

Ministerio de Agricultura
República de Perú

**ESTUDIO PREPARATORIO
SOBRE EL
PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y
VULNERABLES ANTE INUNDACIONES
EN
LA REPÚBLICA DEL PERÚ**

**INFORME FINAL
INFORME PRINCIPAL
I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-6 PLAN DE CONTROL DE
SEDIMENTOS
(Versión Pública)**

Marzo de 2013

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Yachiyo Engineering Co., Ltd.
Nippon Koei Co., Ltd
Nippon Koei Latin America – Caribbean Co., Ltd.



Figura: Área de estudio

ESTUDIO PREPARATORIO
SOBRE EL
PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y
VULNERABLES ANTE INUNDACIONES
EN
LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL
INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-6 PLAN DE CONTROL DE SEDIMENTOS
(Versión Pública)

ÍNDICE

1	Producción de sedimentos en las cuencas del área del Estudio	1
1.1	Colecta y elaboración de datos	1
1.2	Características de las cuencas	2
1.3	Situación de la producción de sedimentos.....	21
1.4	Cálculo de la producción de sedimentos.....	31
1.5	Identificación de zonas más erosionables	55
2	Plan de Control de Sedimentos	62
2.1	Lineamientos Básicos	62
2.2	Componente de Control.....	63
2.3	Volumen y costo de los proyectos por componente de control	69
2.4	Problemas en la implementación del plan de control de sedimentos.....	82
2.5	Recomendaciones	86

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.2.1 Características de altitud de cada cuenca.....	2
Figura 1.2.2 Porcentaje de clasificación de pendientes en cada cuenca.....	3
Figura 1.2.3 Corte longitudinal de los ríos.....	4
Figura 1.2.4 Pendiente de lecho de río de cada cuenca.....	5
Figura 1.2.5 Clasificación de cuencas de acuerdo con la pendiente de lecho.....	5
Figura 1.2.6 Mapa de distribución de curvas (Cuenca del Chira).....	11
Figura 1.2.7 Mapa distribución de curvas Cuenca de Cañete).....	12
Figura 1.2.8 Mapa de distribución de curvas (Cuenca de Chincha).....	13
Figura 1.2.9 Mapa de distribución de curvas (Cuenca de Pischo).....	14
Figura 1.2.10 Mapa de distribución de curvas (Cuenca de Yauca).....	15
Figura 1.2.11 Mapa de distribución de curvas (Cuenca de Camaná-Majes).....	16
Figura 1.2.12 Superficie de volumen pluviométrico en cada cuenca.....	17
Figura 1.2.13 Relación entre pendiente y altitud en cada cuenca.....	18
Figura 1.2.14 Características de las Cuencas.....	21
Figura 1.3.1 Zonas de desprendimiento de bases andesítica o basáltica.....	22
Figura 1.3.2 Situación de la producción de sedimentos de rocas sedimentarias.....	22
Figura 1.3.3 Situación de la invasión de cactus.....	22
Figura 1.3.4 Situación de la erosión de las terrazas.....	22
Figura 1.3.5 Corte transversal de la Cuenca de Majes.....	24
Figura 1.3.6 Ubicación de la generación del aluvión.....	25
Figura 1.3.7 Situación alrededor del Km 60.....	25
Figura 1.3.8 Situación de deposición de sedimentos en el río Cosos.....	25
Figura 1.3.9 Carretera rural (=local) que cruza el río Cosos.....	26
Figura 1.3.10 Situación de Ongoro.....	26
Figura 1.3.11 Situación de la deposición de sedimentos en el río San Francisco.....	26
Figura 1.3.12 Situación de río Jorón.....	26
Figura 1.3.13 Situación alrededor de la desembocadura del Km110.....	26
Figura 1.3.14 Intersección del río Camaná y río Andamayo.....	26
Figura 1.3.15 Ubicación de la Estación Pluviométrica.....	27
Figura 1.3.16 Situación de la producción de sedimentos en situaciones ordinarias.....	29
Figura 1.3.17 Situación de la producción de sedimentos en épocas de lluvias con El Niño.....	29
Figura 1.3.18 Producción de sedimentos en grandes crecidas.....	30
Figura 1.3.19 Relación entre el volumen de producción de sedimentos y volumen de lluvias anual.....	31
Figura 1.4.1 Clasificación de cuencas de acuerdo con Strehler.....	32
Figura 1.4.2 Metodología de primalidad de las cuencas.....	32
Figura 1.4.3 Metodología para cálculo de volumen posible de transporte de sedimentos del lecho de río.....	33
Figura 1.4.4 Cálculo del volumen de producción de sedimentos dentro del área de tracción.....	33
Figura 1.4.5 Volumen anual de afluencia en la Presa Poechos y acumulación de sedimentos.....	37
Figura 1.4.6 Relación entre el volumen anual de afluencia y volumen de acumulación de sedimentos.....	37
Figura 1.4.7 Situación de la acumulación de sedimentos.....	38
Figura 1.4.8 Comparativo anual del volumen de sedimentos arrastrados.....	38
Figura 1.4.9 Estaciones pluviométricas cerca de la cuenca Chira.....	41
Figura 1.4.10 Relación entre el volumen anual de lluvias y volumen de acumulación de sedimentos.....	44
Figura 1.4.11 Relación entre máximo volumen de lluvias y volumen de acumulación de.....	44
Figura 1.4.12 Relación entre máximo volumen de lluvias y volumen de acumulación de sedimentos.....	44
Figura 1.4.13 Volumen de lluvias y volumen de afluencia anual.....	45
Figura 1.4.14 Volumen de afluencia y volumen de acumulación de sedimentos anual.....	45
Figura 1.4.15 Relación entre el volumen de afluencia y volumen de acumulación de sedimentos.....	45
Figura 1.4.16 Relación entre volumen de lluvias y volumen de acumulación de sedimentos anual.....	45
Figura 1.4.17 Volumen de sedimentos arrastrados en 1 km ² por 1mm de lluvias.....	47
Figura 1.4.18 Relación entre pendientes y la profundidad de la erosión anual.....	47
Figura 1.4.19 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Cañete.....	51
Figura 1.4.20 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Chincha.....	52

Figura 1.4.21 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Pisco	53
Figura 1.4.22 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Yauca	54
Figura 1.4.23 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Camaná-Majes.....	55
Figura 1.5.1 Mapa de características de erosión en Chira	57
Figura 1.5.2 Mapa de características de erosión en Cañete.....	58
Figura 1.5.3 Mapa de características de erosión en Chíncha.....	59
Figura 1.5.4 Mapa de características de erosión en Pisco	60
Figura 1.5.5 Mapa de características de erosión en Yauca	61
Figura 1.5.6 Mapa de características de erosión en Camaná-Majes.....	62
Figura 2.2.1 Concepto de las medidas contra el arrastre de sedimentos	64
Figura 2.2.2 Ejemplo típico de construcción en laderas.....	66
Figura 2.2.3 Estructuras típicas de obras de contención de laderas.....	66
Figura 2.3.1 Plano de obras de protección de márgenes	70
Figura 2.3.2 Plano de bandas	71
Figura 2.3.3 Factor de corrección de arrastre.....	72
Figura 2.3.4 Plano de obras de medidas en la cuenca Chira	75
Figura 2.3.5 Plano de obras de medidas en la cuenca Cañete	76
Figura 2.3.6 Plano de obras de medidas en la cuenca Chíncha	77
Figura 2.3.7 Plano de obras de medidas en la cuenca Pisco.....	78
Figura 2.3.8 Plano de obras de medidas en la cuenca Yaura	79
Figura 2.3.9 Plano de obras de medidas en la cuenca Camana-Majes	80
Figura 2.3.10 Resultado de análisis 1.....	82
Figura 2.3.11 Mapa de localización de Presa Plantanal	82
Figura 2.4.1 Evolución poblacional de las provincias pertinentes a las cuencas.....	85
Figura 2.4.2 Evolución de la población rural en las provincias pertinentes a las cuencas	85

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.1.1 Cuadro de datos recolectados	1
Tabla 1.2.1 Características de la altitud de cada cuenca.....	2
Tabla 1.2.2 Porcentaje de áreas de clasificación de pendientes en cada cuenca.....	3
Tabla 1.2.3 Pendiente de lecho de cada cuenca.....	5
Tabla 1.2.4 Cuadro general de la vegetación característica en las cuencas de Cañete, Chincha, Pisco y Yauca.....	6
Tabla 1.2.5 Cuadro general de la vegetación en la Cuenca de Chira.....	7
Tabla 1.2.6 Condiciones geológicas favorables a la ocurrencia de desastre por arrastre de.....	8
Tabla 1.2.7 Áreas de volumen pluviométricos anuales en cada cuenca	17
Tabla 1.2.8 Relación entre pendientes y altitudes en cada cuenca	19
Tabla 1.2.9 Relación entre el área y altitud de cada cuenca	20
Tabla 1.3.1 Generación del aluvión en la aguas arriba del río de Majes	24
Tabla 1.3.2 Lista de Estación Pluviométrica para verificar la precipitación	27
Tabla 1.3.3 Probabilidad de precipitación de cada Estación Pluviométrica y la mayor cantidad de precipitación por días en 1998	27
Tabla 1.4.1 Volumen de sedimentos con probabilidad de arrastre, y ancho y profundidad de volumen de sedimentos producidos	34
Tabla 1.4.2 Volumen posible de arrastre de cada cuenca	35
Tabla 1.4.3 Estación pluviométrica de la cuenca del río Chira	39
Tabla 1.4.4 Periodo de medición utilizado en las estaciones medidoras	42
Tabla 1.4.5 Detalles de la composición del volumen de lluvias.....	42
Tabla 1.4.6 Área de la cuenca de la Presa Poechos	42
Tabla 1.4.7 Volumen de afluencia, acumulación de sedimentos y lluvias en la Presa Poechos	43
Tabla 1.4.8 Ponderación de la profundidad de erosión por inclinación de la pendiente.....	47
Tabla 1.4.9 Volumen de arrastre de sedimentos por 50mm de lluvia	47
Tabla 1.4.10 Diferencias en el volumen de arrastre de sedimentos de acuerdo con la Geología	47
Tabla 1.4.11 Volumen comparativo de arrastre en las cuatro cuencas.....	49
Tabla 1.4.12 Condiciones de capacidad de entrada de cada río.....	49
Tabla 1.4.13 Volumen de sedimentos calculados por el método de volumen de arrastre	50
Tabla 1.4.14 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Cañete	51
Tabla 1.4.15 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Chincha	52
Tabla 1.4.16 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Pisco.....	53
Tabla 1.4.17 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Yauca.....	54
Tabla 1.4.18 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Camaná-Majes	55
Tabla 1.4.19 Volumen de producción de sedimentos en cada cuenca	56
Tabla 1.5.1 Clasificación de la erosión.....	56
Tabla 1.5.2 Características de la erosión en cada cuenca	56
Tabla 2.1.1 Lineamientos básicos del componente control de sedimentos	64
Tabla 2.2.1 Clasificación de medidas contra el arrastre de sedimentos.....	65
Tabla 2.2.2 Aplicabilidad de las medidas de control de sedimentos en el área objeto	69
Tabla 2.3.1 Estimación de costos de obras protección de márgenes	70
Tabla 2.3.2 Estimación de costos de obras de bandas	71
Tabla 2.3.3 Condiciones para el cálculo de volumen de sedimentos.....	71
Tabla 2.3.4 Número y estimación de costos de presas de control de sedimentos.....	73
Tabla 2.3.5 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos de cada cuenca (Cuenca de Chira)	73
Tabla 2.3.6 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Cañete).....	73
Tabla 2.3.7 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Chincha).....	73
Tabla 2.3.8 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Pisco)	73
Tabla 2.3.9 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Yauca)	74
Tabla 2.3.10 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Camaná-Majes).....	74
Tabla 2.3.11 Resultados de los análisis de la variación de lecho.....	81

Tabla 2.4.1 Costo estimado para cada cuenca	83
Tabla 2.4.2 Población en la sierra y en el abanico aluvial	84
Tabla 2.4.3 Clasificación de las áreas de protección ambiental	86
Tabla 2.4.4 Restricciones en áreas de protección ambiental manejadas por el país	86
Tabla 2.5.1 Número de ocurrencias de desastres en el Perú	90

1 Producción de sedimentos en las cuencas del área del Estudio

1.1 Colecta y elaboración de datos

(1) Organización de colecta de material

Con el objeto de evaluar la producción de sedimentos en las cuencas área del proyecto, fueron recolectados los siguientes materiales.

Tabla 1.1.1 Cuadro de datos recolectados

Información recopilada	Año	Formato	Institución
Planos Cartográficos (S=1/50,000)	2003	Shp	INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL (IGN)
Planos Geológicos (S=1/100,000)	2007	Shock Wave	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
DEM 30x30 Digital Elevation Model	2008	GEO TIFF	Nacional Aeronautics and Space Administration (NASA)
Información de ríos	2008	SHP	INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL (IGN)
Información de cuencas	2010	SHP	Autoridad Nacional del Agua (ANA)
Planos de isoyetas	1965-74	PDF	ANA
Plano de clasificación de Erosión	1996	SHP	Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
Plano de clasificación de Suelos	1996	SHP	Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
Plano de cobertura vegetal	2000 1995	SHP Año 2000 PDF Año 1995	Dirección General de Flora y Fauna Silvestre (DGFSS)
Información pluviométrica		Text	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)
Mapa de distribución poblacional	2007	SHP	Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

(2) Elaboración de datos para evaluación

Los siguientes datos fueron elaborados a partir de los datos recolectados. Estos datos serán incluidos al final.

- Mapa hidrológico
- Mapa de cuencas hidrográficas (zonificación por cuencas de tercer orden)
- Mapa geológico y hidrográfico
- Mapa de erosión y mapa hidrográfico
- Mapa de zonificación de vegetación - año 2000
- Mapa de zonificación de vegetación - año 1995
- Mapa geológico y pendiente de lecho
- Mapa de zonificación hidrológica y pendiente de lecho
- Mapa de zonificación de suelo y mapa hidrológico
- Curva de precipitaciones
- Mapa de clasificación poblacional

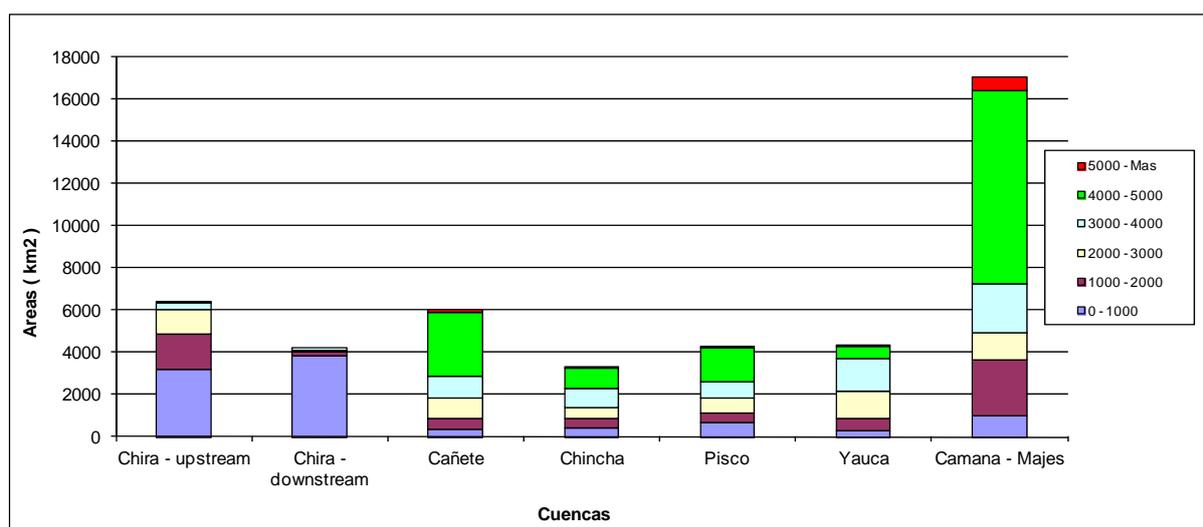
1.2 Características de las cuencas

A seguir presentamos una descripción de las cuencas objeto del Estudio. La Cuenca de Chira ha sido clasificada en cuenca alta y cuenca baja de acuerdo con los criterios de la presa de Poechos.

(1) Altitud

La distribución de altitud de cada cuenca se muestra en la Figura 1.2.1 y en la Tabla 1.2.1. La cuenca de Cañete y Camaná-Majes muestran porcentajes elevados de altitudes superiores a los 4,000m. Estas altitudes presentan una topografía menos accidentada con muchos nevados y lagunas. Las cuencas de Cañete y Camaná-Majes poseen extensas áreas en estas condiciones y cuenta con más fuentes de agua y por lo tanto mayor volumen de flujo de agua, comparada a otras cuencas. Sobre todo en la cuenca de Camaná-Majes, el 53% del área está ubicado entre 4,000 a 5,000 msnm. La Cuenca de Chira tiene más porcentaje de zonas entre los 0-1,000m.

Figura 1.2.1 Características de altitud de cada cuenca



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA basado en los datos de la NASA

Tabla 1.2.1 Características de la altitud de cada cuenca

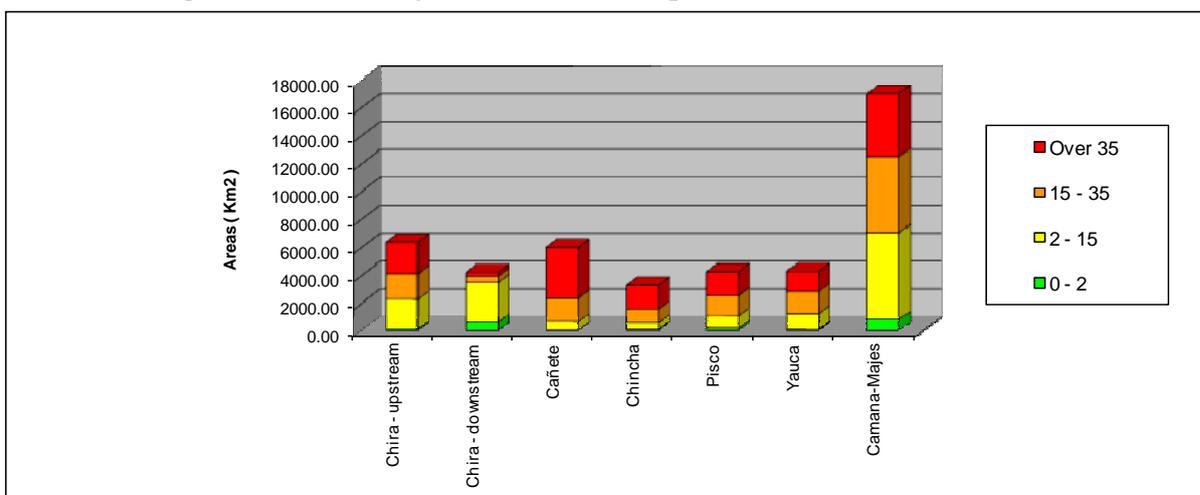
Altitud (msnm)	Área (Km ²)						
	Chira aguas arriba	Chira aguas abajo	Cañete	Chincha	Pisco	Yauca	Camaná Majes
0 - 1000	3262.43	3861.54	381.95	435.6	694.58	332.79	1040.56
1000 - 2000	1629.48	207.62	478.2	431.33	476.7	575.82	2618.77
2000 - 3000	1153.61	43.24	1015.44	534.28	684.78	1302.58	1277.54
3000 - 4000	313.74	156.11	1012.58	882.39	760.47	1504.8	2305.64
4000 - 5000	0.22	0.00	3026.85	1019.62	1647.8	602	9171.56
5000 - Mas	0.00	0.00	108.95	0.67	6.19	0.55	635.44
TOTAL	6359.48	4268.51	6023.97	3303.89	4270.52	4318.54	17049.51
Max Altitude	4110.00		5355.00	5005.00	5110.00	5060.00	5251.00

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA basado en los datos de la NASA

(2) Zonificación de pendientes

Fueron preparadas zonificaciones de pendientes para cada cuenca. La Figura 1.2.2 y la Tabla 1.2.2 muestran el porcentaje de pendientes en cada cuenca. Con esto se observa que la topografía es más acentuada en las cuencas de Cañete, Chincha, Pisco, Yauca, Camaná-Majes y Chira, en este orden. Más de 50% del total de áreas con inclinaciones superiores a los 35° se encuentran en las cuencas de Cañete y Chincha. Mientras más fuerte la inclinación topográfica, más común es la ocurrencia de arrastre de sedimentos, por lo que se puede estimar que los arrastres ocurren con más frecuencia de acuerdo con el orden mencionado arriba.

Figura 1.2.2 Porcentaje de clasificación de pendientes en cada cuenca



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA basado en los datos de la NASA

Tabla 1.2.2 Porcentaje de áreas de clasificación de pendientes en cada cuenca

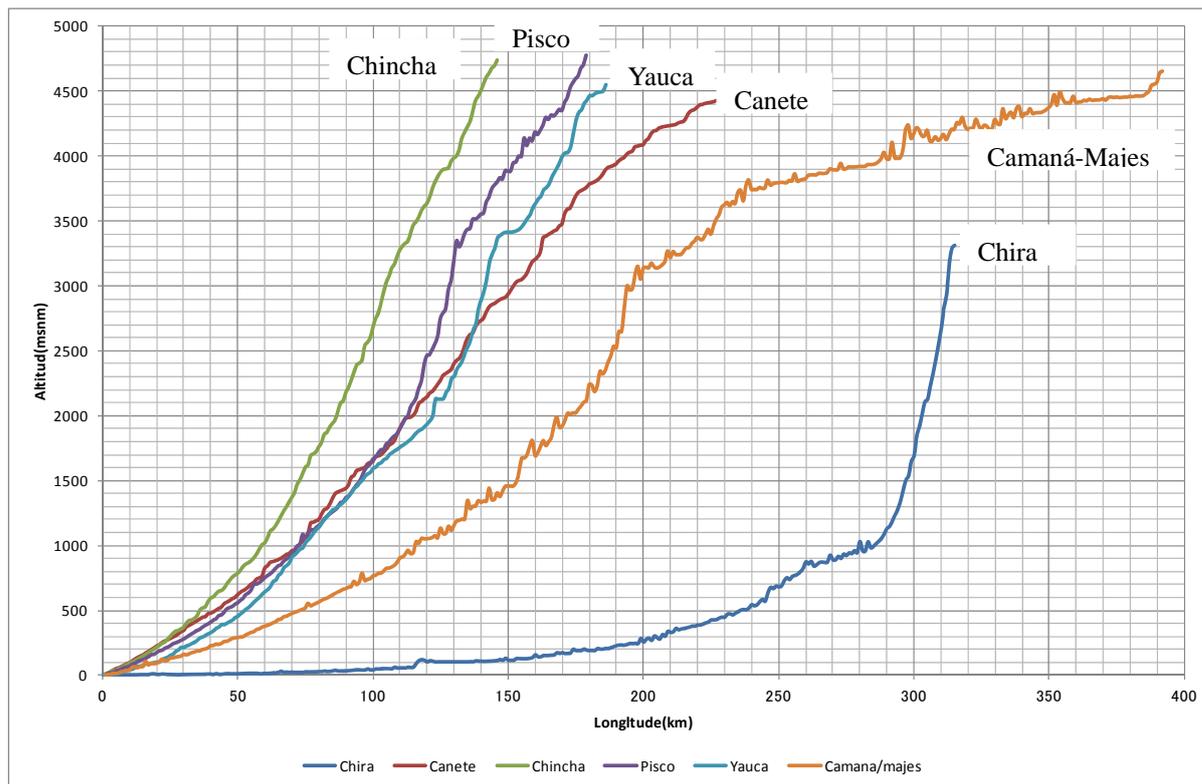
Slope Basin (%)	Chira aguas arriba		Chira aguas abajo		Cañete		Chincha	
	Area(km2)	percentage	Area(km2)	Area(km2)	Area(km2)	percentage	Area(km2)	percentage
0 - 2	131.62	2%	651.28	90.62	36.37	1%	90.62	3%
2 - 15	2167.69	34%	2859.35	499.68	650.53	11%	499.68	15%
15 - 35	1852.79	29%	465.86	1019.77	1689.81	28%	1019.77	31%
Over 35	2237.64	35%	261.76	1693.82	3647.26	61%	1693.82	51%
TOTAL	6389.74	100%	4238.25	3303.89	6023.97	100%	3303.89	100%
Slope Basin (%)	Pisco		Yauca		Camaná-Majes			
	Area(km2)	percentage	Area(km2)	percentage	Area(km2)	percentage		
0 - 2	168.57	4%	79.01	2%	869.75	5.1%		
2 - 15	947.86	22%	1190.19	28%	6210.54	36.4%		
15 - 35	1426.18	33%	1591.21	37%	5452.97	32.0%		
Over 35	1727.91	40%	1458.13	34%	4516.25	26.5%		
TOTAL	4270.52	100%	4318.54	100%	17049.51	100%		

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA basado en los datos de la NASA

(3) Corte longitudinal del río

Los cortes longitudinales de los ríos se muestran en la Figura 1.2.3. Los cortes longitudinales de los ríos de las cuencas de Cañete, Chincha, Pisco y Yauca son similares. Sin embargo, la longitud del río de la cuenca de Camaná-Majes es empinada hasta los 200km y a partir de 200km hasta lo 400km se vuelve plano. Por otro lado en la Cuenca de Chira es plano hasta los 300km y empinada a partir de ella.

