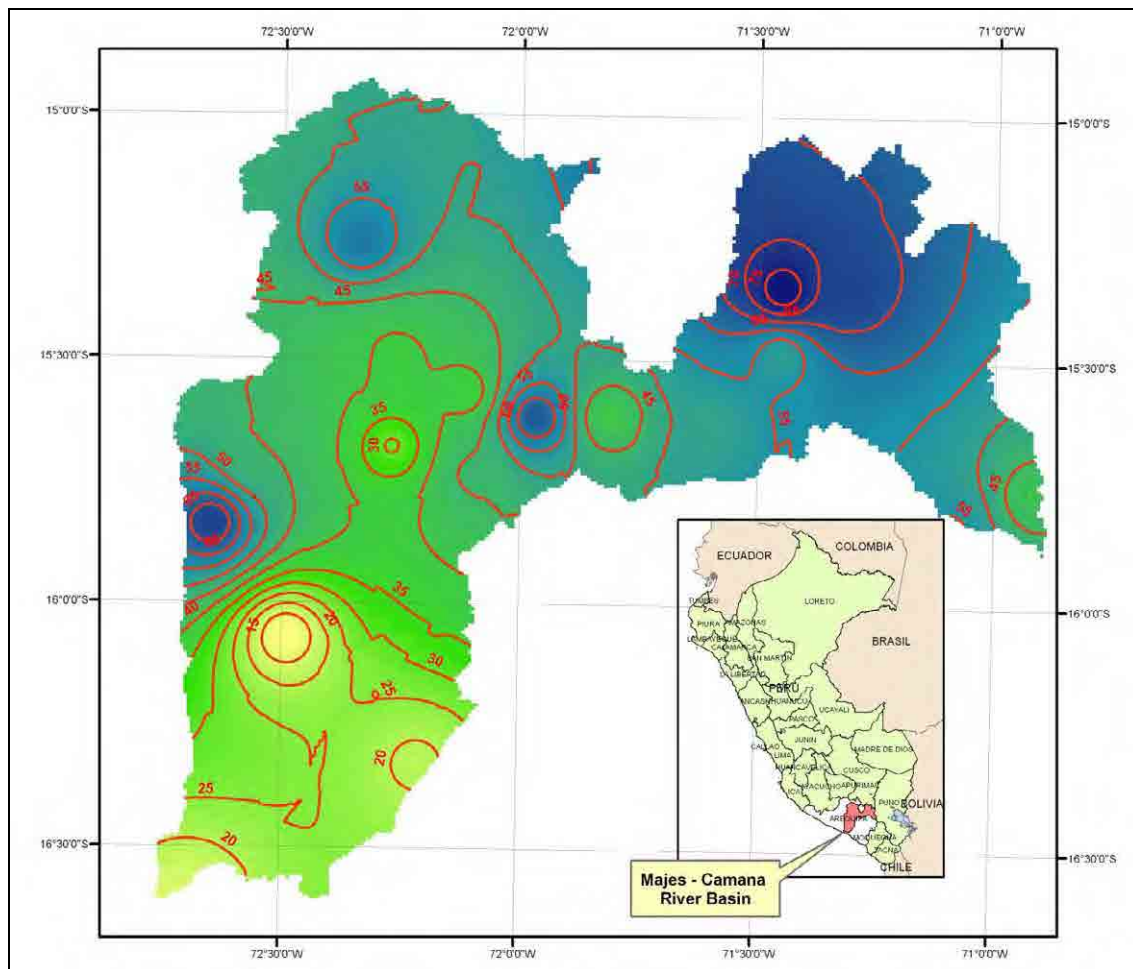


Figura-3.1.9.4-3 Isoyetas de precipitaciones de 24 horas con un periodo de retorno de 50 años (Río Majes-Camaná)

2) Cálculo de precipitaciones de 24 horas en cada cuenca componente

A partir de las precipitaciones con un periodo de retorno de 24 horas de las diferentes estaciones de monitoreo, se han calculado, según el método de Thiessen, las precipitaciones en las sub-cuencas componentes del Río Majes-Camaná.

En la Figura 3.1.9.4-4 se muestra el mapa de división de Thiessen.

tipos de curvas de precipitaciones horarias, indicadas en la Tabla 3.1.9.4-3 y la Figura 3.1.9.4-5. Distribución de las precipitaciones de 24 horas se presenta en la Figura 3.1.9.4-6 con un intervalo del tiempo establecido según las curvas de precipitaciones acumuladas de cada tipo. La Figura 3.1.9.4-7 indica el alcance de la aplicación de cada tipo de precipitaciones en EE.UU. y se recomienda aplicar el tipo II en mayor parte de EE.UU. En HEC-HMS, se establece que son suficientes las 24 horas como tiempo continuo en casi todas las cuencas.

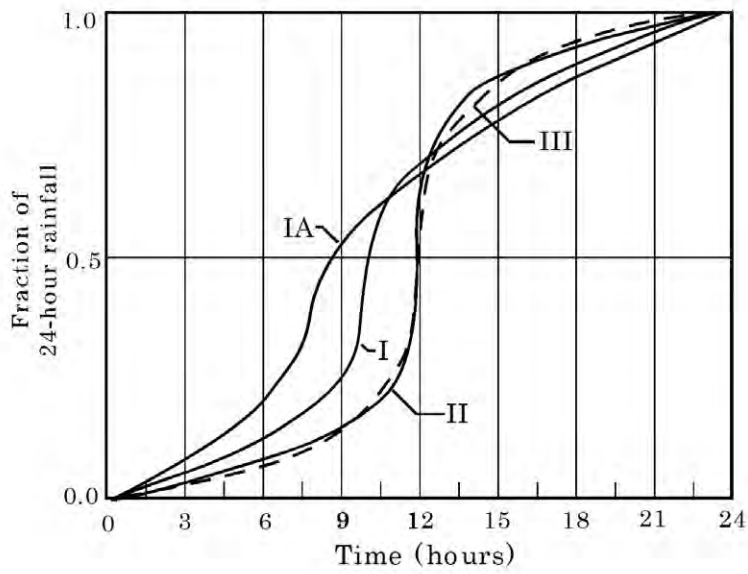
En las áreas objeto del estudio, debido a la falta de datos de precipitaciones horarias, es difícil determinar el tipo de la curva de precipitaciones de 24 horas, pero en la práctica en Perú se determinan los tipos basándose en los datos de escasos estudios existentes.

La empresa minera Miplo, luego de analizados los datos de la estación de monitoreo Chavin ubicada en la ladera occidental (cuena del Río Cañete y altiplano de Chinha de la cuena del Río Pisco) de Perú, determinó que la distribución de las precipitaciones de 24 horas en dichas zonas se asimila a la del tipo II. El patrón de precipitaciones de dicho tipo representa el patrón de precipitaciones de la zona costera y la zona sur de Perú. Asimismo, analizando las precipitaciones en el momento de la ocurrencia del fenómeno de El Niño, registradas en la estación El Tigre ubicada en el norte, determinó que la distribución de precipitaciones en esta zona parece al tipo II y IA.

De acuerdo con dichos resultados, en el presente Estudio han sido adoptado el tipo II para las cuencas de los ríos Cañete, Chinha y Pisco y el tipo IA (tipo I modificado) para la cuena del río Majés-Camaná, según el patrón de datos de precipitaciones horarias en la estación pluviométrica de Chivay.

Tabla 3.1.9.4-3 Curvas de precipitaciones acumuladas de 24 horas según SCS Hypothetical Storm

| | | 24 hr precipitation temporal distribution | | | |
|-----------|-------|---|---------|---------|----------|
| Time (hr) | t/24 | Type I | Type IA | Type II | Type III |
| 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2.00 | 0.083 | 0.035 | 0.050 | 0.022 | 0.020 |
| 4.00 | 0.167 | 0.076 | 0.116 | 0.048 | 0.043 |
| 6.00 | 0.250 | 0.125 | 0.206 | 0.080 | 0.072 |
| 7.00 | 0.292 | 0.156 | 0.268 | 0.098 | 0.089 |
| 8.00 | 0.333 | 0.194 | 0.425 | 0.120 | 0.115 |
| 8.50 | 0.354 | 0.219 | 0.480 | 0.133 | 0.130 |
| 9.00 | 0.375 | 0.254 | 0.520 | 0.147 | 0.148 |
| 9.50 | 0.396 | 0.303 | 0.550 | 0.163 | 0.167 |
| 9.75 | 0.406 | 0.362 | 0.564 | 0.172 | 0.178 |
| 10.00 | 0.417 | 0.515 | 0.577 | 0.181 | 0.189 |
| 10.50 | 0.438 | 0.583 | 0.601 | 0.204 | 0.216 |
| 11.00 | 0.458 | 0.624 | 0.624 | 0.235 | 0.250 |
| 11.50 | 0.479 | 0.654 | 0.645 | 0.283 | 0.298 |
| 11.75 | 0.490 | 0.669 | 0.655 | 0.357 | 0.339 |
| 12.00 | 0.500 | 0.682 | 0.664 | 0.663 | 0.500 |
| 12.50 | 0.521 | 0.706 | 0.683 | 0.735 | 0.702 |
| 13.00 | 0.542 | 0.727 | 0.701 | 0.772 | 0.751 |
| 13.50 | 0.563 | 0.748 | 0.719 | 0.799 | 0.785 |
| 14.00 | 0.583 | 0.767 | 0.736 | 0.820 | 0.811 |
| 16.00 | 0.667 | 0.830 | 0.800 | 0.880 | 0.886 |
| 20.00 | 0.833 | 0.926 | 0.906 | 0.952 | 0.957 |
| 24.00 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |



Fuente: Urban water hydrology for small watersheds (TR-55) Appendix B

Figura-3.1.9.4-5 Distribución de curvas de precipitaciones de 24 horas

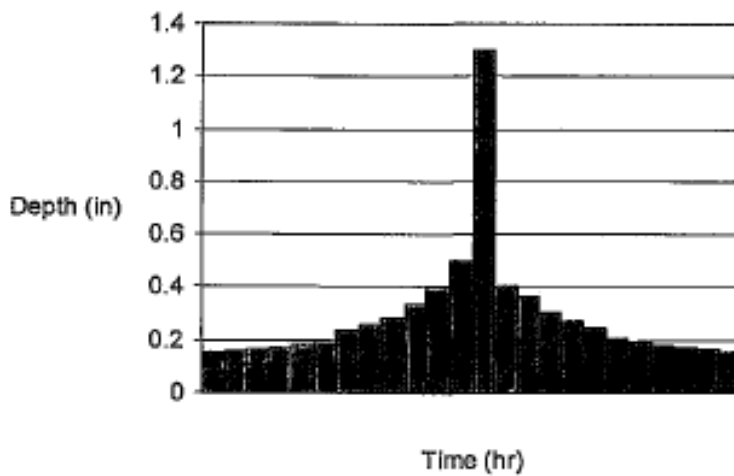
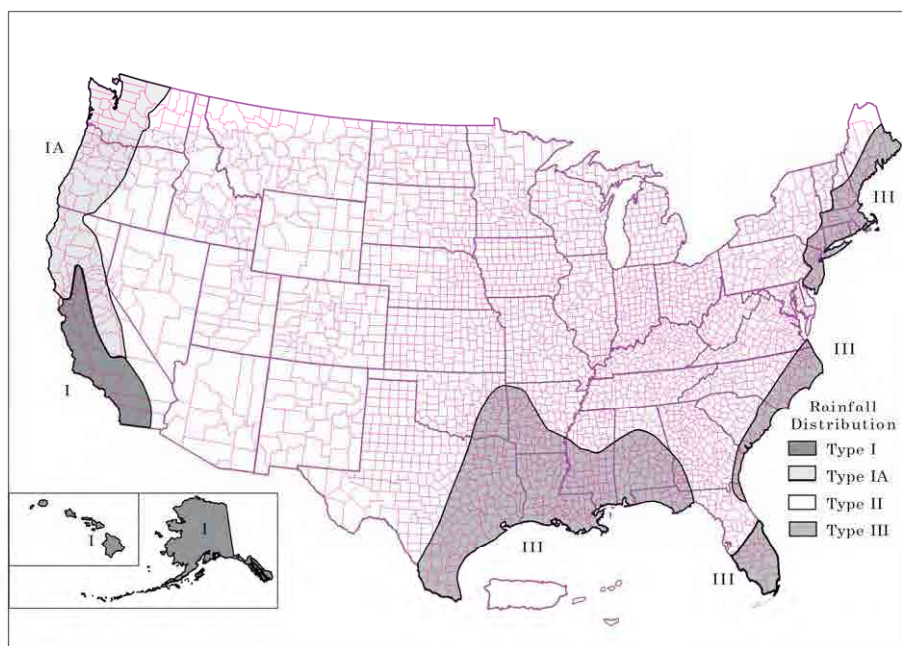


Figura 3.1.9.4-6 Distribución de precipitaciones de 24 horas



Fuente: Urban water hydrology for small watersheds (TR-55) Appendix B

Figura-3.1.9.4-7 Tipo de curvas de precipitaciones de 24 horas y las áreas de aplicación

(4) Cálculo de precipitaciones efectivas según el método SSC

1) Fórmula básica

SSC Curve Number (CN) Loss Model es un método para suponer precipitaciones efectivas como función de las precipitaciones acumuladas, características del suelo de la cuenca, uso del suelo, pérdidas iniciales, etc. según la siguiente fórmula.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Donde, P_e : precipitaciones efectivas a la hora t ,
 P : precipitaciones acumuladas a la hora t ,
 I_a : Pérdidas iniciales
 S : Máximo depósito acumulable

Suponiendo $I_a = 0.2S$, se da

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

La relación de CN que indica las características de S y la cuenca es la siguiente;

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Al calcular la relación entre P_e y P suponiendo CN, se da lo indicado en la Figura 3.1.9.4-8.

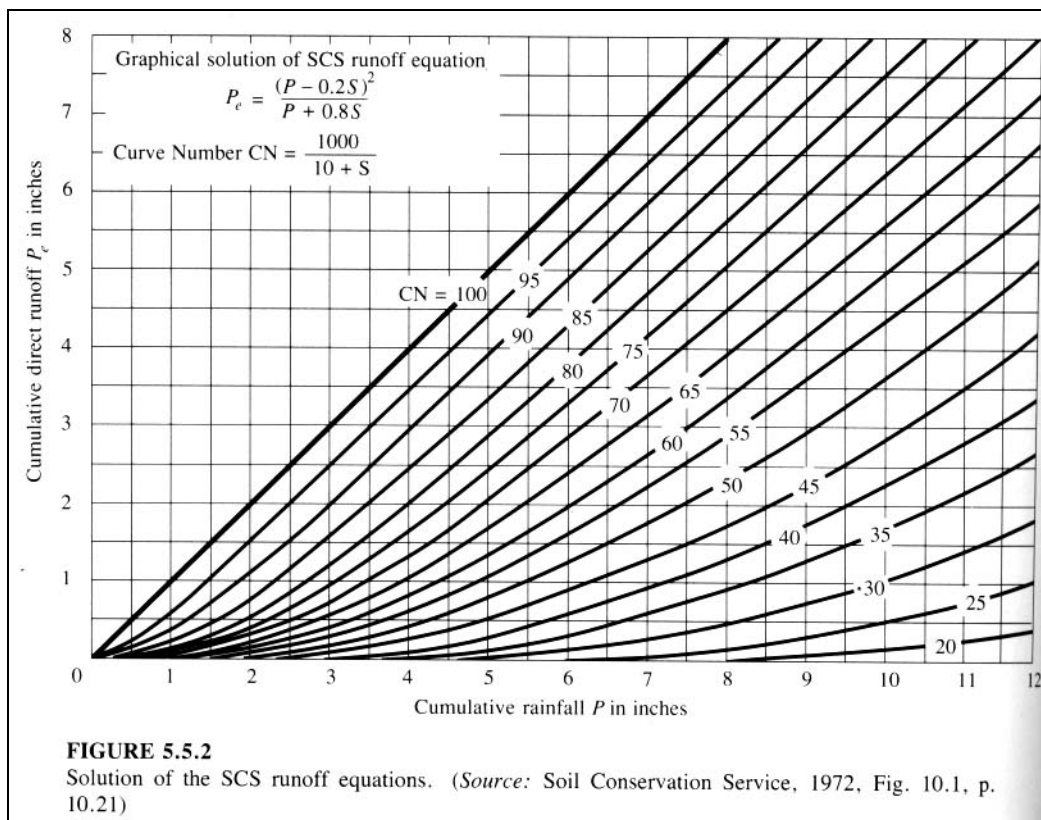


Figura-3.1.9.4-8 Relación entre los números de curva (Curve Number: CN), precipitaciones acumuladas P y precipitaciones efectivas P_e

2) Determinación de los números de curva de cada cuenca componente

En la Figura 3.1.9.4-9 y la Tabla 3.1.9.4-4 se muestran los valores de CN en la cuenca el Río Majes-Camaná, que fueron establecidos de acuerdo con el uso de tierra de las sub-cuencas componentes y las condiciones del suelo, así como con los valores adoptados en los Ríos cercanos.