Figura 1.2.3 Corte longitudinal de los ríos

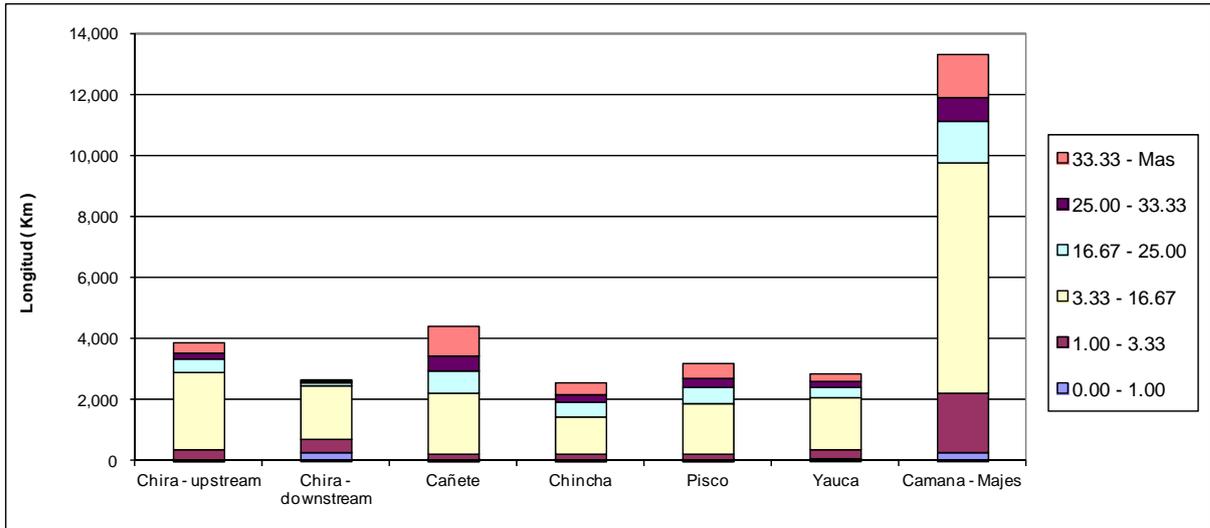


Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA basado en los datos de la NASA

(4) Pendiente del lecho

Tal como se muestra en la, las quebradas pueden ser clasificadas en zonas de tracción y zonas de lodo, de acuerdo con la pendiente del lecho. La clasificación de la pendiente se muestra en la Figura 1.2.5 y la Tabla 1.2.3. En general, zonas que producen lodo se encuentran en quebradas con pendientes superiores a 1/3 y esta es más frecuente en la Cuenca de Cañete. El área que corresponde a las zonas de sedimentación presenta porcentajes más elevados en inclinaciones 1/30~1/6. Esto indica que en todas las cuencas el volumen de regulación del lecho de los ríos es elevado.

Figura 1.2.4 Pendiente de lecho de río de cada cuenca



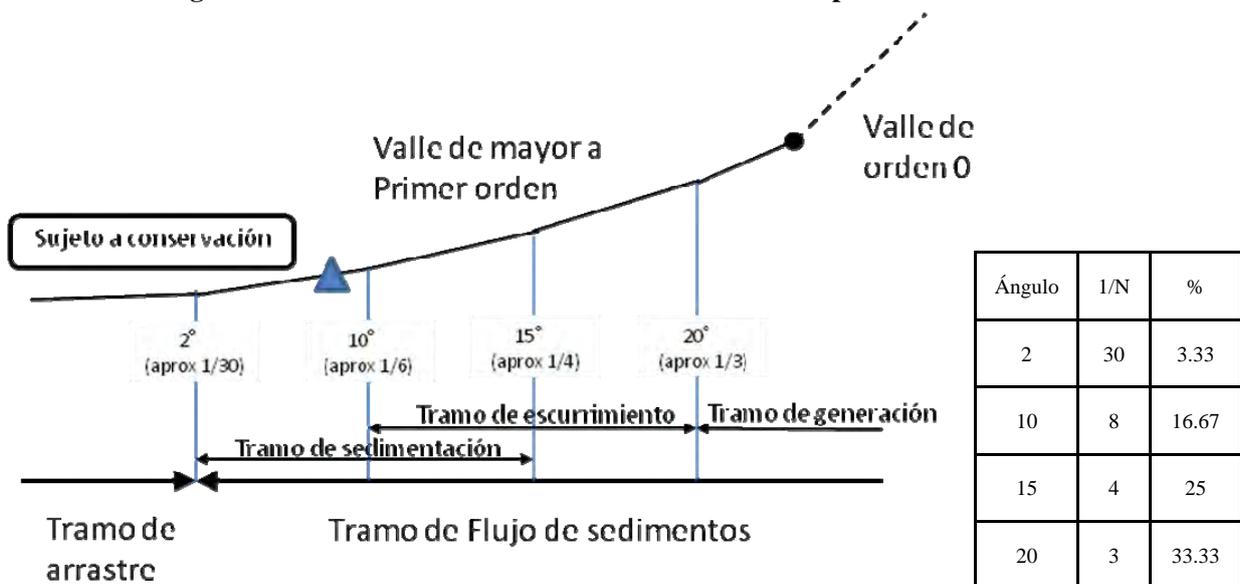
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA basado en los datos de la NASA

Tabla 1.2.3 Pendiente de lecho de cada cuenca

Slope River (%)	Chira aguas arriba	Chira aguas abajo	Cañete	Chincha	Pisco	Yauca	Camaná Majes
0.00 - 1.00	6.00	233.34	12.82	5.08	12.15	39.13	263.45
1.00 - 3.33	345.77	471.67	173.88	177.78	165.05	312.82	1953.19
3.33 - 16.67	2534.14	1751.16	1998.6	1250.82	1683.15	1687.19	7511.73
16.67 - 25.00	435.46	97.84	753.89	458.76	519.64	352.42	1383.17
25.00 - 33.33	201.72	37.51	467.78	255.98	291.84	185.78	761.15
33.33 - Mas	318.46	42.72	975.48	371.8	511.76	226.92	1425.65
TOTAL	3841.55	2634.24	4382.45	2520.22	3183.59	2804.26	13298.34

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA basado en los datos de la NASA

Figura 1.2.5 Clasificación de cuencas de acuerdo con la pendiente de lecho



(5) Vegetación (tomada del Anexo 7)

(a) Cuencas de Cañete, Chincha, Pisco y Yauca

De acuerdo con el análisis del Mapa de Vegetación de 1995, las cuencas de Cañete, Chincha, Pisco y Yauca se extienden desde la costa hasta la cordillera de los Andes pero la distribución vegetal presenta características distintas de acuerdo con la altitud. Desde la costa hasta altitudes cerca a los 2,500m (Cu,Dc) la vegetación es escasa y excepto a las orillas de los ríos, predominan las zonas de escasa vegetación con pastizales y cactus, cuando no inexistente; y aún en zonas más altas, solamente se encuentran algunos arbustos. A partir de los 2,500m hasta los 3,500m de altitud se encuentran bosques debido a mejores condiciones pluviométricas, pero altitudes más elevadas a estas no favorecen el crecimiento de vegetación debido a las bajas temperaturas. Aún en zonas arborizadas, la vegetación no presenta una altura más elevada a los 4m. Sin embargo, en las zonas desérticas existen bosques con árboles altos a lo largo de los ríos. Prácticamente no se encuentra ninguna vegetación en la zona correspondiente a Ms, ni gramíneas ni arbustos. Como casi no llueve, tampoco no hay mucha erosión; sin embargo, en la ocurrencia de lluvias se estima que el volumen erosionado debe ser significativo.

Tabla 1.2.4 Cuadro general de la vegetación característica en las cuencas de Cañete, Chincha, Pisco y Yauca

Símbolo	Zona de vida	Altitud	Precipitación	Vegetación representativa
1)Cu	Terrenos de Cultivos costeros	Costa	Casi nula.	Cultivos costeros
2)Dc	Desierto costero	0~1,500msnm	Casi nula, hay zonas de neblinas.	Casi nula, existen lomas con vegetación
3)Ms	Matorral seco	1,500~3,900msnm	120~220mm	Cactáceas y herbáceas
4)Msh	Matorral subhúmedo	Norte-centro: 2,900~3,500msnm Interandina 2,000~3,700msnm	220~1,000mm	Arbustos perennes, no mayor de 4m de alto
5)Mh	Matorral húmedo	Norte: 2,500~3,400msnm Sur 3,000~3,900msnm	500~2,000mm	Arbustos perennes, menos de 4m de alto
6)Cp	Césped de puna	Alrededor de 3,800msnm	Sin descripción	Gramíneas
7)Pj	Pajonal	3,200~3,300msnm Centro-Sur hasta 3,800msnm	Zona sur de poca precipitación: menor de 125mm Vertientes orientales: mayor de 4,000mm	Gramíneas
8)N	Nevados		—	—

Fuente : Elaborada por el Equipo de JICA a base del Mapa Forestal.

(b) Cuenca Camaná-Majes

Según el Cuadro de Clasificación de la vegetación de 1995, la distribución de la vegetación es casi similar a los que se han mencionado arriba. Las diferencias representativas de la Cuenca de Camaná y las otras 4 Cuencas son tres: i) no tienen Cultivos costeros (Cu), ii) Existen Lomas (Lo), iii) existen Bofedales (Bf).

La explicación de la vegetación que existe en la Cuenca del río Camaná-Majes y que no están clasificados en las otras 4 cuencas (a) se mencionará a continuación.

(i) Lo : Lomas1

Se extiende desde 0 a 1,000msnm. Se distribuye desde el desierto costeño 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 (*Caesalpinea 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 es de 11% del territorio peruano, 2,000Km a lo largo de la costa de norte a sur, además el área es de 14,000Km² No se pudo encontrar el área de las lomas costeras de la cuenca en estudio.

(ii) Bf : Bofedales2

Se extiende desde los 3,900 a 4,800 msnm, cuya topografía está dada en terrenos planos, por laderas suaves o con ligeras depresiones. Se dan en lugares donde la napa freática es superficial, donde hay presencia de manantiales y tienen un permanente suministro de agua todo el año, ya sea por escorrentías que vienen de los nevados o porque ahí afloran manantiales. 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 alimentande ella.

(c) Cuenca de Chira

De acuerdo con los análisis y por el mapa de vegetación de 1995, la Cuenca de Chira, diferentemente de las otras 4 cuencas, cuenta con numerosos bosques de xerofitos. Al interior de la cuenca se encuentran tres tipos de bosques de xerofitos: i) Bosques xerofitos de la sabana (Bs sa), ii) xerofitos en mesetas (Bs co) y iii) xerofitos de montaña (Bs mo) y sus características son determinadas de acuerdo con la altitud. (Ver Tabla 1.2.5). La principal especie de la sabana es el algarrobo (*Prosopis pallida*) y en estos bosques se alternan grandes árboles con arbustos. Las especies que componen los xerofitos de las mesetas y montaña son casi las mismas y compuesto mayormente de caducifolios, cuyos ejemplares pueden llegar a los 12m. Como la napa freática es alta en el margen de los ríos, existe vegetación perenne cuyos ejemplares pueden llegar a diámetros de más de 10cm. Los bosques de xerófitos se encuentran en áreas condiciones naturales muy severas por lo que una vez degradada, su recuperación es muy difícil. Los bosques húmedos en altitudes elevadas tienen especies variadas pero su altura raramente es superior a los 10m.

¹ (Fuente1) Proyecto Atiquipa
<http://www.lomasdeatiquipa.com/lomas.htm>

(Fuente 2) Plan Maestro de la Reserva Nacional de Lomas de Lachay (2003 – 2007)
http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/RN_Lachay/Plan_maestro_2003-2007_RN%20Lachay.pdf

² (Fuente1) Cosecha de agua, Una práctica ancestral. Manejo sostenible de las praderas naturales, DESCO (Centro de Estudio y Promoción de desarrollo)

HP : <http://www.descosur.org.pe/publicaciones/Manual004.pdf>

HP : <http://www.desco.org.pe/quienessomos.shtml>

(Fuente) Monografía: Biodiversidad del Valle del Colca (Arequipa), Wilmer Paredes

HP:<http://www.monografias.com/trabajos53/biodiversidad-colca/biodiversidad-colca2.shtml>

Tabla 1.2.5 Cuadro general de la vegetación en la Cuenca de Chira

Símbolo	Zona de vida	Altitud	Precipitación	Vegetación típica
1)Bs sa	Bosque seco tipo sabana	0~500msnm	160~240mm	Bosque de algarrobo (perennifolio), ascendiendo la altitud, aparecen los árboles caducifolios y cactáceas.
2)Bs co	Bosque seco de colinas	400~700msnm	230~1,000mm	Casi similar al bosque seco de montañas.
3)Bs mo	Bosque seco de montañas	500~1,200msnm	230~1,000mm	Constituido principalmente con árboles caducifolios, que conforman bosque de 12m de alto.
4)Bh mo	Bosque húmedo de montañas	Hasta 3,200msnm en la Amazonía alta hasta la zona norte. En la vertiente oriental de la zona centro-sur hasta 3,800msnm.	Se desarrollan bosques de neblina debido a la frecuencia de neblinas.	Abundante vegetación conformada con árboles grandes de unos 10m, palmeras de 2-4m y hierbas.

Además de estas zonas, existen el desierto costero (Dc, Cu), el Matorral subhúmedo (Msh) y el Matorral húmedo.

Fuente: Elaborada por el Equipo de JICA a base del Mapa Forestal.

(6) Geología

La Tabla 1.2.6 muestra los tipos de suelos organizados de acuerdo con ejemplos de arrastre de sedimentos que ocurren en Japón. Con esto queda claro que estos son más comunes en áreas con rocas volcánicas, tierras andesíticas y basálticas y lutitas terciarias. Estas formaciones geológicas están ampliamente distribuidas en todas las cuencas objeto, por lo que podemos decir que las condiciones geológicas favorecen la ocurrencia de arrastre de sedimentos. A seguir se describen las características geológicas de cada cuenca

Tabla 1.2.6 Condiciones geológicas favorables a la ocurrencia de desastre por arrastre de sedimentos

Lugar de ocurrencia		Tipo de roca
Hokkaidou	Monte Usu (Rio Ousu)	Roca volcánica, Lava
	(Rio Nishiyama, Rio Kousu)	Ceniza volcánica
Prefectura de Iwate	Monte Iwaki (Rio Kurasagawa)	Andesita, lava
Prefectura de Tochigi	Monte Akanagi (Rio Arasaka,)	Andesita, toba calcárea
Prefectura de Niigata	Hiramaru	Pizarra de la época Terciaria
	Monte Ino	Pizarra de la época Terciaria
Prefectura de Nagano	Yakedake (Rio Kamikamihori)	Andesita, lava
	(Rio Nigorikawa)	Granito
Prefectura de Gifu	Prefectura de Gifu	Granito
Prefectura de Hyougo	Isla de Shoudojima	Granito
Prefectura de Kumamoto	Amakusa	Roca Sedimentaria de la Edad Media
Kagoshima	Sakurajima (Rio Nojiri)	Roca volcánica

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

(a) Cuenca de Chira

Abajo de la Presa Poechos, se encuentran depósitos aluviales. Corriente arriba al este de la Presa de Poechos, se encuentran rocas volcánicas del periodo cretácico y estas rocas volcánicas corresponden al 32% de la superficie del área de captación en el Perú. A este de la cuenca se encuentran rocas basálticas y dioritas, que representan el 18% de la superficie del área de captación del lado peruano. Las pendientes en estas zonas son bastante pronunciadas, superiores a los 35 grados. Al lado oeste se encuentran rocas

sedimentarias del periodo cretácico.

(b) Cuenca de Cañete

En esta cuenca objeto de análisis se encuentran distribuidos diversos estratos aluviales. A una distancia de 15km~ 30km desde el estuario se encuentran granodioritas. En altitudes de 1,000~2,000m se encuentran dioritas y entre los 2,000~4,000m se encuentran granodioritas y rocas sedimentarias. A partir de los 4,000m de altitud, se encuentran rocas sedimentarias del mesozoico y del cenozoico. En altitudes elevadas las pendientes son más suaves, con 447 lagunas naturales. Gran parte de estas lagunas fueron formadas a partir de la erosión topográfica por el deshielo o por sedimentación glaciaria pero algunas fueron conformadas por cerramiento del río.

(c) Cuenca de Chincha

Hasta los 1,000m se encuentran aluviones. Entre los 1,000 y 3,000m de altitud se encuentran granitos y granodioritas. De los 3,000m hasta los 4,000m se encuentran granodioritas y rocas sedimentarias del mesozoico. A partir de los 4,000m de altitud, se encuentran rocas sedimentarias del mesozoico y del cenozoico.

(d) Cuenca de Pisco

Hasta los 1,000m se encuentran aluviones. Entre los 1,000 y 3,000m de altitud se encuentran granitos y granodioritas. De los 3,000m hasta los 4,000m se encuentran rocas sedimentarias del mesozoico. A partir de los 4,000m de altitud, se encuentran rocas sedimentarias del cenozoico.

(e) Cuenca de Piura

Hasta los 1,000m se encuentran aluviones. Entre los 1,000 y 3,000m de altitud se encuentran granitos y granodioritas. De los 3,000m hasta los 4,000m se encuentran rocas sedimentarias del mesozoico. A partir de los 4,000m de altitud, se encuentran rocas basálticas.

(f) Cuenca de Camaná-Majes

Hasta 1,000m de altitud se distribuye el terreno aluvial. Por otro lado, entre 1,000 a 4,000m se distribuyen las rocas sedimentarias, rocas basálticas y granodioritas del periodo mesozoico. A partir de los 4,000m se distribuye las rocas sedimentarias del periodo mesozoico. Entre las altitudes de 1,000 a 4,000 se ubica el Cañón de Colca, es uno de los cañones más profundos del planeta.

(7) Precipitaciones

A partir de los datos de precipitaciones en el periodo de 1965 a 1974 recolectados por el SENAMHI se elaboró un gráfico de la curva de distribución pluvial para confeccionar los gráficos de distribución para cada cuenca (Ver **Figura 1.2.6** A Figura 1.2.10). Abajo se muestran las características del régimen de precipitaciones en cada cuenca.

Cuenca del Chira: La precipitación anual en las áreas de inundación a ser analizado es de 0~200mm.

La precipitación anual en el área a este, con altitudes superiores a 2,000m es de 750~1,000mm.

Cuenca de Cañete: La precipitación anual en las áreas de inundación a ser analizado es de 0~25mm.
La precipitación anual en el área al norte con altitudes de 4.000m es de 750~1,000mm.

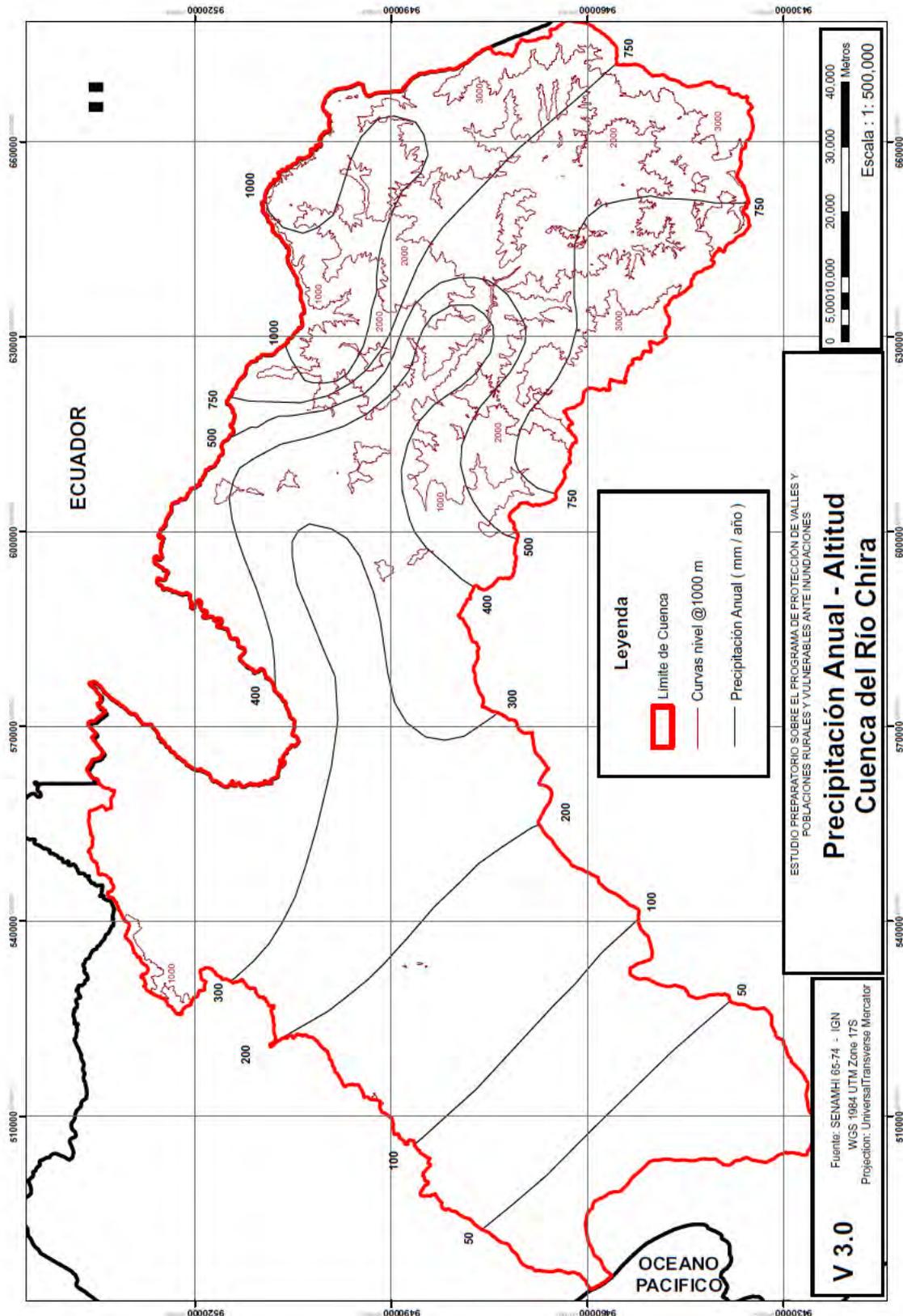
Cuenca de Chincha: La precipitación anual en las áreas de inundación a ser analizado es de 0~25mm.
La precipitación anual en el área a este con altitudes de 4,000m es de 500~750mm.

Cuenca de Pisco: La precipitación anual en las áreas de inundación a ser analizado es de 0~25mm. La precipitación anual en el área a este con altitudes de 4,000m es de 500~750mm.

Cuenca de Yauca: La precipitación anual en las áreas de inundación a ser analizado es de 0~25mm. La precipitación anual en el área a este con altitudes de 4,000m es de 500~750mm.

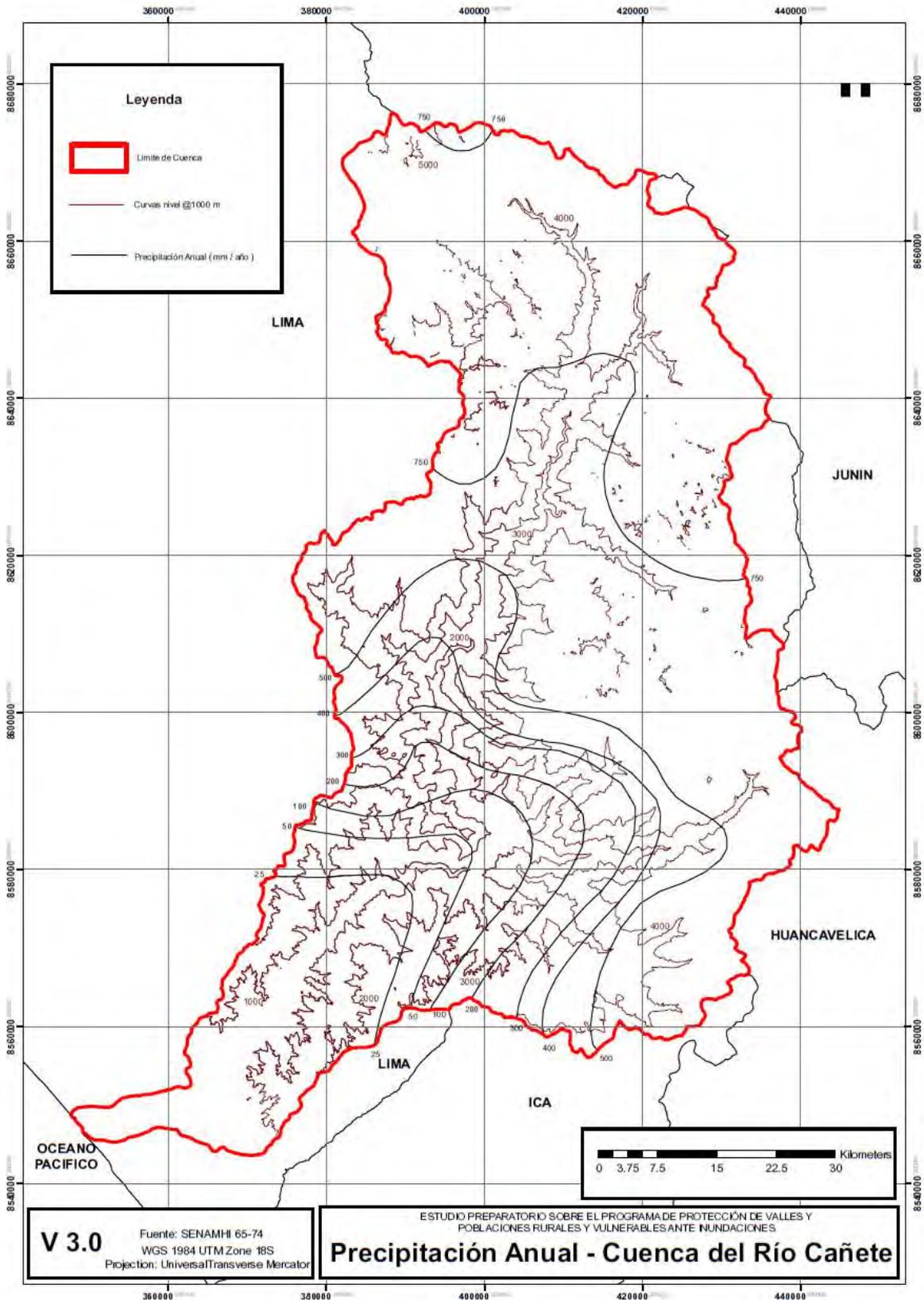
Cuenca de Camaná-Majes: La precipitación anual en las áreas de inundación a ser analizado es de 0~50mm. La precipitación anual en el área al norte con altitudes entre 3,000~4,000m es de 500~750mm.

Figura 1.2.6 Mapa de distribución de curvas (Cuenca del Chira)



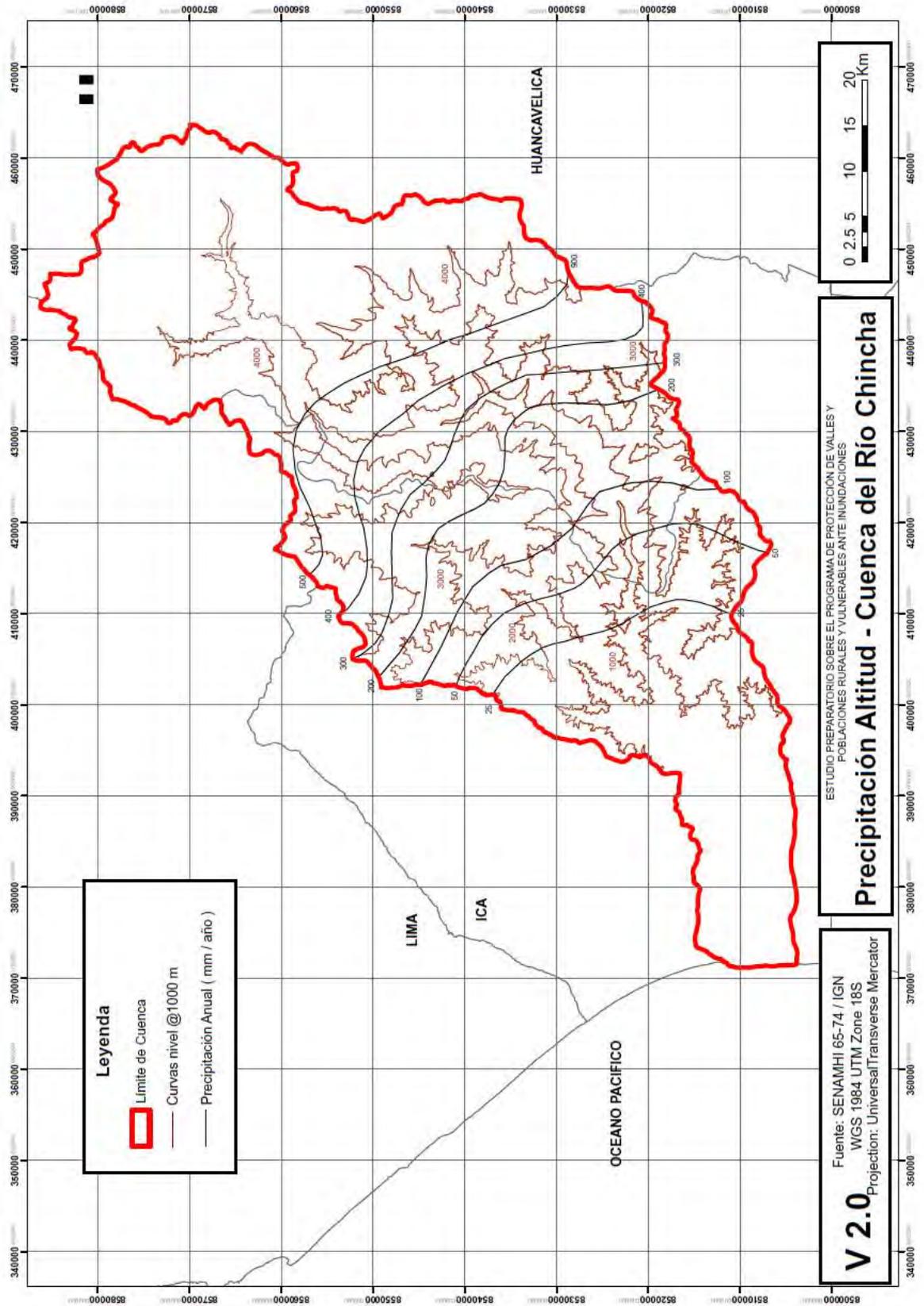
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

Figura 1.2.7 Mapa distribución de curvas (Cuenca de Cañete)



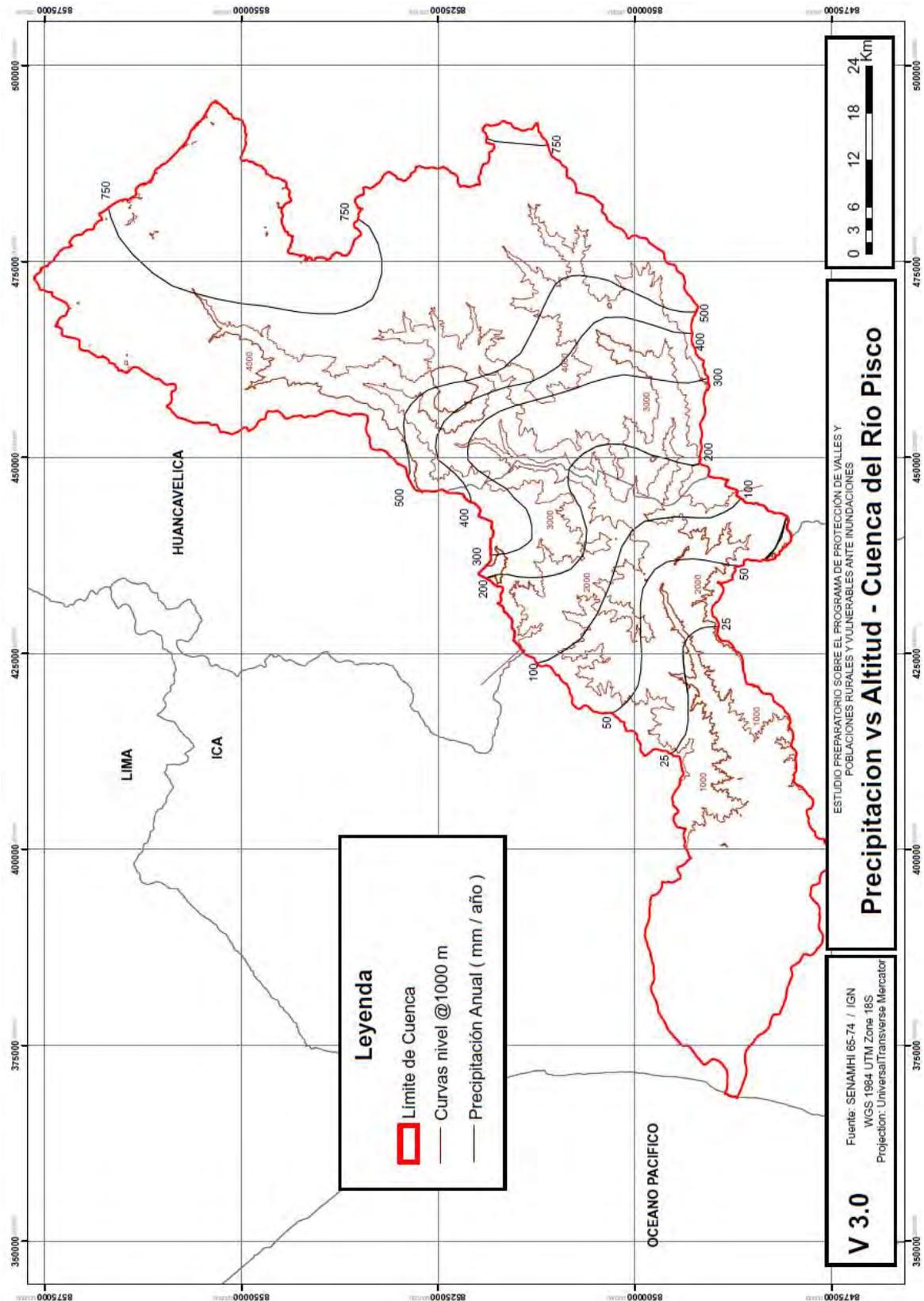
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

Figura 1.2.8 Mapa de distribución de curvas (Cuenca de Chincha)



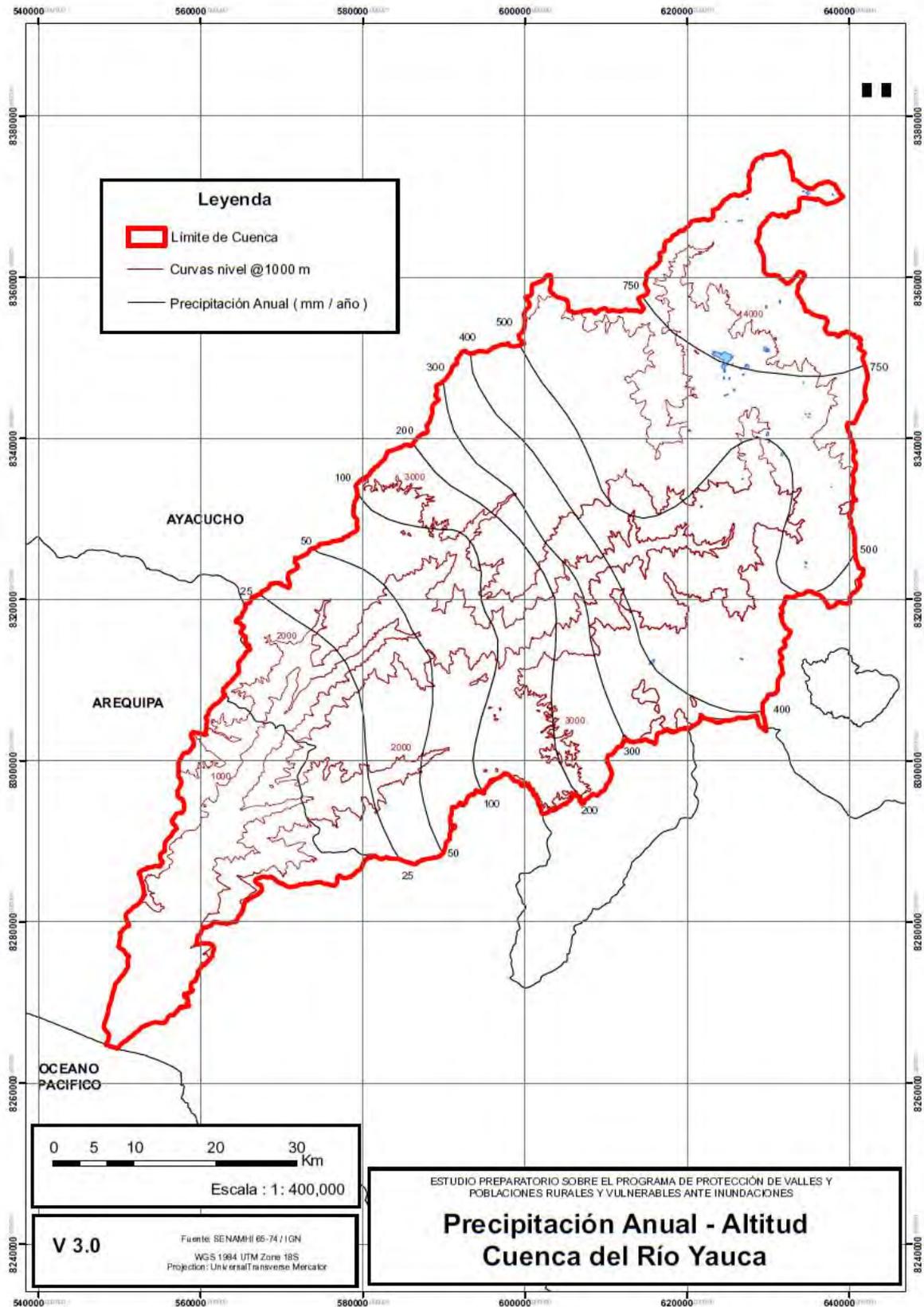
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

Figura 1.2.9 Mapa de distribución de curvas (Cuenca de Pisco)



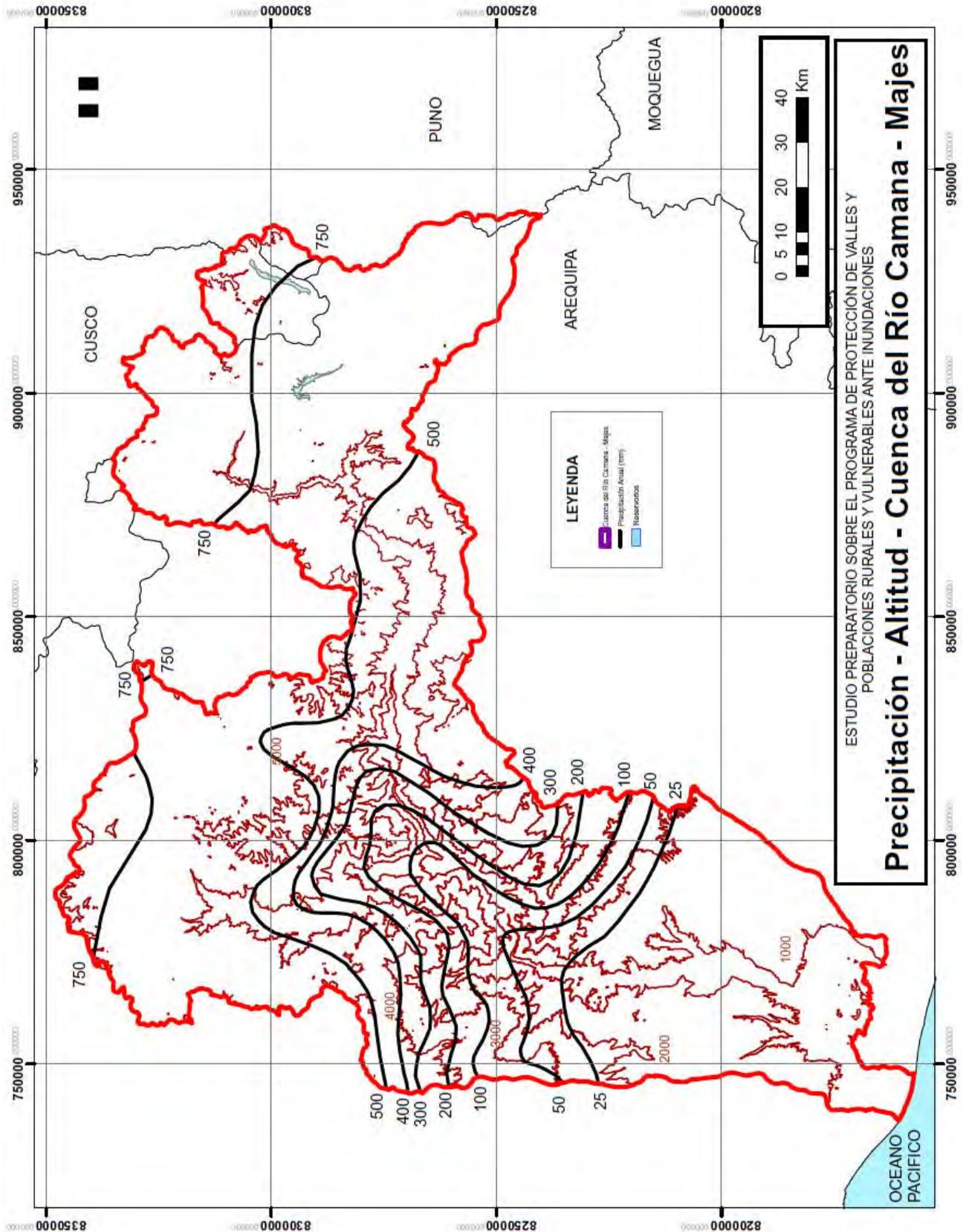
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

Figura 1.2.10 Mapa de distribución de curvas (Cuenca de Yauca)



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

Figura 1.2.11 Mapa de distribución de curvas (Cuenca de Camaná-Majes)



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

Fue calculada la superficie entre los espacios de las curvas de distribución del mapa de distribución de curvas. (Ver Tabla 1.2.7 y Figura 1.2.12). En la cuenca alta de Chira, existen muchas áreas con 300-400mm, representando el 30% del total. Se observan algunas áreas con precipitación entre 1,000-1,500mm.

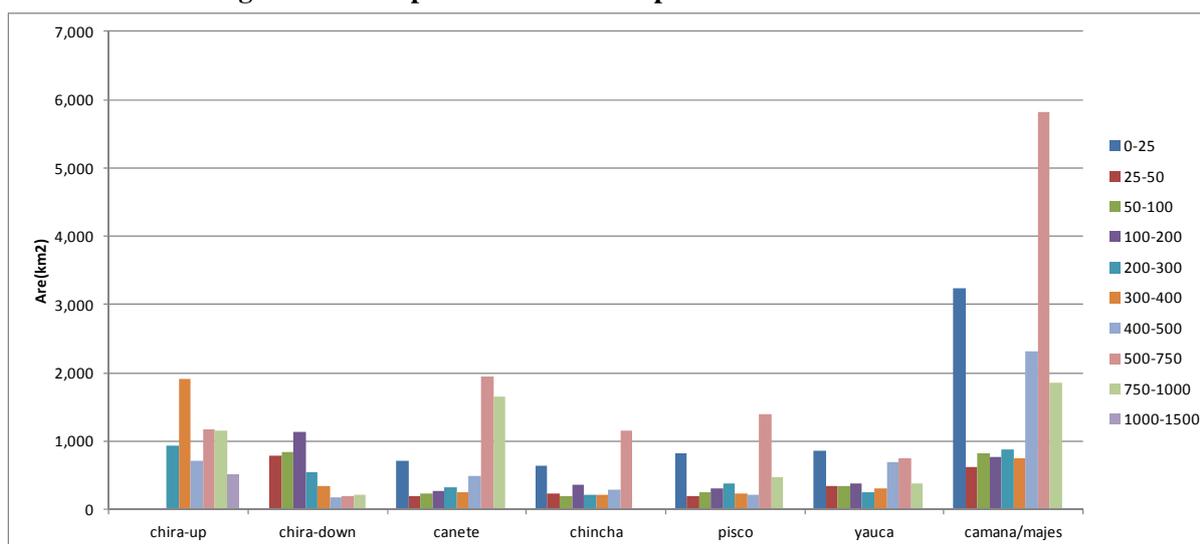
- En la cuenca baja del Chira, gran parte de las áreas cuentan con 0-200mm, con un volumen de precipitación comparativamente bajo.
- En Cañete existen muchas áreas con 500-1,000mm y representan la mitad del total de la cuenca.
- En Chincha, Pisco y Camaná-Majes, existen muchas áreas con 500mm-750mm, representando cerca de 30% de la cuenca.
- Yauca, comparada a las otras cuencas presenta un volumen de precipitación muy bajo, y áreas con 0-25mm representan el 20% de la cuenca.

Tabla 1.2.7 Áreas de volumen pluviométricos anuales en cada cuenca

precipitaciones	Chira aguas arriba		Chira aguas abajo		Cañete		Chincha		Pisco		Yauca		Camaná Majes	
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
0-25		0%		0%	703	12%	643	19%	829	19%	865	20%	3,243	19%
25-50		0%	789	19%	198	3%	226	7%	191	4%	338	8%	624	4%
50-100		0%	847	20%	237	4%	202	6%	257	6%	349	8%	823	5%
100-200		0%	1,127	27%	263	4%	353	11%	307	7%	379	9%	762	4%
200-300	936	15%	551	13%	318	5%	211	6%	377	9%	247	6%	869	5%
300-400	1,909	30%	340	8%	252	4%	220	7%	231	5%	314	7%	746	4%
400-500	713	11%	172	4%	495	8%	296	9%	211	5%	701	16%	2,313	14%
500-750	1,167	18%	200	5%	1,955	32%	1,153	35%	1,390	33%	754	17%	5,816	34%
750-1000	1,162	18%	213	5%	1,645	27%		0%	479	11%	375	9%	1,849	11%
1000-1500	502	8%		0%		0%		0%		0%		0%		0%
total	6,390	100%	4,238	100%	6,066	100%	3,304	100%	4,272	19%	4,323	100%	17,049	100%

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

Figura 1.2.12 Superficie de volumen pluviométrico en cada cuenca



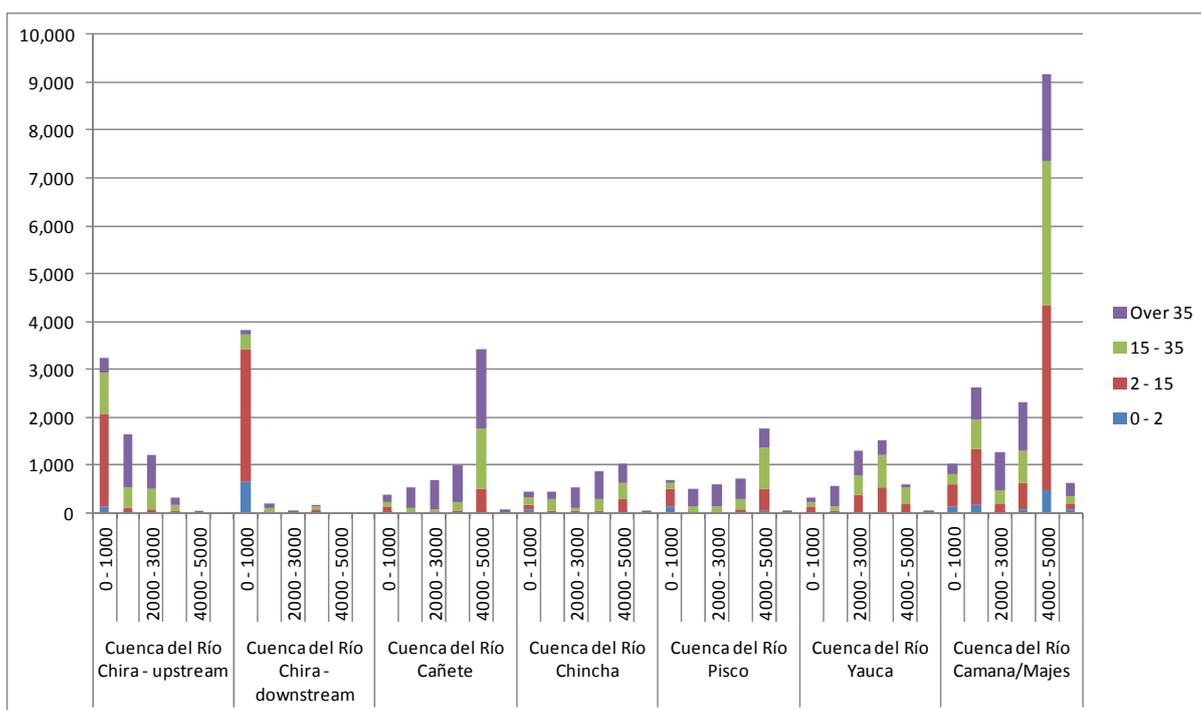
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

(8) Pendientes y Altitud

La relación entre pendiente y altitud de cada cuenca fue analizada (Figura 1.2.13 y Tabla 1.2.8)). En la cuenca alta de Chira, en altitudes entre los 1,000~3,000m se encuentran muchas pendientes superiores a 35°. En la cuenca baja las pendientes con 2~15° representan el 67% del total. En la cuenca de Cañete, las pendientes superiores a 35° representan el 60%, existen muchas pendientes con más de 35°, principalmente en altitudes entre 4,000~5,000m. En la cuenca Chincha, para altitudes entre 2,000~4,000m, las pendientes superiores a 35° son predominantes. En la cuenca de Pisco, las pendientes con más de 35° son numerosas en altitudes entre 1,000~4,000m. En altitudes superiores a los 4,000m, las pendientes se tornan más suaves, inferiores a los 35°. La cuenca de Yauca, las pendientes superiores a los 35° son más frecuentes en altitudes entre 1,000~3,000m. Para altitudes superiores a los 3,000m, las pendientes son más suaves, con inclinación inferior a los 35°.

En la Cuenca de Camaná-Majes existen grandes cambios de terreno entre los 1,000m a 4,000m de altitud. Aquí se ubica el Cañón de Colca, es uno de los cañones más profundos del planeta.