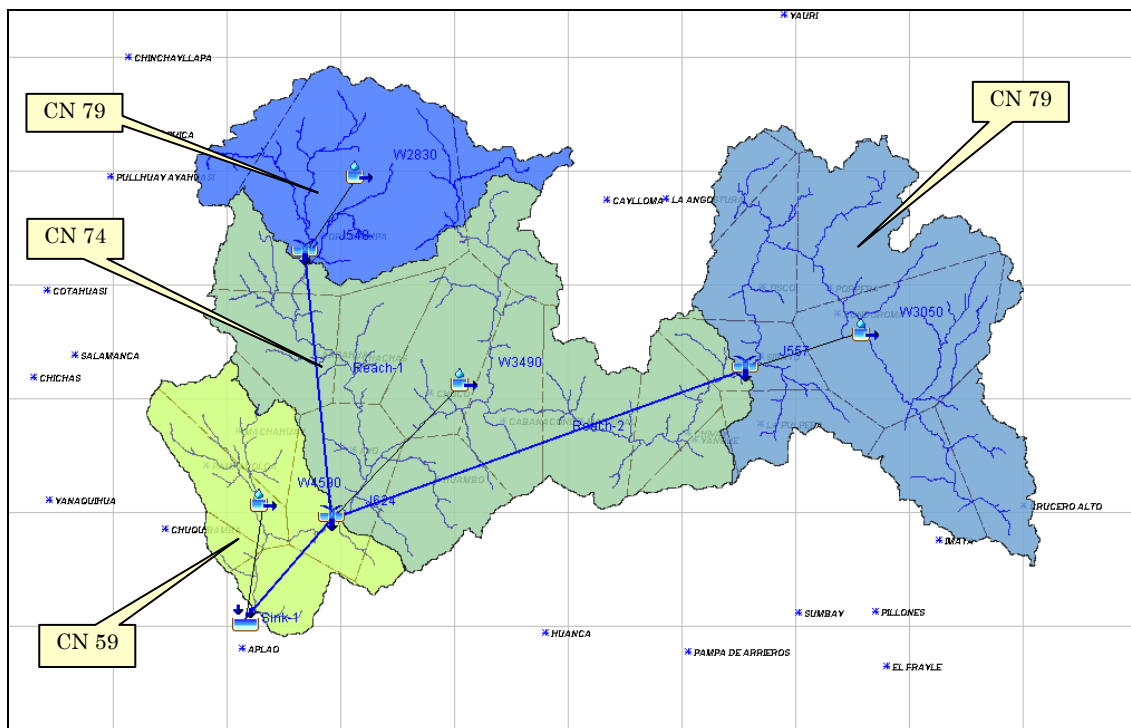


Figura-3.1.9.4-9 Valores definitivos de CV establecidos en la cuenca del Río Majes-Camaná

Tabla 3.1.9.4-4 Valores definitivos de CN

| Cuenca | Condiciones de la cuenca | CN definitivo |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| Upper Basin – Colca (W3050) | Barren area with scarce vegetation. | 79 |
| Middle Basin – Colca (W3490) | Pastures, shrub, small trees. | 74 |
| Upper Basin – Andahuá (W2830) | Barren area with scarce vegetation. | 79 |
| Lower Basin – Majes (W4590) | Desert, hyper arid area | 59 |

Tabla 3.1.9.4-5(1) CN conforme al uso y las condiciones del suelo (1/3)

| Land Use Description | Hydrologic Soil Group | | | |
|---|-----------------------|----|----|----|
| | A | B | C | D |
| Cultivated land ¹ : without conservation treatment | 72 | 81 | 88 | 91 |
| with conservation treatment | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Pasture or range land: poor condition | 68 | 79 | 86 | 89 |
| good condition | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Meadow: good condition | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch | 45 | 66 | 77 | 83 |
| good cover ² | 25 | 55 | 70 | 77 |
| Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc. | | | | |
| good condition: grass cover on 75% or more of the area | 39 | 61 | 74 | 80 |
| fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area | 49 | 69 | 79 | 84 |
| Commercial and business areas (85% impervious) | 89 | 92 | 94 | 95 |
| Industrial districts (72% impervious) | 81 | 88 | 91 | 93 |
| Residential ³ : | | | | |
| Average lot size | | | | |
| Average % impervious ⁴ | | | | |
| 1/8 acre or less | 65 | | | |
| 1/4 acre | 38 | | | |
| 1/3 acre | 30 | | | |
| 1/2 acre | 25 | | | |
| 1 acre | 20 | | | |
| Average lot size | | | | |
| 1/8 acre or less | 77 | 85 | 90 | 92 |
| 1/4 acre | 61 | 75 | 83 | 87 |
| 1/3 acre | 57 | 72 | 81 | 86 |
| 1/2 acre | 54 | 70 | 80 | 85 |
| 1 acre | 51 | 68 | 79 | 84 |
| Paved parking lots, roofs, driveways, etc. ⁵ | 98 | 98 | 98 | 98 |
| Streets and roads: | | | | |
| paved with curbs and storm sewers ⁵ | 98 | 98 | 98 | 98 |
| gravel | 76 | 85 | 89 | 91 |
| dirt | 72 | 82 | 87 | 89 |

¹For a more detailed description of agricultural land use curve numbers, refer to Soil Conservation Service, 1972, Chap. 9

²Good cover is protected from grazing and litter and brush cover soil.

³Curve numbers are computed assuming the runoff from the house and driveway is directed towards the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.

⁴The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.

⁵In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

Tabla 3.1.9.4-5(2) CN conforme al uso y las condiciones del suelo (2/3)

| TABLE 5.5.1 SCS Runoff Curve Numbers (Continued) | | | | | |
|---|----------------------|---|----|----|----|
| c. Other agricultural areas | | | | | |
| Cover description | | Curve numbers for hydrologic soil group | | | |
| Cover type | Hydrologic condition | A | B | C | D |
| Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing* | Poor | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | Fair | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | Good | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay | — | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element† | Poor | 48 | 67 | 77 | 83 |
| | Fair | 35 | 56 | 70 | 77 |
| | Good | 30 | 48 | 65 | 73 |
| Woods-grass combination (orchard or tree farm)‡ | Poor | 57 | 73 | 82 | 86 |
| | Fair | 43 | 65 | 76 | 82 |
| | Good | 32 | 58 | 72 | 79 |
| Woods§ | Poor | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | Fair | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | Good | 30 | 55 | 70 | 77 |
| Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots | — | 59 | 74 | 82 | 86 |

* Poor: <50% ground cover or heavily grazed with no mulch.
Fair: 50 to 75% ground cover and not heavily grazed.
Good: >75% ground cover and lightly or only occasionally grazed.

† Poor: <50% ground cover.
Fair: 50 to 75% ground cover.
Good: >75% ground cover.

‡ CNs shown were computed for areas with 50% woods and 50% grass (pasture) cover. Other combinations of conditions may be computed from the CNs for woods and pasture.

§ Poor: Forest litter, small trees, and brush are destroyed by heavy grazing or regular burning.
Fair: Woods are grazed but not burned, and some forest litter covers the soil.
Good: Woods are protected from grazing, and litter and brush adequately cover the soil.

Source: Ref. 105.

| d. Arid and semiarid range areas | | | | | |
|---|-----------------------|---|----|----|----|
| Cover description | | Curve numbers for hydrologic soil group | | | |
| Cover type | Hydrologic condition* | A† | B | C | D |
| Herbaceous—mixture of grass, weeds, and low-growing brush, with brush the minor element | Poor | | 80 | 87 | 93 |
| | Fair | | 71 | 81 | 89 |
| | Good | | 62 | 74 | 85 |
| Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush | Poor | | 66 | 74 | 79 |
| | Fair | | 48 | 57 | 63 |
| | Good | | 30 | 41 | 48 |
| Piñon-juniper—piñon, juniper, or both: grass understory | Poor | | 75 | 85 | 89 |
| | Fair | | 58 | 73 | 80 |
| | Good | | 41 | 61 | 71 |
| Sagebrush with grass understory | Poor | | 67 | 80 | 85 |
| | Fair | | 51 | 63 | 70 |
| | Good | | 35 | 47 | 55 |

Tabla 3.1.9.4-5(3) CN conforme al uso y las condiciones del suelo (3/3)

| TABLE 5.5.1 SCS Runoff Curve Numbers (Continued) | | | | | |
|---|-----------------------|---|----|----|----|
| d. Arid and semiarid range areas | | | | | |
| Cover description | | Curve numbers for hydrologic soil group | | | |
| Cover type | Hydrologic condition* | A† | B | C | D |
| Desert shrub—major plants include saltbush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus | Poor | 63 | 77 | 85 | 88 |
| | Fair | 55 | 72 | 81 | 86 |
| | Good | 49 | 68 | 79 | 84 |

* Poor: <30% ground cover (litter, grass, and brush overstory).
 Fair: 30 to 70% ground cover.
 Good: >70% ground cover.
 † Curve numbers for group A have been developed only for desert shrub.
 Source: Ref. 105.

Fuente: Maidment (1993)

Nota: Grupo de suelo hidrológico

El suelo del grupo A tiene un bajo potencial de escorrentía y una alta tasa de infiltración aun cuando esté completamente húmedo. Está compuesto principalmente de profundidad arena o grava bien drenada y tiene alta tasa de transmisión de agua (más de 0.30 in/h).

El suelo del grupo B tiene una taza moderada de infiltración cuando esté completamente húmedo y está compuesto principalmente de profunda o medianamente profunda arena bien drenada con una textura moderadamente fina o gruesa. Este suelo tiene una tasa moderada de transmisión de agua (entre 0,15 y 0,30 in/h).

El suelo del grupo C tiene una taza baja de infiltración cuando esté completamente húmedo y está compuesto principalmente de una capa de tierra que impide el movimiento de agua y tierra hacia abajo con una textura fina o moderadamente fina. Este suelo tiene una tasa baja de transmisión de agua (entre 0,05 y 0,15 in/h).

El suelo del grupo D tiene un alto potencial de escorrentía y muy baja tasa de infiltración cuando esté completamente húmedo. Está compuesto principalmente de tierra arcillosa con un alto potencial de inflamación, tierra con una capa freática permanentemente alta, tierra con una capa de arcilla compacta o una capa de arcilla cerca o en la superficie y tierra poco profunda sobre materiales impermeables cercanos. Este suelo tiene muy baja tasa de transmisión de agua (entre 0 y 0,05 in/h).

(5) Cálculo de caudal de inundaciones e hidrograma de crecidas según el periodo de retorno

Conforme a los resultados del análisis antes mencionado, fueron calculados los caudales de inundaciones e hidrograma de crecidas según el periodo de retorno con HEC-HMS. La hora del inicio de precipitaciones y la hora cero del hidrograma de crecidas se coinciden. Para la descarga de canal fluvial se adoptó el método Kinematic Wave.

Los resultados del cálculo vienen en las Tablas 3.1.9.4-6 y 3.1.9.4-7 y las Figuras de 3.1.9.4-10 a 3.1.9.4-13.

Dichos resultados del cálculo serán empleados para analizar la capacidad de descarga, crecidas y obras de medidas contra inundaciones en el presente estudio.

Tabla 3.1.9.4-6 Caudal de inundaciones según el periodo de retorno
(m³/s)

| Río | 2 años | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años |
|------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|
| Río Chira Puente Sullana | 331 | 408 | 822 | 1.496 | 2.175 | 2.751 |
| Río Cañete Socsi | 203 | 472 | 580 | 807 | 917 | 1.171 |
| Río Chincha Conta | 213 | 287 | 451 | 688 | 855 | 962 |
| Río Pisco Letrayoc | 306 | 638 | 1.007 | 1.566 | 2.084 | 2.703 |
| Río Majes-Camaná Huatiapa | 331 | 408 | 822 | 1.496 | 2.175 | 2.751 |

Tabla 3.1.9.4-7 Caudal específico de inundaciones según el periodo de retorno

| Río | 2 años | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años | Área Km ² |
|------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|-------------------------|
| Río Chira Puente Sullana | 0,058 | 0,072 | 0,145 | 0,264 | 0,383 | 0,485 | 5.676 |
| Río Cañete Socsi | 0,068 | 0,158 | 0,195 | 0,271 | 0,308 | 0,393 | 2.981 |
| Río Chincha Conta | 0,069 | 0,093 | 0,147 | 0,224 | 0,279 | 0,313 | 3.070 |
| Río Pisco Letrayoc | 0,024 | 0,050 | 0,078 | 0,122 | 0,162 | 0,210 | 12.854 |
| Río Majes-Camaná Huatiapa | 0,058 | 0,072 | 0,145 | 0,264 | 0,383 | 0,485 | 5.676 |

Tabla 3.1.9.4-8 Comparación entre el caudal máximo registrado hasta ahora y el caudal con período de retorno de 50 años

| Río/Punto de referencia | Caudal máximo hasta ahora | PeRíodo de monitoreo | Caudal con período de retorno de 50 años según el análisis de descarga |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------|--|
| Río Cañete Socsi | 900 | 81 | 2.175 |
| Río Chincha Conta | 1.269 | 57 | 917 |
| Río Pisco Letrayoc | 957 | 76 | 855 |
| Río Majes-CamanáHuatiapa | 2.400 | 41 | 2.084 |