Figura 1.2.13 Relación entre pendiente y altitud en cada cuenca



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

Tabla 1.2.8 Relación entre pendientes y altitudes en cada cuenca

Cuenca	Pendiente	Altura (m.s.n.m.)												Total
		0 - 1000		1000 - 2000		2000 - 3000		3000 - 4000		4000 - 5000		5000 - Mas		
Chira aguas arriba	0 - 2	129.06	98%	1.34	1%	0.83	1%	0.39	0%	0.00	0%	0.00	0%	131.62
	2 - 15	1934.27	89%	99.74	5%	84.46	4%	49.22	2%	0.00	0%	0.00	0%	2167.69
	15 - 35	859.87	46%	443.18	24%	432.88	23%	116.86	6%	0.00	0%	0.00	0%	1852.79
	Over 35	319.67	14%	1084.79	48%	677.65	30%	155.31	7%	0.22	0%	0.00	0%	2237.64
Chira aguas abajo	0 - 2	647.61	99%	0.21	0%	0.13	0%	3.33	1%	0.00	0%	0.00	0%	651.28
	2 - 15	2777.68	97%	12.58	0%	6.70	0%	62.39	2%	0.00	0%	0.00	0%	2859.35
	15 - 35	300.77	65%	87.38	19%	10.34	2%	67.37	14%	0.00	0%	0.00	0%	465.86
	Over 35	100.13	38%	108.92	42%	31.86	12%	20.85	8%	0.00	0%	0.00	0%	261.76
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
	Over 35	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
	Over 35	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
	Over 35	60.92	4%	373.82	22%	479.29	28%	415.34	24%	398.45	23%	3.8	0%	1731.62
Yauca	0 - 2	21.13	27%	1.48	2%	14.72	19%	25.07	32%	16.56	21%	0.05	0%	79.01
	2 - 15	106.81	9%	40.14	3%	350.89	29%	498.75	42%	193.38	16%	0.22	0%	1190.19
	15 - 35	86.07	5%	94.66	6%	399.92	25%	685.64	43%	324.82	20%	0.10	0%	1591.21
	Over 35	118.78	8%	439.54	30%	537.05	37%	295.34	20%	67.24	5%	0.18	0%	1458.13
Camaná & Majes	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
	Over 35	230.75	5%	677.32	15%	537.05	12%	993.25	22%	1823.81	40%	290.08	6%	230.75

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del SENAMHI

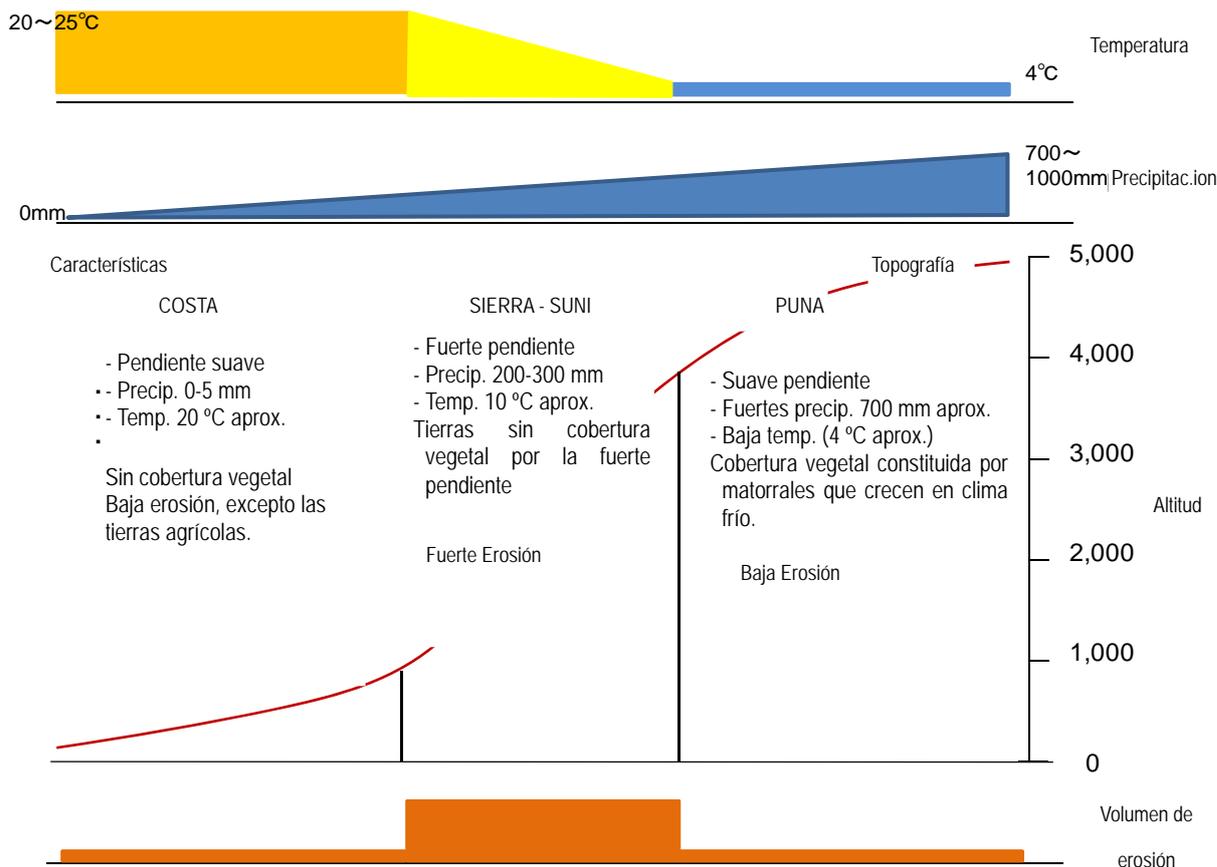
(9) Características de las cuencas

(10) En la Figura 1.2.14 se muestra las características de cada cuenca excepto por la Cuenca de Chira.

En el inferior a los 500 msnm, no existe vegetación, la precipitación es poca y el volumen de erosión es pequeño. (Área A). Esta área se llama la Costa (Zona costera) y se forma una zona desértica al norte desde Ecuador al sur hasta Chile que abarca 2.414 Km, y se refiere al área hasta los 500 msnm del Océano Pacífico hacia el interior. Entre los 1.000 y 4.000 msnm, la vegetación es escasa con topografía acentuada con tierras infértiles (Área B). Esta zona se llama la Sierra (Zona montañosa), la región Quechua y la región Suni. La Sierra (Zona montañosa) que constituye aproximadamente el 28% de la superficie del país se refiere a la zona superior a 500 msnm de la vertiente occidental hasta la zona alrededor de los 1.500 msnm de la vertiente

oriental de los Andes. La región Quechua (o Kichua) se refiere a la zona templada entre los 2.300 y 3.500 msnm. La región Suni (o Jalca) se refiere a la zona fría entre los 3.500 y 4.000 msnm. Por otro lado, superior de los 4.000 msnm la precipitación es intensa y la temperatura es baja. Las especies arbustivas adecuadas para baja temperatura cubren la superficie del suelo y además como la topografía es suave, la erosión no es significativa (Área C). Esta área se llama la región Puna. La Tabla 1.2.9 muestra la relación entre el área de cada cuenca y la altitud.

Figura 1.2.14 Características de las Cuencas



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Tabla 1.2.9 Relación entre el área y altitud de cada cuenca

Área	Cañete	Chincha	Pisco	Yauca	Camaná-Majes
A	0-500	0-500	0-500	0-500	0-500
B	500-3,500	500-3,500	500-3,500	500-3,500	500-3,000
C	3,500-5,000	3,500-5,000	3,500-5,000	3,500-5,000	3,000-5,000

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

1.3 Situación de la producción de sedimentos

(1) Resultados de los estudios de campo

Se puede afirmar que las cuencas (a excepción de las cuencas de Chira y Camaná-Majes) se encuentran próximas y prácticamente presentan condiciones similares. En la cuenca alta del río Chira, se encuentra la Presa Poechos, los sedimentos no son arrastrados hacia más abajo, porque se acumulan en este punto. Se muestra el resultado de los estudios realizados in situ de las cuencas de Pisco, Cañete y Camaná-Majes.

(a) Cuencas de 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 de grandes gravas y fracturación (Ver Figura 1.3.1 y Figura 1.3.2)
- Como se muestra en la foto, no se observa vegetación enraizada (Figura 1.3.3) 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 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 alteración del lecho. (Figura 1.3.4).
- 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.

Figura 1.3.1 Zonas de desprendimiento de bases andesítica o basáltica
Figura 1.3.2 Situación de la producción de sedimentos de rocas sedimentarias



Figura 1.3.3 Situación de la invasión de cactus

Se observa la presencia de cactus donde la superficie del suelo es rugosa y los sedimentos son poco arrastrados.



Figura 1.3.4 Situación de la erosión de las terrazas

Formación de depósito de materiales coluviales al piedemonte con los sedimentos arrastrados (sin la intervención de agua)



(b) Cuenca de Camaná-Majes

A continuación se describen los resultados del estudio.

- Se ha formando 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, el ancho del río es de 400m (Figura 1.3.5). Tiene las características de la disposición del terreno 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 1.3.13)
- La roca sedimentaria del periodo Mesozoico es la principal de los patrones de producción, principalmente por el mecanismo de la caída de grandes gravas y fracturación y la erosión eólica. Como se muestra en la foto, no se observa vegetación enraizada probablemente por el arrastre de sedimentos en tiempo ordinario (Ver Figura 1.3.7 y Figura 1.3.13)
- 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 alteración del lecho. (Figura 1.3.13).
- 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 Figura 1.3.13).
- Según el resultado de las entrevistas, se muestra a continuación la situación de la generación 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 observado ese hecho.
- 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) trae consigo los sedimentos.

Figura 1.3.5 Corte transversal de la Cuenca de Majes (50km aprox. desde la desembocadura)

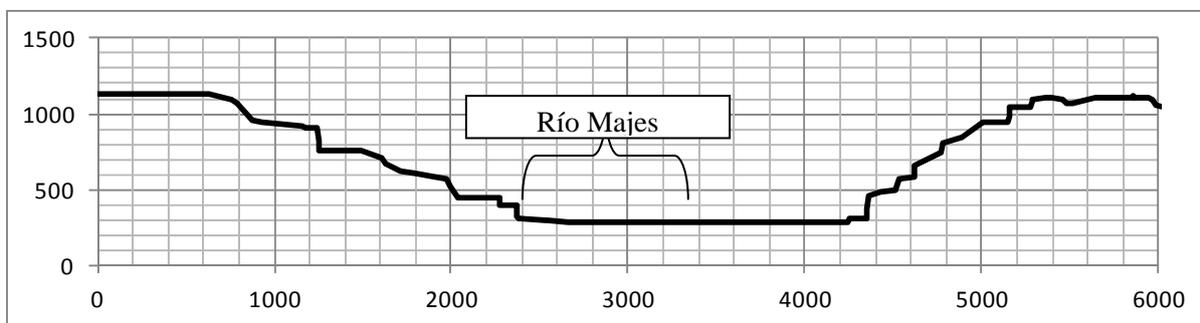


Tabla 1.3.1 Generación del aluvión en la aguas arriba del río de Majes

No	Nombre del río	Distancia	Situación
1	Cosos	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	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	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	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 m3 de sedimentos.

Figura 1.3.6 Ubicación de la generación del aluvión

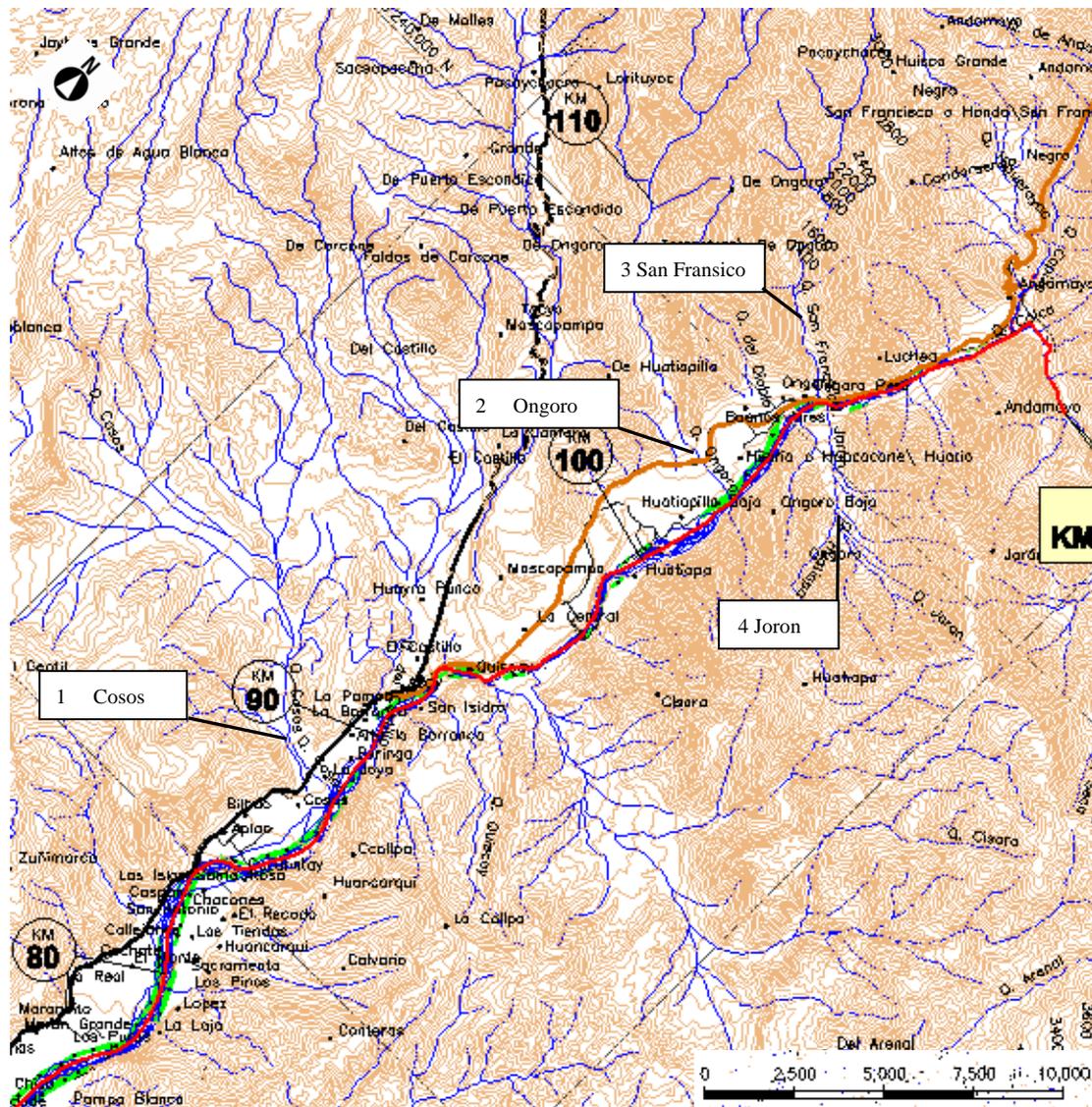


Figura 1.3.7 Situación alrededor del Km 60 (formación del valle de aprox. 5km de ancho)

Figura 1.3.8 Situación de deposición de sedimentos en el río Cosos (Ancho aprox. 900m)



Figura 1.3.9 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 1.3.10 Situación de Ongoro (en 1998, fallecieron 2 personas a causa del aluvión)



Figura 1.3.11 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 1.3.12 Situación de río Jorón (los sedimentos del aluvión llegó hasta el río principal en 1998)



Figura 1.3.13 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 1.3.14 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 ha están produciendo múltiples daños por sedimentos en la Cuenca de Camaná-Majes. Por ello, se hizo un estudio de la precipitación del 1998. Los datos de precipitación es obtenida del análisis hidrológico del Anexo 1 de Reporte de Soporte.

Se verificaron las estaciones Pluviométricas (Tabla 1.3.2) más cercanas de los puntos que se han identificado los sedimentos, obteniendo la información de años con probabilidad de mayor precipitación y la mayor cantidad de días de lluvia en 1998, como se muestra en la Tabla 1.3.3. En Chuquibamba se ha observado datos de probabilidad de precipitación de 150 años, en Pampacola 25 años, en Aplao y Huambo sólo 2 años.

En general, en el muy poderoso Fenómeno de El Niño de los años 1982-1983 y 1998, ha aparecido en casi cada 50 años³, se considera que ha sido precipitaciones de 50 años, y por lo tanto se determinó

³ (Fuente) Lorenzo Huertas DILUVIOS ANDINOS A TRAVÉS DE LAS FUENTES DOCUMENTALES - COLECCIÓN CLÁSICOS PERUANOS 05/2003

que los daños por sedimentos se han producido por estas precipitaciones.

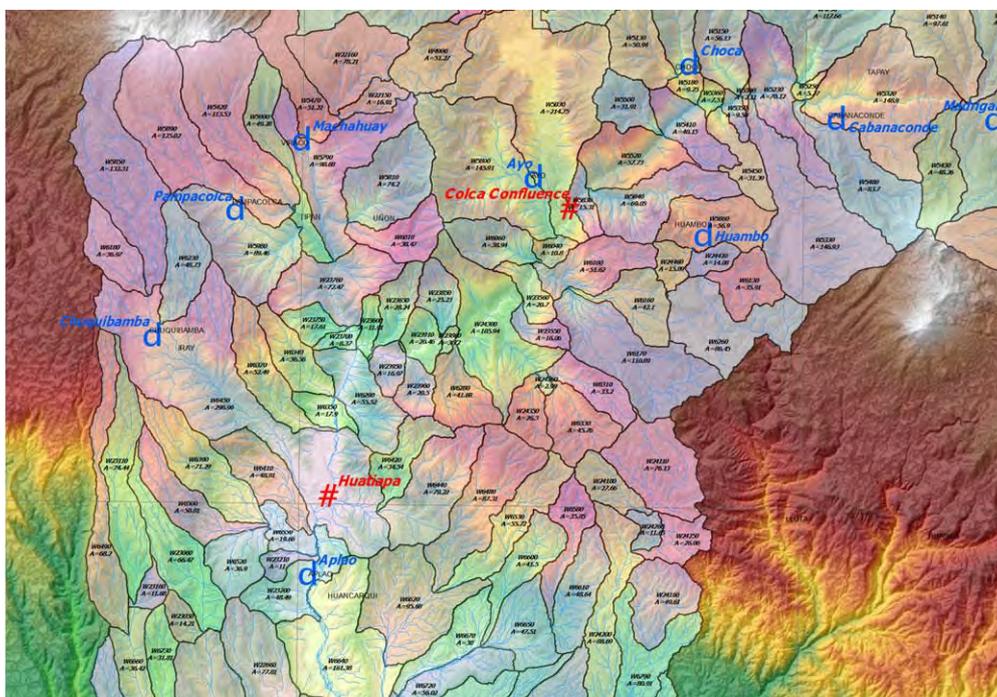
Tabla 1.3.2 Lista de Estación Pluviométrica para verificar la precipitación

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

Tabla 1.3.3 Probabilidad de precipitación de cada Estación Pluviométrica y la mayor cantidad de precipitación por días 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 1.3.15 Ubicación de la Estación Pluviométrica



(3) Proyección de la producción y arrastre de sedimentos

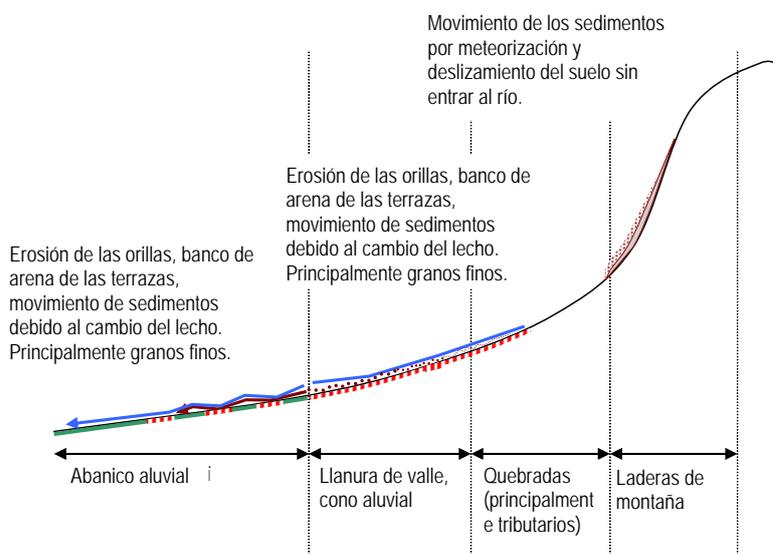
Se prevé que la cantidad de producción y arrastre de sedimentos varía dependiendo de la magnitud de los factores como las precipitaciones, caudal, etc. Dado que no se ha realizado un levantamiento secuencial cuantitativo, ni un estudio comparativo, aquí se presentan algunas observaciones cualitativas para un año ordinario, un año con precipitaciones de la magnitud de fenómeno de El Niño y un año con crecidas extraordinarias

(a) Años ordinarios

La muestra la producción de sedimentos durante las épocas normales.

- Prácticamente no se observa producción de 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 cauce durante las crecidas pequeñas.

Figura 1.3.16 Situación de la producción de sedimentos en situaciones ordinarias



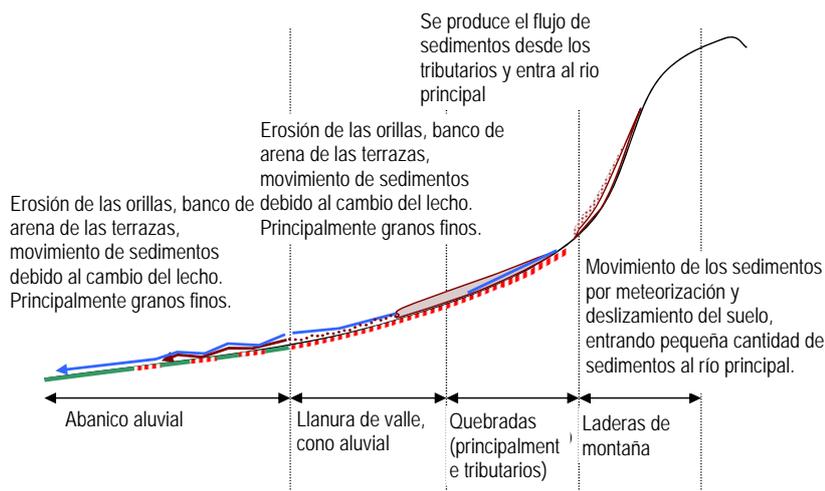
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

(b) Lluvias de magnitud similar al El Niño

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. La Figura 1.3.17 muestra la producción y arrastre de sedimentos durante las lluvias torrenciales de magnitud similar al fenómeno de El Niño. Ahora bien, el periodo de retorno es de 1 en 50 años.

- La cantidad de los sedimentos arrastrada varía dependiendo de la cantidad de agua
- 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 1.3.17 Situación de la producción de sedimentos en épocas de lluvias con El Niño (1/50)



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

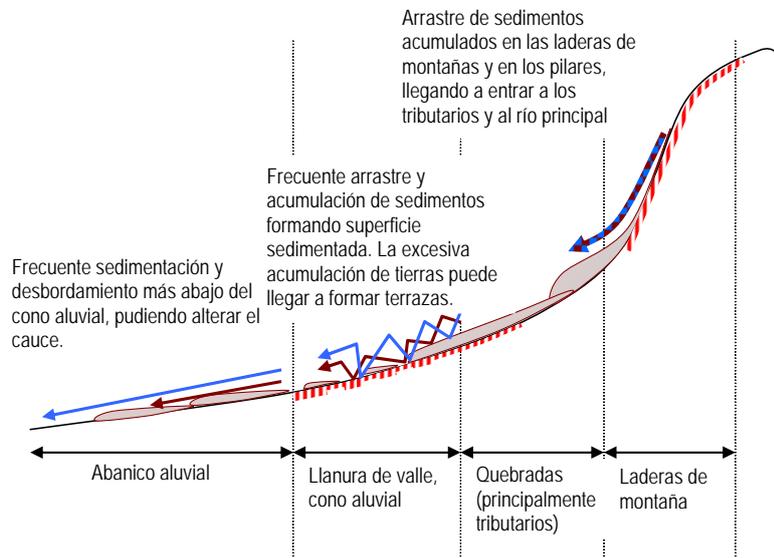
(c) Crecidas de enorme magnitud (que puedan dar lugar a la formación de terrazas similares a las existentes actualmente), con período de retorno de 1:1000 años

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

En caso de ocurrir la precipitación de la escala de probabilidad baja mayor de la escala de probabilidad más de varios miles de años aproximadamente, se considera que ocurre la siguiente forma de producción de sedimentos (ver la figura 1.3.18). Además, la frecuencia de inundación a gran escala ha sido estimando en varios miles de años que coinciden con el ciclo de calentamiento - enfriamiento 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 cerrar las quebradas o cauces.
- Destrucción de las presas naturales de los cauces cerrados 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.

Figura 1.3.18 Producción de sedimentos en grandes crecidas (escala geológica)

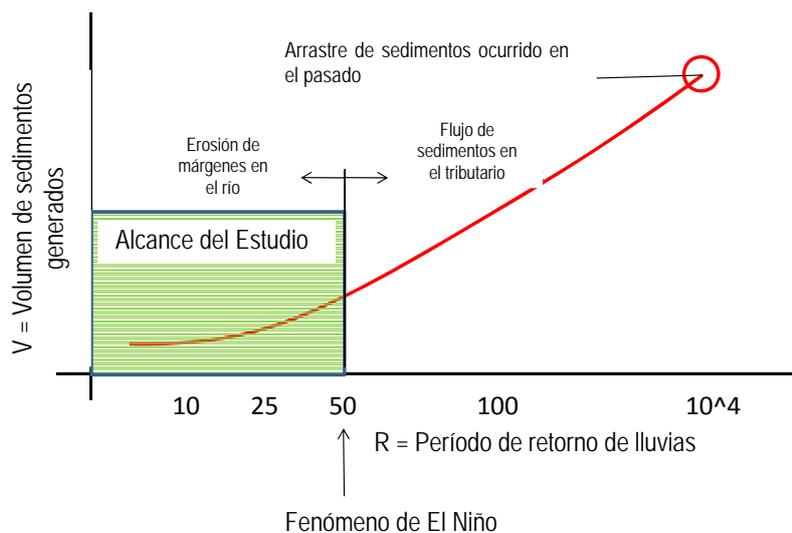


Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

(4) Alcance del presente Estudio

El alcance del presente Estudio está enfocado a las precipitaciones con período de retorno de 50 años, lo cual equivale a precipitaciones que producen el flujo de sedimentos desde los tributarios

Figura 1.3.19 Relación entre el volumen de producción de sedimentos y volumen de lluvias anual, y área de superficie del alcance del presente Estudio



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

1.4 Cálculo de la producción de sedimentos

Para analizar los cambios en el lecho del río, es necesario calcular el volumen de descarga de sedimentos. Para tanto, fue calculado el volumen de producción de sedimentos en cada cuenca. El volumen de producción de sedimentos fue determinado a partir del cálculo del volumen de los 3 tipos de sedimentos indicados abajo.

- (1) Volumen probable de arrastre de sedimentos
- (2) Volumen comparativo de descarga de sedimentos utilizando el volumen de sedimentos de la Presa Poechos
- (3) Volumen de descarga de sedimentos a partir de la velocidad de flujo

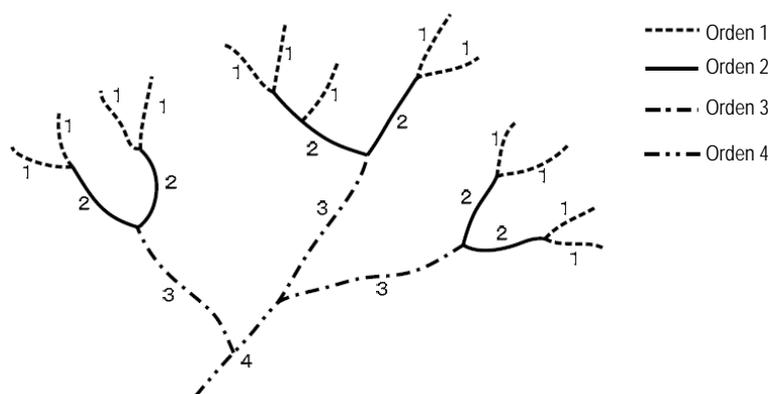
(1) Cálculo del volumen probable de arrastre

(a) Clasificación de cuencas

Para el cálculo del volumen posible de arrastre fueron elaborados mapas hidrológicos y la clasificación de cuencas. La clasificación de ordenes de cuencas fue realizada aplicándose la metodología Strehler (Ver Figura 1.4.1). La metodología de determinación, considera la cuenca de orden 0, utilizando un mapa topográfico en escala $S=1/50,000$ para verificar la depresión de las curvas de nivel con profundidad menor que el ancho del grupo de líneas de contorno.

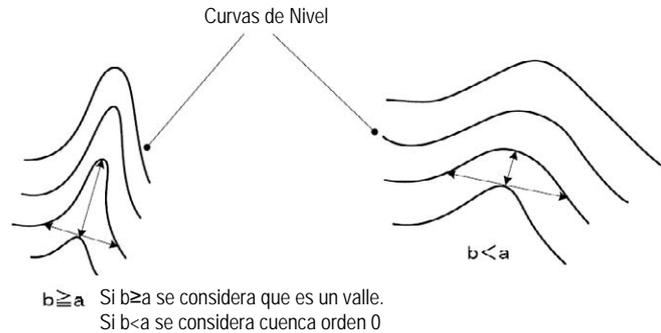
El volumen posible de arrastre ha sido calculado a partir de la suma del volumen posible de producción de sedimentos en el área de arrastre y el volumen de producción de sedimentos en el área de tracción. En Japón, se incluye el cálculo del volumen posible de arrastre a partir de la cuenca de orden 0 en el volumen posible de arrastre de sedimentos; sin embargo, en esta evaluación, una vez que las pendientes son escarpadas y las rocas están expuestas, además las lluvias son escasas, se estima que el volumen de arrastre de sedimentos es pequeño, por lo que no se incluye el volumen posible de arrastre a partir de la cuenca de orden 0.

Figura 1.4.1 Clasificación de cuencas de acuerdo con Strehler



Fuente : Normas Técnicas de Control de Sedimentos en Rios del Ministerio de Construcción, capítulo de Investigación

Figura 1.4.2 Metodología de primalidad de las cuencas



Fuente : Normas Técnicas de Control de Sedimentos en Ríos del Ministerio de Construcción, capítulo de Investigación

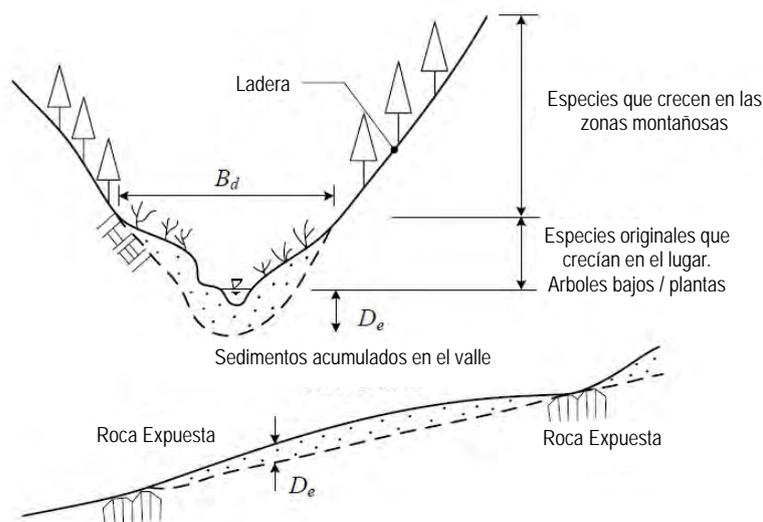
(b) Cálculo del volumen posible de sedimentos en el área de arrastre

El volumen posible de sedimentos en el área de arrastres es calculado a partir de la suma del volumen posible de arrastre de sedimentos acumulados en el cauce y el volumen posible de arrastre de sedimentos. Como la profundidad de penetración de la erosión en la cuenca de orden 0 es irrisoria, en esta ocasión no se considera el volumen posible de arrastre.

(c) Volumen posible de arrastre de sedimentos en el cauce

El volumen posible de arrastre de sedimentos del cauce es calculado a partir del producto entre el ancho promedio del cauce durante el arrastre de sedimentos (B_d) y la profundidad promedio (D_e) donde se estima la erosión al momento de la generación de sedimentos.

Figura 1.4.3 Metodología para cálculo de volumen posible de transporte de sedimentos del lecho de río

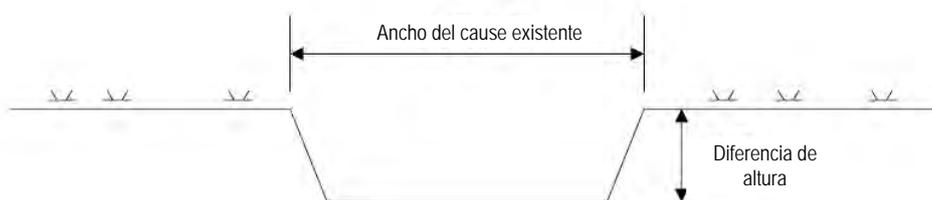


Fuente : Guía Metodológica Básica para Planificación de Proyectos de Control de Sedimentos (Medidas contra Aluviones y arrastre de maderas flotantes)

(d) Cálculo del volumen de producción de sedimentos en otras áreas (tracción, etc.)

En las áreas de tracción se estima la producción de sedimentos por erosión secundaria de sedimentos en el cauce y erosión de los márgenes, entre otros. Cuando es difícil determinar la producción de sedimentos en el cauce existe un método de determinación (2 a 3 veces el ancho del cauce actual x altitud comparativa (Ver figura abajo) x la longitud de diseño). En esta ocasión, el cálculo de volumen de sedimentos ha sido calculado de esta manera. Cuando las pendientes son muy acentuadas y el cauce es muy angosto y serpenteado se calcula con el triple del ancho actual y cuando el cauce es ancho, con pocas curvas y sin pendientes se calcula el doble del ancho actual; por lo que en esta situación, como los cauces son serpenteados, consideramos el triple para el cálculo.

Figura 1.4.4 Cálculo del volumen de producción de sedimentos dentro del área de tracción



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

La siguiente Tabla muestra el ancho (Bd) y profundidad (De) utilizados para calcular el volumen de producción de sedimentos y el volumen posible de arrastre en cada cuenca. Para el cálculo del volumen de sedimentos se asume que las cuencas de orden 1-3 como área de sedimentos y la cuencas de orden 4-7 como área de tracción.

Tabla 1.4.1 Volumen de sedimentos con probabilidad de arrastre, y ancho y profundidad del volumen de sedimentos producidos

Orden	Intervalo	Ancho (Bd)	Profundidad (De)
1	Aluvión	2	0.2
2	Aluvión	5	0.5
3	Aluvión	15	4
4	Flujo de tracción	30	5
5	Flujo de tracción	60	7
6	Flujo de tracción	90	10
7	Flujo de tracción	100	10

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

El volumen posible de arrastre de sedimentos en cada cuenca se muestra a continuación. En todas las cuencas el porcentaje de cuencas de primer orden es del 60%. Existen variaciones entre cada cuenca pero el volumen posible de arrastre de sedimentos es de 4,000m³ a 5,600m³ por 1 km². La cuenca de Pisco tiene mayor volumen por km² en comparación con las otras, esto es debido a que la cuenca de 6° orden es un poco mayor que las otras.

Tabla 1.4.2 Volumen posible de arrastre de cada cuenca

Cuenca			Chira※1			Canete			Chincha		
Area (km2)			Area(km2) 10627.99			Area(km2) 6023.97			Area(km2) 3303.89		
sedimentos (m3/km2)			47,932		m3/km	42,122		m3/km	47,323		m3/km
Orden	ancho (m)	profundidad (m)	longitud (km)	volumen (m3)	relación (%)	longitud (km)	volumen (m3)	relación (%)	longitud (km)	volumen (m3)	relación (%)
1	2	0.2	3,698	1,479,348	57%	2,500	1,000,104	57%	1,522	608,878	60%
2	5	0.5	1,210	3,025,625	19%	931	2,326,441	21%	530	1,325,893	21%
3	15	4	625	37,501,200	10%	441	26,482,162	10%	170	10,204,388	7%
4	30	5	397	59,601,000	6%	210	31,549,328	5%	132	19,728,461	5%
5	60	7	223	93,542,400	3%	162	67,845,999	4%	52	21,856,708	2%
6	90	10	81	73,269,000	1%	138	124,539,795	3%	114	102,627,283	5%
7	100	10	241	241,000,000	4%						
1-3 total			5,534	42,006,173	85%	3,872	29,808,707	88%	2,223	12,139,159	88%
4-7 total			6,079	467,412,400	15%	4,172	223,935,122	12%	2,389	144,212,452	12%
total			6,476	509,418,573	100%	4,382	253,743,830	100%	2,520	156,351,611	100%
Cuenca			Pisco			Yauca			Kamana/Majes		
Area (km2)			Area(km2) 4270.52			Area(km2) 4318.54			Area(km2) 17049.51		
sedimentos (m3/km2)			56,634		m3/km	39,780		m3/km	42,739		m3/km
Orden	ancho (m)	profundidad (m)	longitud (km)	volumen (m3)	relación (%)	longitud (km)	volumen (m3)	relación (%)	longitud (km)	volumen (m3)	relación (%)
1	2	0.2	1,955	1,479,348	61%	1,681	1,000,104	60%	8,142	608,878	61%
2	5	0.5	600	3,025,625	19%	541	2,326,441	19%	2,599	1,325,893	20%
3	15	4	236	37,501,200	7%	275	26,482,162	10%	1,141	10,204,388	9%
4	30	5	102	59,601,000	3%	87	31,549,328	3%	610	19,728,461	5%
5	60	7	110	93,542,400	3%	119	67,845,999	4%	348	21,856,708	3%
6	90	10	182	73,269,000	6%	100	124,539,795	4%	459	102,627,283	3%
7	100	10		241,000,000							
1-3 total			2,790	42,006,173	88%	2,498	29,808,707	89%	11,882	12,139,159	89%
4-7 total			3,082	467,412,400	12%	2,717	223,935,122	11%	1,417	144,212,452	11%
total			3,184	509,418,573	100%	2,804	253,743,830	100%	13,298	156,351,611	100%
※solo peru											
Fuente: Equipo Estudios de JICA											

(2) Cálculo de volumen de descarga de sedimentos utilizando el volumen comparativo de descarga de sedimentos

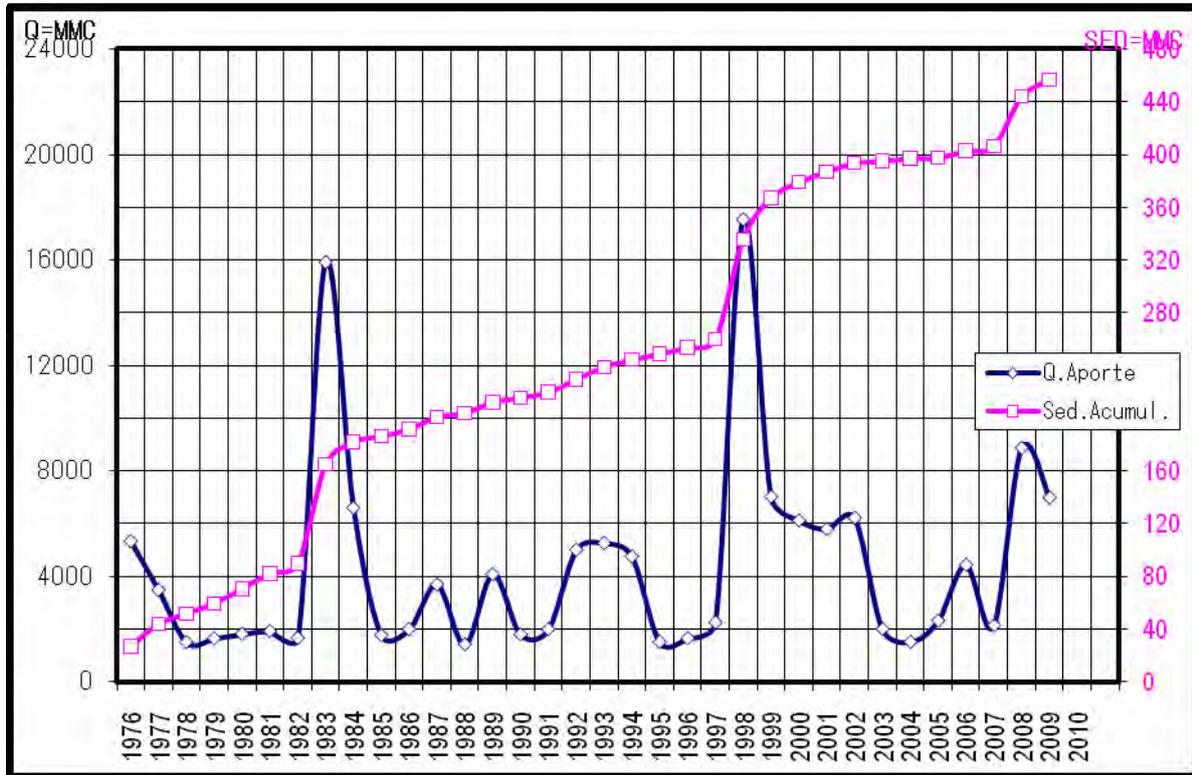
En la Presa Poechos se realizan mediciones de sedimentos periódicamente. A partir de este volumen de descarga de sedimentos se ha calculado el volumen comparativo de sedimentos y este a su vez ha sido utilizado para calcular el volumen de descarga de sedimentos de las otras cuencas.

(a) Volumen de sedimentos en la Presa Poechos

La Presa Poechos se encuentra en la cuenca alta del río Chira, cerca de la frontera con Ecuador. Esta Presa fue construida durante el periodo de 1972 y 1976 y inició sus operaciones a partir de esta fecha. La superficie de la cuenca es de aproximadamente 13,000km² y la mitad de la misma se encuentra ubicada en el país vecino del Ecuador. La capacidad de almacenamiento es de 790 millones t pero 34 años después de inaugurada, se acumularon 460 millones t de sedimentos y la capacidad de almacenamiento se redujo en 410 millones de t, además presenta problemas en la capacidad de regulación de inundaciones. (Ver Figura 1.4.5 y Figura 1.4.7). Por este motivo, en épocas ordinarias el nivel de agua lleno ha sido elevado de 103m para 104m.

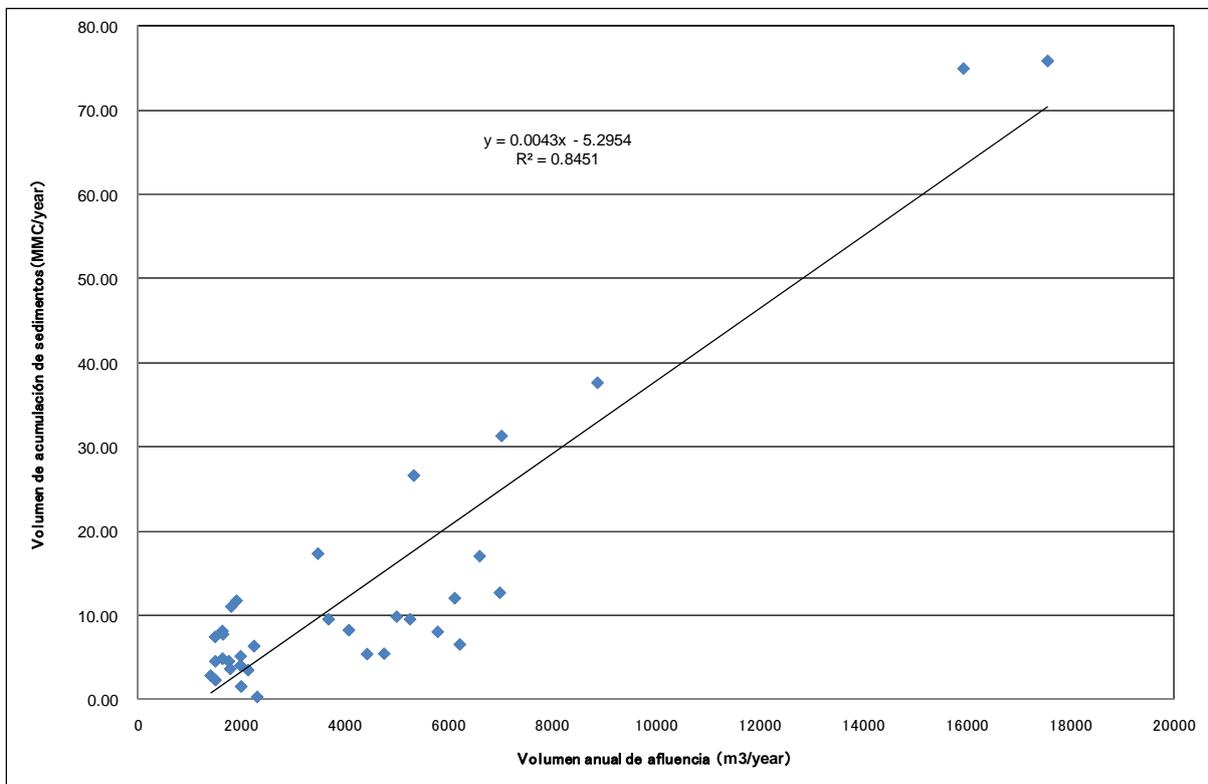
Observándose el volumen de descarga de sedimentos, en los años 1983 y 1998 cuando ocurrió el fenómeno de El Niño, hubo mucha precipitación y durante un año se registró una descarga de sedimentos de cerca de 7,500t. El volumen comparativo de descarga de sedimentos considera 500m³/km²/año, pero durante la ocurrencia del Niño, este llega a 6,000m³/km²/año, cerca de 10 veces más de lo normal. La medición del volumen de descarga de sedimentos se da de manera transversal. En algunas Presas de Japón también, se han registrado un incremento de hasta dos dígitos en el volumen de sedimentos generados por la ocurrencia de inundaciones, con relación a años normales.

Figura 1.4.5 Volumen anual de afluencia en la Presa Poechos y acumulación de sedimentos



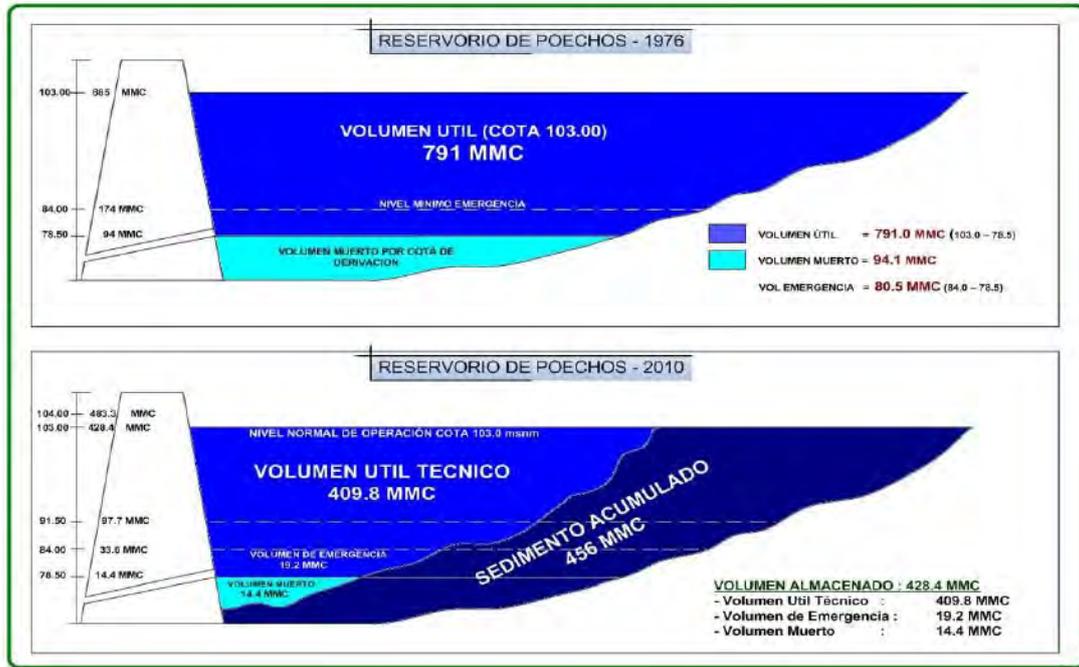
Fuente: : PECHP

Figura 1.4.6 Relación entre el volumen anual de afluencia y volumen de acumulación de sedimentos



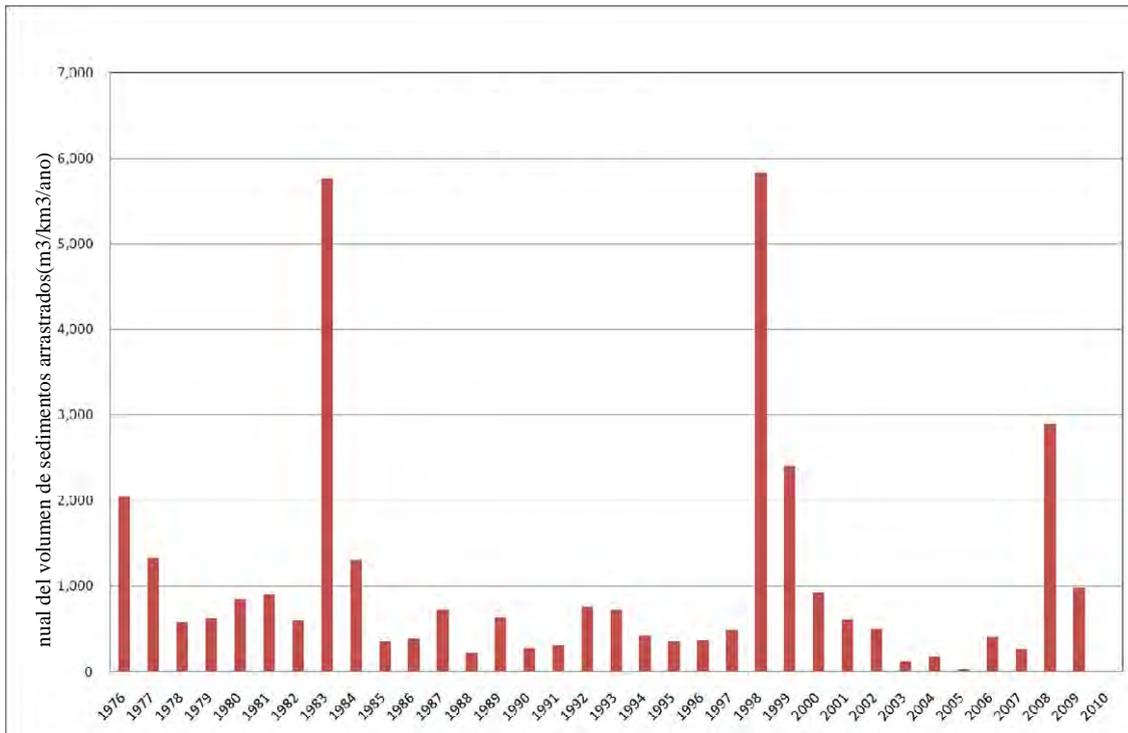
Fuente: Equipo Estudios de JICA

Figura 1.4.7 Situación de la acumulación de sedimentos (arriba 1976 – abajo 2010)



Fuente: : PECHP

Figura 1.4.8 Comparativo anual del volumen de sedimentos arrastrados



Fuente: Equipo Estudios de JICA

(a) Cálculo del volumen de descarga comparativo

Con base en los datos de la situación de sedimentos de la Presa Poechos se calcula el volumen comparativo de descarga de sedimentos para una inundación.

1) Datos pluviométricos

Los datos pluviométricos en los alrededores de la Presa Poechos fueron organizados. Se muestran en la Figura 1.4.3, Figura 1.4.9 y Tabla 1.4.4. Para elaborar el componente pluviométrico fueron seleccionadas estaciones relativamente cerca entre ellas, con periodos de medición largos. El periodo de medición utilizado en cada estación se muestra en la Tabla 1.4.5. La superficie de la cuenca abarca cerca de 6,500km², cubriendo tanto el Perú y el Ecuador, como se muestra en la Tabla 1.4.6.