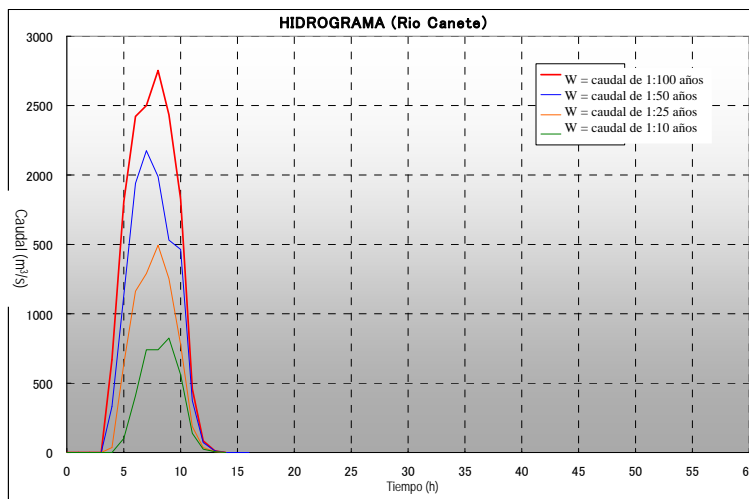


Figura -3.1.9.4-10 Hidrograma de inundaciones en el Río Cañete

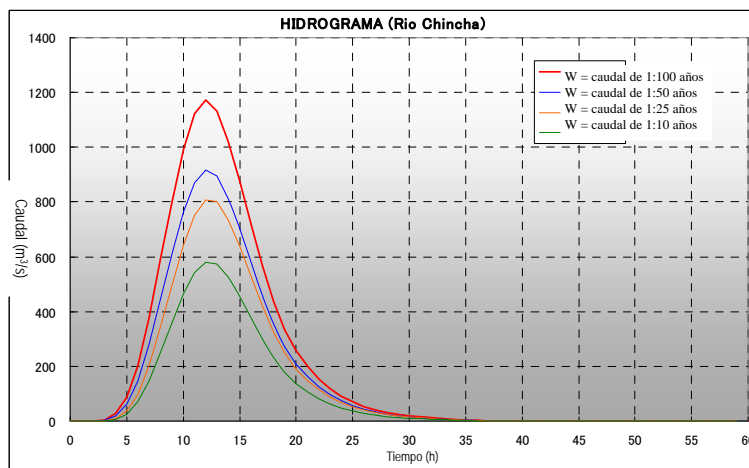


Figura- 3.1.9.4-11 Hidrograma de inundaciones en el Río Chincha

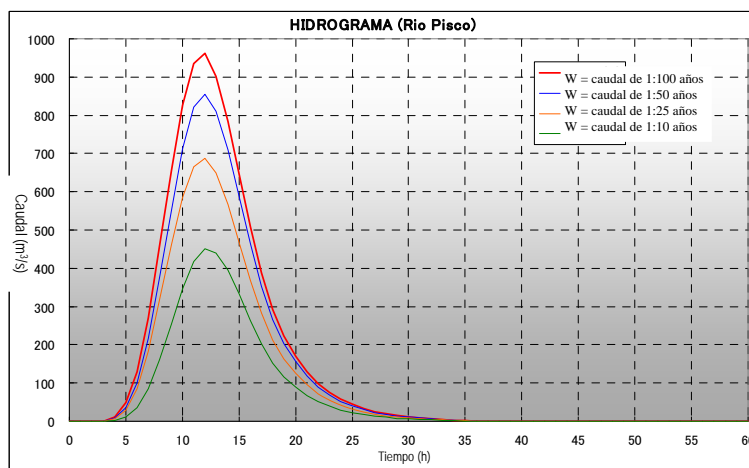


Figura -3.1.9.4-12 Hidrograma de inundaciones en el Río Pisco

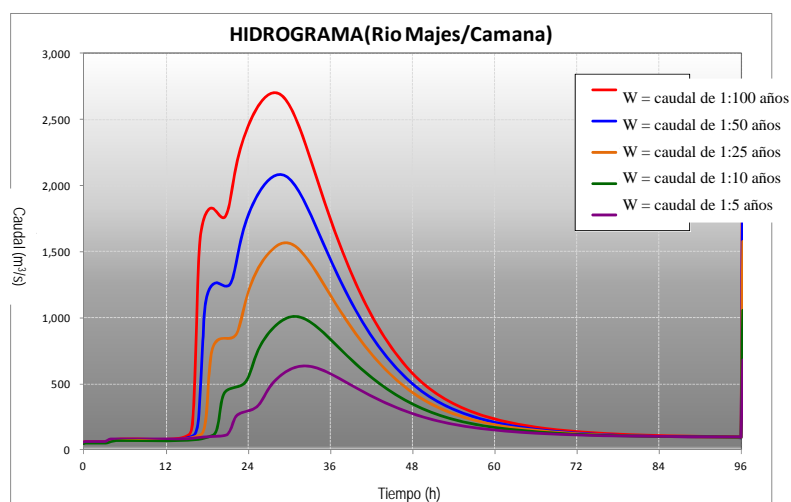


Figura -3.1.9.4-13 Hidrograma de inundaciones en el Río Majes-Camaná

3.1.9.5 Observaciones de los resultados del análisis

(1) Verificación del caudal pico

En las Figuras de 3.1.9.5-1 a 3.1.9.5-4 se muestran punteados los caudales específicos con período de retorno en los diferentes Ríos que desembocan en la costa peruana y los resultados de descargas calculadas en este estudio. (Fuente: "Estudio Hidrológico - Meteorológico en la Vertiente del Pacífico del Perú con Fines de Evaluación y Pronóstico del Fenómeno, El Niño para Prevención y Mitigación de Desastres", Ministerio de Economía y Finanzas, Asociación BCEOM - Sofi Consult S.A. ORSTOM, Nov. 1999)

Se considera que los caudales con diferentes períodos de retorno revisados y calculados a partir de las gráficas de caudales específicos, según cada área y conforme a las curvas de Creager, están dentro de un rango casi razonable.

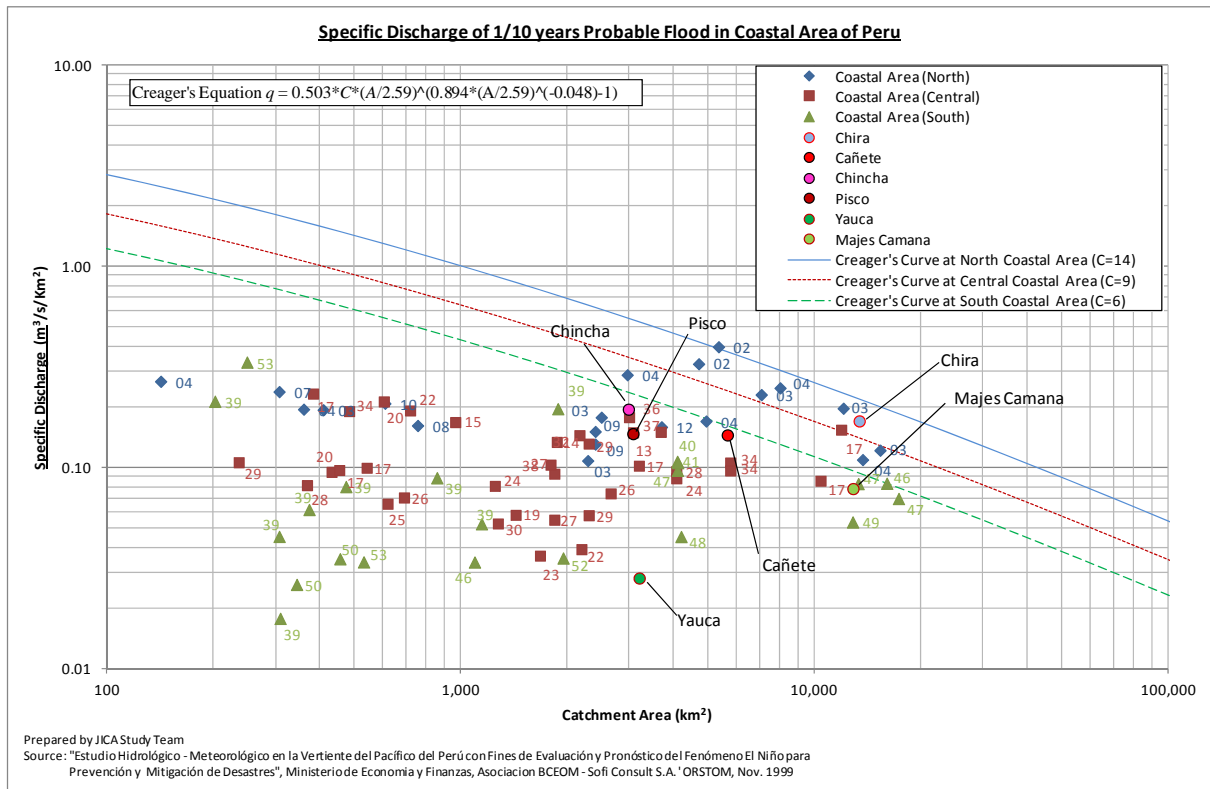


Figura 3.1.9.5-1 Caudal específico de inundación con diferentes períodos de retorno según las áreas de la costa peruana (1/10 años)

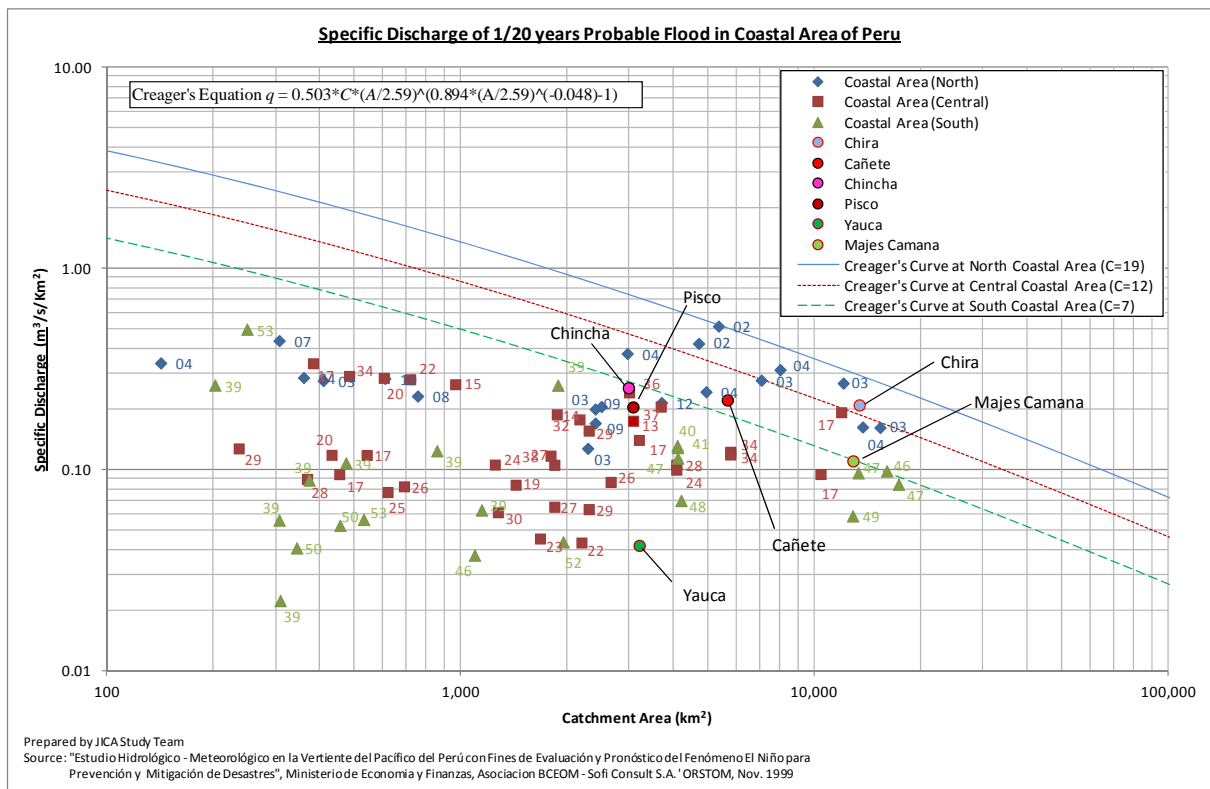


Figura 3.1.9.5-2 Caudal específico de inundación con diferentes períodos de retorno según las áreas de la costa peruana (1/20 años)

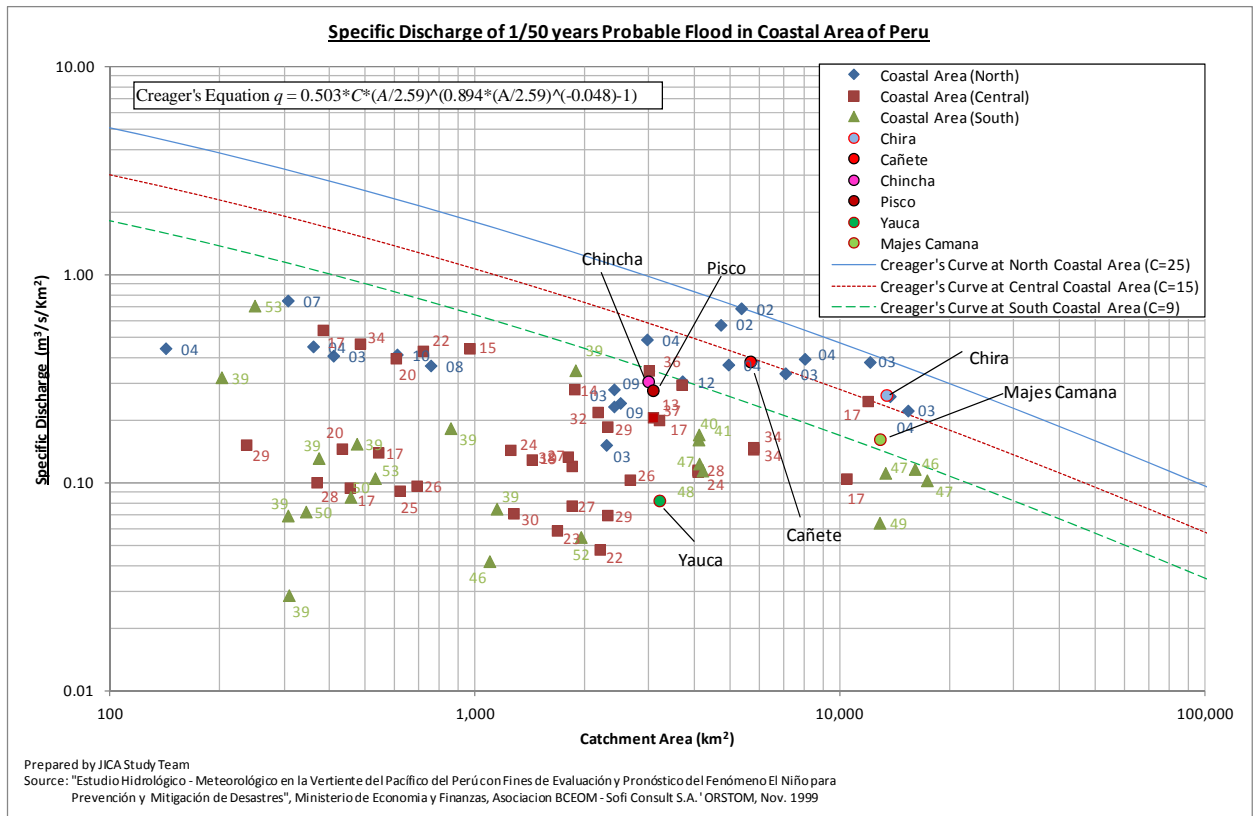


Figura 3.1.9.5-3 Caudal específico de inundación con diferentes períodos de retorno según las áreas de la costa peruana (1/50 años)

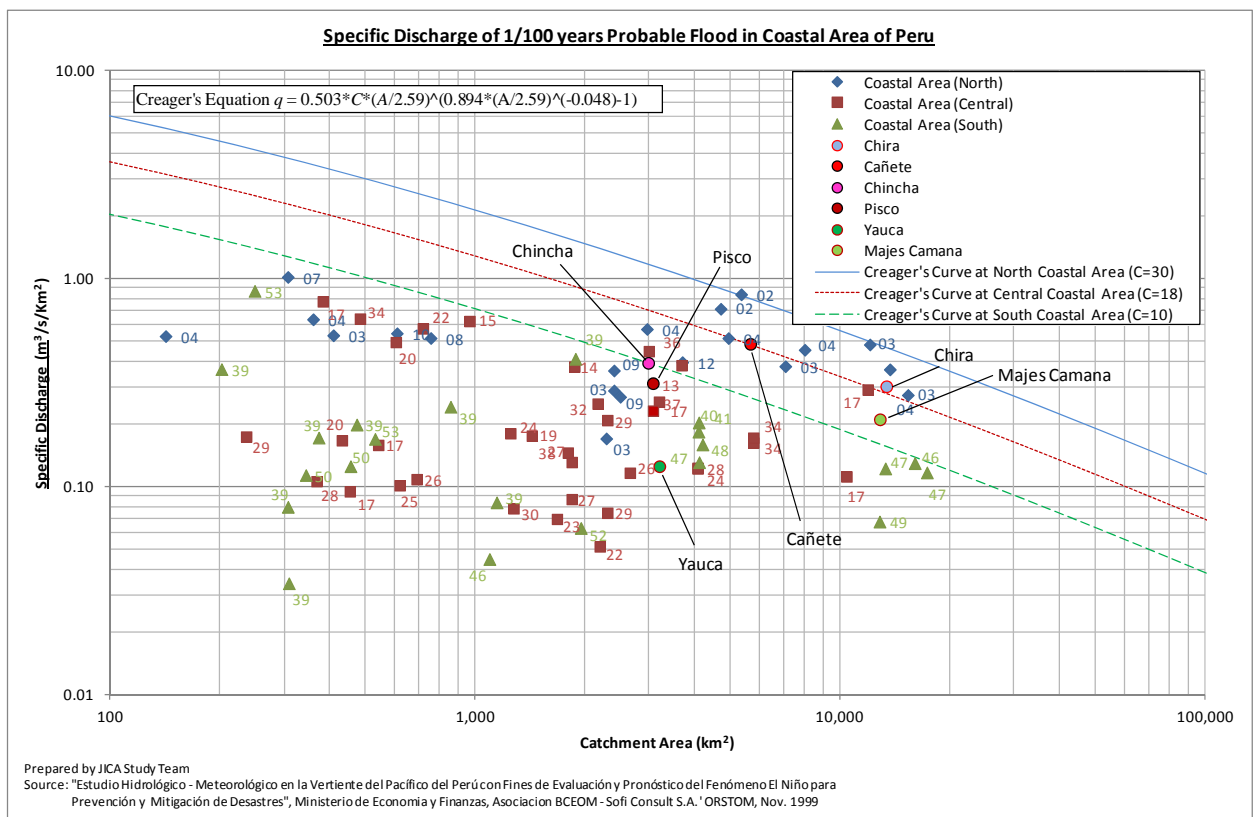


Figura 3.1.9.5-4 Caudal específico de inundación con diferentes períodos de retorno según las áreas de la costa peruana (1/100 años)

(2) Caudal de inundaciones con un periodo de 50 años en el Río Cañete

1) Límites medibles de la estación de monitoreo Socsi

El corte seccional del Río en la estación de monitoreo de caudal Socsi se presenta en la Figura 3.1.9.5-3 y el área de la cuenca con el máximo de nivel de agua (2,77m de profundidad) es la siguiente:

$$A = (28,17+37,92)*1,0/2 + (55,50+66,28)*0,70/2 + (66,28+70,88)*1,07/2 = 149,0 \text{ m}^2$$

Dado que la estación Socsi está ubicado curso bastante alto del área objeto, en el momento de inundaciones se producirá una velocidad del flujo de 5 ó 6 m/s.