Tabla 1.4.3 Estación pluviométrica de la cuenca del río Chira

Nombre de Estación	Región	Provincia	Ciudad	Longitud	Latitud	m.s.n.m.
ALAMOR	PIURA	SULLANA	LANCONES	80°23'00.0"	04°28'00.0"	150
ALIVIADERO	PIURA	SULLANA	LANCONES	80°31'00.0"	04°43'00.0"	103
ALTAMIZA	PIURA	MORROPON	CHALACO	79°44'00.0"	05°04'00.0"	2600
ANIA CABUYAL	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°29'00.0"	04°51'00.0"	2450
ARANZA	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°59'00.0"	04°51'00.0"	1300
ARDILLA (SOLANA BAJA)	PIURA	SULLANA	LANCONES	80°26'00.0"	04°31'00.0"	150
ARENALES	PIURA	AYABACA	FRIAS	79°51'00.0"	04°55'00.0"	3010
ARRENDAMIENTOS	PIURA	AYABACA	LAGUNAS	79°54'00.0"	04°50'00.0"	3010
AUL (C. MEMBRILLO)	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°42'00.0"	04°33'00.0"	640
AYABACA	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°43'00.0"	04°38'00.0"	2700
CHALACO	PIURA	MORROPON	CHALACO	79°47'30.0"	05°02'13.0"	2276
CHILACO	PIURA	SULLANA	LANCONES	80°30'00.0"	04°42'00.0"	90
EL CIRUELO	PIURA	AYABACA	SUYO	80°09'00.0"	04°18'00.0"	202
EL TABLAZO	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	80°28'00.0"	04°53'00.0"	148
ESPINDOLA	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°30'00.0"	04°38'00.0"	2300
FRIAS	PIURA	AYABACA	FRIAS	79°51'00.0"	04°56'00.0"	1700
HACIENDA YAPATERA	PIURA	MORROPON	CHULUCANAS	80°08'00.0"	05°04'00.0"	117
HUARA DE VERAS	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°34'00.0"	04°35'00.0"	1680
JILILI	PIURA	AYABACA	JILILI	79°48'00.0"	04°35'00.0"	1330
LA ESPERANZA	PIURA	PAITA	COLAN	81°03'38.0"	04°55'04.0"	12
LA TINA	PIURA	AYABACA	SUYO	79°57'00.0"	04°24'00.0"	427
LAGARTERA	PIURA	AYABACA	SAPILLICA	79°58'00.0"	04°44'00.0"	307
LAGUNA SECA	PIURA	AYABACA	PACAIAMPAMPA	79°29'00.0"	04°53'00.0"	2450
LANCONES	PIURA	SULLANA	LANCONES	80°32'50.0"	04°38'34.0"	150
LAS ARREBIATADAS	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°28'00.0"	04°45'00.0"	3450
LAS LOMAS	PIURA	PIURA	LAS LOMAS	80°15'00.0"	04°38'00.0"	265
LAS PIRCAS	PIURA	AYABACA	FRIAS	79°48'00.0"	04°59'00.0"	3300
LOS ENCUENTROS	PIURA	SULLANA	LANCONES	80°17'00.0"	04°26'00.0"	175

*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y
VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL
I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-6 PLAN DE CONTROL DE SEDIMENTOS (Versión Pública)*

MALLARES	PIURA	SULLANA	MARCAVELICA	80°42'52.9"	04°51'25.6"	47
MONTERO	PIURA	AYABACA	MONTERO	79°50'00.0"	04°38'00.0"	1070
NACIENTES DE ARANZA	PIURA	AYABACA	PACAIPAMPA	79°29'00.0"	04°53'00.0"	2450
NANGAY MATALACAS	PIURA	AYABACA	PACAIPAMPA	79°46'00.0"	04°52'00.0"	2100
OLLEROS	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°39'00.0"	04°42'00.0"	1360
PACAYPAMPA	PIURA	AYABACA	PACAIPAMPA	79°39'46.0"	04°59'35.0"	2041
PAIMAS	PIURA	AYABACA	PAIMAS	79°57'00.0"	04°37'00.0"	545
PAITA	PIURA	PAITA	PAITA	81°08'00.0"	05°07'00.0"	3
PANANGA	PIURA	SULLANA	MARCAVELICA	80°53'00.0"	04°33'00.0"	480
PARAJE GRANDE	PIURA	AYABACA	PAIMAS	79°54'00.0"	04°37'00.0"	555
PARTIDOR	PIURA	SULLANA	LANCONES	80°15'00.0"	04°38'00.0"	265
PASAPAMPA	PIURA	HUANCABAMBA	HUANCABAMBA	79°36'00.0"	05°07'00.0"	2410
PICO DE LORO	PIURA	AYABACA	SUYO	79°52'00.0"	04°32'00.0"	1325
PUENTE INTERNACIONAL	PIURA	AYABACA	SUYO	79°57'00.0"	04°23'00.0"	408
PUENTE SULLANA	PIURA	SULLANA	SULLANA	80°41'00.0"	04°53'00.0"	32
REPRESA SAN LORENZO	PIURA	PIURA	LAS LOMAS	80°13'00.0"	04°40'00.0"	300
SAN ISIDRO	PIURA	PIURA	LAS LOMAS	80°16'00.0"	04°47'00.0"	160
SAN JACINTO	PIURA	SULLANA	IGNACIO ESCUDERO	80°52'00.0"	04°51'00.0"	103
SAN JUAN DE LOS ALISOS	PIURA	AYABACA	PACAIPAMPA	79°32'00.0"	04°58'00.0"	2150
SAPILLICA	PIURA	AYABACA	SAPILLICA	79°59'00.0"	04°47'00.0"	1456
SAUSAL DE CULUCAN	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°45'42.0"	04°44'52.0"	980
SICCHEZ	PIURA	AYABACA	SICCHEZ	79°46'00.0"	04°34'00.0"	1435
SOMATE	PIURA	SULLANA	SULLANA	80°31'00.0"	04°45'00.0"	112
SUYO	PIURA	AYABACA	SUYO	80°00'00.0"	04°32'00.0"	250
TACALPO	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°36'00.0"	04°39'00.0"	2012
TALANEO	PIURA	HUANCABAMBA	HUANCABAMBA	79°33'00.0"	05°03'00.0"	3430
TAPAL	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°33'00.0"	04°46'00.0"	1890
TEJEDORES	PIURA	PIURA	LAS LOMAS	80°14'00.0"	04°45'00.0"	230
TIPULCO	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°34'00.0"	04°42'00.0"	2600
TOMA DE ZAMBA	PIURA	AYABACA	LAGUNAS	79°54'00.0"	04°40'00.0"	585
VADO GRANDE	PIURA	AYABACA	AYABACA	79°36'00.0"	04°27'00.0"	900

Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio de JICA a base de datos de SENAMHI

Tabla 1.4.4 Periodo de medición utilizado en las estaciones medidoras

RIO CHIRA	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		
ALAMOR																																					
EL CIRUELO																																					
PARTIDOR																																					

Fuente: Equipo Estudios de JICA

Tabla 1.4.5 Detalles de la composición del volumen de lluvias

Estación	Periodo de utilización	Periodo faltante (sin datos)
ALAMOR	1ro de Diciembre – 31 de Marzo de 1996	Mayo de 1992 – Junio de 1993 Agosto de 1995
EL CIRUELO	1ro de Abril de 1996 – 31 Diciembre de 1997	
PARTIDOR	1ro de Enero de 1998 -25 de Junio de 2010	Junio de 1998 – Diciembre de 1998 Enero de 2009, Marzo de 2010

※Los años 1992 y 1993 fueron excluidos del análisis ya que no existen datos. Los meses de enero a mayo del año 1998 si se tomaron en cuenta ya que se cuenta con los datos respectivos.

Fuente: Equipo Estudios de JICA

Tabla 1.4.6 Área de la cuenca de la Presa Pochos

	Área (km ²)
Cuenca parte Peruana	6,410
Cuenca parte Ecuatoriana	Aprox. 6,590
Total	Aprox. 13,000

Fuente: Equipo Estudios de JICA

2) Relación entre la pluviometría y el volumen de descarga de sedimentos

El volumen de descarga en la Presa Poechos, el volumen de sedimentos y el volumen pluviométrico se muestran en la Tabla 1.4.7 y las Figura 1.4.10 a Figura 1.4.16. Durante los años 1983 y 1998, cuando ocurrió el fenómeno de El Niño, fue registrado un acumulo de sedimentos de 370 millones m³. El volumen pluviométrico anual y el volumen de descarga anual son congruentes, así como la relación de estos con el volumen de sedimentos. Como la superficie de la cuenca es prácticamente la misma tanto para el Perú como para el Ecuador, hemos considerado el volumen de sedimentos así como el volumen de descarga en 50%.

Tabla 1.4.7 Volumen de afluencia, acumulación de sedimentos y lluvias en la Presa Poechos

Año	Precipitación máxima en 24 horas mm	Máxima Precipitación continua mm	Precipitación Total Anual mm	Cantidad de Sedimentos 1 MMC	Cantidad de flujo entrante 1 MMC	Observaciones
1976				13.30	2,661.5	
1977	135.9	234.1	894.2	8.65	1,736.5	
1978	28.0	38.2	149.3	3.70	744.0	
1979	30.0	70.1	181.9	4.05	814.5	
1980	72.9	187.4	360.1	5.50	900.0	
1981	93.2	450.5	555.2	5.85	951.0	
1982	100.8	199.7	488.6	3.85	821.0	
1983	209.1	942.0	3112.6	37.50	7,965.0	El Niño
1984	82.5	196.4	783.5	8.50	3,297.0	
1985	49.7	111.9	265.3	2.25	876.0	
1986	100.5	206.1	607.9	2.55	990.5	
1987	152.3	401.5	1288.8	4.75	1,838.5	
1988	16.1	25.3	120.4	1.40	701.0	
1989	91.0	185.4	973.5	4.10	2,035.0	
1990	18.3	58.3	173.9	1.80	890	
1991	105.3	163.8	416.1	2.00	989.5	
1992	186.0	411.5	1275.4	4.90	2,496.5	
1993				4.75	2,625.0	no data
1994	116.5	245.0	737.6	2.70	2,375.5	
1995	85.0	145.9	404.4	2.25	747.1	
1996	76.5	172.5	299.4	2.40	815.6	
1997	91.8	180.4	622.8	3.15	1,120.0	
1998	191.4	599.8	2816.8	37.95	8,778.0	El Niño
1999	108.6	239.5	562.9	15.65	3,508.7	
2000	53.7	85.7	499.3	6.00	3057	
2001	99.4	495.1	983.2	4.00	2,892.5	
2002	105.6	382.6	914.1	3.25	3,105.5	
2003	55.0	58.1	149.6	0.75	996.0	
2004	35.4	36.1	140.5	1.13	747.9	
2005	48.9	128.4	238.2	0.13	1,150.5	
2006	105.6	140.3	677.1	2.68	2,210.6	
2007	48.2	78.3	202.4	1.73	1,062.9	
2008	114.3	318.6	990.7	18.82	4,433.8	

2009	51.3	87.7	377.2	6.33	3,491.4	
------	------	------	-------	------	---------	--

※Se toma 50% ya que las áreas de las cuencas de Perú y Ecuador son aproximadamente la mitad del área total de la cuenca
 Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del PECHP

Figura 1.4.10 Relación entre el volumen anual de lluvias y volumen de acumulación de sedimentos

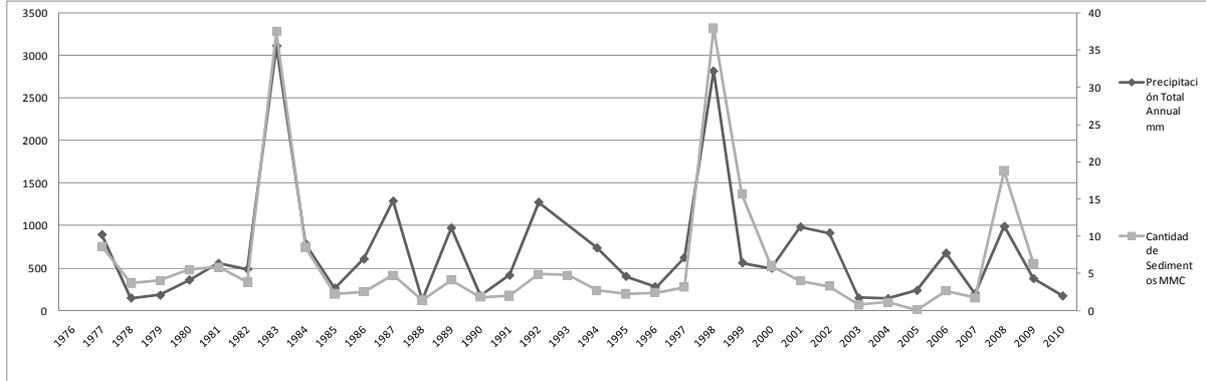


Figura 1.4.11 Relación entre máximo volumen de lluvias y volumen de acumulación de sedimentos Anual

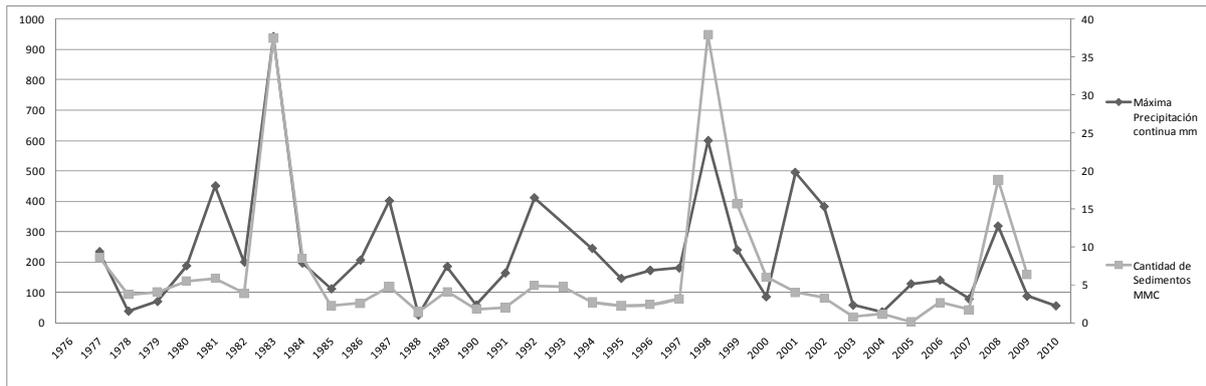
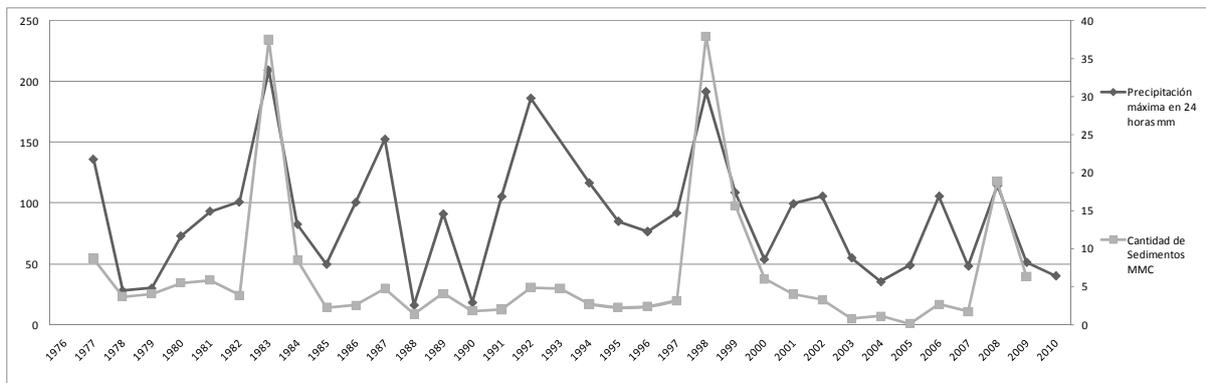


Figura 1.4.12 Relación entre máximo volumen de lluvias y volumen de acumulación de sedimentos diario



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Figura 1.4.13 Volumen de lluvias y volumen de afluencia anual

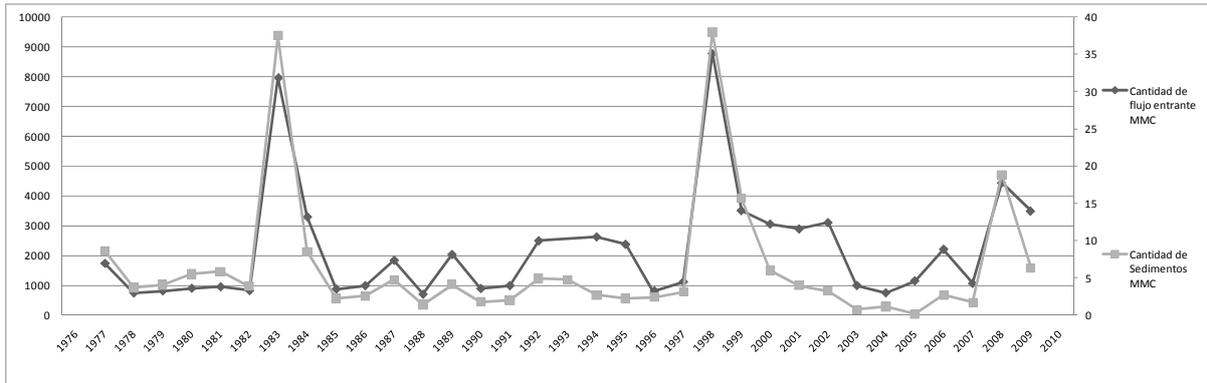


Figura 1.4.14 Volumen de afluencia y volumen de acumulación de sedimentos anual

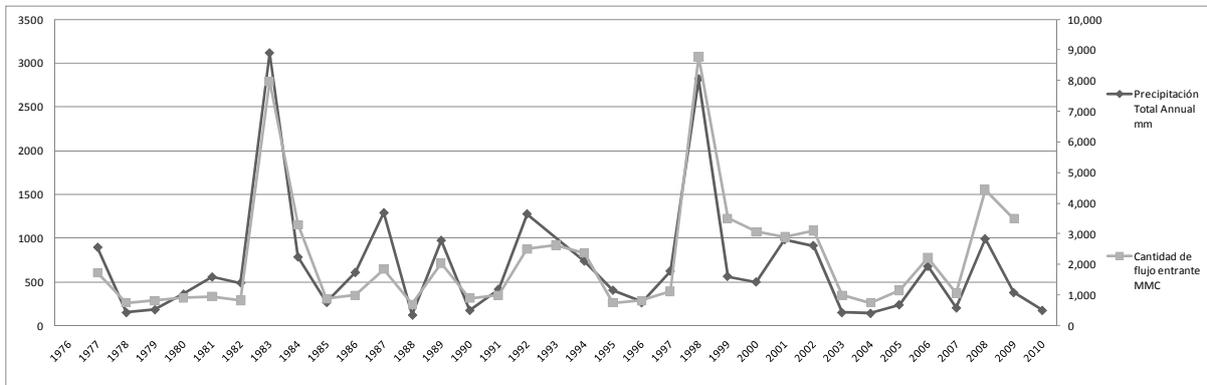
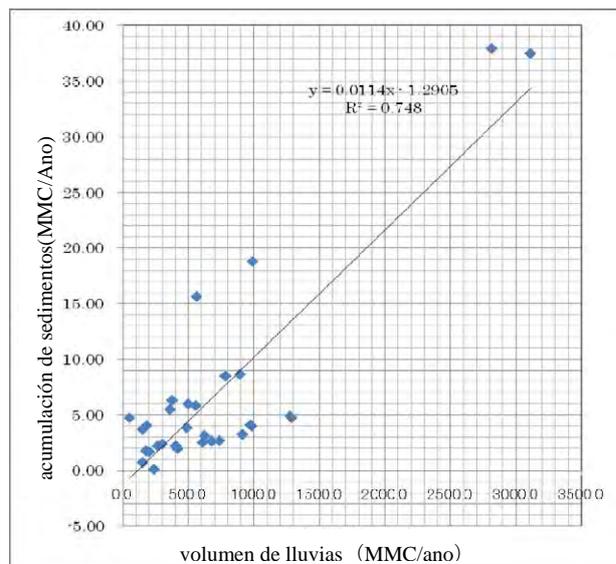
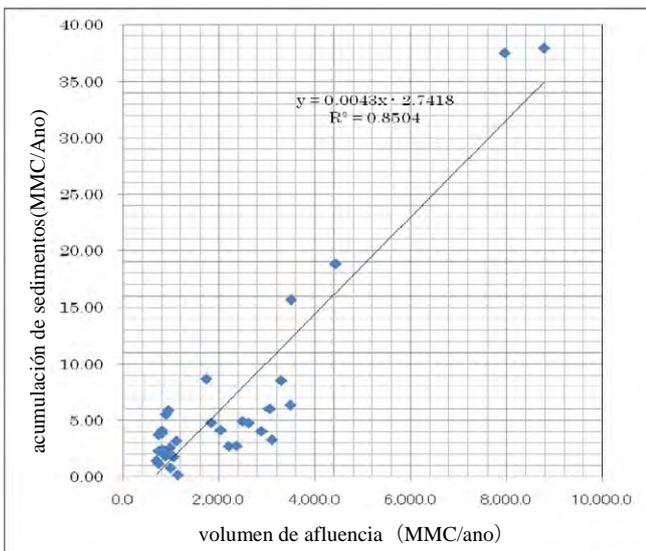


Figura 1.4.15 Relación entre el volumen de afluencia y volumen de acumulación de sedimentos

Figura 1.4.16 Relación entre volumen de lluvias y volumen de acumulación de sedimentos anual



Fuente: Equipo Estudios de JICA

3) Relación entre pluviometría y pérdida de suelo

Para calcular el volumen pérdida de suelo se ha utilizado el modelo experimental típico Ecuación Universal de Pérdida de Suelo o USLE (Universal Soil Loss Equation) y su versión revisada RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), así como el MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation). El USLE se muestra en la Ecuación 1.4.1 y ha sido intrínsecamente desarrollado por diversos investigadores y con base a un modelo estático; Wishmeier entre otros, desarrollaron un modelo práctico aplicando datos experimentales de campo.

A = R K L S C P Ecuación 1.4.1

Así,

A : Pérdida de suelo por unidad de superficie [t ha-1 y-1]

R : Factor de erosividad de lluvia [MJ mm ha-1 h-1 y-1]

K : Factor de erosionabilidad [t h MJ-1 mm-1]

L : Factor de longitud de la pendiente [adimensional]

S : Factor de inclinación de la pendiente [adimensional]

La pérdida de suelo anual A es proporcional a R, K, L y S

$$R = \sum_{i=1}^n E_i I_{30i}$$

Así queda claro que la pérdida de suelo es proporcional al volumen de lluvias.

Donde:

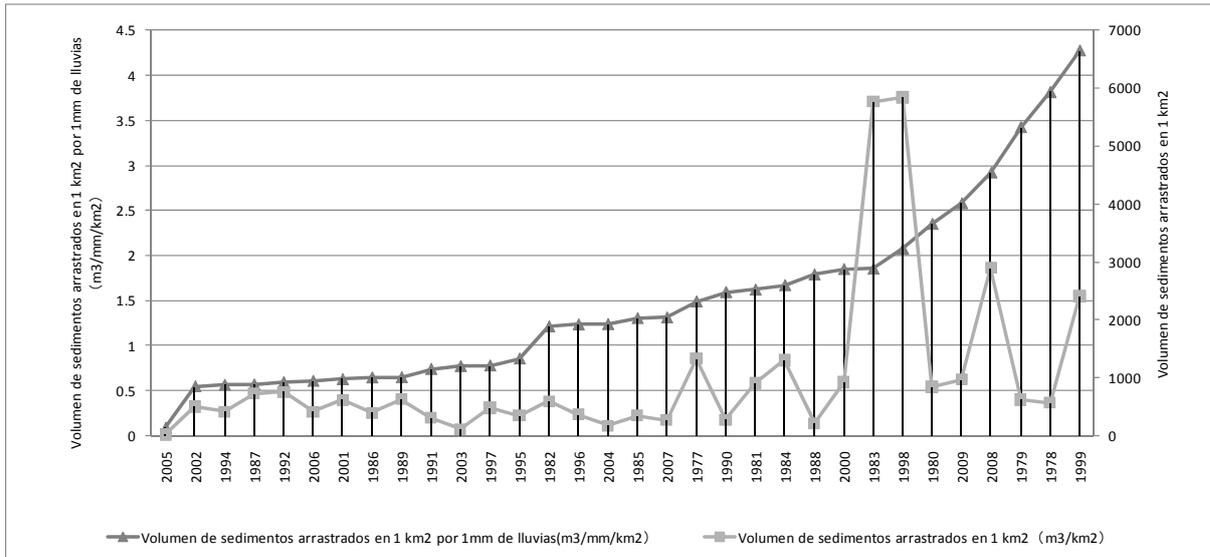
E_i : Energía cinética de las lluvias [MJ ha-1] en el evento aleatorio de lluvias i

I_{30i} : Volumen máximo de lluvias por 30 minutos [mm h-1] en el evento aleatorio de lluvias i (observar las unidades)

n : No. de eventos aleatorios de lluvias al año

Los datos de volumen de lluvias fueron organizados pero como solamente existen datos de volumen de lluvias diario, se asume que el volumen de pérdida de suelo y el volumen de lluvias es proporcional, de manera que se ha calculado el volumen de descarga de suelo en 1 mm para 1 km². Existen variaciones entre los números, pero los resultados obtenidos son 0.5 ~ 4 m³/km²/mm, con promedio de 1.48 m³/km²/mm.

Figura 1.4.17 Volumen de sedimentos arrastrados en 1 km² por 1mm de lluvias

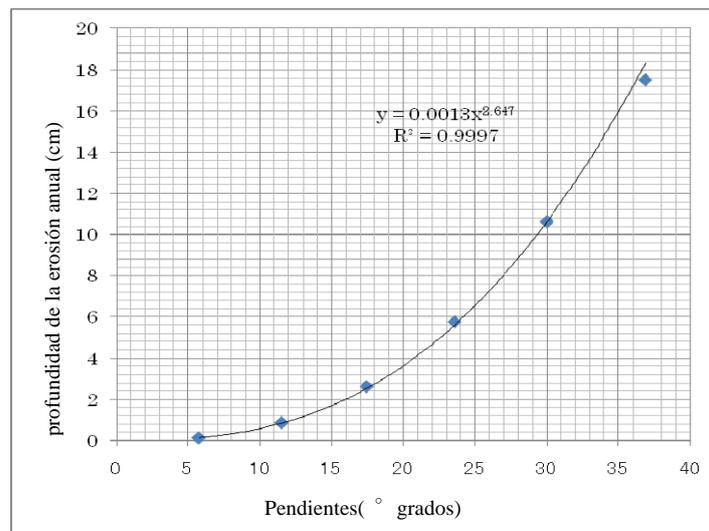


Fuente: Equipo Estudios de JICA

4) Pérdida de suelo e inclinación de pendientes

Mediciones en la cuenca del río Jinzukawa muestran que la profundidad de erosión anual ocurre principalmente en las pendientes inclinadas y mientras más acentuada la inclinación, más profunda es la erosión. (Kazuo Ashida, Tamotsu Takahashi, Tomiaki Sawada, S60.4]¹). A partir de estos datos de medición se ha podido averiguar la relación entre la inclinación de pendiente y profundidad de la erosión, como se muestra a seguir (Ver Figura 1.4.18). La clasificación de inclinación de las cuencas fue realizada a partir del mapa de clasificación de inclinaciones y con base a estos datos fue atribuida una ponderación del volumen de pérdida de suelo para cada inclinación. (Ver Tabla 1.4.8).

Figura 1.4.18 Relación entre pendientes y la profundidad de la erosión anual



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Tabla 1.4.8 Ponderación de la profundidad de erosión por inclinación de la pendiente

Inclinación de pendiente (°)	Área (km ²)	Porcentaje (%)	Nivel de erosión
0-2	335.24	5%	1
2-15	2065.31	32%	1
15-35	1854.42	29%	6
35-	2155.05	34%	59
Total	6410.02	100%	

Fuente: Equipo Estudios de JICA

5) Volumen comparativo de descarga en los alrededores de la Presa Poechos

El resultado del volumen de descarga de sedimentos para un volumen pluviométrico de 50mm se muestra en la Tabla 1.4.9.

Tabla 1.4.9 Volumen de arrastre de sedimentos por 50mm de lluvia

Inclinación de pendiente	Volumen de arrastre de sedimentos por 50mm
0-15°	3.4m ³ /km ²
15-35°	21.2m ³ /km ²
35°	199.5m ³ /km ²

Fuente: Equipo Estudios de JICA

6) Volumen de descarga de sedimentos en otras cuencas

Fue evaluada la validez de utilizar el volumen comparativo de sedimentos calculados a partir de los sedimentos de la Presa Poechos en las otras cuencas. Se dice que el volumen de descarga de sedimentos depende grandemente de la geología y en las especificaciones técnicas de protección de cuencas (propuesta) se utilizan los siguientes volúmenes de descarga de sedimentos como referencia (Ver Tabla 1.4.10).

En las cercanías de la Presa Poechos se encuentra materia volcánica mientras que en los alrededores de las cuencas de Cañete, Chincha, Pisco, y Yauca se encuentra materia granítica y andesítica. De acuerdo con la siguiente Tabla, se desprende que en las 4 cuencas de Cañete, Chincha, Pisco y Yauca el volumen de descarga de sedimentos se sitúa entre los 60% y 75% en comparación con Chira.

De esta forma, se asume que en las otras 4 cuencas el volumen de descarga de sedimentos es de 75%, tal como se observa en la Tabla 1.4.11.

Tabla 1.4.10 Diferencias en el volumen de arrastre de sedimentos de acuerdo con la Geología

Clasificación de la Cuenca	Geología	Cantidad de sedimentos (tomando como referencia 1km ² de área de cuenca)
Zona de Aluviones	Zona de granitos	Inundación de 50,000~150,000m ³ /km ² /1
	Zona de eyección volcánica	Inundación de 80,000~200,000m ³ /km ² /1
	Zona de estrato terciario	Inundación de 40,000~100,000m ³ /km ² /1
	Zona de rocas fracturadas	Inundación de 100,000~200,000m ³ /km ² /1
	Otra zonas	Inundación de 30,000~800,000m ³ /km ² /1
Zona de flujo de tracción	Zona de granitos	Inundación de 45,000~60,000m ³ /km ² /1
	Zona de eyección volcánica	Inundación de 60,000~80,000m ³ /km ² /1

	Zona de estrato terciario	Inundación de 40,000~50,000m ³ /km ² /1
	Zona de rocas fracturadas	Inundación de 100,000~125,000m ³ /km ² /1
	Otra zonas	Inundación de 20,000~30,000m ³ /km ² /1

Se utiliza 0.5 veces cuando el área de la cuenca es 10 veces el promedio, cuando es 1/10 se puede utilizar hasta 3 veces.

Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudios de JICA tomando como base la Versión Revisada del Proyecto de las Normas Técnicas de Control de Sedimentos del Ministerio de Construcción S61

Tabla 1.4.11 Volumen comparativo de arrastre en las cuatro cuencas

Inclinación de pendiente	Volumen de arrastre de sedimentos por 50mm
0-15°	2.5m ³ /km ²
15-35°	15.9m ³ /km ²
35°	149.6m ³ /km ²

Fuente: Equipo Estudios de JICA

(3) Volumen de tracción calculado a partir del volumen de flujo

Considerándose que el volumen de sedimentos generados en la superficie del suelo ingresa en el cauce en su totalidad, y los sedimentos son descargados en lo posible en el volumen correspondiente al flujo, es posible estimar el volumen máximo de sedimentos posibles de ser descargados a partir de la fórmula de volumen de arrastre de sedimentos. Para averiguar el máximo volumen posible de descarga de sedimentos aplicamos la fórmula de tracción de volumen de sedimentos MPM que es la más adecuada para cuencas en zonas montañosas.

$$\Phi_B = 8(\tau_{*e} - 0.047)^{3/2}$$

$$\tau_{*e} = u_{*e}^2 / (sgd)$$

$$u_{*e} = (n_b / n)^{3/4} u_*$$

Donde

τ_{*e} : Fuerza de tracción crítica

U_{*c} : Velocidad de fricción crítica

U_* : Velocidad de fricción

S_g : Aceleración gravitacional

D : Diámetro de partículas promedio

Las condiciones son las siguientes.

Tabla 1.4.12 Condiciones de capacidad de entrada de cada río

Condiciones de ingreso de datos	Cañete	Chincha	Pisco	Yauca	Camaná Majes
Diámetro promedio (cm) ※1	1cm,10cm	3.8cm,5cm	1.2cm,3.8cm	0.9cm,6.3cm	1.3cm,6.3cm,
Densidad del cascajo (σ) g/cm ³	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Densidad del Agua (ρ) g/cm ³	1	1	1	1	1
Coeficiente de Manning (n)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Pendiente del lecho (1/I) ※2	45	63	76	60	66
Ancho del río (B)(m) ※2	75	150	100	150	30

※1 El cálculo del diámetro promedio se realizó a partir de los resultados de una investigación de laboratorio (D50) realizadas con material extraído del lecho del río. Se realizó para todas las muestras un análisis granulométrico. Teniendo en cuenta el máximo de 150mm se comparó con los 2 resultados del análisis granulométrico.

※2 De los resultados de los trabajos de topografía

Fuente: Equipo Estudios de JICA

Dadas las condiciones arriba, el volumen posible de descarga de sedimentos ha sido calculado a partir del volumen de flujo probable obtenido a través del análisis hidrológico.

Tabla 1.4.13 Volumen de sedimentos calculados por el método de volumen de arrastre

Cuenca	Periodo de retorno	Descarga pico	Resultados de los cálculos	
Cañete	Diámetros		φ1cm	φ10cm
	Descarga para 10 años de periodo de retorno	408	50,541	21,814
	Descarga para 25 años de periodo de retorno	822	75,016	39,466
	Descarga para 50 años de periodo de retorno	1496	111,963	67,443
	Descarga para 100 años de periodo de retorno	2175	127,615	80,635
Chincha	Diámetros		φ3.8cm	φ5cm
	Descarga para 10 años de periodo de retorno	472	135,501	87,276
	Descarga para 25 años de periodo de retorno	579.6	187,323	131,099
	Descarga para 50 años de periodo de retorno	806.7	214,464	154,300
	Descarga para 100 años de periodo de retorno	916.8	270,144	203,437
Pisco	Diámetros		φ1.2cm	φ3.8cm
	Descarga para 10 años de periodo de retorno	287	123,893	52,008
	Descarga para 25 años de periodo de retorno	451	171,511	88,622
	Descarga para 50 años de periodo de retorno	688	196,456	113,136
	Descarga para 100 años de periodo de retorno	855	247,655	130,429
Yauca	Diámetros		φ0.9cm	φ6.3cm
	Descarga para 10 años de periodo de retorno	36.5	22,238	1
	Descarga para 25 años de periodo de retorno	90	44,212	4,497
	Descarga para 50 años de periodo de retorno	167	71,405	16,090
	Descarga para 100 años de periodo de retorno	263	111,523	38,267
Camaná Majes	Diámetros		Φ1.3cm	φ6.3cm
	Descarga para 10 años de periodo de retorno	1,166	459,173	384,896
	Descarga para 25 años de periodo de retorno	1,921	719,715	631,326
	Descarga para 50 años de periodo de retorno	2,658	943,849	846,222
	Descarga para 100 años de periodo de retorno	3,562	1,192,347	1,087,202

Fuente: Equipo Estudios de JICA

1) Volumen de producción de sedimentos para cada cuenca

Fueron calculados para cada cuenca, los 3 tipos de volumen de sedimentos indicados abajo. En todas las cuencas, el incremento del volumen de sedimentos se ha dado para el caso 2, caso 1, caso 3 y caso 4, en este orden.

Caso 1 : Volumen de sedimentos calculados a partir del flujo (D 50 < a 120 mm)

Caso 2 : Volumen de sedimentos calculados a partir del flujo (D 50 para el total)

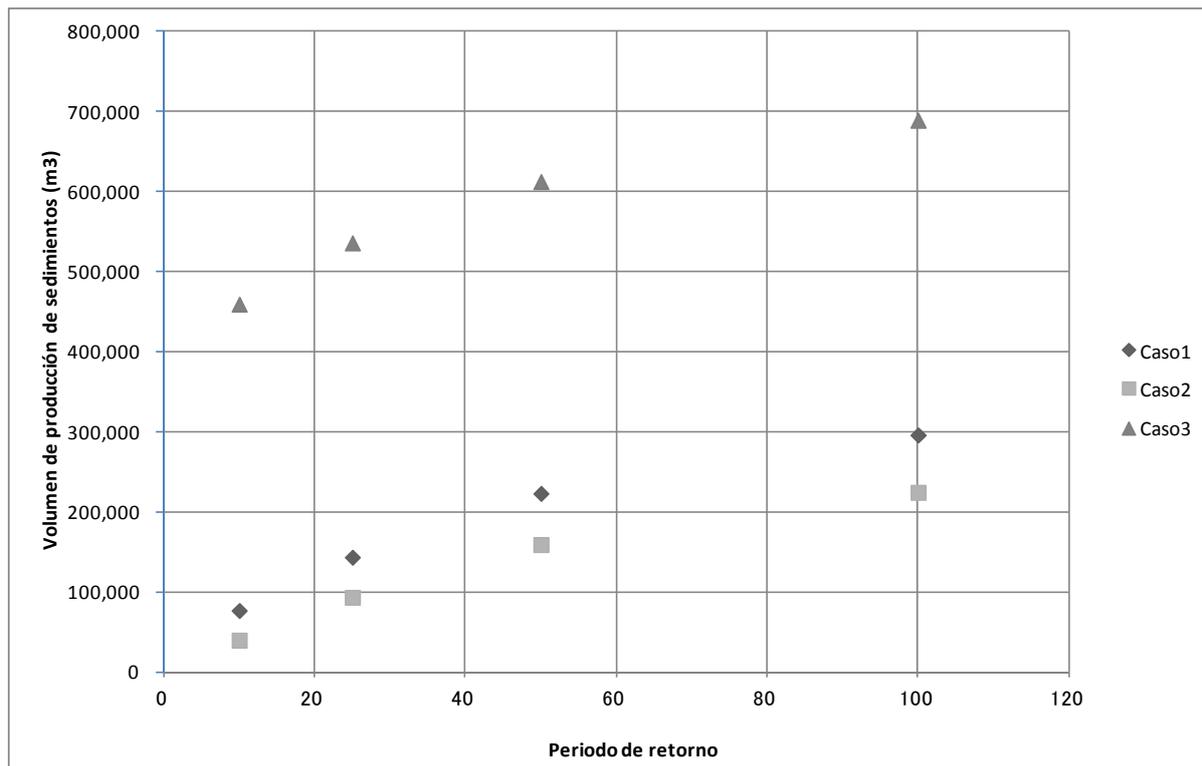
Caso 3 : Volumen de sedimentos calculado a partir del volumen de sedimentos de la Presa Poechos

Caso 4 : Volumen de arrastre de sedimentos posible

(a) Cuenca de Cañete

El volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Cañete se muestra a seguir. El volumen de sedimentos calculados a partir de la ecuación de arrastre de sedimentos en base al volumen de sedimentos de la Presa Poechos, ha resultado en cerca del doble del volumen. En los Casos 1 y 2, el diámetro de las partículas es de cerca de 10 veces más pero no es una diferencia significativa. Se asume que esto ocurre porque el volumen del flujo es abundante.

Figura 1.4.19 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Cañete



Caso 4 : Volumen posible de arrastre de cada cuenca 253,743,829m³

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Tabla 1.4.14 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Cañete

Periodo de retorno	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos ϕ 1cm	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos ϕ 10cm	Volumen de sedimentos calculados en base a la cantidad de sedimentos	Volumen de sedimentos trasladables
10	76,836	39,817	459,519	253,743,830
25	143,457	93,392	536,106	253,743,830
50	223,142	159,295	612,693	253,743,830
100	296,170	224,433	689,279	253,743,830

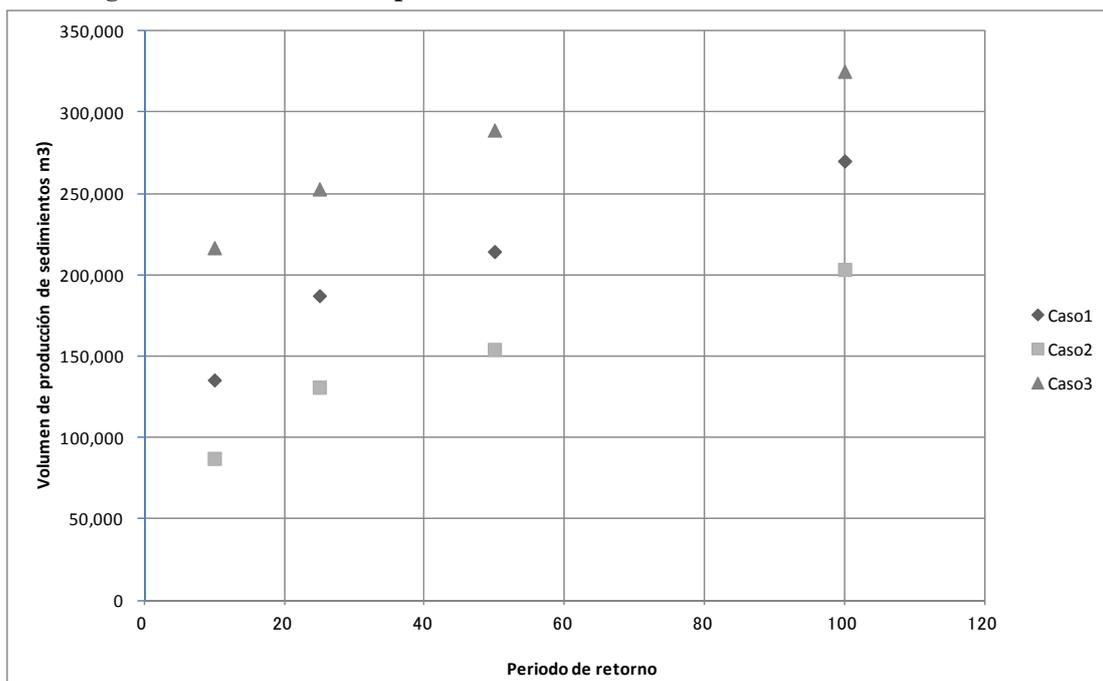
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Unidad: m³

(b) Cuenca de Chincha

El volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Chincha se muestra a seguir. El volumen de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos en base al volumen de sedimentos de la Presa Poechos, ha resultado en cerca 1.3 a 1.5 más. Existe una diferencia de cerca de 1.3 veces en el Caso 1 y el Caso 2. Esto es congruente con el diámetro de las partículas.

Figura 1.4.20 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Chincha



Caso 4: Volumen posible de arrastre de cada cuenca 156,351,611m³

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Tabla 1.4.15 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Chincha

Periodo de retorno	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos ϕ 3.8cm	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos ϕ 5cm	Volumen de sedimentos calculados en base a la cantidad de sedimentos	Volumen de sedimentos trasladables
10	135,501	87,276	216,832	156,351,611
25	187,323	131,099	252,970	156,351,611
50	214,464	154,300	289,109	156,351,611
100	270,144	203,437	325,247	156,351,611

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

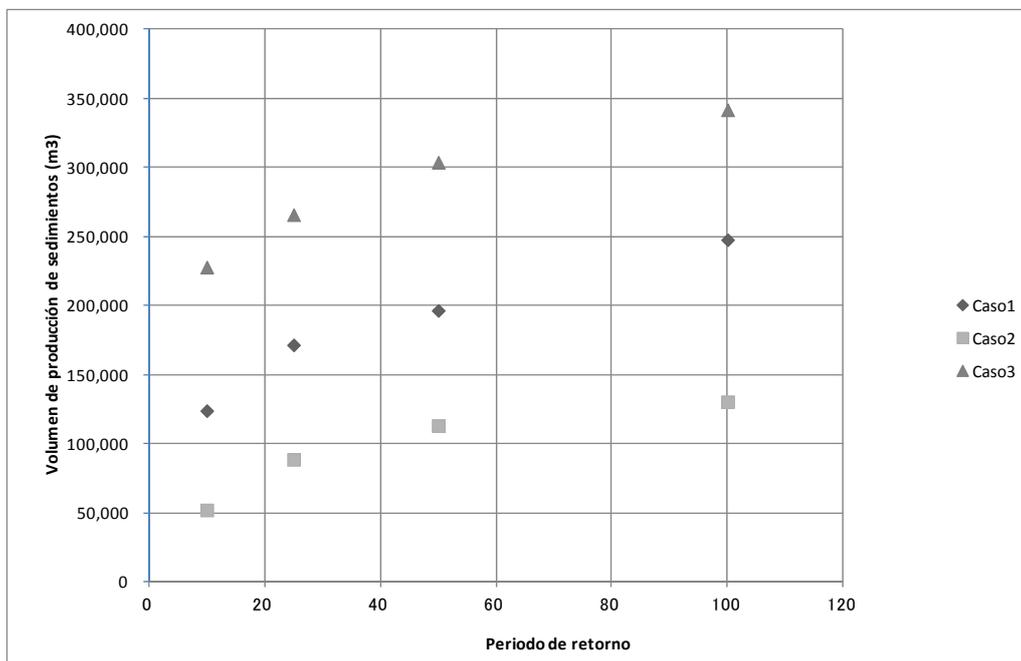
Unidad: m³

(c) Cuenca de Pisco

El volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Pisco se muestra a seguir. El volumen de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos en base al volumen de sedimentos de la Presa Poechos, ha resultado en cerca de 1.5~2.0 más. En los Casos 1 y 2, la diferencia es de cerca de 2 veces más.

Caso 4: Volumen posible de arrastre de cada cuenca 241,858,551m³

Figura 1.4.21 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Pisco



FuenteFuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Tabla 1.4.16 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Pisco

Periodo de retorno	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos ϕ 3 ϕ 1.2cm	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos ϕ 3 ϕ 3.8cm	Volumen de sedimentos calculados en base a la cantidad de sedimentos	Volumen de sedimentos trasladables
10	123,893	52,008	227,803	241,858,551
25	171,511	88,622	265,770	241,858,551
50	196,456	113,136	303,737	241,858,551
100	247,655	130,429	341,704	241,858,551

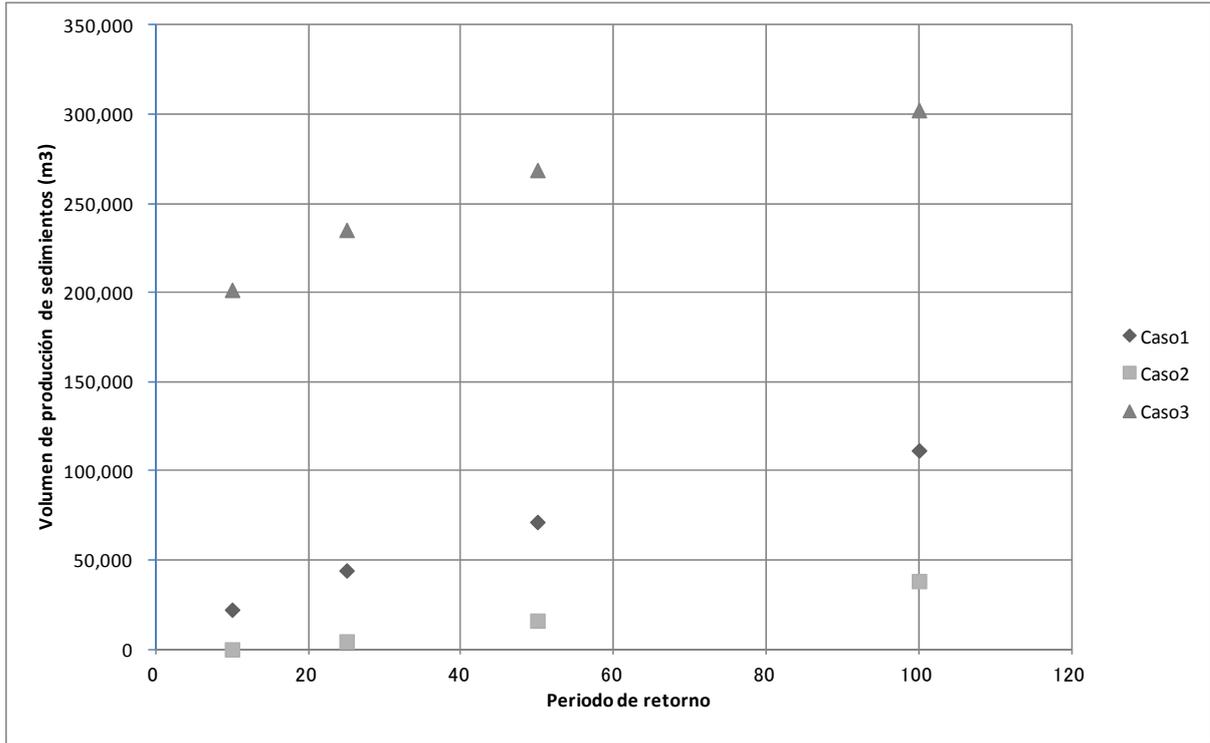
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Unidad: m³

(d) Cuenca de Yauca

El volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Yauca se muestra a seguir. El volumen de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos en base al volumen de sedimentos de la Presa de Poechos, ha resultado en cerca 3~6 veces más. En los Casos 1 y 2 esta diferencia es de cerca de 3 veces más.

Figura 1.4.22 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Yauca



Caso 4: Volumen posible de arrastre de cada cuenca 171,793,215m³

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Tabla 1.4.17 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Yauca

Periodo de retorno	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos ϕ 3 ϕ 1 ϕ 0.9cm	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos ϕ 3 ϕ 1 ϕ 6.3cm	Volumen de sedimentos calculados en base a la cantidad de sedimentos	Volumen de sedimentos trasladables
10	22,238	1	201,568	171,793,215
25	44,212	4,497	235,162	171,793,215
50	71,405	16,090	268,757	171,793,215
100	111,523	38,267	302,352	171,793,215

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Unidad: m³

(e) Cuenca de Camaná-Majes

A diferencia de las demás cuencas, del caso 1 al 3, tiene la misma cantidad de sedimentos. Se cree que esto se debe a que la cuenca es mucho más grande que los demás y además tiene mayor

Figura 1.4.23 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Camaná-Majes

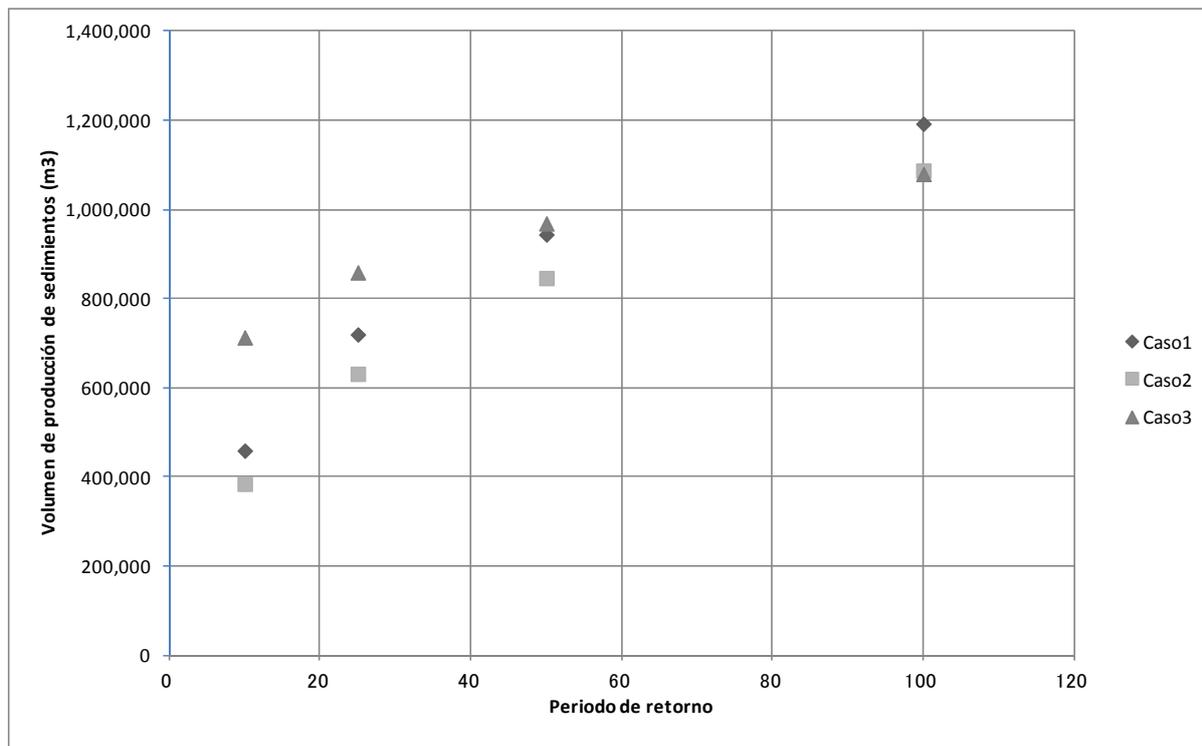


Tabla 1.4.18 Volumen de producción de sedimentos en la Cuenca de Camaná-Majes

Periodo de retorno	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos $\phi 3\phi 1\phi 0.9\text{cm}$	Vol. de sedimentos calculados a partir de la ecuación de transporte de sedimentos $\phi 3\phi 1\phi 0.6.3\text{cm}$	Volumen de sedimentos calculados en base a la cantidad de sedimentos	Volumen de sedimentos trasladables
10	459,173	384,896	712,945	728,677,693
25	719,715	631,326	858,829	728,677,693
50	943,849	846,222	968,636	728,677,693
100	1,192,347	1,087,202	1,079,822	728,677,693

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Unidad: m3

(f) Volumen de producción de sedimentos en cada cuenca

Los 4 casos de volumen de sedimentos fueron calculados para cada cuenca. De estos, se estima que los casos 1 y 2 que se controlan por el volumen de flujo son los más apropiados para cada evento de precipitación. Con relación al diámetro de las partículas, se puede afirmar que un ensayo de distribución de tamaño de partículas para el material total del cauce es más apropiado para expresar las características de

los materiales del cauce. A partir de lo mencionado anteriormente, el volumen de producción de sedimentos en cada cuenca es tal como se muestra en la Tabla 1.4.19.