Por consiguiente, suponiendo que la velocidad del flujo sean 6 m/s, se da el siguiente caudal;

$$Q = AV = 149,0 \times 6,0 = 894 \text{ m}^3/\text{sec}$$

En esta estación de monitoreo el caudal máximo medido histórico fueron 900 m³/s y es casi similar al caudal arriba mencionado. Por tanto, en esta estación es difícil medir un caudal superior a este.

Tal como se menciona arriba, se considera que existe un límite mesurable del caudal máximo en esta estación, por lo que se debería trasladarla cuanto antes.

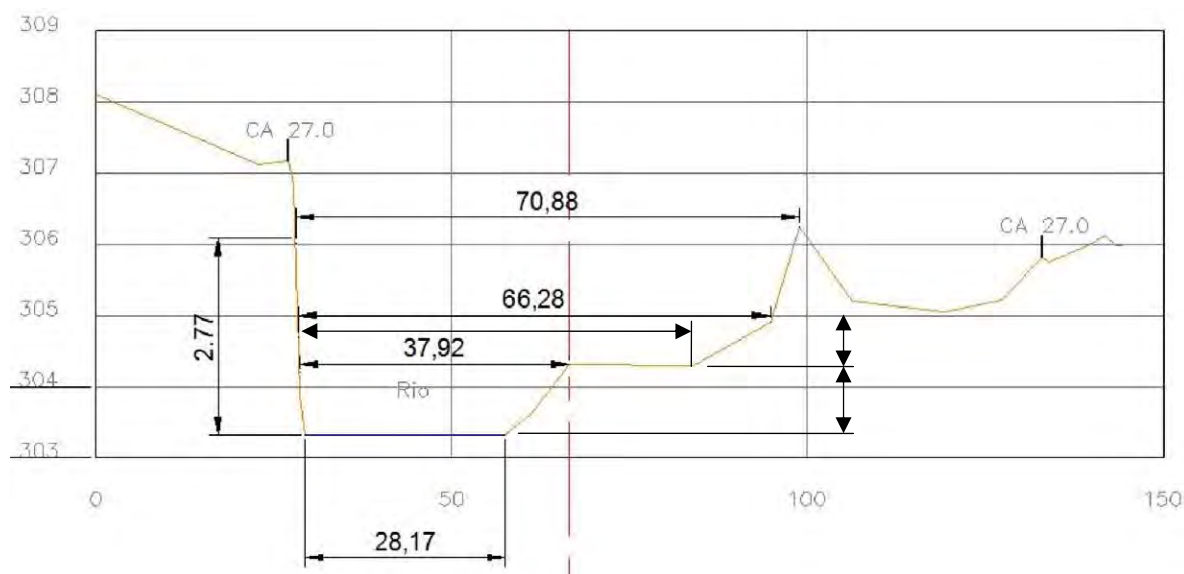


Figura-3.1.9.5-5 Corte seccional del Río en la estación de monitoreo de caudal Socsi

2) Comparación de los caudales de inundaciones según el periodo de retorno con las cuencas cercanas

Sobre las características de precipitaciones y de descarga en el Río Cañete, se comparan con las de otros Ríos cercanos (Chincha y Pisco) que tienen condiciones topográficas y geológicas parecidas y se verifica la justificación de los caudales según el periodo de retorno calculados a partir de datos pluviales en relación con los caudales de inundaciones según el periodo de retorno calculados del

aforo.

Respecto a la posición de los Ríos Cañete, Chincha y Pisco, el que está más cerca de la capital Lima es el Río Cañete, el que está ubicado en su lado sur es el Río Chincha y en el lado sur de éste está el Río Pisco. La cuenca más parecida a la del Río Cañete es la del Río Chincha.

i) Características de descarga

La Tabla 3.1.9.5-1 presenta las características de descarga basadas en los caudales de aforo de los 3 Ríos. El valor medido del caudal máximo del Río Cañete es extremadamente bajo en comparación con los demás Ríos.

Tabla 3.1.9.5-1 Características de descarga de cada Río

| Ítem | Río Cañete | Río Chincha | Río Pisco |
|--------------------------------------|------------|-------------|-----------|
| | Socsi | Conta | Letrayoc |
| Área de la cuenca (km ²) | 5.676 | 2.981 | 3.096 |
| Caudal máx. (m ³ /s) | 900,0 | 1.268,8 | 956,0 |
| Caudal medio (m ³ /s) | 338,8 | 240,3 | 296,6 |
| Caudal máx./Área de la cuenca | 0,159 | 0,426 | 0,306 |
| Caudal medio/Área de la cuenca | 0,060 | 0,081 | 0,096 |
| Caudal máx./ Caudal medio | 2.657 | 5.280 | 3.223 |

La Tabla 3.1.9.5-2 presenta los resultados del cálculo de caudales según el periodo de retorno a partir de los caudales monitoreados (caudales máximos/año) de cada Río. En la misma tabla se presentan también los caudales unitarios teniendo en cuenta el área de la cuenca para el caudal según el periodo de retorno en el Río Cañete y los valores de este Río son igualmente sumamente pequeños en comparación con otras cuencas.

Tabla 3.1.9.5-2 Comparación de descarga según el periodo de retorno (m³/s) en los puntos de referencia de cada Río

| | Río Cañete | | Río Chincha | | Río Pisco | |
|-----------------------------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | Área de la cuenca | Relación | Área de la cuenca | Relación | Área de la cuenca | Relación |
| Área de la cuenca y su proporción | 5.676 | 1.904 | 2.981 | 1.000 | 3.096 | 1.039 |
| Descarga y su proporción | Descarga | Proporción | Descarga | Proporción | Descarga | Proporción |
| Descarga de cada 5 años | 454 | 1.201 | 378 | 1.000 | 398 | 1.053 |
| Descarga de cada 10 años | 547 | 1.021 | 536 | 1.000 | 500 | 0,933 |
| Descarga de cada 25 años | 665 | 0.872 | 763 | 1.000 | 648 | 0,849 |
| Descarga de cada 50 años | 753 | 0.792 | 951 | 1.000 | 774 | 0,814 |
| Descarga de cada 100 años | 840 | 0.727 | 1156 | 1.000 | 914 | 0,791 |
| Descarga unitaria y su proporción | Descarga unitaria | Relación | Descarga unitaria | Relación | Descarga unitaria | Relación |

| | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Descarga de cada 5 años/Área de la cuenca | 0,080 | 0,631 | 0,127 | 1,000 | 0,129 | 1,014 |
| Descarga de cada 10 años/Área de la cuenca | 0,096 | 0,563 | 0,180 | 1,000 | 0,161 | 0,898 |
| Descarga de cada 25 años/Área de la cuenca | 0,117 | 0,458 | 0,256 | 1,000 | 0,209 | 0,818 |
| Descarga de cada 50 años/Área de la cuenca | 0,133 | 0,416 | 0,319 | 1,000 | 0,250 | 0,784 |
| Descarga de cada 100 años/Área de la cuenca | 0,148 | 0,382 | 0,388 | 1,000 | 0,295 | 0,761 |

ii) Características de precipitaciones

La Tabla 3.1.9.5-3 presenta las precipitaciones de 24 horas según el periodo de retorno en los puntos de referencia de los 3 Ríos. El Río Cañete se caracteriza por tener precipitaciones medias de la cuenca mayores que otros Ríos.

Tabla 3.1.9.5-3 Precipitaciones de 24 horas según el periodo de retorno (mm) en los puntos de referencia de cada Río

| | Río Cañete | Río Chincha | Río Pisco |
|----------------------|------------|-------------|-----------|
| Cada 5 años | 25,5 | 23,4 | 28,9 |
| Cada 10 años | 30,3 | 27,4 | 33,2 |
| Cada 25 años | 37,3 | 32,2 | 38,8 |
| Cada 50 años | 43,1 | 35,6 | 42,6 |
| Cada 100 años | 49,4 | 39,1 | 46,9 |

Con el fin de estimar las precipitaciones totales de cada Río que afectan la descarga de cada cuenca, fueron calculadas precipitaciones totales de 24 horas (mil mm) de toda la cuenca multiplicando las precipitaciones totales de 24 horas (mm) según el periodo de retorno en cada Río por el área de la cuenca (km²). Los resultados vienen en la Tabla 3.1.9.5-4.

Tabla 3.1.9.5-4 Precipitaciones totales de 24 horas (mil m³) en los puntos de referencia de cada Río

| | Río Cañete | Río Chincha | Río Pisco |
|----------------------|------------|-------------|-----------|
| Cada 5 años | 144.738 | 69.755 | 89.474 |
| Cada 10 años | 171.983 | 81.679 | 102.787 |
| Cada 25 años | 211.715 | 95.988 | 120.125 |
| Cada 50 años | 244.636 | 106.124 | 131.890 |
| Cada 100 años | 280.394 | 116.557 | 145.202 |

iii) Evaluación de los caudales según el periodo de retorno basado en el aforo en el Río Cañete

a) Caudales específicos de los caudales según el periodo de retorno en los puntos de referencia

La Tabla 3.1.9.5-5 presenta caudales específicos: descarga según el periodo de retorno de cada Río, calculada en el inciso i) anterior, divididos por el área de sus respectivas cuencas. De esta tabla se

observa que el caudal específico del Río Cañete según el periodo de retorno es extremadamente pequeño en comparación con el de otros Ríos.

Por consiguiente, se supone que puede haber problemas en la descarga según el periodo de retorno del Río Cañete (resultados de los caudales según el periodo de retorno calculado de los valores de caudal monitoreados).

Tabla 3.1.9.5-5 Caudales según el periodo de retorno (m^3/s) en los puntos de referencia/ Área de la cuenca (km^2)

| | Río Cañete | Río Chincha | Río Pisco |
|---------------|------------|-------------|-----------|
| Cada 5 años | 0,080 | 0,127 | 0,129 |
| Cada 10 años | 0,096 | 0,180 | 0,161 |
| Cada 25 años | 0,117 | 0,256 | 0,209 |
| Cada 50 años | 0,133 | 0,319 | 0,250 |
| Cada 100 años | 0,148 | 0,388 | 0,295 |

b) Relación de los caudales según el periodo de retorno basado en el aforo y las precipitaciones totales según el periodo de retorno

La Tabla 3.1.9.5-6 presenta los cocientes de dividir la descarga según el periodo de retorno de cada Río, calculada en el inciso i) anterior, por las precipitaciones totales según el periodo de retorno de cada Río. En la tabla se observa que los valores obtenidos dividiendo la descarga según el periodo de retorno del Río Cañete por las precipitaciones totales no presentan variación en su relación, pese a que aumentan los años de retorno. Lo normal sería como los otros 2 Ríos que la relación incremente a medida que aumenta el periodo de retorno de precipitaciones.

Por lo tanto, de este punto de vista también se supone que puede haber problemas en la descarga del Río Cañete según el periodo de retorno (resultados de los caudales según el periodo de retorno calculado de los valores de caudal monitoreados).

Tabla 3.1.9.5-6 Caudales según el periodo de retorno (m^3/s) en los puntos de referencia/ Precipitaciones totales ($mil m^3$)

| | Río Cañete | Río Chincha | Río Pisco | Promedio de los 3 Ríos | Promedio de los Ríos Chincha y Pisco |
|---------------|------------|-------------|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| Cada 5 años | 0,0031 | 0,0054 | 0,0044 | 0,0043 | 0,0049 |
| Cada 10 años | 0,0032 | 0,0066 | 0,0049 | 0,0049 | 0,0057 |
| Cada 25 años | 0,0031 | 0,0079 | 0,0054 | 0,0055 | 0,0067 |
| Cada 50 años | 0,0031 | 0,0090 | 0,0059 | 0,0060 | 0,0074 |
| Cada 100 años | 0,0030 | 0,0099 | 0,0063 | 0,0064 | 0,0081 |

c) Cálculo estimado de la descarga del Río Cañete basado en datos de otras cuencas

Se hace un cálculo estimado de la descarga del Río Cañete basándose en datos de caudales según el

periodo de retorno/ precipitaciones totales de otras cuencas. Ante el cálculo de la descarga del Río Cañete, se comparan los casos de adoptar valores del Río Chíncha adyacente al Río Cañete con los casos de adoptar valores medios entre los Ríos Chíncha y Pisco. No obstante, teniendo en cuenta que el Río Cañete está ubicado al lado del Río Chíncha, resultaría más razonable la descarga basada en valores de la cuenca del Río Chíncha.

**Tabla 3.1.9.5-7 Caudales según el periodo de retorno (m³/s) en los puntos de referencia/
Precipitaciones totales (mil m³)**

| | Río Chíncha | Río Pisco | Promedio | Descarga del Río Cañete | |
|----------------------|-------------|-----------|----------|--|--|
| | | | | Características del Río Chíncha* Precipitaciones totales del Río Cañete | Características medias de los Ríos Chíncha y Pisco * Precipitaciones totales del Río Cañete |
| Cada 5 años | 0,0054 | 0,0044 | 0,0049 | 784,3 | 714,1 |
| Cada 10 años | 0,0066 | 0,0049 | 0,0057 | 1128,6 | 982,6 |
| Cada 25 años | 0,0079 | 0,0054 | 0,0067 | 1682,9 | 1412,5 |
| Cada 50 años | 0,0090 | 0,0059 | 0,0074 | 2192,2 | 1813,9 |
| Cada 100 años | 0,0099 | 0,0063 | 0,0081 | 2780,9 | 2273,0 |

La Tabla 3.1.9.5-8 presenta una comparación de (1) caudales del aforo del Río Cañete, (2) caudales del Río Cañete estimados de caudales/precipitaciones totales del Río Chíncha y (3) caudales analizados con HEC-HMS basándose en precipitaciones de 24 horas.

En la tabla se observa que (2) es bastante mayor que (1) por lo general y que (2) y (3) presentan una alta similitud en los periodos de retornos de poca frecuencia.

De acuerdo con lo estudiado anteriormente, es difícil adoptar los caudales de inundaciones según el periodo de retorno basados en los caudales del aforo y será adecuado utilizar los caudales de inundaciones según el periodo de retorno, analizados con HEC-HEMS basándose en las precipitaciones de 24 horas.

Tabla 3.1.9.5-8 Comparación de caudales según el periodo de retorno en el Río Cañete

| Periodo de retorno | Caudal del aforo (1) | | Caudal estimado según datos del Río Chíncha (2) | | Caudal analizado según HEC-HMS (3) | |
|--------------------|----------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | Caudal | Relación con precipitaciones totales | Caudal | Relación con precipitaciones totales | Caudal | Relación con precipitaciones totales |
| Cada 5 años | 454 | 0,0031 | 784,3 | 0,0052 | 408 | 0,0028 |
| Cada 10 años | 547 | 0,0032 | 1128,6 | 0,0073 | 822 | 0,0048 |
| Cada 25 años | 665 | 0,0031 | 1682,9 | 0,0089 | 1496 | 0,0071 |
| Cada 50 años | 753 | 0,0031 | 2192,2 | 0,0099 | 2175 | 0,0089 |
| Cada 100 años | 840 | 0,0030 | 2780,9 | 0,0099 | 2751 | 0,0098 |

3.1.10 Análisis de inundaciones

(1) Levantamiento de los Ríos

Previo al análisis de inundaciones, se llevó a cabo el levantamiento transversal de los Ríos y el

levantamiento longitudinal de los diques. En la Tabla 3.1.10-1 se presentan los resultados del levantamiento de los cuatro Ríos objeto del Estudio.

Con el fin de obtener los datos topográficos para el análisis de las zonas de inundación, se utilizaron complementariamente los resultados de la medición real indicados en la Tabla 3.1.10-1 utilizando los datos de imágenes satelitales.

Tabla 3.1.10-1 Datos básicos del levantamiento de los Ríos

| Levantamiento | Unidad | Cantidad | Notas |
|--|--------|----------|-------------------------|
| 1. Levantamiento de puntos de control | | | 1 sitio / 10 km del río |
| Río Chincha | No. | 6 | |
| Río Pisco | No. | 5 | |
| Río Cañete | No. | 4 | |
| Río Majes-Camaná | No. | 13 | |
| Subtotal | | 28 | |
| 2. Levantamiento transversal de diques | | | |
| Río Chincha | km | 50 | 2 ríos x 25 km |
| Río Pisco | km | 45 | |
| Río Cañete | km | 33 | |
| Río Majes-Camaná | km | 130 | |
| Subtotal | | 258 | |
| 3. Levantamiento transversal de los ríos | | | Intervalo 500 m |
| Río Chincha | km | 38.0 | |
| Río Pisco | km | 54.6 | |
| Río Cañete | km | 46.9 | |
| Río Majes-Camaná | km | 78 | |
| Subtotal | | 217.5 | |
| 4. Mojoneros | | | |
| Coordenadas y niveles | No. | 30 | |
| Distancia del río | No. | 258 | 1 sitio/1km del río |

(4) Métodos de análisis de inundaciones

Dado que la DGIH realizó el análisis de inundación del estudio de perfil a nivel de programa utilizando el modelo HEC-RAS, se decidió para el presente Estudio, revisar y modificar, si es necesario, y utilizar este método.

1) Métodos de análisis

Normalmente, para el análisis de desbordamiento se utilizan tres métodos siguientes.

- 1) Modelo unidimensional de flujo variado
- 2) Modelo de tanques
- 3) Modelo bidimensional horizontal de flujo

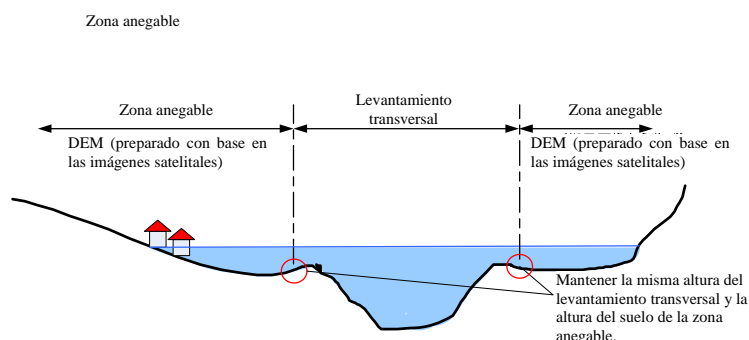



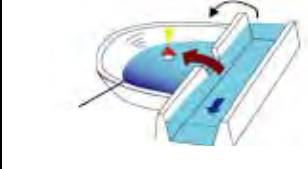
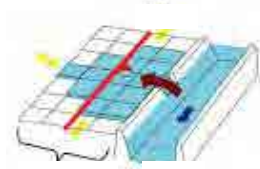
Figura 3.1.10-1 Idea del modelo unidimensional

de flujo variado

El tiempo y el costo requerido por cada método varían considerablemente, por lo que se seleccionará el método más eficiente que garantice el grado de precisión requerido para la elaboración del mapa de zonas anegables.

En la Tabla 3.1.10-2 se muestran las características de cada método de análisis. De los resultados de simulación realizada por DGIH, se sabe que los Ríos tienen una pendiente entre 1/100 y 1/300, por lo que inicialmente se había seleccionado el modelo unidimensional de flujo variado suponiendo que las inundaciones son de tipo gravedad. Sin embargo, se consideró la posibilidad de que el agua desbordada se extienda agua abajo dentro de la cuenca, por lo que para este estudio se decidió utilizar el modelo bidimensional horizontal de régimen variable para obtener resultados más precisos.

Tabla 3.1.10-2 Metodología análisis de desbordamiento

| Métodos de análisis | Modelo unidimensional de flujo variado | Modelo de tanques | Modelo bidimensional horizontal de flujo variado |
|---|---|---|---|
| Concepto básico de la definición de la zona de inundación | En este método se considera que la zona de inundación forma parte del cauce del Río, y se determina la zona de inundación calculando el nivel de agua del cauce en función del caudal máximo de inundación. | En este método se manejan la zona de inundación y el cauce separadamente, y se considera la zona de inundación como un cuerpo cerrado. A este cuerpo de agua cerrado se le denomina “taque” (<i>pond</i>) en el que el nivel de agua es uniforme. Se determina la zona de inundación en función de la relación entre el caudal desbordado del Río y entrado a la zona de inundación, y las características topográficas de dicha zona (nivel de agua – capacidad – superficie). | En este método se manejan la zona de inundación y el cauce separadamente, y se determina la zona de inundación analizando el flujo bidimensional del comportamiento del agua desbordada que entró a la zona de inundación. |
| Planteamiento |  |  |  |
| Características | Es aplicable a las inundaciones en el que el agua desbordada discurre por la zona de inundación por gravedad; es decir, a las inundaciones tipo corriente. En este método se debe manejar el área de análisis como un área desprotegida (sin diques). | Aplicable a las inundaciones tipo estancadas en las que el agua desbordada no se extienden por la presencia de montañas, colinas, terraplenes, etc. El nivel de agua dentro de este cuerpo cerrado se mantiene uniforme, sin pendiente ni velocidad de flujo. En el caso de existir varios terraplenes continuos dentro de la misma zona de inundación, puede ser necesario aplicar el modelo de tanques en serie distinguiendo la región interna. | Básicamente, es aplicable a cualquier tipo de inundaciones. Además del área máxima de inundación y el nivel de agua, este método permite reproducir la velocidad de flujo y su variación temporal. Es considerado como un método preciso en comparación con otros métodos, y como tal, es aplicado frecuentemente en la elaboración de los mapas de riesgo de inundaciones. Sin embargo, por su naturaleza, la precisión de análisis está sujeta al tamaño de las cuadrículas del modelo de análisis. |

1) Método de análisis de desbordamiento

En la Figura 3.1.10-2 se muestra el esquema conceptual del modelo bidimensional horizontal del régimen variable.

Para los detalles del análisis de desbordamiento véase el Anexo-2: Análisis de desbordamiento.

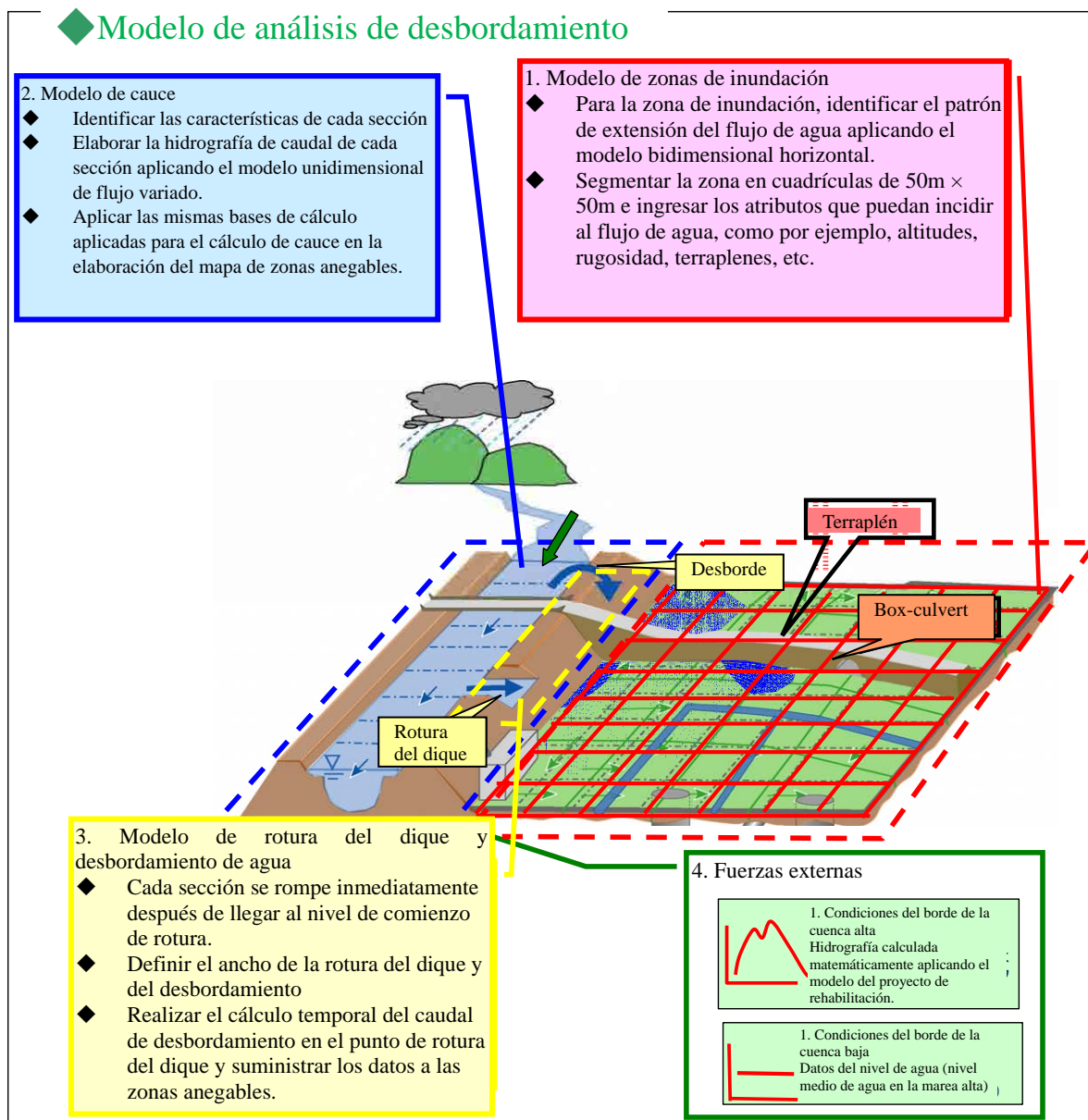
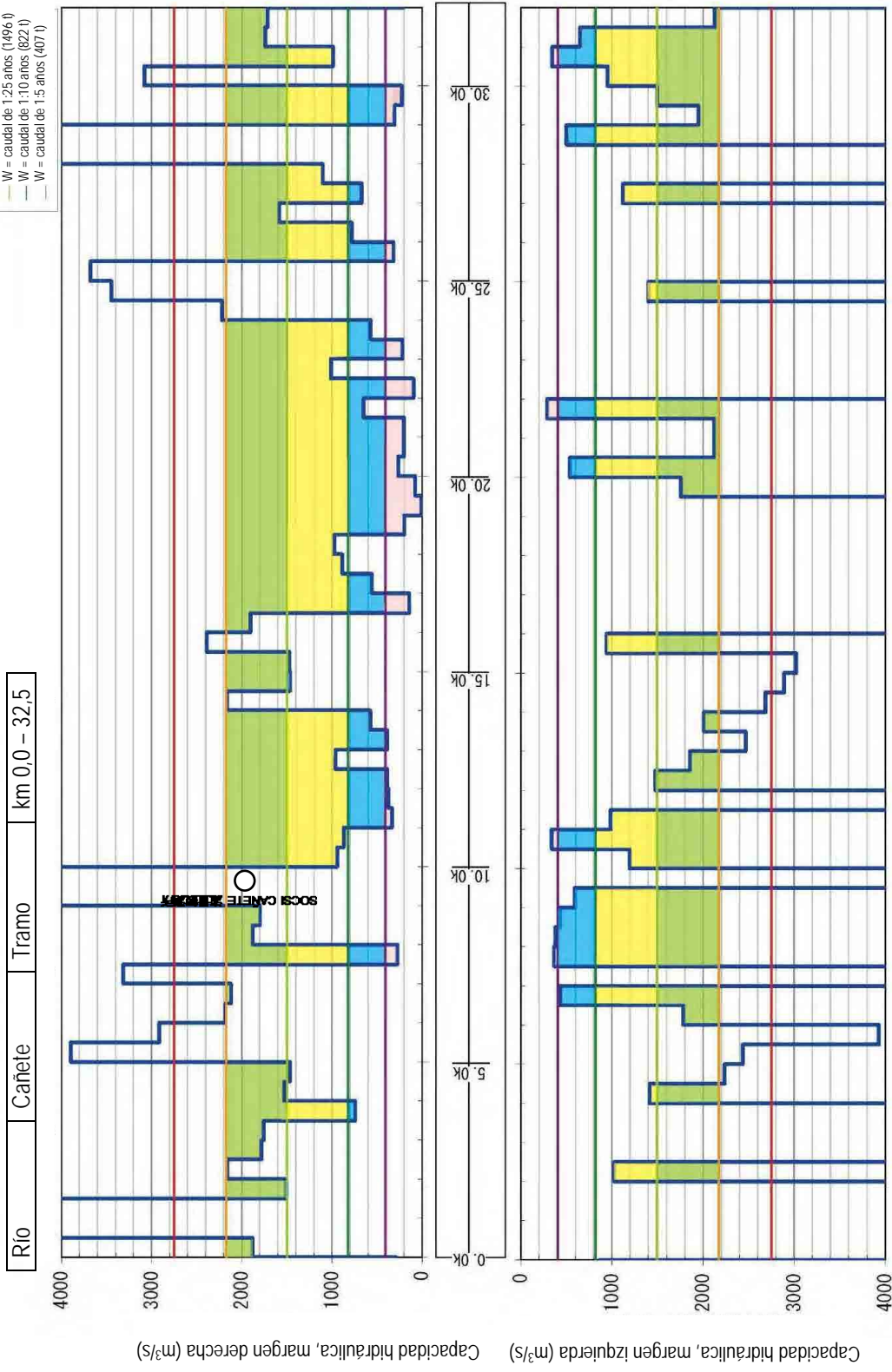


Figura 3.1.10-2 Esquema conceptual del modelo de análisis de desbordamiento

(5) Análisis de caudal de descarga

Se estimó la capacidad hidráulica actual de los cauces con base en los resultados del levantamiento de los Ríos y aplicando el método HEC-RAS, cuyos resultados se muestran en las Figuras 3.1.10-3 y 3.1.10-8. En estas figuras se presentan también los caudales de inundaciones de diferentes períodos de

retorno que se han obtenido con el análisis de caudal, lo que permite evaluar en qué lugares de cada cuenca pueden ocurrir desbordamiento con qué magnitud de caudal de inundaciones.



*Aprox. En el punto de 54 km
 LETRAYOC Estación de monitoreo caudal

Figura 3.1.10-3 Capacidad hidráulica actual del Río Cañete

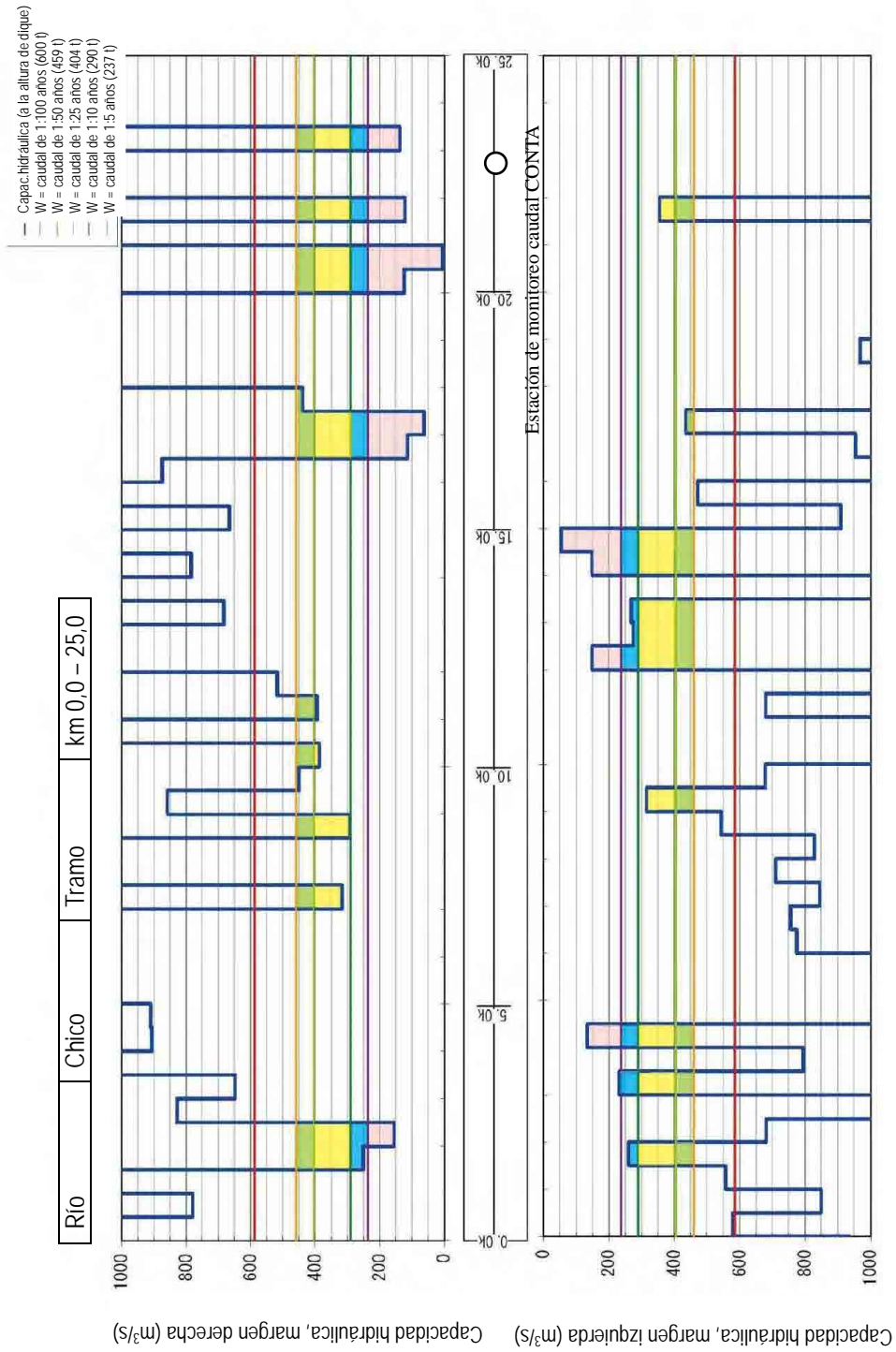


Figura 3.1.10-4 Capacidad hidráulica actual del Río Chico de la cuenca del Río Chinchu

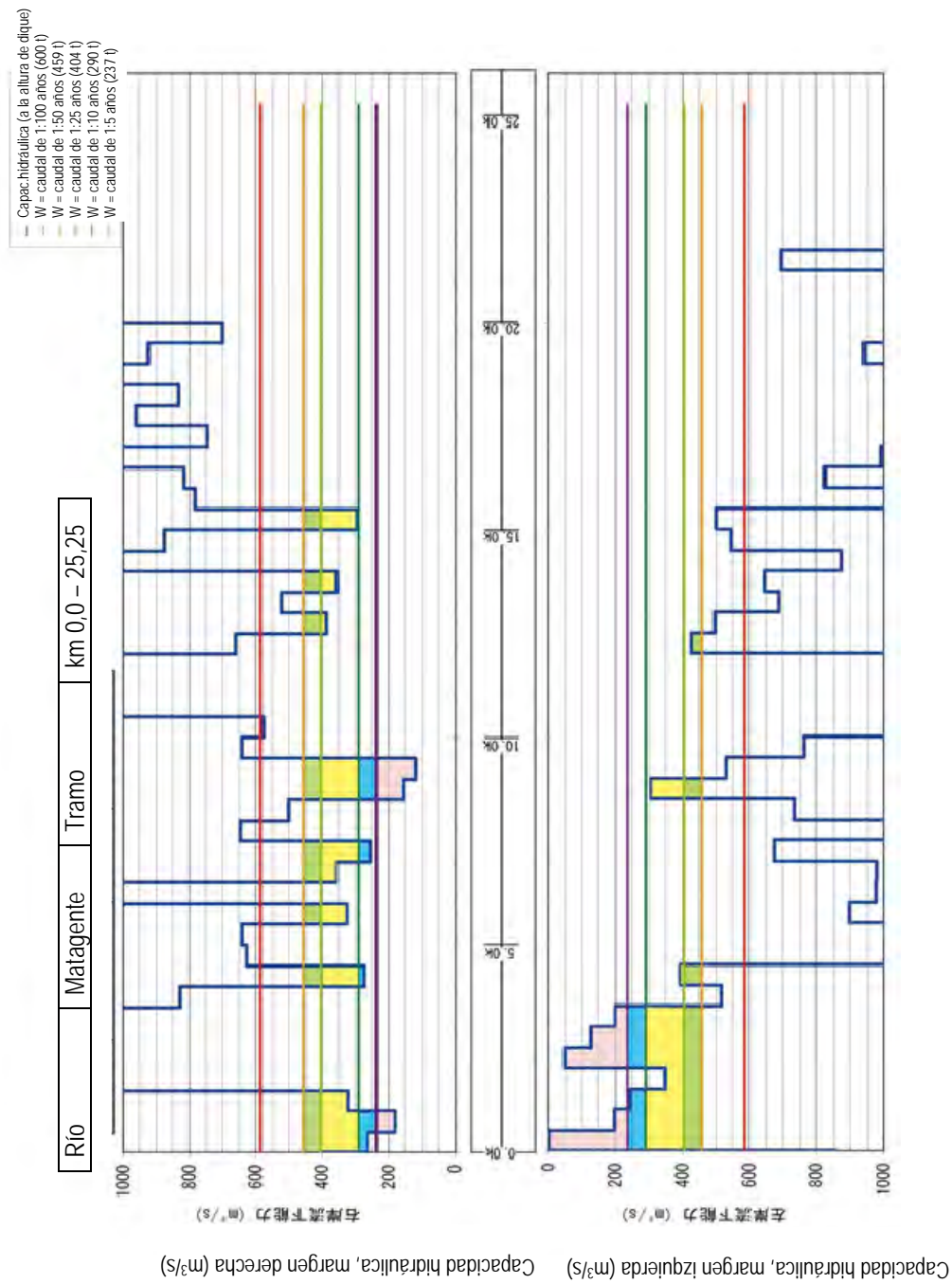


Figura 3.1.10-5 Capacidad hidráulica actual del Río Matagente de la cuenca del Río Chinchá

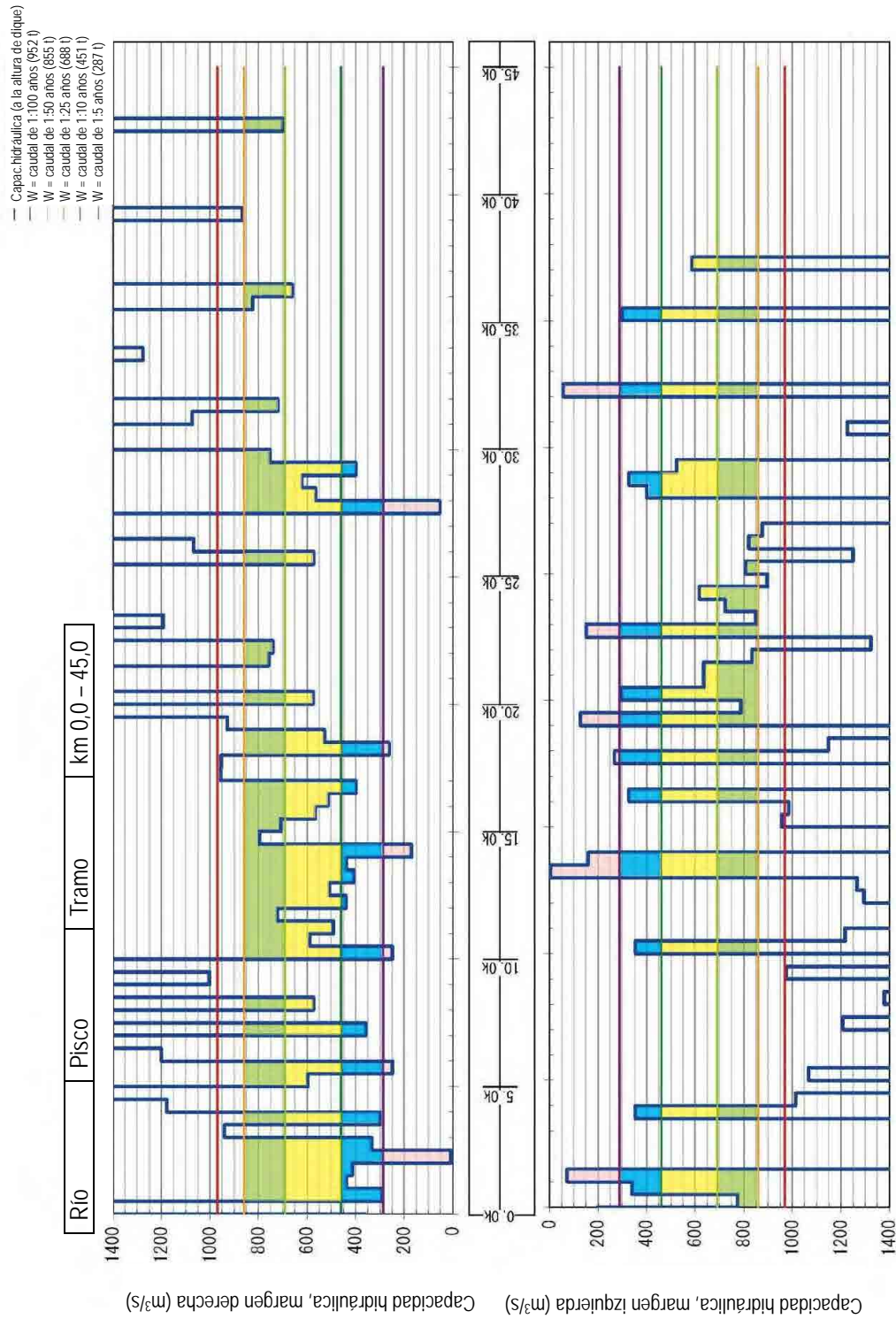


Figura 3.1.10-6 Capacidad hidráulica actual del Río Pisco

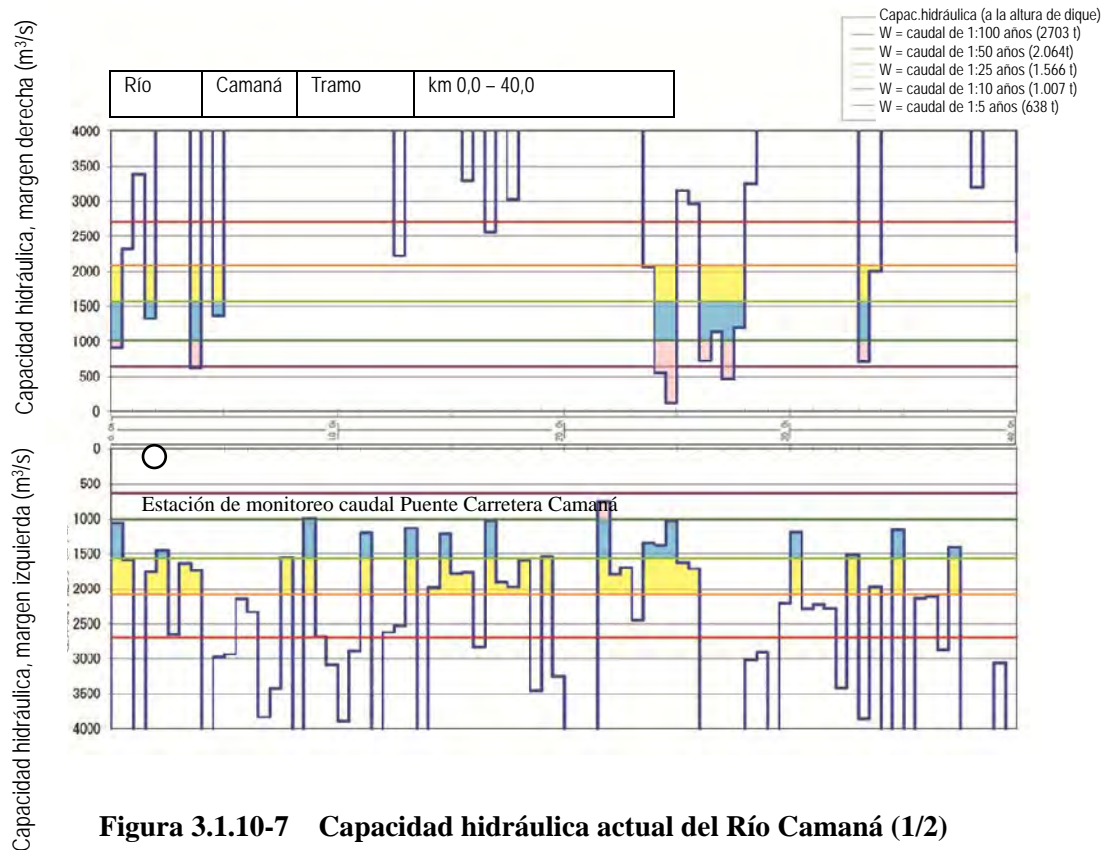


Figura 3.1.10-7 Capacidad hidráulica actual del Río Camaná (1/2)

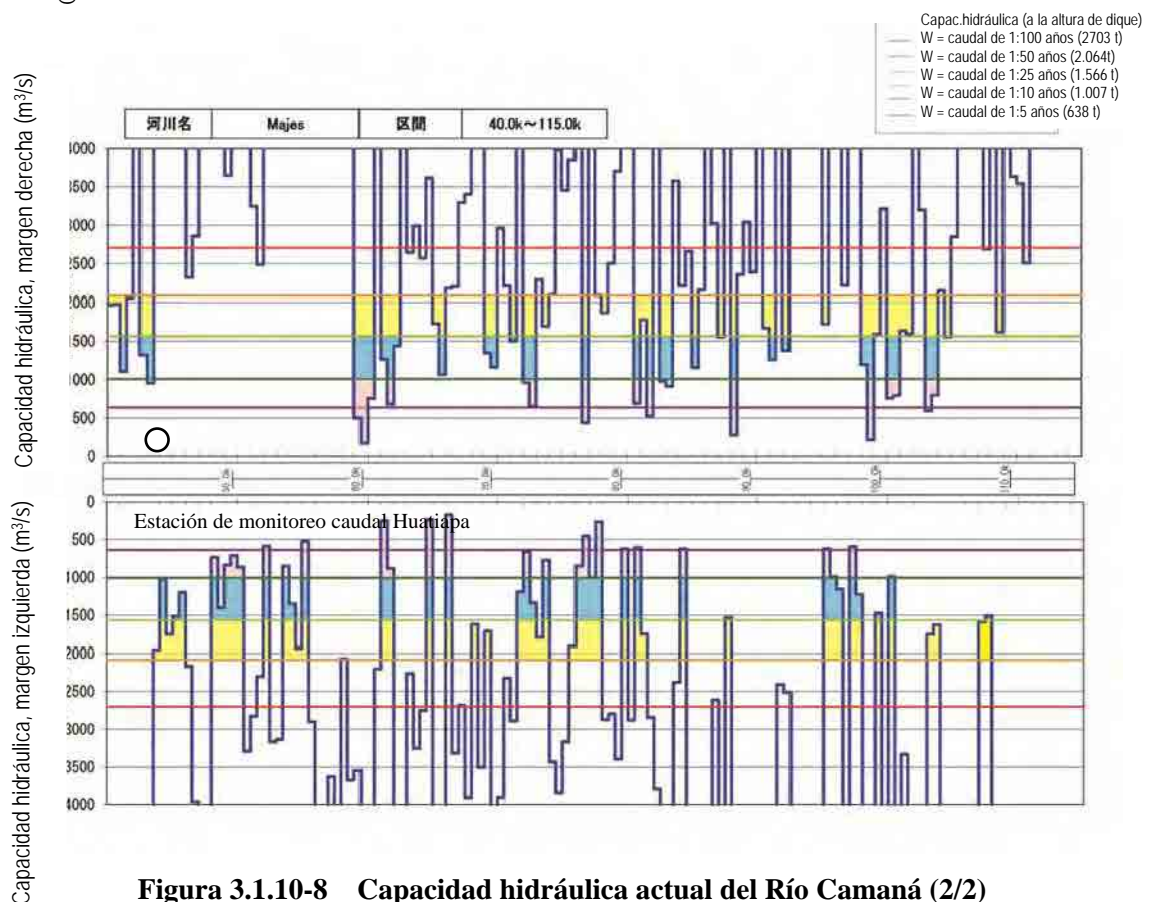


Figura 3.1.10-8 Capacidad hidráulica actual del Río Camaná (2/2)

(6) Alcance del desbordamiento

A modo de referencia, en las Figuras de 3.1.10-9 a 3.1.10-13 se muestran los resultados del cálculo de alcance de desbordamiento en cada cuenca frente al caudal de inundaciones con un período de retorno de 50 años.

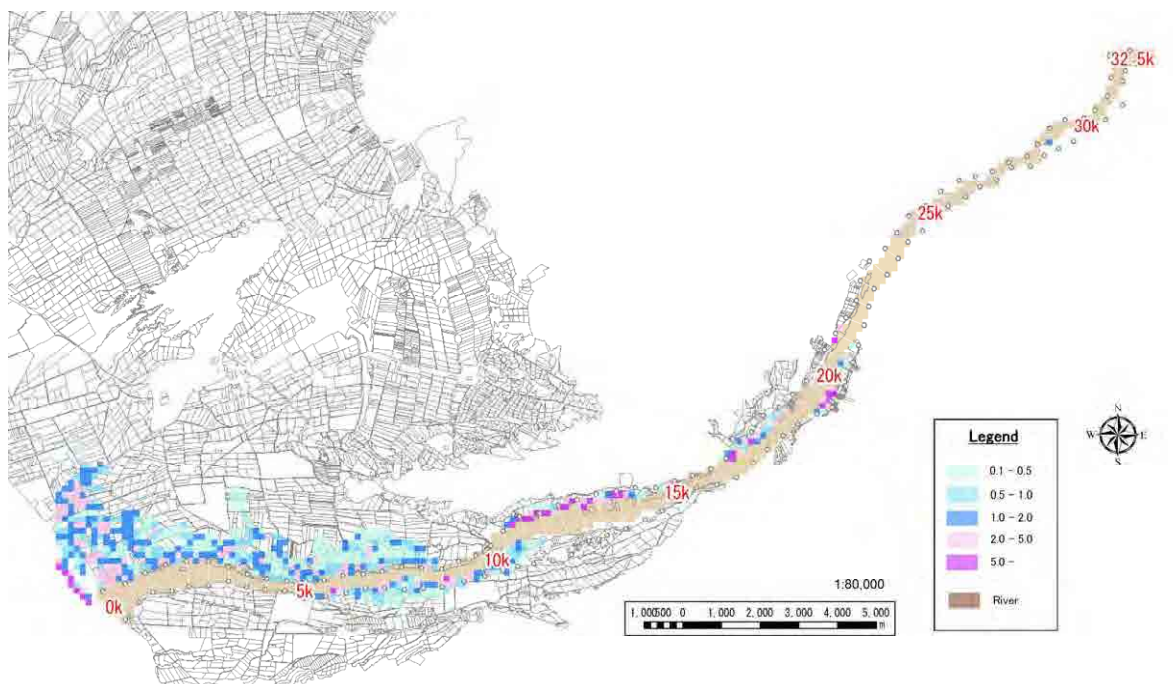


Figura 3.1.10-9 Alcance de desbordamiento del Río Cañete (inundaciones con un período de 50 años)

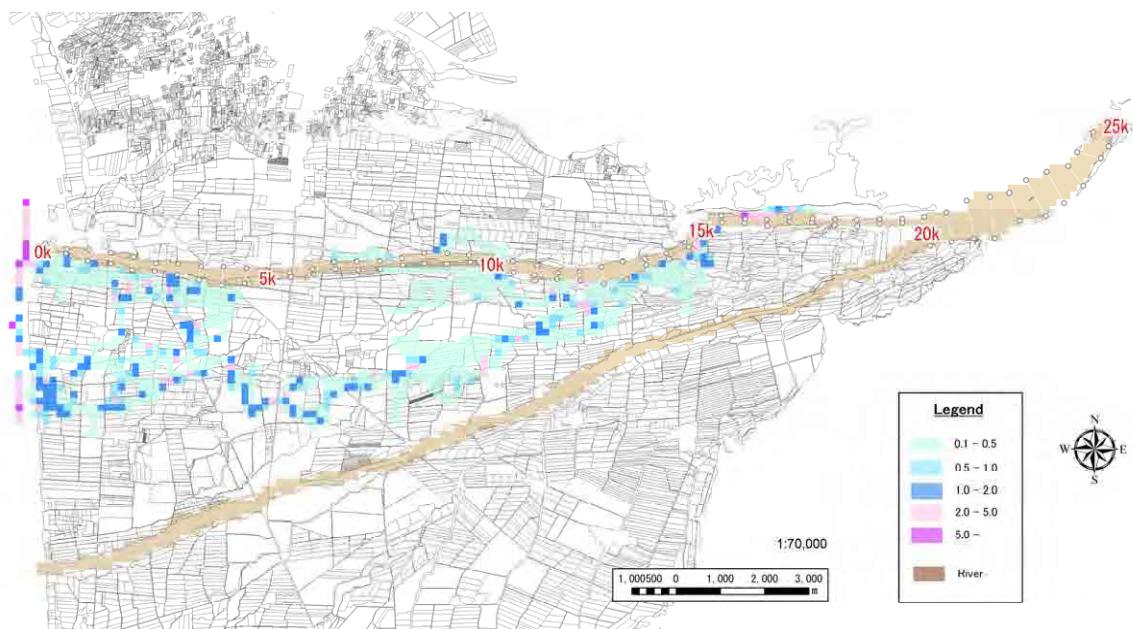


Figura 3.1.10-10 Alcance de desbordamiento del Río Chíncha –Chico (inundaciones con un período de 50 años)

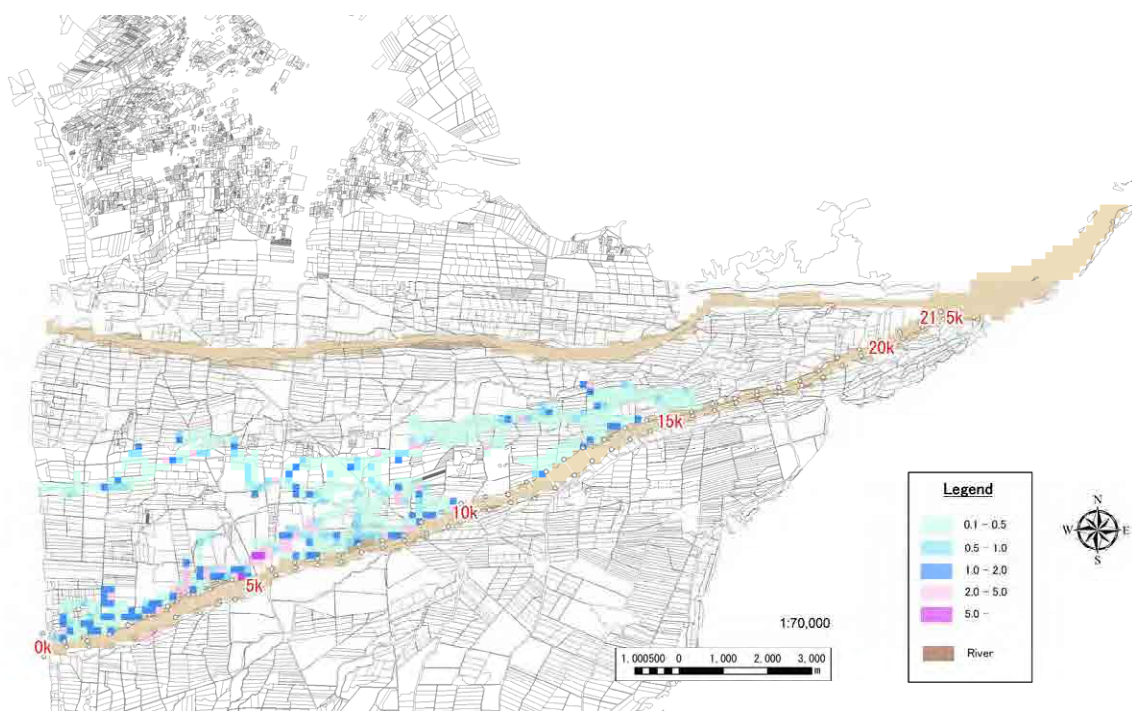


Figura 3.1.10-11 Alcance de desbordamiento del Río Chinchá –Matagente (inundaciones con un período de 50 años)

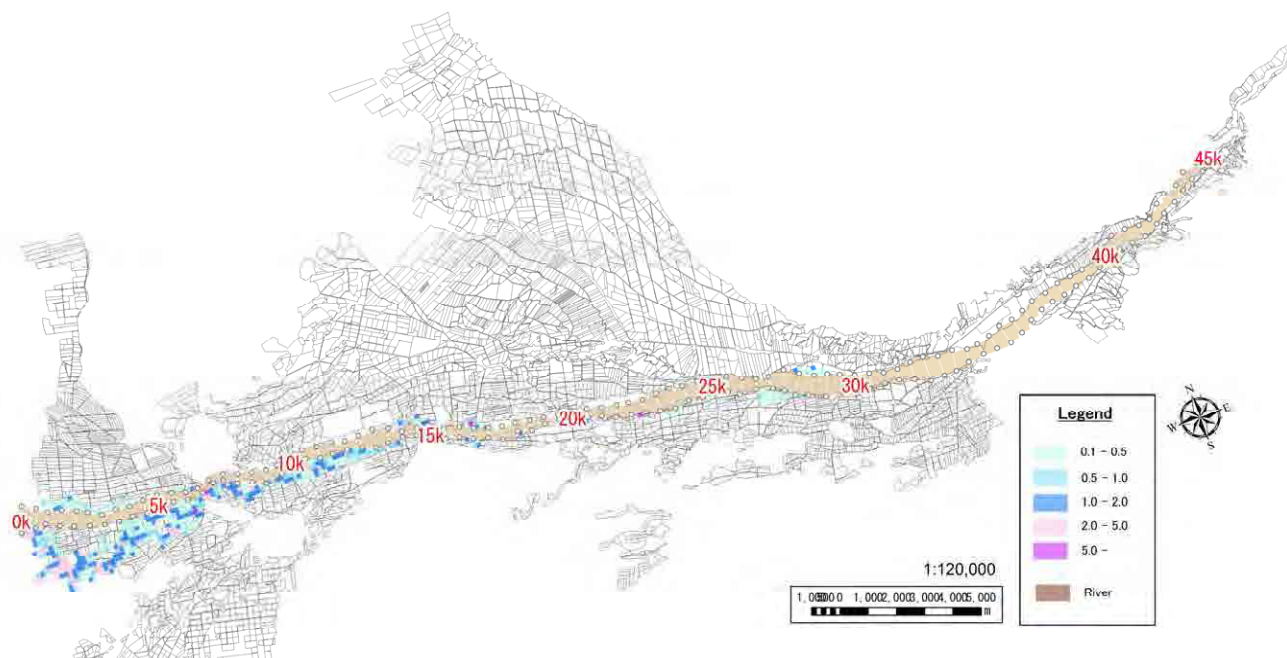


Figura 3.1.10-12 Alcance de desbordamiento del Río Pisco (inundaciones con un período de 50 años)



Figura 3.1.10-13 Alcance de desbordamiento del Río Majes-Camaná (Km 0 – 55, inundaciones con un período de 50 años) (1/2)

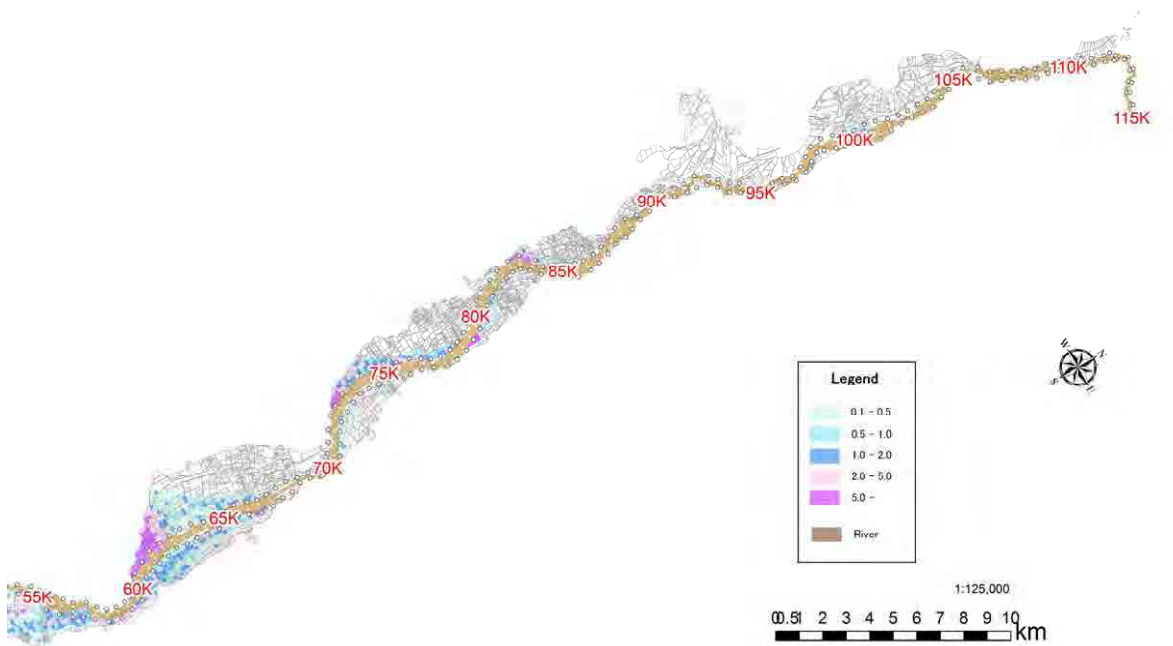


Figura 3.1.10-13 Alcance de desbordamiento del Río Majes-Camaná (Km 55 - 115, inundaciones con un período de 50 años) (2/2)

3.2 Objetivo del Proyecto

3.2.1 Problemas de las medidas de control de inundaciones en el Área del Estudio

Con base en los resultados del estudio en las cuatro cuencas seleccionadas, se identificaron los problemas principales sobre el control de inundaciones, así como las medidas de protección, cuyos resultados se resumen en la Tabla 3.2.1-1.

Tabla 3.2.1-1 Problemas y medidas de protección de las obras de control de inundaciones

| Problemas | | Desbordamiento | | | Erosión de dique | Erosión de márgenes | Bocatoma inoperativa | Obra de derivación inoperativa |
|------------------------------|-------------------|----------------|---------------------------|----------------|------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|
| | | Sin diques | Sedimentación en el lecho | Falta de ancho | | | | |
| Estructuras a ser protegidas | Tierras agrícolas | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | Canales de riego | | | | | ○ | ○ | |
| | Área urbana | ○ | | ○ | | | | ○ |
| | Carreteras | | | | | ○ | | |
| | Puentes | | ○ | | | | | |

3.2.2 Causas de los problemas

A continuación se indican el problema principal, así como sus causas directas e indirectas para el control de inundaciones en el Área del Estudio.

(1) Problema principal

Valles y comunidades locales altamente vulnerables ante inundaciones

(2) Causas directas e indirectas

En la Tabla 3.2.2-1 se muestran las causas directas e indirectas del problema principal.

Tabla 3.2.2-1 Causas directas e indirectas del problema principal

| | | | | |
|-------------------|--|---|--|--|
| Causa directa | 1. Caudal excesivo de inundaciones | 2. Desbordamiento | 3. Mantenimiento insuficiente de las obras de control | 4. Insuficientes actividades comunitarias para la prevención de inundaciones |
| Causas indirectas | 1.1 Frecuente ocurrencia de clima extraordinaria (El Niño, etc.) | 2.1 Falta de obras de control de inundaciones | 3.1 Falta de conocimientos y técnicas de mantenimiento | 4.1 Falta de conocimientos y técnicas de prevención de inundaciones |
| | 1.2 Precipitaciones extraordinarias en las cuencas alta y media | 2.2 Falta de recursos para la construcción de las obras | 3.2 Falta de capacitación sobre mantenimiento | 4.2 Falta de capacitación en prevención de inundaciones |
| | 1.3 Cobertura vegetal casi nula en las cuencas alta y media | 2.3 Falta de planes de control de inundaciones en las cuencas | 3.3 Falta de reparación y mantenimiento de los diques y márgenes | 4.3 Falta del sistema de alerta temprana |
| | 1.4 Excesivo arrastre de sedimentos desde las cuencas alta y media | 2.4 Falta de diques | 3.4 Falta de reparación y mantenimiento de obras de toma y de derivación | 4.4 Falta de monitoreo y recolección de datos hidrológicos |
| | 1.5 Reducción de la | 2.5 Falta del ancho del | 3.5 Uso ilegal del lecho | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| capacidad hidráulica de los ríos por alteración de pendientes, etc. | cauce | para fines agrícolas | |
| | 2.6 Acumulación de sedimentos en los lechos | 3.6 Falta de presupuesto de mantenimiento | |
| | 2.7 Falta de ancho fluvial en el punto de construcción del puente | | |
| | 2.8 Elevación del lecho en el punto de construcción del puente | | |
| | 2.9 Erosión de los diques y márgenes | | |
| | 2.10 Falta de capacidad para diseñar las obras | | |

3.2.3 Efectos de los problemas

(1) Problema principal

Valles y comunidades locales altamente vulnerables ante inundaciones.

(2) Efectos directos e indirectos

En la Tabla 3.2.3-1 se muestran los efectos directos e indirectos del problema principal.

Tabla 3.2.3-1 Efectos directos e indirectos del problema principal

| Efectos directos | 1. Daños agrícolas | 2. Daños directos a la comunidad | 3. Daños de las infraestructuras sociales | 4. Otros daños económicos |
|--------------------|---|--|---|---|
| Efectos indirectos | 1.1 Daños de cultivos y ganado | 2.1 Pérdida de viviendas y propiedades privadas | 3.1 Destrucción de caminos | 4.1 Interrupción de tráfico |
| | 1.2 Pérdida de las tierras agrícolas | 2.2 Pérdida de establecimientos industriales y existencias | 3.2 Pérdida de puentes | 4.2 Costos de prevención de inundaciones y evacuación |
| | 1.3 Destrucción de los canales de riego | 2.3 Accidentes y pérdida de la vida humana | 3.3 Daños en las infraestructuras de agua potable, electricidad, gas y comunicación | 4.3 Costos de reconstrucción y medidas de emergencia |
| | 1.4 Destrucción de las obras de toma y derivación | 2.4 Pérdida comercial | | 4.4 Pérdida de trabajo por los habitantes locales |
| | 1.5 Erosión de diques y márgenes | | | 4.5 Reducción de ingresos de la comunidad |
| | | | | 4.6 Degradación de la calidad de vida |
| | | | | 4.7 Pérdida del dinamismo económico |

(3) Efecto final

El efecto final del problema principal es el Impedimento del desarrollo socioeconómico comunitario de la zona afectada.

3.2.4 Árbol de causas y efectos

En la Figura 3.2.4-1 se presenta el árbol de causas y efectos elaborado con base en los resultados del análisis mencionado.

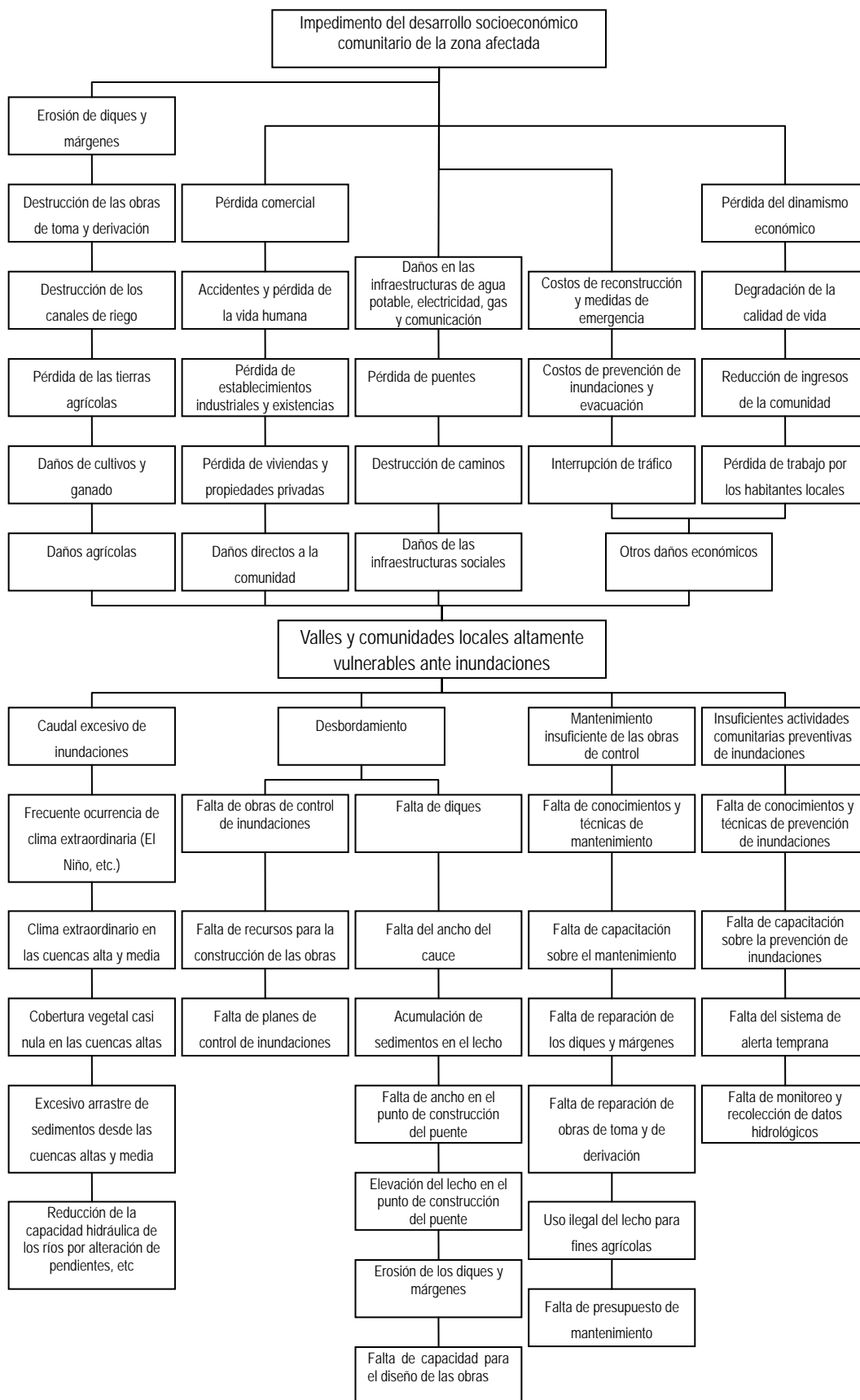


Figura 3.2.4-1 Árbol de causas y efectos

3.2.5 Medidas de solución al problema principal

(1) Objetivo principal

Aliviar la vulnerabilidad de los valles y de la comunidad local ante las inundaciones y fomentar el desarrollo socioeconómico de la región.

(2) Medidas directas e indirectas

En la Tabla 3.2.5-1 se plantean las medidas de solución directa e indirecta al problema.

Tabla 3.2.5-1 Medidas de solución directa e indirecta al problema

| | | | | |
|--------------------|---|---|--|---|
| Medida directa | 1. Analizar y aliviar el caudal excesivo de inundaciones | 2. Prevenir desbordamiento | 3. Cumplimiento cabal de mantenimiento de las obras de control de inundaciones | 4. Incentivar la prevención de inundaciones comunitaria |
| Medidas indirectas | 1.1 Analizar el clima extraordinario (El Niño, etc.) | 2.1 Construir obras de control de inundaciones | 3.1 Reforzar conocimientos y técnicas de mantenimiento | 4.1 Reforzar conocimientos y técnicas de prevención de inundaciones |
| | 1.2 Analizar precipitaciones extraordinarias en las cuencas alta y media | 2.2 Proporcionar recursos para la construcción de las obras | 3.2 Reforzar capacitación en mantenimiento | 4.2 Ejecutar capacitación en prevención de inundaciones |
| | 1.3 Plantar vegetación en las cuencas alta y media | 2.3 Elaborar planes de control de inundaciones en las cuencas | 3.3 Mantener y reparar los diques y márgenes | 4.3 Construir el sistema de alerta temprana |
| | 1.4 Aliviar el excesivo arrastre de sedimentos desde las cuencas alta y media | 2.4 Construir diques | 3.4 Reparar las obras de toma y de derivación | 4.4 Reforzar el monitoreo y recolección de datos hidrológicos |
| | 1.5 Tomar medidas para aliviar la reducción de la capacidad hidráulica de los ríos por alteración de pendientes, etc. | 2.5 Ampliar el ancho del cauce | 3.5 Controlar el uso ilegal del lecho para fines agrícolas | |
| | | 2.6 Excavación del lecho | 3.6 Aumentar el presupuesto de mantenimiento | |
| | | 2.7 Ampliar el río en el punto de construcción del puente | | |
| | | 2.8 Dragado en el punto de construcción del puente | | |
| | | 2.9 Controlar la erosión de los diques y márgenes | | |
| | | 2.10 Reforzar la capacidad para el diseño de las obras | | |

3.2.6 Impactos esperados por el cumplimiento del objetivo principal

(1) Impacto final

El impacto final que el Proyecto contempla alcanzar es aliviar la vulnerabilidad de los valles y de la comunidad local ante las inundaciones y fomentar el desarrollo socioeconómico local.

(2) Impactos directos e indirectos

En la Tabla 3.2.6-1 se plantean los impactos directos e indirectos esperados al cumplir el objetivo principal para el logro del impacto final.

Tabla 3.2.6-1 Impactos directos e indirectos

| Impactos directos | 1. Alivio de los daños agrícolas | 2. Alivio de los daños directos a la comunidad | 3. Alivio de los daños infraestructuras sociales | 4. Alivio de otros daños económicos |
|---------------------|--|---|---|---|
| Impactos indirectos | 1.1 Alivio de los daños de cultivos y ganado | 2.1 Prevención de la pérdida de viviendas y propiedades privadas | 3.1 Prevención de la destrucción de caminos | 4.1 Prevención de la interrupción de tráfico |
| | 1.2 Alivio de la pérdida de tierras agrícolas | 2.2 Prevención de la pérdida de establecimientos industriales y existencias | 3.2 Prevención de la pérdida de puentes | 4.2 Reducción de costos de prevención de inundaciones y evacuación |
| | 1.3 Prevención de la destrucción de los canales de riego | 2.3 Prevención de accidentes y de la pérdida de la vida humana | 3.3 Alivio de los daños en las infraestructuras de agua potable, electricidad, gas y comunicación | 4.3 Reducción de los costos de reconstrucción y medidas de emergencia |
| | 1.4 Prevención de la destrucción de las obras de toma y derivación | 2.4 Alivio de la pérdida comercial | | 4.4 Aumento del empleo de la comunidad local |
| | 1.5 Alivio de la erosión de diques y márgenes | | | 4.5 Aumento ingresos de la comunidad |
| | | | | 4.6 Mejoría de la calidad de vida |
| | | | | 4.7 Desarrollo de las actividades económicas |

3.2.7 Árbol de medidas – objetivos – impactos

En la Figura 3.2.7-1 se presenta el árbol de medidas – objetivos – impactos.

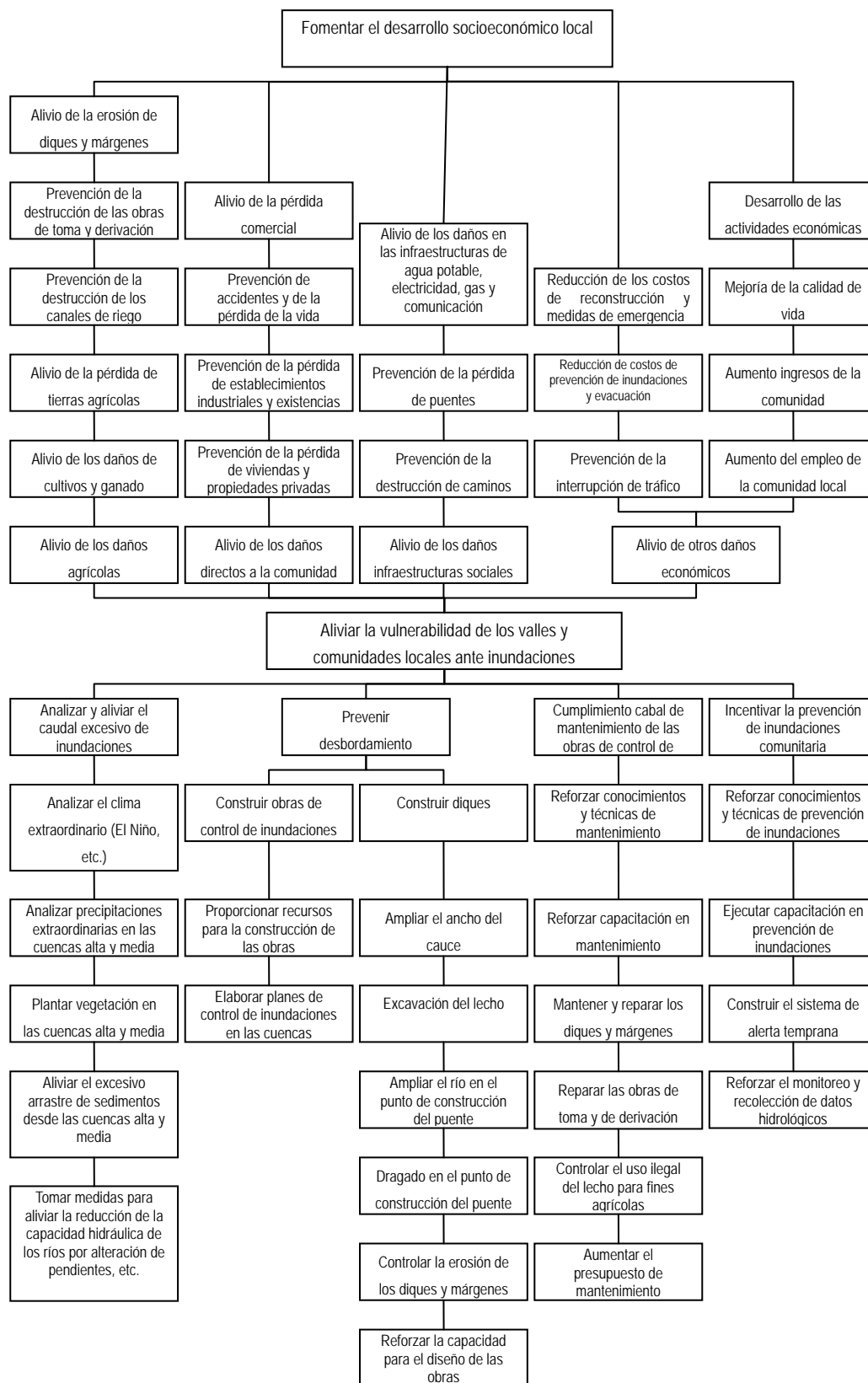


Figura 3.2.7-1 Árbol de medidas – objetivos – impactos