Tabla 1.4.19 Volumen de producción de sedimentos en cada cuenca

Periodo de retorno	Cuenca del Río Cañete	Cuenca del Río Chincha	Cuenca del Río Pisco	Cuenca del Río Yauca	Camaná-Majes
10	39,817	87,276	52,008	1	384,896
25	93,392	131,099	88,622	4,497	631,326
50	159,295	154,300	113,136	16,090	846,222
100	224,433	203,437	130,429	38,267	1,087,202

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Unidad: m3

1.5 Identificación de zonas más erosionables

Las zonas más erosionables de cada cuenca fueron determinadas a partir de la inclinación de pendientes de la cuenca y por la inclinación del lecho. Primeramente se analizó la relación entre la altitud y la inclinación de la pendiente para cada cuenca, como también la distribución de pendientes en el cauce. La tendencia de ambos es prácticamente coincidente por lo que se ha identificado las zonas más erosionables considerando las pendientes en el cauce.

Las zonas de ocurrencia de arrastre de sedimentos se encuentran en las zonas donde la pendiente del cauce es superior a 1/3. Las zonas más erosionables han sido identificadas de acuerdo con la clasificación que se muestra en la Tabla 1.5.1. Los resultados se muestran en la Tabla 1.5.2 y Figura 1.5.1 a Figura 1.5.5.

Las cuencas de Cañete y Chincha son las que presentan una mayor superficie de zonas más erosionables, mientras que las cuencas de Chira, Yauca y Camaná-Majes son las que tienen menos área de zonas con mayor erosión.

Tabla 1.5.1 Clasificación de la erosión

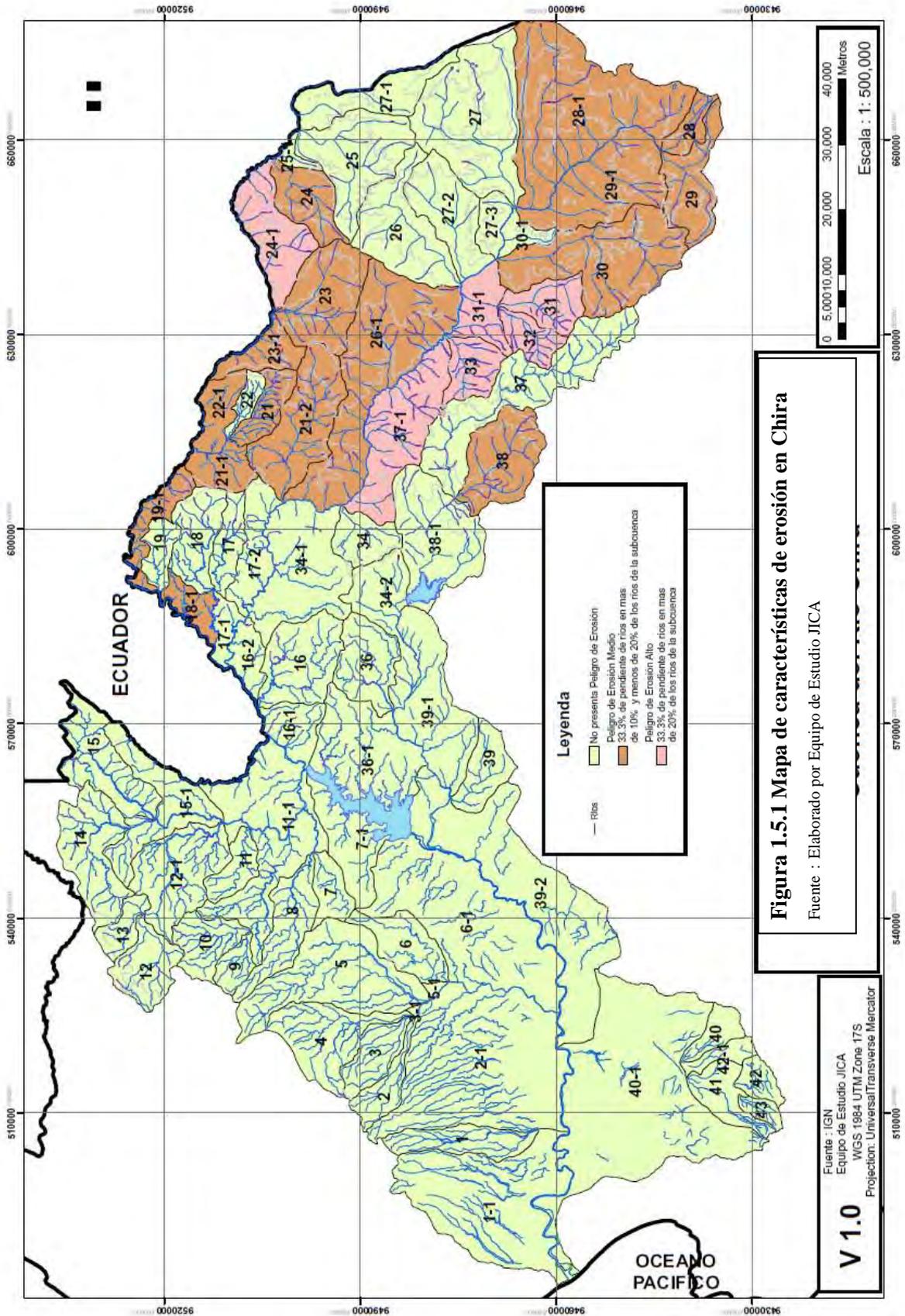
Clasificación	Grado de erosión	Contenido de la Clasificación
A	Erosión severa	Más de 20% de la longitud del cauce tiene pendientes superiores a 1/3
B	Erosión moderada	Entre 10% y 20% de la longitud del cauce tiene pendientes superiores a 1/3
C	Erosión escasa	Menos de 10% de la longitud del cauce tiene pendientes superiores a 1/3

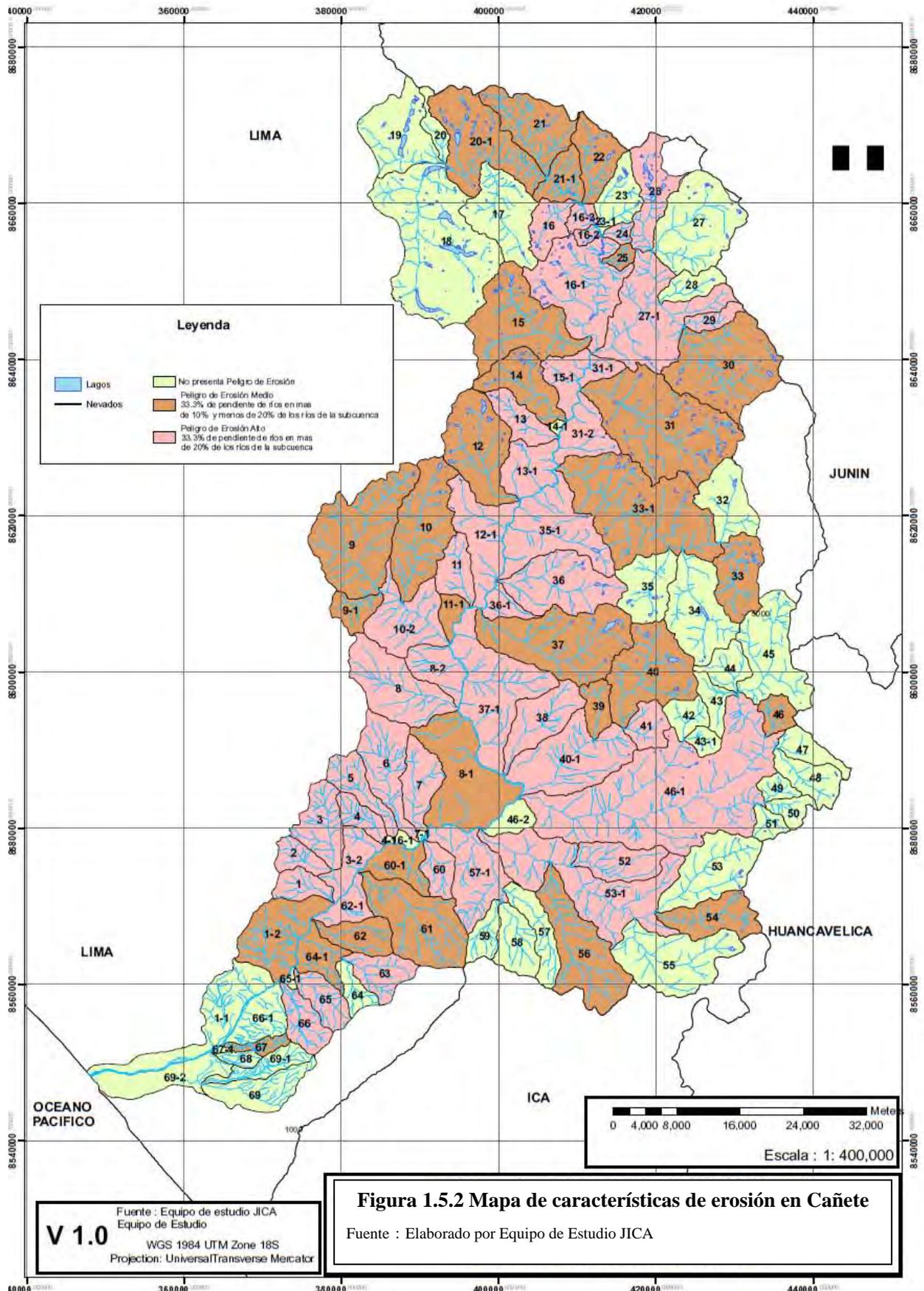
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

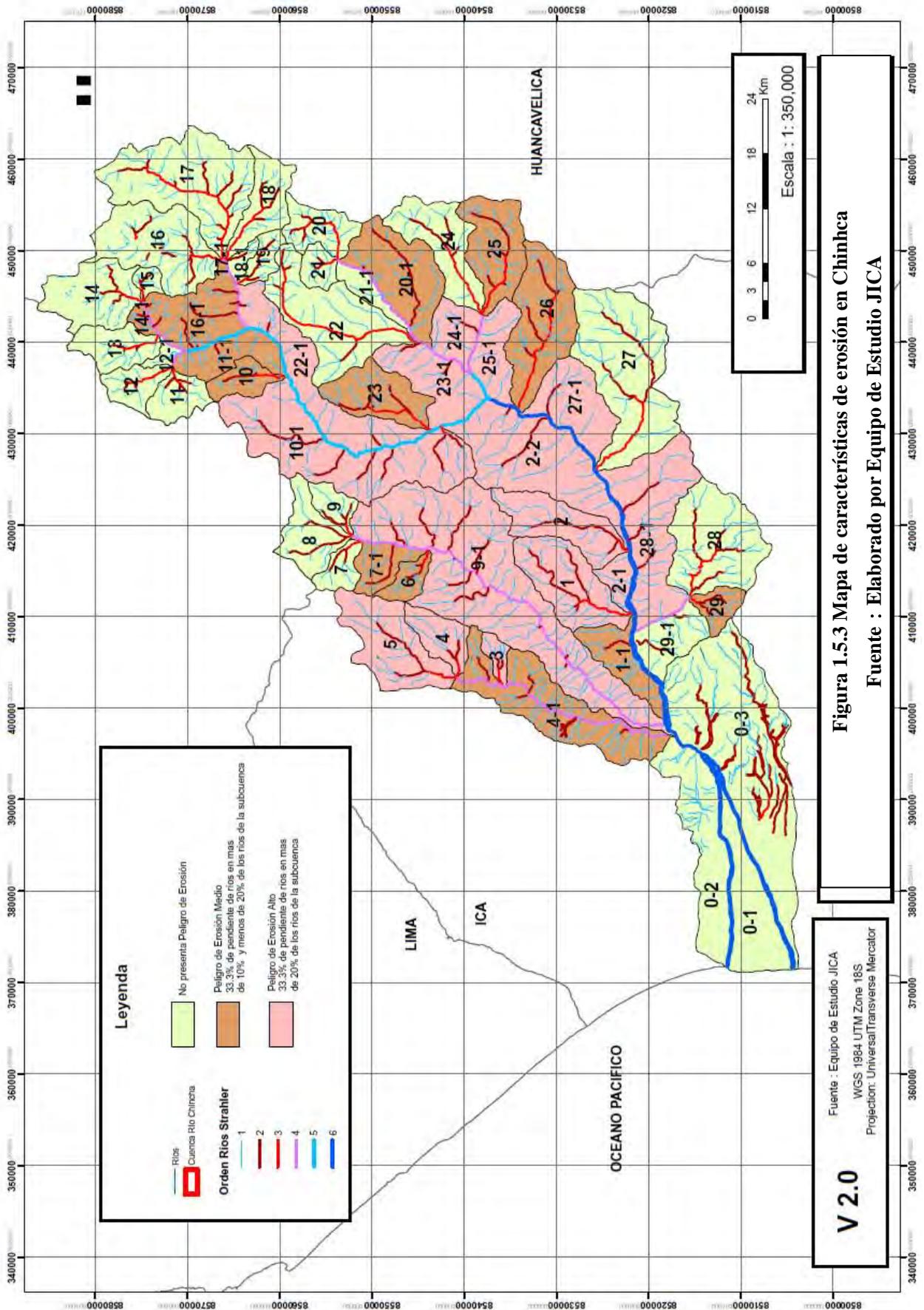
Tabla 1.5.2 Características de la erosión en cada cuenca

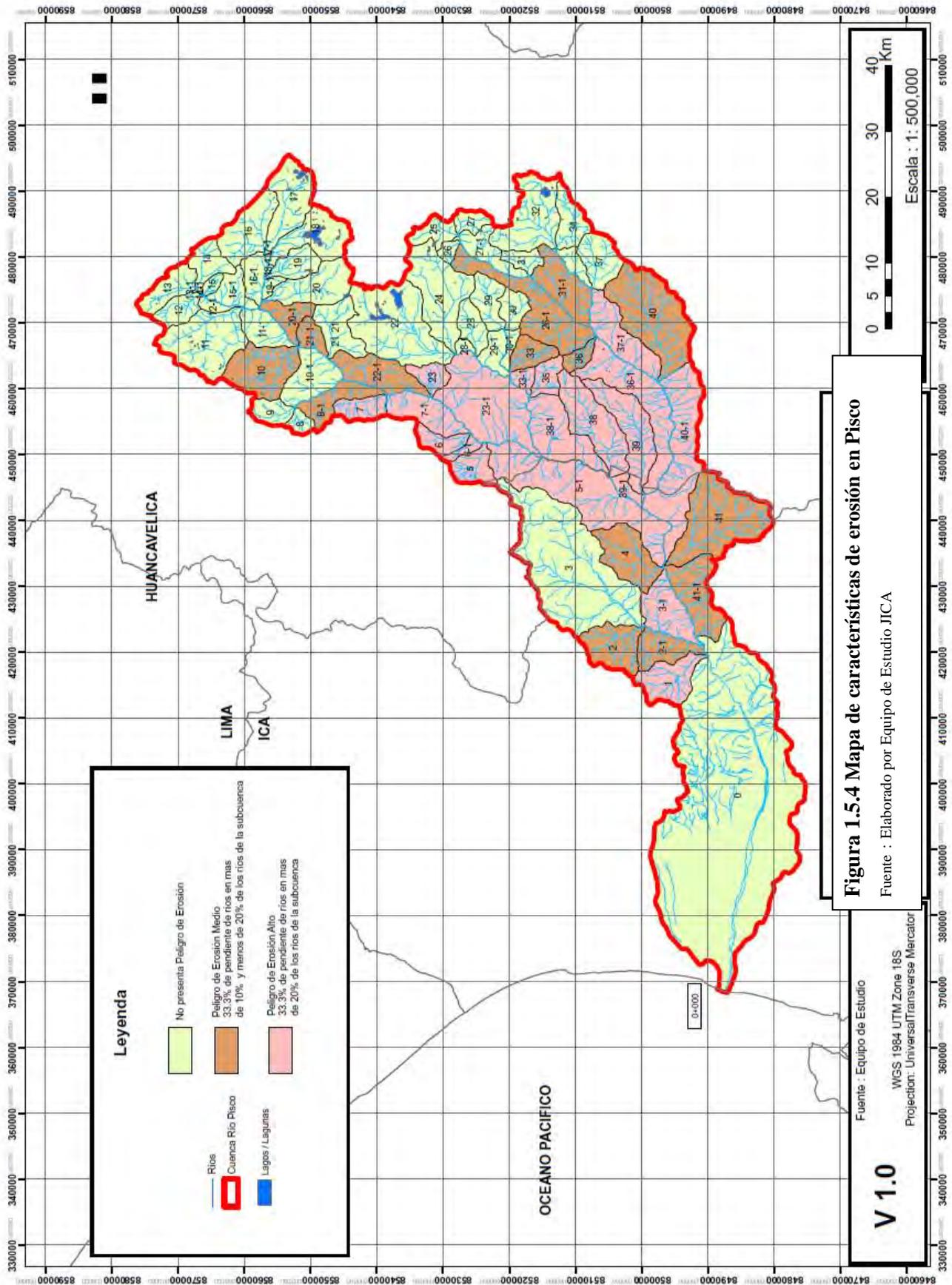
Cuenca	A		B		C		Total
	Área (km ²)	Porcentaje	Área (km ²)	Porcentaje	Área (km ²)	Porcentaje	Área (km ²)
Chira	605	6%	2,115	20%	7,908	74%	10,628
Cañete	2,603	43%	1,702	28%	1,719	29%	6,024
Chincha	1,223	37%	590	18%	1,490	45%	3,304
Pisco	1,013	24%	893	21%	2,365	55%	4,271
Yauca	0	0%	1,385	32%	2,933	68%	4,319
Camaná-Majes	2,273	13%	2,050	12%	12,726	75%	17,049

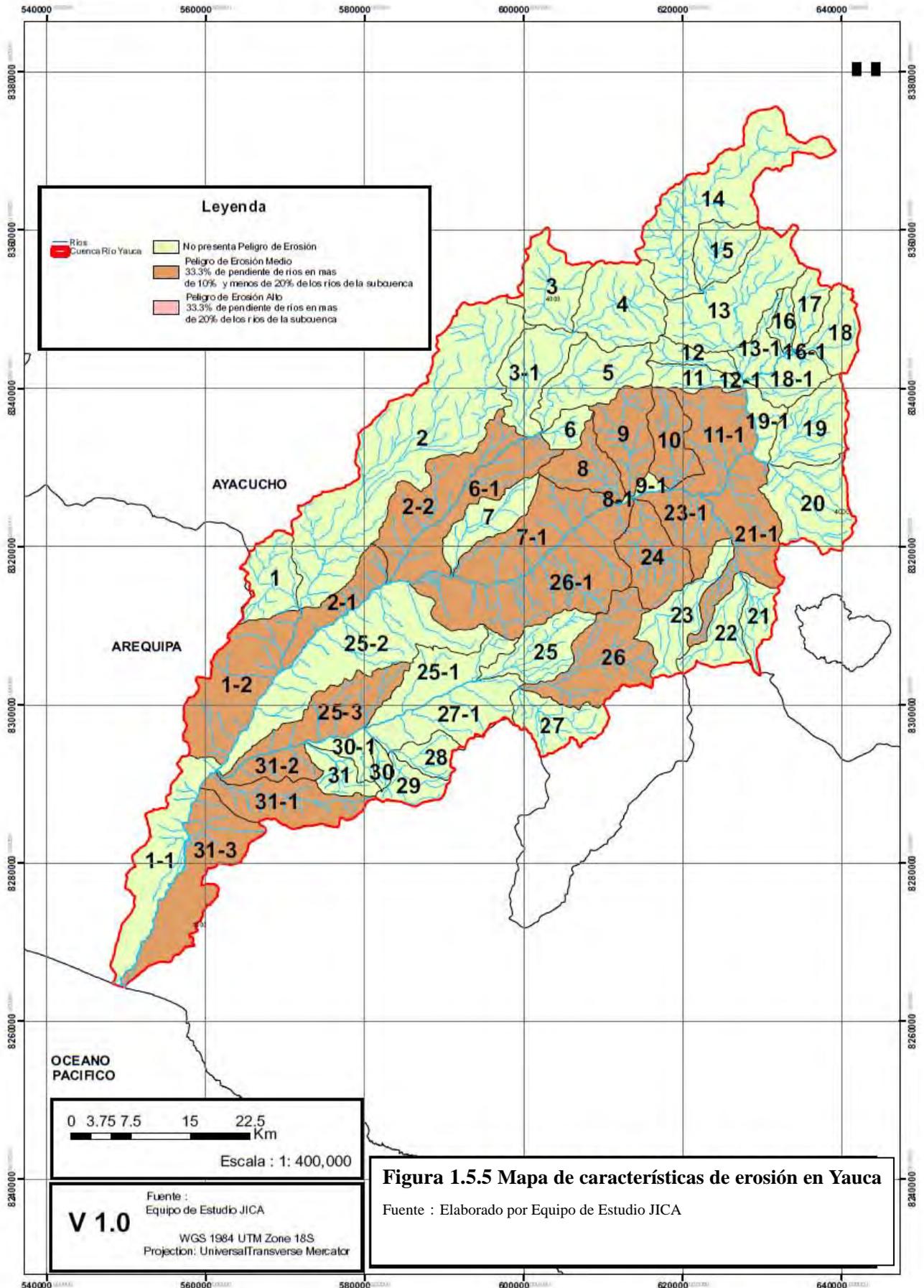
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA











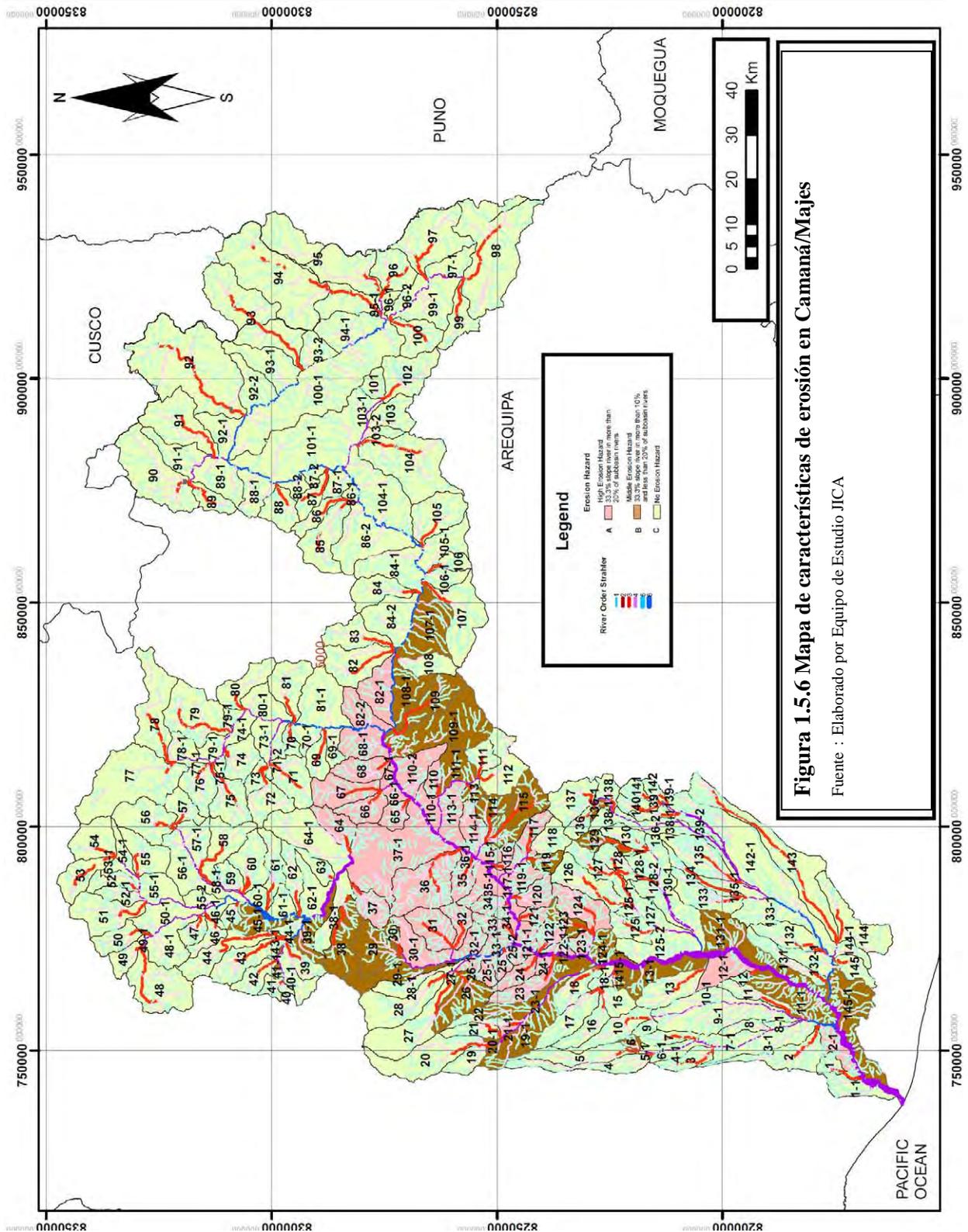


Figura 1.5.6 Mapa de características de erosión en Camaná/Majes

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA