

2 Plan de Control de Sedimentos

2.1 Lineamientos Básicos

Los lineamientos básicos son los siguientes.

(1) Relación de las precipitaciones y el traslado de sedimentos

- La descarga de sedimentos en precipitaciones menores a las precipitaciones con periodo de retorno de 50 años son provocadas por la erosión de las márgenes y variaciones del lecho (años ordinarios).
- La producción de sedimentos por las pendientes y los arrastres de sedimentos ocurren en años excepcionales, bajo condiciones pluviométricas como en El Niño, con un periodo de retorno de 50 años.

(2) Medidas para años ordinarios

Las medidas consideradas eficientes son la protección de márgenes para evitar la erosión y compactación del piso y bandas para controlar las variaciones en el lecho. Con relación a los sedimentos descargados en años ordinarios, es efectivo proteger los abanicos aluviales y controlar los sedimentos.

Las medidas necesarias para el control de los sedimentos descargados aguas abajo de los abanicos aluviales son el control de la erosión y del curso del río con obras de protección de márgenes y presas de control de sedimentos. Con las obras de compactación del piso y las bandas (instalaciones transversales) y con obras de conservación de las quebradas (obras de cauce), es posible fijar el cauce y reducir el flujo para acumular los sedimentos de manera a controlar la descarga aguas abajo.

(3) Precipitaciones de periodo de retorno de 50 años

Como medida para precipitaciones con periodo de retorno de 50 años se considera el control de sedimentos en periodos de avenidas a través de la instalación de presas de contención en zonas más erosionables. Es más efectivo implementar las siguientes 2 medidas.

1) Control de producción de sedimentos

En periodos de grandes avenidas, ocurren derrumbes en la zona montañosa debido a las lluvias y para controlar esta situación es necesario implementar medidas de protección en las laderas; para controlar la descarga de sedimentos acumulada es necesario medidas de compactación del piso del cauce y la construcción de bandas.

2) Captación y control de sedimentos (Plan de control de descarga de sedimentos)

Instalar diques en las quebradas para captar los sedimentos, compactar el piso del cauce y la captación de los sedimentos descargados son medidas para el control de descarga aguas abajo.

Tabla 2.1.1 Lineamientos básicos del componente control de sedimentos

Situación	Años ordinarios	Precipitaciones con periodo de retorno de 50 años
Descarga de sedimentos	Erosión de las márgenes y variación del lecho	Erosión de las márgenes y variación del lecho Flujo de sedimentos desde la quebrada
Medidas	Control de erosión → Protección de márgenes Control de variación de lecho → compactación de piso, bandas (compactación de piso en el cono aluvial, bandas)	Control de erosión → protección de márgenes Control de variación de lecho → compactación de piso, bandas (compactación de piso en el cono aluvial, bandas) Flujo de sedimentos → protección de ladera, presas de control de sedimentos

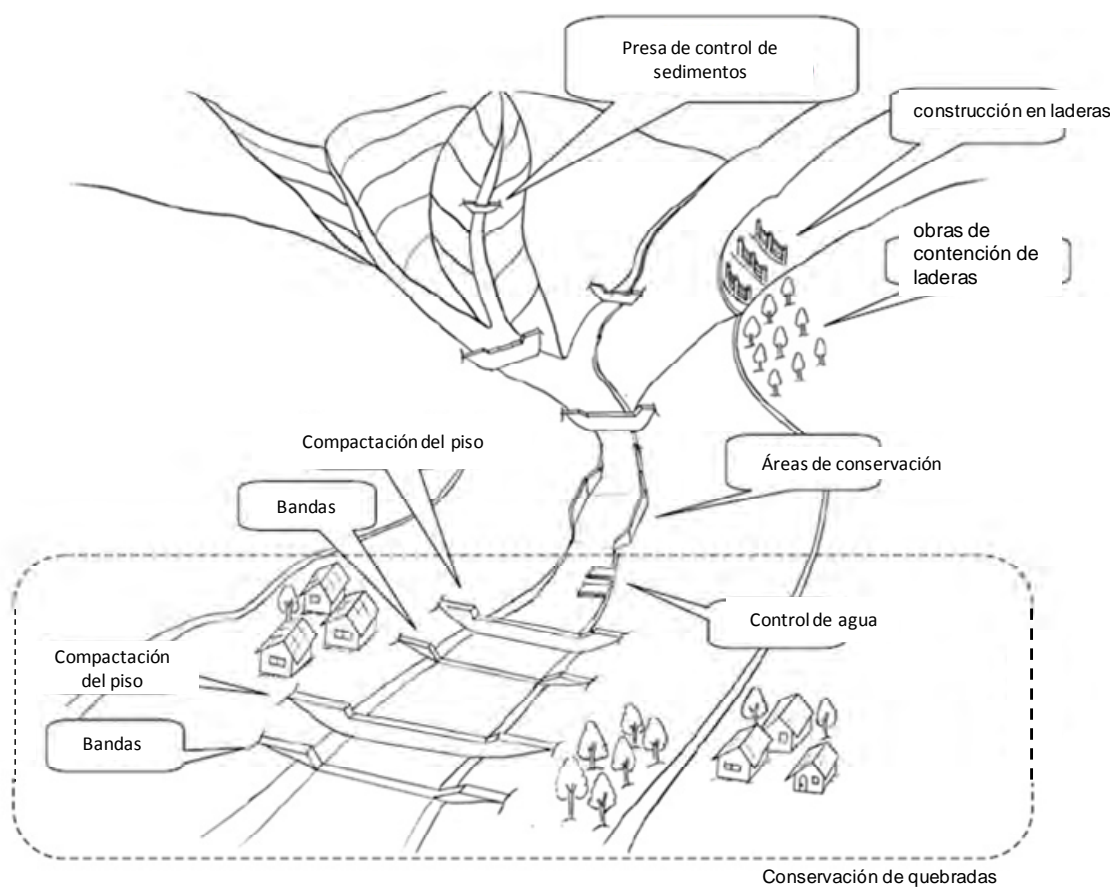
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

2.2 Componente de Control

(1) Medidas de control de sedimentos

En control de descarga de sedimentos en la cuenca baja, permite mantener la sección del río y controlar las inundaciones. La implementación de medidas de control de sedimentos que se muestran en la Figura 2.2.1 permite el control de sedimentos.

Figura 2.2.1 Concepto de las medidas contra el arrastre de sedimentos



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Tal como se menciona a seguir, las medidas de control de sedimentos están clasificadas en instalaciones de control de producción de sedimentos y control de descarga de sedimentos, de acuerdo con los objetivos. La Tabla 2.1.1 muestra cada objetivo así como el tipo de obras.

Tabla 2.2.1 Clasificación de medidas contra el arrastre de sedimentos

Obras de control de producción de sedimentos	Protección de laderas (obras de protección, educación para la conservación)
Las facilidades de control de producción de sedimentos tienen por objetivo controlar la producción a través de la protección de laderas, márgenes y lecho de los ríos que son la fuente de producción de sedimentos.	Presa de control de sedimentos
	Compactación del piso
	Bandas
	Protección de márgenes
	Conservación de quebradas
Obras de control de arrastre de sedimentos	Presa de control de sedimentos
	Compactación del piso
	Bandas
Las facilidades de control de arrastre de sedimentos tienen por objetivo controlar los sedimentos en las secciones en que ocurren arrastre de sedimentos	Control de agua
	Protección de márgenes
	Áreas de conservación
	Conservación de quebradas
	Presas de desviación

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

1) Facilidades de control de producción de sedimentos

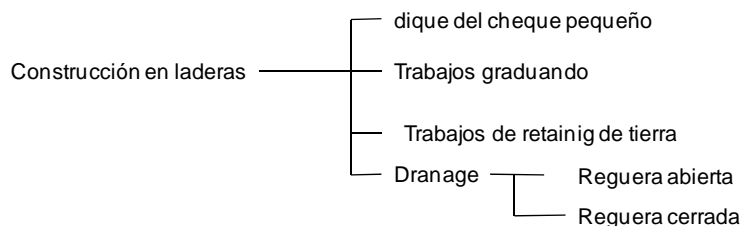
Las facilidades de contención de producción de sedimentos tienen por objetivo controlar la producción a través de la protección de laderas, márgenes y lecho de los ríos que son la fuente de producción de sedimentos.

(a) Protección de laderas (obras de protección, educación para la conservación)

Las obras en las laderas consisten en a) “Obras básicas de protección para la estabilización de pendientes y prevenir la erosión en las laderas”; b) “obras de reforestación en las laderas para prevenir o mitigar la ocurrencia o expansión de erosión superficial y fallas superficiales en zonas erodibles “; c) “obras de reforzamiento de las pendientes en las laderas con la construcción de muros de contención de concreto de las laderas erosionadas o en zonas de riesgo, para elevar la resistencia contra la erosión de las pendientes” y su implementación o una combinación adecuada de estas tres medidas logran el control de la producción de sedimentos.

Las obras de ladera sirven para estabilizar los sedimentos de las partes de excavación y prevenir la erosión debido a las lluvias con el drenaje de ladera. De esta manera, la estabilización sirve como base para promover la forestación de bosques en el futuro. La Figura 2.2.2 muestra un ejemplo típico de esta construcción.

Figura 2.2.2 Ejemplo típico de construcción en laderas

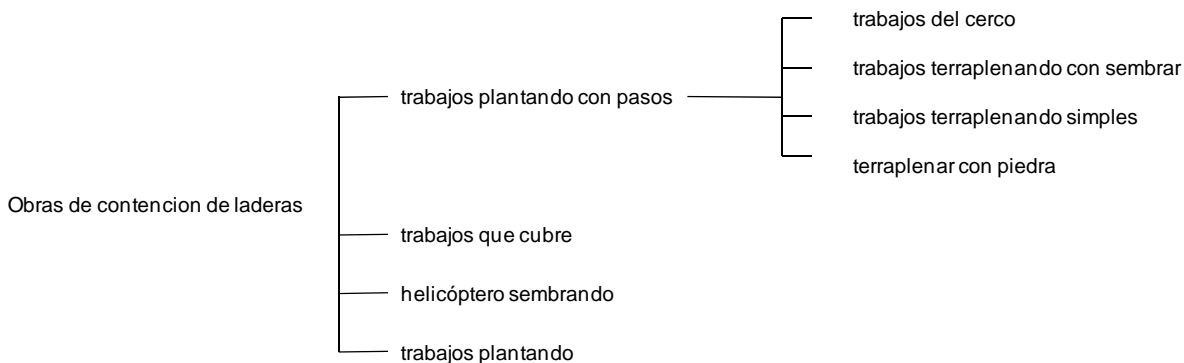


La reforestación de laderas es un método que busca prevenir y proteger las pendientes de la erosión y controlar el escurrimiento de suelo superficial; y generalmente, se realiza el plantío directo para restaurar la flora original.

No son pocos los casos en que la reforestación de laderas, solamente con el diseño inicial terminan por ser el objetivo de conformación de bosques. En general se introducen herbáceos y especies que se encontraban originalmente en el local (plantas para mejorar el suelo) para proveer cobertura vegetal en las tierras áridas, prevenir la erosión y arrastre de suelo superficial y lograr el mejoramiento del suelo, para posteriormente con su conservación, elevar la capacidad de prevención de desastres; juntamente se logra la creación de bosques en armonía con la flora alrededor.

La Figura 2.2.3 muestra un ejemplo típico de esta medida

Figura 2.2.3 Estructuras típicas de obras de contención de laderas



(b) Presa de control de sedimentos

Las presas de control de sedimentos son instalaciones de control de producción y tienen como objetivo a) “prevenir o mitigar la expansión o ocurrencia de desmoronamientos de las laderas con la fijación de los pilares”; b) “prevenir o mitigar la erosión longitudinal del lecho” y c) “prevenir o mitigar el arrastre de sedimentos inestables acumulados en el lecho”.

Es necesario planificar con cuidado para seleccionar el tipo y tamaño de instalaciones de los proyectos de acuerdo con las necesidades.

La presas de control son instalaciones de control de producción de sedimentos su efecto esperado es

controlar los sedimentos, y para su ubicación es necesario considerar la topografía, geología y la condición de los sedimentos inestables y generalmente a) se ubica aguas abajo de zonas con laderas erosionables; b) se ubica aguas abajo de zonas con erosión longitudinal y c) se ubica aguas abajo de las zonas del lecho con sedimentos inestables.

(c) Compactación del piso

Las obras de compactación del piso tienen por objetivo mitigar o prevenir la erosión o arrastre de sedimentos en las quebradas a través del control de arrastre de sedimentos en el lecho y estabilización del mismo, al mismo tiempo sirve para prevenir o mitigar la erosión o arrastre de las márgenes. Las obras de compactación protegen la subsidencia durante los trabajos en los márgenes, por lo que tiene una función protectora también.

Al momento de planificar la localización de la compactación de piso los siguientes aspectos deben ser considerados.

- i) Planificar su ubicación en lugares con riesgo de hundimiento del lecho
- ii) Aguas abajo de las obras, cuando el objetivo sea la protección de las mismas
- iii) En lugares con erosión, derrumbes o deslizamiento en las márgenes, la ubicación debe ser aguas abajo.

(d) Bandas

Son facilidades de control para prevenir la erosión longitudinal, estabilizar las inclinaciones y regular la dirección del caudal. Es una obra que cumple funciones en el control de los sedimentos inestables en el lecho, asegura la inclinación transversal y fija el cauce del río, regulando el curso del mismo. La diferencia entre las bandas y la compactación del piso reside en las diferencias de elevación en la dirección transversal, ya que para las bandas no existen tales diferencias y no cumplen la función de suavizar las inclinaciones.

(e) Protección de márgenes

Las obras de protección de márgenes tienen por objetivo controlar la erosión y derrumbe de las márgenes.

Estas obras son diseñadas para zonas en que convergen las aguas donde causan o pueden causar erosión o derrumbes, debido al arrastre de sedimentos o por el caudal de agua; como también en los pies de las terrazas y zonas que requieren de prevención de erosión.

(f) Conservación de quebradas

La conservación de quebradas que descenden las llanuras de la sierra o en los abanicos fluviales tienen por objetivo prevenir la erosión del lecho y de las márgenes, a través del control de turbulencias y arrastres y el control de las inclinaciones también permite prevenir la erosión y desmoronamientos. La conservación

de quebradas se da a través de una combinación de trabajos de compactación de lecho, bandas y protección de márgenes y obras de control de agua.

El plan de conservación de quebradas da énfasis a la topografía natural sea en espacios amplios o reducidos, desde un enfoque en que se considera la diversidad del entorno de la quebrada, conserva el ecosistema y el medio ambiente para aprovecharlos en los mecanismos de control de sedimentos; las obras de compactación de lecho, bandas, presas y protección de márgenes serán ubicadas de acuerdo con la necesidad.

2) Obras de control de arrastre de sedimentos

Las instalaciones de control de arrastre de sedimentos tienen por objetivo controlar los la descarga en la zona de arrastre de sedimentos.

(a) Presa de control de sedimentos

Las presas de control para controlar el arrastre de sedimentos tienen como objetivo: a) “Control o regulación de descarga de sedimentos” y b) “captación o disipación de sedimentos”, y pueden ser del tipo impermeante o permeante. Para la planificación, el tipo, dimensión y estructura deben ser seleccionados de acuerdo con los objetivos requeridos. Para obtener los resultados esperados, la topografía debe ser considerada en la ubicación de la instalación de la presa de control de sedimentos para prevenir el arrastre; para secciones angostas es más efectivo instalar aguas arriba donde es más ancho y aguas abajo cuando existen encuentros de agua con tributarios.

(b) Control de agua

Las obras de control de agua son instalaciones para controlar la erosión y derrumbe de las márgenes con el control del curso del flujo y limitando el ancho del cauce. Las obras de control de aguas deben suavizar la fuerza del flujo para permitir el depósito de sedimentos y también para proteger las márgenes. Las obras de control de agua deben ser diseñadas en secciones de flujo turbulento, aguas abajo de la quebrada o en los abanicos fluviales con pendientes suaves.

(c) Áreas de conservación

Las áreas de conservación son espacios construidos a través de dragado para ampliar parte de la quebrada y permitir el depósito de sedimentos y de esta forma controlar el arrastre. Las áreas de conservación se instalan aguas abajo de la salida de los valles, en un área que cuente con espacio para garantizar el depósito de sedimentos.

(d) Presas de desviación

Las de desviación son instalaciones que sirven para evitar el impacto directo de los sedimentos en las áreas a conservar, desviando los sedimentos de forma segura aguas abajo. En general, los sedimentos deben ser captados y acumulados aguas arriba del área a ser protegida pero en algunos casos eso no es posible debido a condiciones topográficas, por lo que las presas poder ser diseñadas para que los

sedimentos puedan ser acumulados aguas abajo siempre cuando existan espacios que se lo permitan.

A principio las presas de desviación son construidas con obras de dragado y una vez instaladas las presas de control o las áreas de conservación para el depósito de sedimentos, las presas de desviación pueden conectarse a estas para que los sedimentos sean desviados aguas abajo, hacia espacios que comporten el depósito de sedimentos de forma segura.

Caso existan dificultades para la realización de obras de dragado debido a las condiciones locales, es posible instalar presas de desviación para controlar la dirección de los sedimentos aguas abajo de forma segura. La aplicabilidad de estas medidas en el área en cuestión se muestra en la Tabla 2.2.2.

Tabla 2.2.2 Aplicabilidad de las medidas de control de sedimentos en el área objeto

Instalaciones de control de sedimentos – Medidas de fuentes de producción		Decisión
Conservación de laderas	Dentro del área del Estudio el agua es escasa por lo que es difícil considerar el plantío de vegetación para proteger las pendientes. (Ver datos de plantío y reforestación). Para cumplir con las necesidades de agua se requiere construir grandes instalaciones de riego o tanques, lo que implica costos muy elevados. Por lo tanto, no es una medida apropiada.	×
Presas de control	Las medidas a) “prevenir o mitigar la expansión o ocurrencia de desmoronamientos de las laderas con la fijación de los pilares”; b) “prevenir o mitigar la erosión longitudinal del lecho” o c) “prevenir o mitigar el arrastre de sedimentos inestables acumulados en el lecho” traen resultados efectivos por lo que son apropiadas. Sin embargo se requiere demasiado tiempo para que los sedimentos puedan depositarse a fin de surtir los efectos deseados.	△
Compactación del piso	Es posible mitigar o prevenir la erosión o derrumbe de las quebradas por el control de arrastre de sedimentos en el lecho y estabilización del mismo, al mismo tiempo sirve para prevenir o mitigar la erosión o derrumbe de las márgenes. Sin embargo, se considera que los resultados en las zonas de ocurrencia deben ser limitados.	△
Bandas	Estabiliza las pendientes y fija el cauce por lo que puede controlar los sedimentos y trae resultados beneficiosos. Sin embargo, los resultados en las zonas de ocurrencia deben ser limitados.	△
Protección de márgenes	Proteger la erosión de las márgenes trae resultados para el control de sedimentos. Sin embargo, los resultados en las zonas de ocurrencia deben ser limitados.	△
Conservación de quebradas	La conservación de quebradas no debe traer mayores resultados para el control de producción de sedimentos	△
Obras de control de arrastre de sedimentos – Medidas en zonas de arrastre		Decisión
Presas de control	a) “Control o regulación de descarga de sedimentos” y b) “captación o disipación de sedimentos” tienen efectos positivos para el control de sedimentos	○
Compactación del piso	Es posible mitigar o prevenir la erosión o derrumbe de las quebradas por el control de arrastre de sedimentos en el lecho y estabilización del mismo, al mismo tiempo en que sirve para prevenir o mitigar la erosión o derrumbe de las márgenes por lo que es efectivo.	○
Bandas	Estabiliza las pendientes y fija el cauce por lo que puede controlar los sedimentos y trae resultados beneficiosos.	○
Control de aguas	Las obras de control de agua mitiga el impacto de las aguas para el depósito de sedimentos y tiene una función de proteger los márgenes por lo que son apropiadas para el área del Estudio.	○

Protección de márgenes	Proteger la erosión de las márgenes trae resultados para el control de sedimentos	○
Áreas de conservación	El control de arrastre de sedimentos en la parte alta de los abanicos fluviales es efectivo	○
Conservación de quebradas	La conservación de quebradas en la parte alta del abanico fluvial regula la inclinación por lo que es efectivo para proteger la erosión de márgenes y el lecho.	○
Presas de desviación	No ocurren sedimentos cerca de la zona de los abanicos fluviales por lo que es una medida inapropiada.	×

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

2.3 Volumen y costo de los proyectos por componente de control

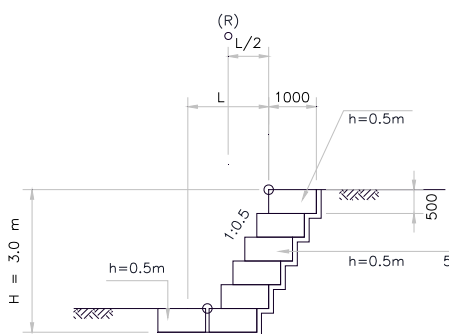
Fue realizada una evaluación de las obras de protección de márgenes, bandas y presas de control. El plano de ubicación de las instalaciones y las plantas de las presas de control se encuentran en anexo.

(1) Obras de protección de márgenes y bandas

1) Obras de protección de márgenes

Se planea ubicar obras de protección de márgenes en las áreas de cada cuenca en que se encuentran depósitos de sedimentos del Cenozoico y para tanto fue calculado el costo estimado de las obras. (Ver Tabla 2.3.1.). La sección de las obras de protección de márgenes se muestra en la Figura 2.3.1. Los planos de las medidas se encuentran en las Figura 2.3.4 a Figura 2.3.9.

Figura 2.3.1 Plano de obras de protección de márgenes (cada lado)



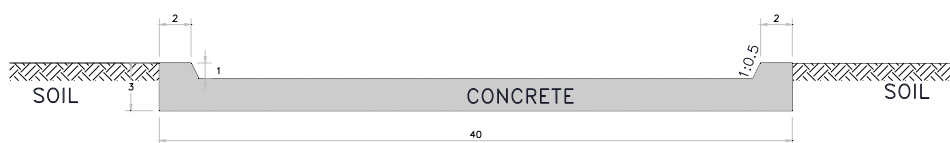
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Tabla 2.3.1 Estimación de costos de obras protección de márgenes

2) Bandas

Se planea instalar bandas a cada 5km y para tanto fue calculado el costo estimado de estas obras. (Ver Tabla 2.3.3). La dimensión de diseño de las bandas es de $L=40m$, $H=3m$, $W=0.5m$ ($V=60m^3$) . (Ver Figura 2.3.2.).

Figura 2.3.2 Plano de bandas



Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

Tabla 2.3.2 Estimación de costos de obras de bandas

(2) Presas de contención

1) Definición del volumen de sedimentos de diseño

Las condiciones para el cálculo de volumen de sedimentos se muestra en la Tabla 2.3.3.

Tabla 2.3.3 Condiciones para el cálculo de volumen de sedimentos

Ítem	Condiciones de evaluación
Especificaciones de diseño	Salida de la cuenca de tercer orden
Tamaño de diseño	Precipitaciones con periodo de retorno de 50 años Cálculo para cada pequeña cuenca (calculado por el especialista en hidrología)
Volumen de sedimentos de diseño	Volumen posible de ser transportado Queda evidente que el volumen posible de arrastre calculado a partir del volumen de producción de sedimentos > Volumen posible de ser transportado

Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio JICA

2) Cálculo del volumen de sedimentos posible de ser transportado

El volumen de sedimentos que puede ser transportado conforme la “magnitud de la sedimento de diseño” corresponde al producto del volumen de precipitaciones anual de diseño (PP [mm]) por el área de la cuenca (A [km²]) y a esto se multiplica la densidad de la sedimento (Cd). En este caso se considera el coeficiente de corrección de la descarga (Kf2).

$$V_{d2} = \frac{10^3 \times P_p \times A}{1 - K_f} \times \left(\frac{C_d}{1 - C_d} \right) K_{f2}$$

Así, tenemos:

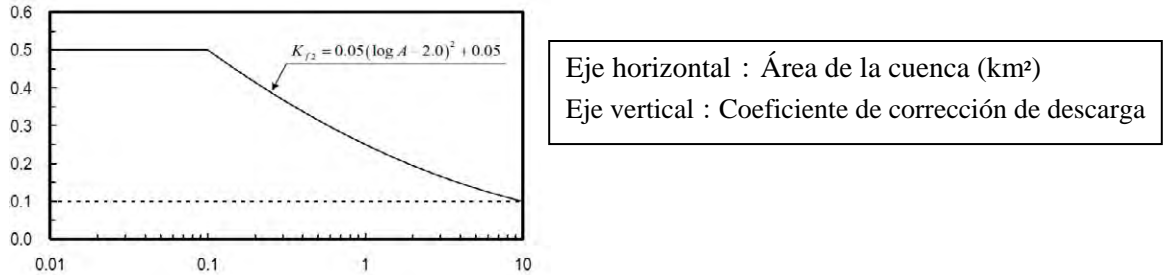
V_{d2} : volumen de sedimentos transportados (m³) conforme la [magnitud de la sedimento de diseño]

P_p : Volumen de precipitaciones de diseño (Precipitaciones con periodo de retorno de 50 años)

A : Área de la cuenca (km²)

- K_v : Porosidad (=0.4)
 C_d : volumen de concentración de sedimentos durante la descarga
 K_{f2} : Coeficiente de corrección de descarga
 $0.05 \cdot (\log A - 2.0)^2 + 0.05$ [límite mínimo $0.1 \leq K_{f2} \leq 0.5$ {límite máximo}]

Figura 2.3.3 Factor de corrección de arrastre



Fuente : Guía Metodológica Básica para Planificación de Proyectos de Control de Sedimentos

El volumen de concentración de sedimentos durante la descarga (C_d) es calculado a partir de la ecuación de concentración de equilibrio.

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho) (\tan \phi - \tan \theta)}$$

Donde:

- C_d : Concentración de sedimentos [Cuando $C_d \geq 0.9C^*$, $C_d = 0.9C^*$ y cuando $C_d \leq 0.3$, $C_d = 0.3$]
 C^* : volumen de concentración de los sedimentos depositados en el lecho (=0.6)
 σ : Densidad de las piedras (2,600kg/m³)
 ρ : Densidad del agua (1,200kg/m³)
 ϕ : Grado de fricción interna de los sedimentos depositados en el lecho (°) [Usualmente se utiliza 35°]
 θ : Inclinación del lecho (°) Inclinación real del lecho con medición GIS

3) Plan de ubicación de las instalaciones

El cálculo del número y tamaño de las presas de control necesarios fue realizado a partir del volumen de sedimentos calculado (Tabla 2.3.5 a 2.3.9). La evaluación considera como premisa la exclusión de los sedimentos acumulados en las presas de control y el volumen de ajuste estimado es de 10%. Los lechos con inclinación reales inferiores a 2 grados han sido obviados. El cálculo del volumen de sedimentos a ser captados para cada grupo de presas de control fue realizado como se muestra a seguir. Además, en la Cuenca de Camaná-Majes se ha tomado en consideración la instalación de la presa de control en el área de erosión A y B ya que el área de la Cuenca es amplia y la geografía en la zona alta es plana.

$$\text{Volumen de captación} = W \cdot H \cdot H \cdot N$$

Donde:

W : Anchura promedio de sedimentos

H : Altura de la presa de control

1/N : Inclinación real del lecho longitud del depósito $L = H \cdot N$

4) Cálculo del costo estimado de la obra

Considerando que la presa de control es una estructura de concreto, se calcula el volumen de concreto necesario para calcular el costo estimado de la construcción. (Ver Tabla 2.3.4.). Una vez estimadas las áreas con más producción de sedimentos, fueron considerados dos casos: la instalación en toda la cuenca y solamente en las áreas con más producción de sedimentos. El mapa del plan de instalación se muestra de las Figuras 2.3.4 a 2.3.8. En el cálculo no se han considerados los diques secundarios y obras de protección previas. La instalación de diques secundarios y obras de protección previas presupone un adicional de aproximadamente 1.5 veces. Tampoco se ha incluido obras temporales como la construcción de caminos de construcción.

Tabla 2.3.4 Número y estimación de costos de presas de control de sedimentos

Tabla 2.3.5 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Chira)

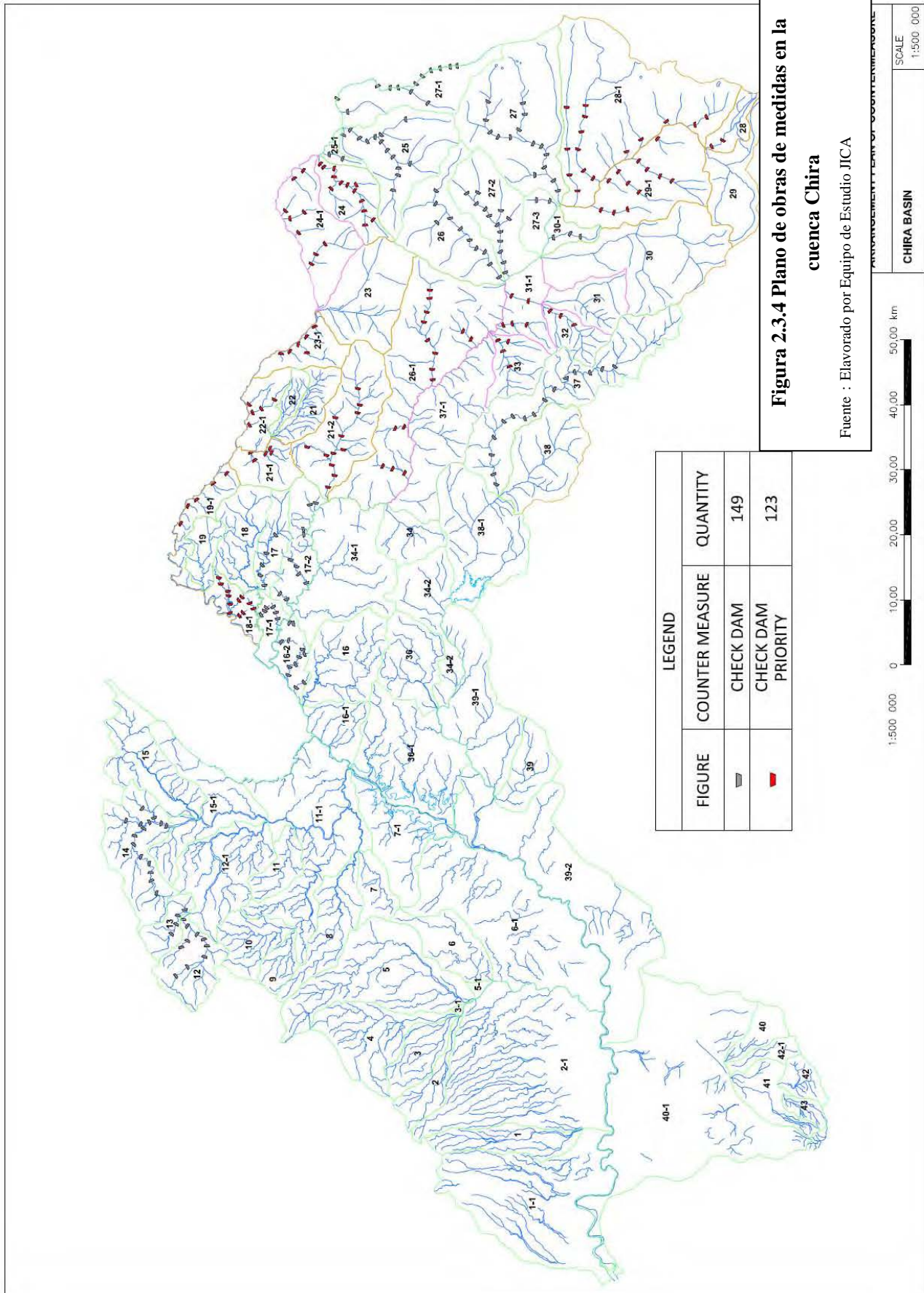
Tabla 2.3.6 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Cañete)

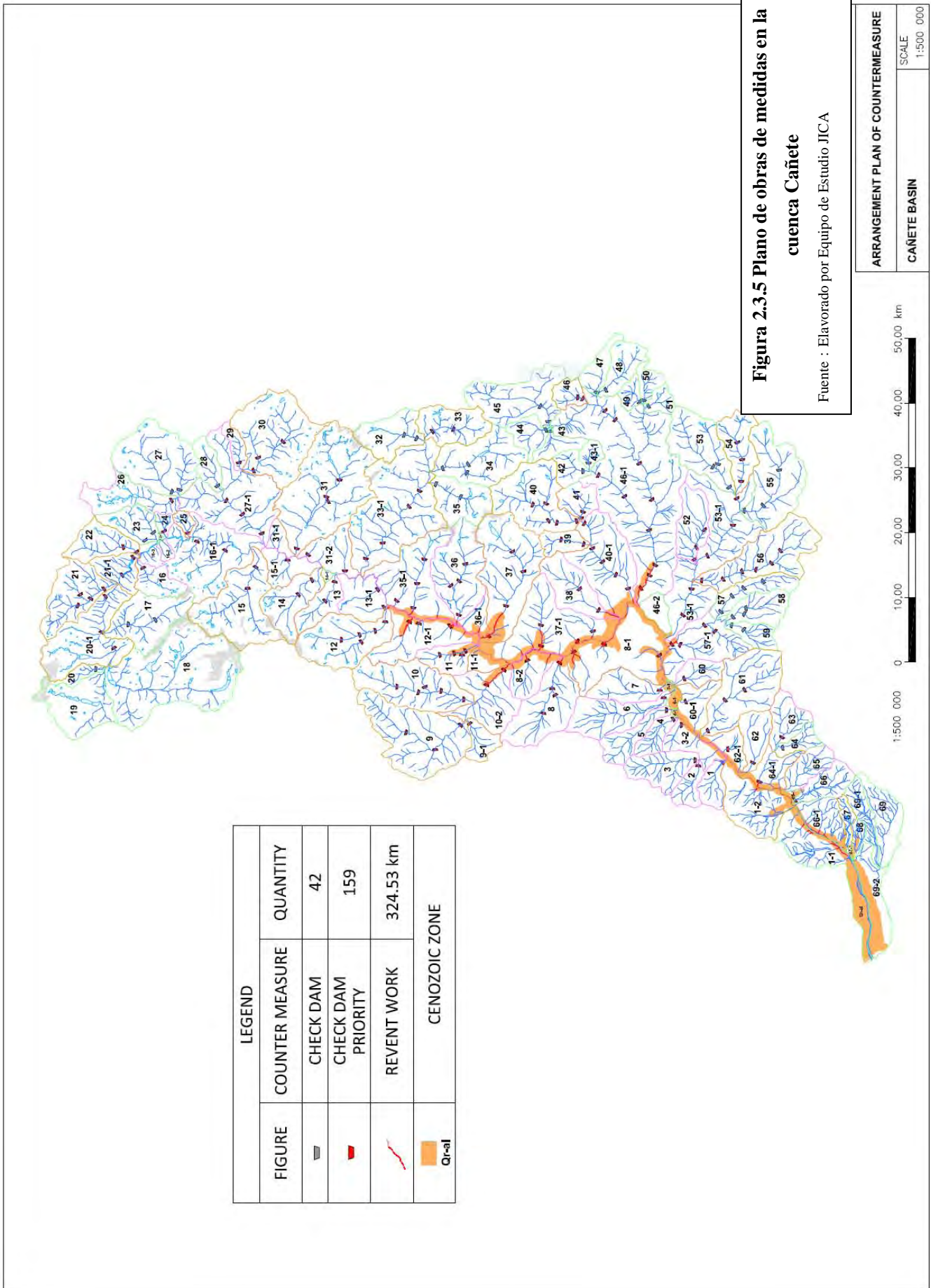
Tabla 2.3.7 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Chincha)

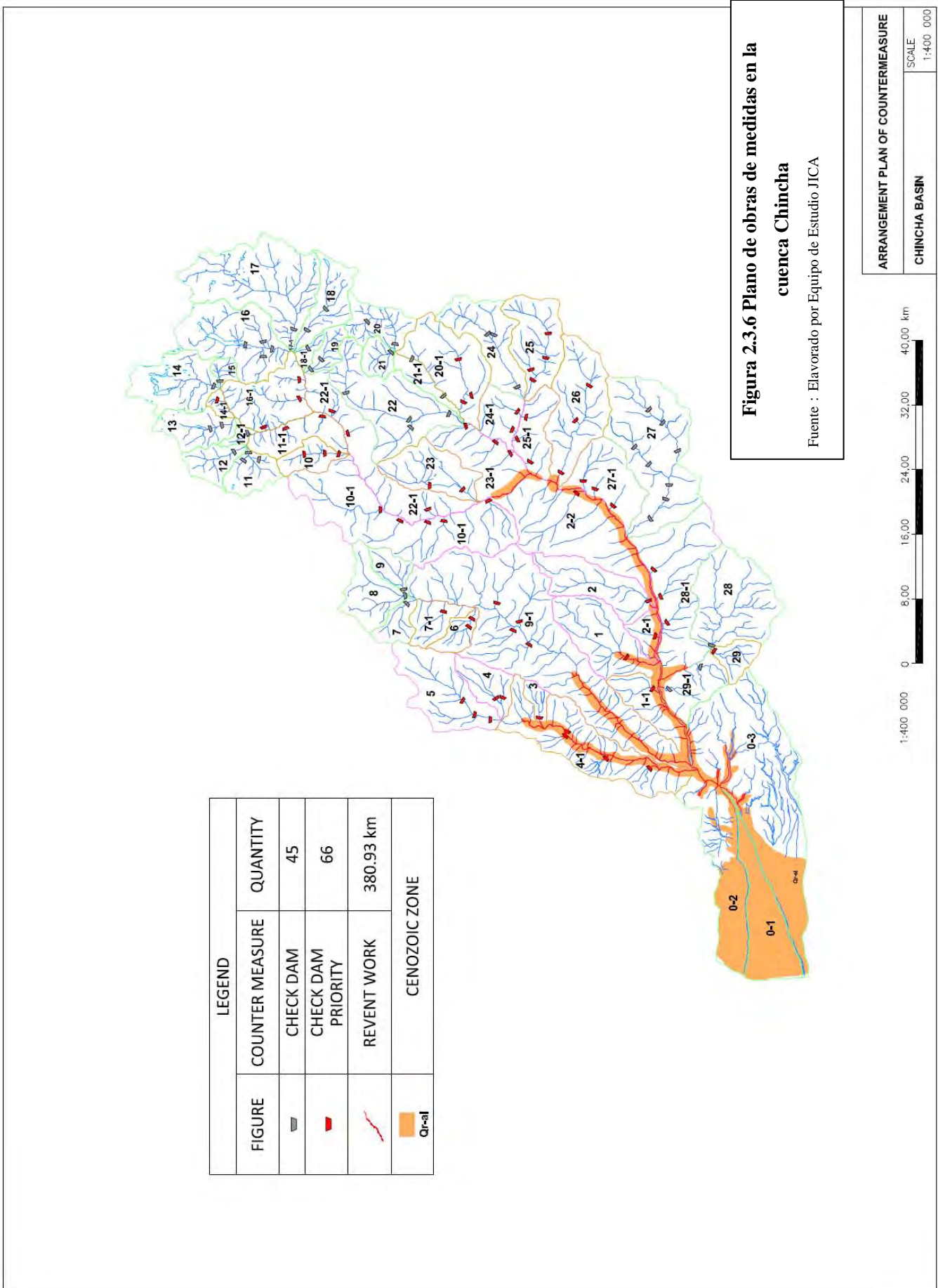
Tabla 2.3.8 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Pisco)

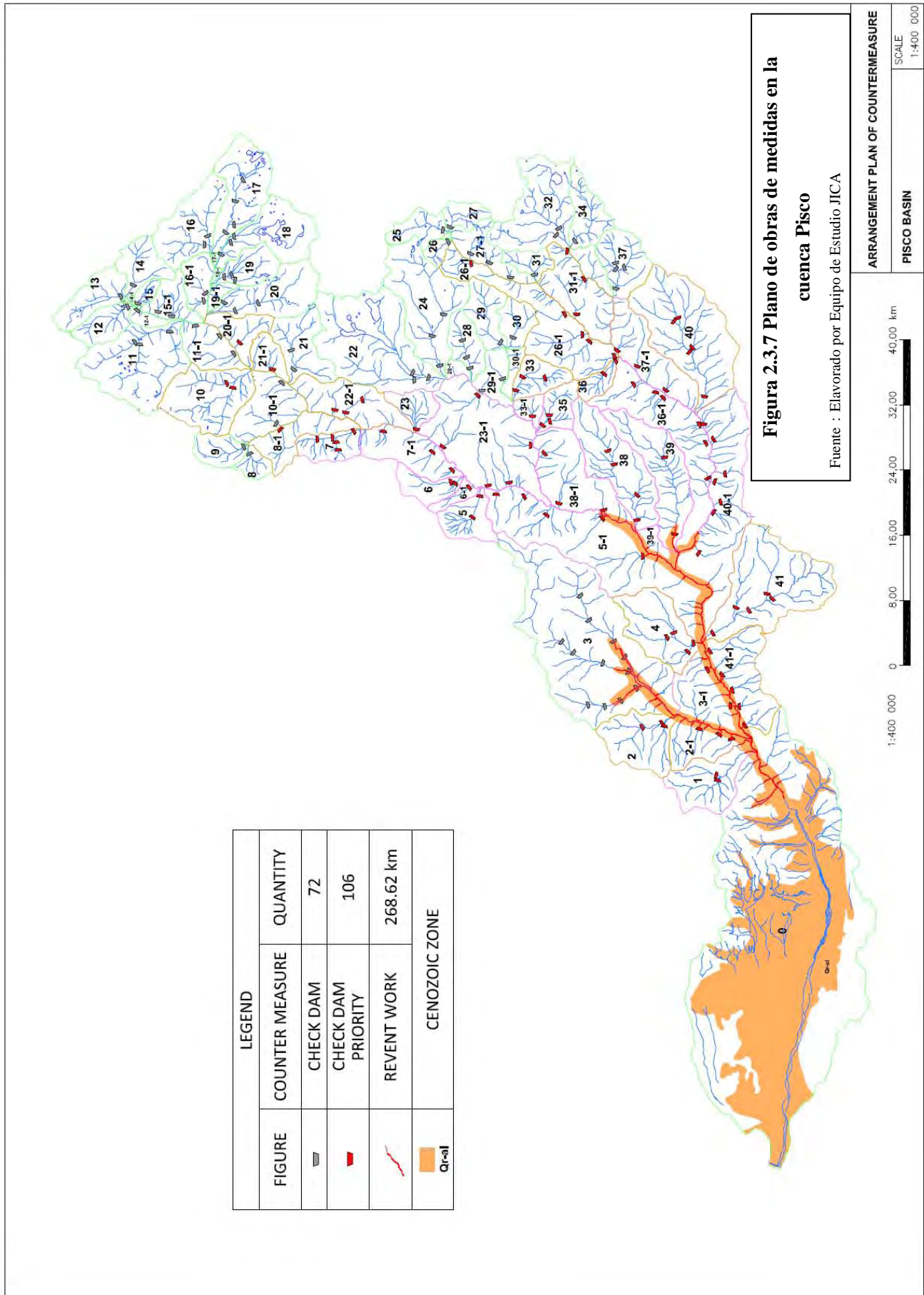
Tabla 2.3.9 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Yaura)

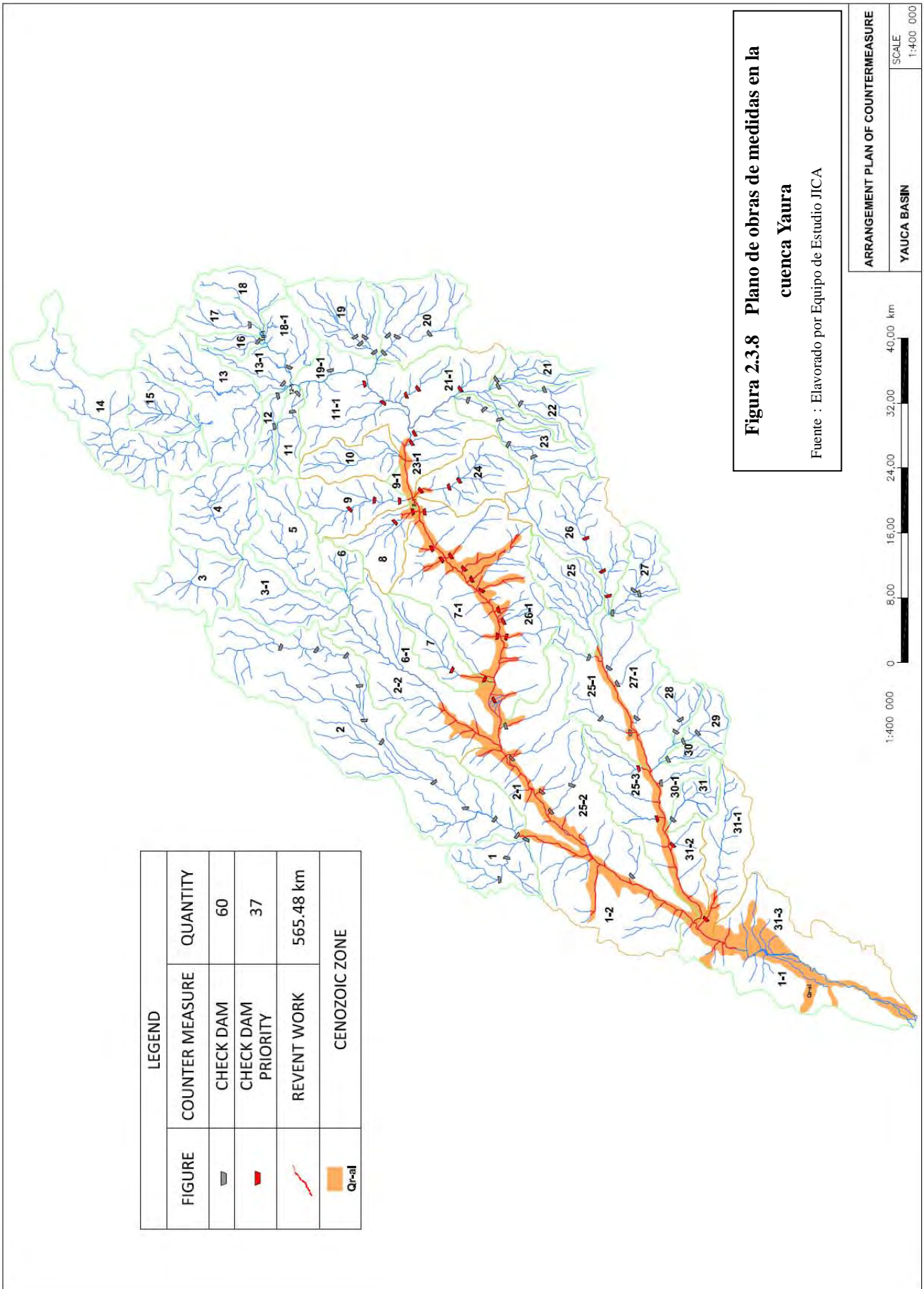
Tabla 2.3.10 Volumen de producción de sedimentos y plan de presas de control de sedimentos en cada cuenca (Cuenca Camaná-Majes)

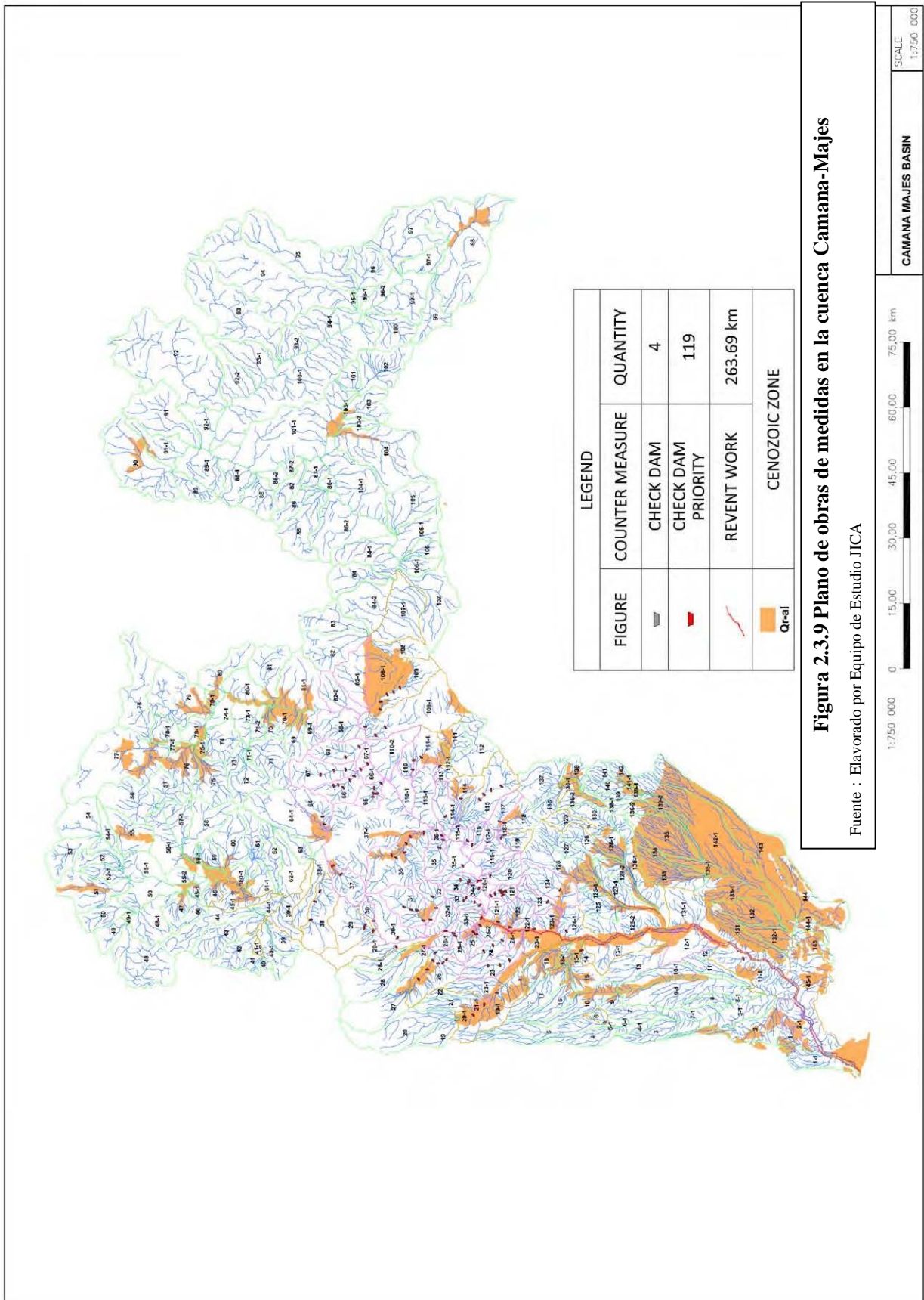












(3) Evaluación de instalaciones de control en el abanico fluvial

Se observó que la construcción de presas de control de sedimentos en toda la cuenca, requiere de un costo enorme de inversión, por lo que se ha evaluado un plan de control cuyo alcance abarca solamente el abanico aluvial. En este proceso, se tomaron en cuenta los resultados del análisis de variación de lecho, también incluido en el presente Estudio.

1) Resultados del análisis de variación de lecho

En la Tabla 2.3.10 y la Figura 2.3.10 se muestran los resultados del análisis de la variación del lecho, según los cuales, se encontró que el impacto de los sedimentos acumulados es fuerte en los ríos Chincha, Pisco y Majes-Camaná. Se recomienda ejecutar el plan de control de sedimentos en el abanico aluvial donde existe gran variación de lecho para los ríos mencionados. Sin embargo, se necesita analizar en todos los ríos sobre las medidas para mantener el canal del río de acuerdo a la necesidad monitoreando la variación de canal del río, porque el desastre de los sedimentos ocurre de imprevisto a nivel local. El año pasado se construyó la Presa Plantanal en la Cuenca alta del Río Cañete (ver la Figura 2.3.11). Esa presa es para la generación de energía y tiene alta posibilidad de rellenarse con arena rápidamente por tener capacidad de embalse menor, sin embargo presume de tener mucho menos impacto de escurrimiento sedimentar por ser mantenida la función de regulación para el escurrimiento sedimentar.

- El volumen total de sedimentos arrastrados y el volumen total de variación de lecho son más altos en los ríos Chincha, Pisco y Majes-Camaná, en comparación con Cañete y Yauca. Consecuentemente, el volumen de variación de lecho también es alto en los ríos Chincha y Pisco.
- Se estimó que la altura media del lecho dentro de 50 años será elevada en los cinco ríos, excepto el Río Chira. En particular, el Río Chincha arrojó una cifra relativamente importante de 0,5 metros en promedio.

Tabla 2.3.11 Resultados de los análisis de la variación de lecho

	Ingreso total de volumen de sedimentos (miles m3)	Total de volumen de variación de lecho (miles m3)	Altura promedio de variación de lecho (m)	Longitud de intervalo (km)
Cuenca del Río Chira (Total)	5,000	-1648	-0.01	49
Cuenca del Río Cañete	3,000	673	0.2	32
Cuenca del Río Chincha (Río Chico)	5,759	1,131	0.4	24
Cuenca del Río Chincha (Río Matagente)		1,479	0.5	25
Cuenca del Río Pisco	8,658	2,571	0.2	45
Cuenca del Río Yauca	1,192	685	0.1	46
Cuenca del Río Camana Majes	20,956	5,316	0.2	120

※1 Periodo de estimación 50 años

Fuente : Informe de Soporte N3

Figura 2.3.10 Resultado de análisis 1 (Volumen de sedimentos)

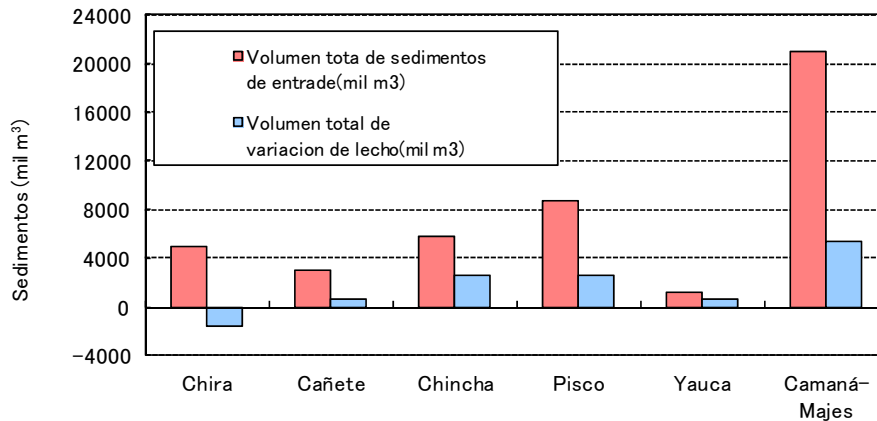
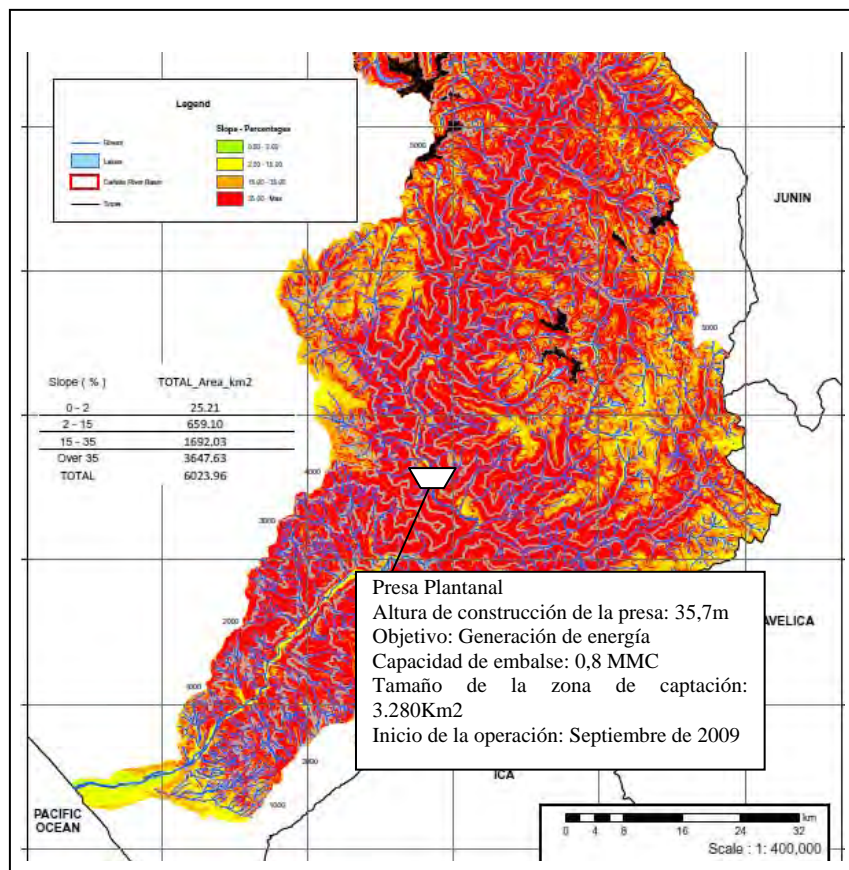


Figura 2.3.11 Mapa de localización de Presa Plantanal



2) Plan de Control de Sedimentos en el abanico aluvial

Para el control de sedimentos en el abanico aluvial, existen obras de conservación de quebradas, combinando embalses de arena, compactación de piso, bandas y espigones, o combinación de estos. Éstas sirven no solo para el control de sedimentos, sino también como estructuras fluviales.

Actualmente se tiene proyectado construir un reservorio de retardación en el km 34,5 de la Cuenca del

Río Pisco, el cual también sirve de tanque desarenador.

Por otro lado en la cuenca del Río Chíncha se está proponiendo la construcción de una estructura distribuidora de flujo (partidor) en el km 24. Este partidor incluye obras de descolmatación de cause para el encausamiento del río, muro de encausamiento de concreto y barraje, las cuales tienen la función de control de sedimentos.

En la cuenca del Río Majes-Camaná se observó una zona de angostura aproximadamente en el km 107 donde el ancho del cause se extiende a 600m aproximadamente. Esta zona funciona como un tanque de sedimentación, en la cual el sedimento se acumula haciendo posible el control de sedimentos.

Estas estructuras son más económicas y arrojan mejor relación costo beneficio en cuando se incluya el costo de mantenimiento de eliminación de piedras y rocas. Para las cuencas de los Ríos Pisco y Chíncha donde se propone estructuras de defensa ribereña para el control de sedimentos se va a proyectar entradas, salidas y accesos para realizar los trabajos de mantenimiento con maquinaria pesada para poder garantizar la capacidad de control de sedimentación y el mantenimiento de la misma.

2.4 Problemas en la implementación del plan de control de sedimentos

A seguir mencionamos los problemas con la implementación del plan de control de sedimentos.

(1) Cronograma y costos del proyecto

Todas las cuencas seleccionadas en este Estudio son extensas. Así, al disponer las obras propuestas de protección de márgenes, presas de control de sedimentos, etc., en todos los casos el costo de construcción será elevado y también se requerirá un prolongado tiempo hasta concluir el Proyecto. Esto quiere decir que se demorará mucho en manifestar sus efectos.

Tabla 2.4.1 Costo estimado para cada cuenca

(2) Población en la región de la sierra

Fue realizado un estudio sobre la población de la sierra dentro de las áreas de conservación directa. En estas áreas la población no es numerosa y las áreas de conservación son reducidas por lo que, desde el enfoque de control de sedimentos, que es la función principal de las presas de control, la relación costo beneficio también es baja.

1) Población en la sierra

La

Tabla 2.4.2 muestra la población en la región de la sierra de cada cuenca. Excepto las cuencas de Chira y Yauca, la población en la sierra es pequeña, comparada con la población en los abanicos fluviales. La densidad poblacional por km² en la zona de la sierra es bastante escasa, no llegando a la decena. Las áreas de conservación que reciben impactos directos por los sedimentos en la sierra son escasas y por lo tanto el costo beneficio de las presas de control es bastante bajo.

Tabla 2.4.2 Población en la sierra y en el abanico aluvial

Cuenca	área	region montañosa	abanico aluvial	cuenca total
Chira	Población (personas)	116,716	3,975	120,691
	área (km ²)	337,766	668,339	1,006,105
	Habitantes por Km ² (personas/km ²)	0.35	0.01	0.12
Cañete	Población (personas)	29,987	50,133	80,120
	área (km ²)	5,939	110	6,049
	Habitantes por Km ² (personas/km ²)	5.05	455.84	13.24
Chincha	Población (personas)	12,665	83,602	96,267
	área (km ²)	3,140	165	3,304
	Habitantes por Km ² (personas/km ²)	4	507	29
Pisco	Población (personas)	18,269	84,220	102,489
	área (km ²)	3,907	367	4,274
	Habitantes por Km ² (personas/km ²)	5	230	24
Yauca	Población (personas)	26,253	3,171	29,424
	área (km ²)	4,053	269	4,323
	Habitantes por Km ² (personas/km ²)	6.48	11.77	6.81
Camana Majes	Población (personas)	47,764	41,517	89,281
	área (km ²)	12,403.14	4,646.37	17,049.51
	Habitantes por Km ² (personas/km ²)	3.85	8.93	5.23

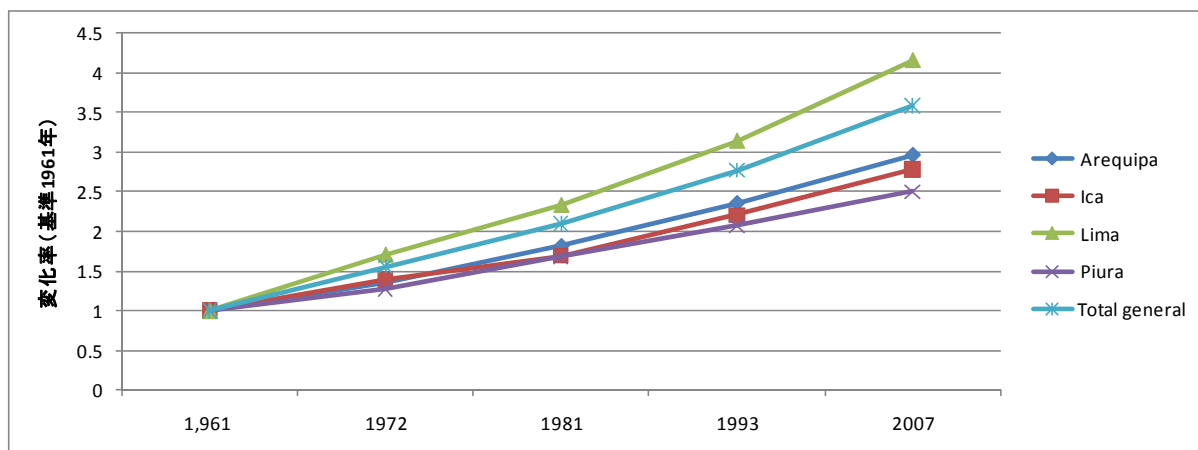
Fuente : Elaborado por Equipo de Estudio de JICA, basado en datos del INEI (2007)

2) Evolución de la población

Las Tabla 2.4.1 y

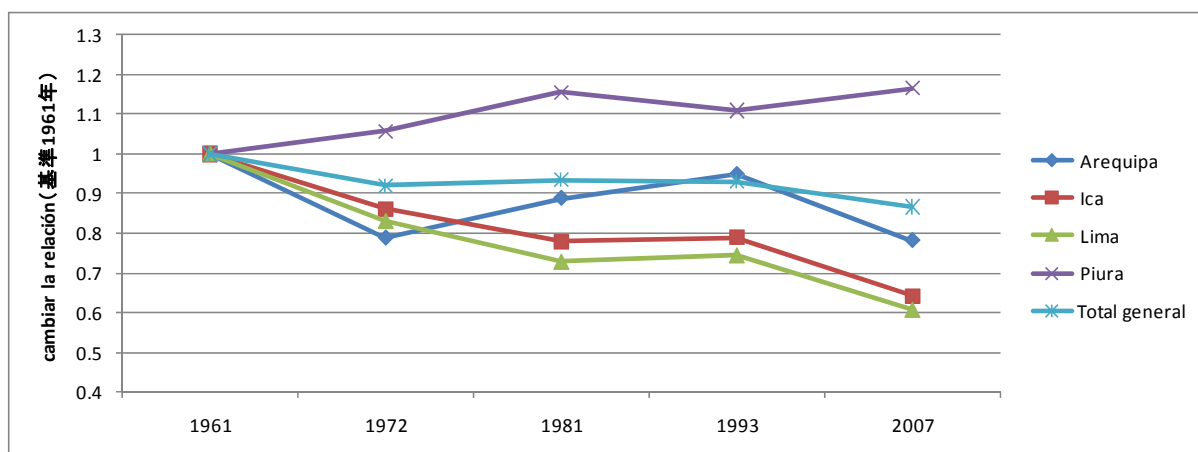
Tabla 2.4.2 muestran la evolución de la población en las provincias y la población rural dentro de las cuencas objeto. A excepción de la Cuenca de Chira, la población rural ha declinado. En comparación con las otras cuencas, Chira presenta condiciones climáticas y topográficas más favorables y tiene la agricultura como actividad principal, por lo que existe un incremento de la población rural. Las otras 4 cuencas sin embargo, presentan condiciones climáticas y topográficas más severas, lo que acarrea en una reducción de la población rural. La evolución de la reducción de población rural en la zona de la sierra con condiciones topográficas más severas es aún más evidente. Por lo tanto, las zonas de conservación que reciben daños directos por los sedimentos está reduciéndose, y de igual manera, el costo beneficio es bajo.

Figura 2.4.1 Evolución poblacional de las provincias pertinentes a las cuencas



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

Figura 2.4.2 Evolución de la población rural en las provincias pertinentes a las cuencas



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

(3) Expropiaciones

Las obras de protección de márgenes son estructuras construidas dentro de los ríos por lo que no demandan expropiaciones pero es necesario asegurar los terrenos para la construcción de las presas de control. Los procedimientos para la adquisición de terrenos para obras públicas están normados en la Ley General de Expropiaciones (Ley No. 27117), por lo que las expropiaciones deben obedecer dicha ley. Antes de dar inicio a las obras, también es necesario obtener la certificación junto al Ministerio de Ambiente, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado si el área del proyecto se encuentra dentro de una zona de protección natural.

Tal como se muestra en la Tabla 2.4.3, las áreas naturales protegidas pueden ser clasificadas en zonas de protección del Estado, zonas de protección de la región y zonas de protección privada o empresarial. Con relación a las áreas de protección manejadas por el Estado, existen algunas restricciones de acuerdo con el uso (Ver Tabla 2.4.4). En el caso del presente Estudio, solamente la cuenca de Cañete cuenta con

una zona de bosques de protección, pero no existen áreas naturales protegidas dentro del área de implementación del presente proyecto.

El Perú es un país rico en restos arqueológicos. Así, antes de iniciarse cualquier proyecto es necesario obtener la Certificación de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) junto a la Comisión Nacional Técnica de Arqueología.

Los procedimientos para la obtención de este certificado están normados por el Reglamento de Investigaciones Arqueológicas (R.S. No.004-2000-ED).

Tabla 2.4.3 Clasificación de las áreas de protección ambiental

ANP	Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas-SINANPE
ACR	Gobierno Regional (Gestión por parte del Gobierno Regional y Gobierno Provincial)
ACP	Gestión Privada (Previa coordinación con MINAM/MINAG)

Tabla 2.4.4 Restricciones en áreas de protección ambiental manejadas por el país

	Nombre	Características	Prohibiciones
Zonas de uso indirecto	Parques Nacionales	Zona de protección de diversos ecosistemas.	Incorporar nuevas especies y recaudación de recursos para fines comerciales.
	Santuarios Nacionales	Zona de protección de flora y fauna específica. Está permitida la colección de la flora y fauna que no se utiliza para mantener la vida de los pobladores que habitaban desde un principio.	Incorporar nuevas especies y recaudación de recursos para fines comerciales.
	Santuarios Históricos	Zonas donde hay patrimonio cultural, asimismo zonas que tienen valor en el aspecto de la naturaleza.	Liquidación y recaudación de recursos para fines comerciales.
Zonas de uso directo	Reservas Nacionales	Zonas de protección de ecosistemas y áreas forestales. La tala de árboles está prohibida. Sin embargo la recolección de plantas y la caza de animales están permitidas (incluye uso comercial) siempre y cuando se garantice la sostenibilidad de las especies. (según las normas del Ministerio de Medio Ambiente)	Incorporar nuevas especies
	Reserva Paisajística	Zonas de reserva de paisajes. En caso de que se desee explotar los recursos se debe pedir permiso al Ministerio de Medio Ambiente. Según la zonificación del Ministerio de Medio Ambiente es posible incorporar nuevas especies.	La explotación de especies sin autorización del Ministerio de Medio Ambiente está prohibida.
	Reserva de flora y fauna silvestre	Zonas para protección de flora y fauna específica. La explotación de la flora y la fauna que no está incluida en la específica se puede realizar siempre y cuando esté acorde a la normativa del Ministerio de Medio Ambiente. (incluye uso comercial)	Incorporar nuevas especies y recaudación de recursos para fines comerciales.
	Reserva de Comunidades	Protección de las zonas habitadas por personas indígenas. Con prioridad el permiso a la extracción de los recursos necesarios para la supervivencia de los	Incorporar nuevas especies y recaudación de recursos para fines comerciales.

		morados. La extracción para las personas no residentes también está permitida siempre y cuando esté de acuerdo a las normativas del Ministerio de Medio Ambiente.	
	Bosque de Defensa	Grupo de arboles que sirven para evitar la erosión en las riberas y zonas de pendiente.	Incorporar nuevas especies y recaudación de recursos para fines comerciales.
	Distritos con permiso de caza	Solamente está permitida la caza siempre y cuando esté de acuerdo con las normas establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente.	Incorporar nuevas especies y recaudación de recursos para fines comerciales.
Zona de investigación	Área Protegida (ZR)	Son zonas de investigación que se han dispuestas para registrar los records de las zonas protegidas. Además se realizan investigaciones para las prórrogas y clasificación de las áreas protegidas.	

(4) Plan de control de sedimentos del presente Proyecto

El plan de control de sedimentos para toda la cuenca representa un costo muy elevado; además, el periodo del proyecto se extendería demasiado, por lo que los efectos positivos serían demorados, con un bajo costo beneficio. El objetivo principal de este proyecto es mitigar los daños de las inundaciones. Considerando este objetivo, la medida de control más efectiva es la implementación del control de sedimentos en los abanicos fluviales. En los ríos Chincha y Pisco, donde el depósito de sedimentos es más acentuado, ya existen planes de control de sedimentos con la construcción de estructuras fluviales y podemos considerar que para el presente proyecto, la implementación de estos planes es la medida más efectiva.

(5) Cronograma de implementación de los proyectos

El cronograma debe ser de acuerdo con los componentes de estructuras fluviales (Ver componentes de estructuras fluviales).

2.5 Recomendaciones

(1) Medidas para las estructuras

El control de sedimentos con la construcción de estructuras en la sierra tienen costo elevado, además los resultados toman mucho tiempo. Como los objetos de conservación son pocos en la sierra, el efecto costo beneficio también es bajo. Este proyecto es un proyecto de medidas contra inundaciones y su objetivo principal consiste en mitigar los daños causados por inundaciones a través del control de sedimentos. El control de sedimentos dentro de toda el área del estudio representa un costo demasiado elevado, con efectos limitados. Desde el punto de vista de medidas contra inundaciones, la medida más realista es implementar la construcción de estructuras fluviales en los abanicos, que son más cercanos a las áreas a ser conservadas.

(2) Monitoreo del la variación del cauce del río y el movimiento de sedimentos.

Con el fin de formular las medidas óptimas de mantenimiento del cauce del río existe la necesidad de conocer la variación del lecho del río con respecto a las precipitaciones que se presentan durante el

año. El conocimiento de la variación del lecho del río nos permite saber el lugar propicio para realizar medidas de control y cuando y con qué frecuencia es necesario su mantenimiento. Con esto es posible optimizar las medidas del mantenimiento del cauce del río.

En la actualidad no se está realizando un monitoreo de la variación del cauce del río, por lo tanto el nivel de dicha variación es desconocida. Por lo tanto, es necesario la constitución de sistemas de monitoreo y la realización periódica de trabajos de topografía tanto transversal como longitudinal del río para poder conocer la variación real del cauce del río vinculado a la precipitación.

(3) Medidas contra el cambio climático

El volumen de sedimentos de los proyectos objeto se da a través de fórmulas proporcionales al volumen de lluvias por lo que al incrementarse el volumen pluviométrico, se incrementa el volumen de sedimentos, siendo necesario elevar el número de estructuras; consecuentemente incrementando el costo. La medición del volumen con el cambio climático debe ser realizado con precisión una vez que depende de previsiones climáticas.

(4) Medidas no-estructurales

Pese a ser distinto del tema del presente proyecto, en el Perú frecuentemente ocurren deslizamientos de tierra por lo que proponemos algunas medidas no estructurales para mitigar los desastres de esta naturaleza. El costo de implementación de las mismas, comparadas a las medidas estructurales es mucho más bajo y son efectivas para proteger vidas humanas y el patrimonio contra los desastres.

- Legislación para zonificar las zonas agrícolas y zonas residenciales
- Establecimiento del nivel de alerta de volumen de lluvias para cada región con base a mediciones y centro de alerta temprana
- Recopilar los casos de desastres y elevar los conocimientos de la población sobre prevención de desastres a través de la educación y difusión de prevención

1) Legislación

En el Perú, excepto en las zonas urbanas, no existen grandes poblaciones cerca a manantiales o en las desembocaduras de las quebradas. Como las lluvias también son escasas, los daños directos debido a sedimentos también son pocos. Desde el punto de vista de protección del patrimonio, además de las zonas donde se irá implementar medidas estructurales contra daños por inundaciones y sedimentos es necesario establecer en adelante condiciones para la agricultura en zonas de peligro.

2) Medición y prevención de pluviometría, establecimiento de índices aceptables y estructura de un sistema de alerta temprana

En el Perú no existen muchas estaciones de medición pluviométrica por lo que es difícil estructurar medidas de alerta temprana por el volumen pluviométrico. Sin embargo, es posible estructurar un sistema de alerta temprana utilizando radares de medición pluviométrica que abarcan grandes áreas. Los radares de medición pluviométrica son efectivos como alerta para medidas contra inundaciones también. Sin embargo, debido a la topografía acentuada, es necesario evaluar con cuidado el plan de instalación.

3) Elevar el conocimiento a través de la educación y difusión de prevención de desastres

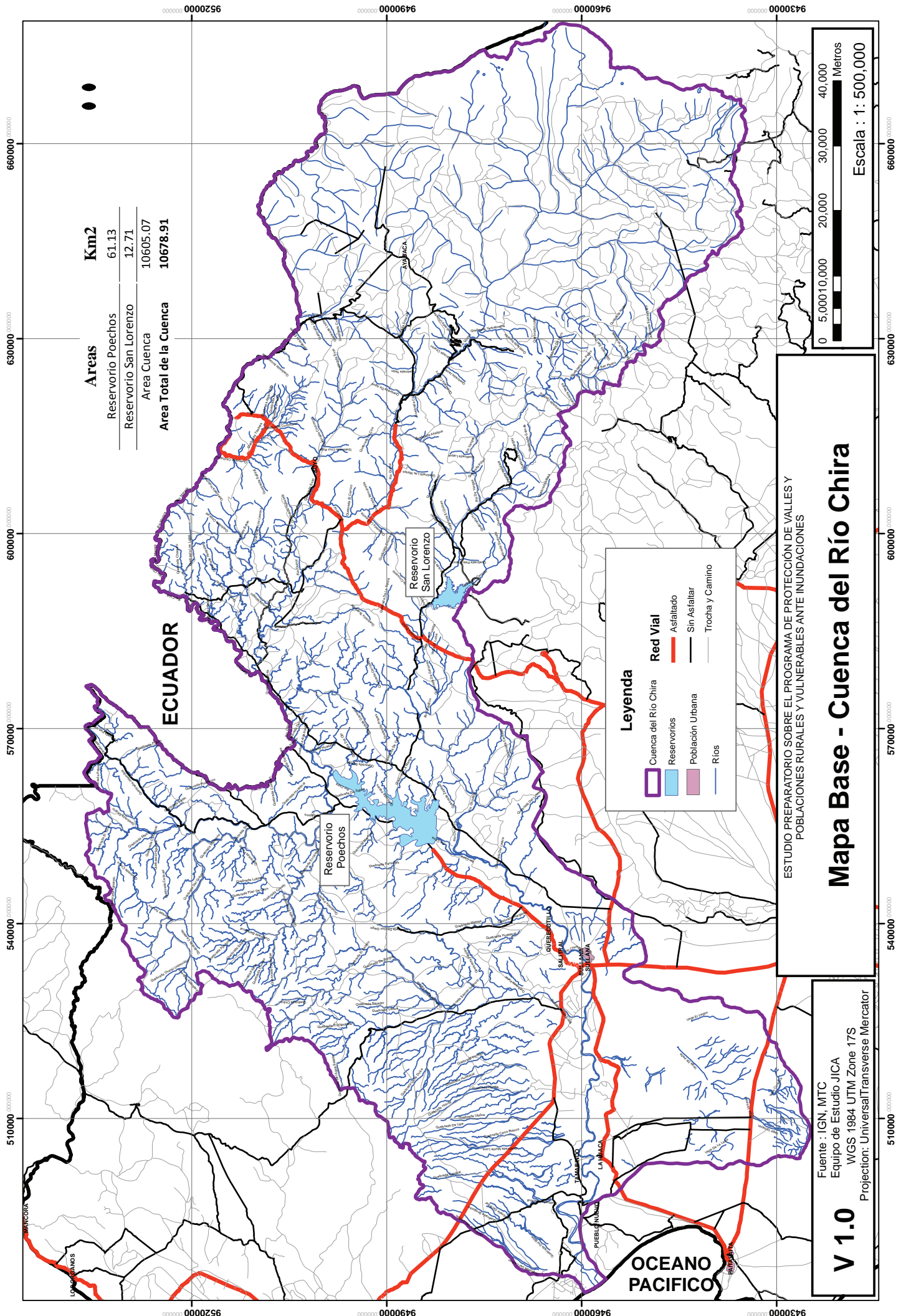
La Tabla 2.5.1 muestra la ocurrencia de inundaciones durante el periodo 1995-2010 en el Perú. Durante el periodo 1997-2002 ocurrieron diversas inundaciones y deslizamientos. Es necesario elevar el conocimiento sobre prevención de desastres, aprovechando las experiencias pasadas como lecciones a ser aprendidas.

Tabla 2.5.1 Número de ocurrencias de desastres en el Perú (deslizamientos, inundaciones)

Año	Tipo de daños	Total Nacional	Total de 4 valles	Arequipa	Ica	Lima	Piura
1995	Trasporte de sedimentos	51	15	6	2	7	0
	Inundaciones	30	9	3	4	2	0
1996	Trasporte de sedimentos	38	6	2	0	3	1
	Inundaciones	53	7	1	4	2	0
1997	Trasporte de sedimentos	74	12	7	2	3	0
	Inundaciones	224	48	42	0	1	5
1998	Trasporte de sedimentos	182	39	15	0	21	3
	Inundaciones	358	93	6	13	23	51
1999	Trasporte de sedimentos	89	28	4	5	19	0
	Inundaciones	292	88	44	14	21	9
2000	Trasporte de sedimentos	131	13	5	2	5	1
	Inundaciones	208	15	2	1	9	3
2001	Trasporte de sedimentos	116	15	6	0	5	4
	Inundaciones	239	37	15	2	15	5
2002	Trasporte de sedimentos	64	18	2	0	15	1
	Inundaciones	136	22	3	0	5	14
2003	Trasporte de sedimentos	265	45	4	2	27	12
	Inundaciones	470	17	1	0	13	3
2004	Trasporte de sedimentos	175	19	3	3	12	1
	Inundaciones	234	19	2	1	11	5
2005	Trasporte de sedimentos	223	36	11	3	19	3
	Inundaciones	134	16	2	1	7	6
2006	Trasporte de sedimentos	396	53	4	1	40	8
	Inundaciones	348	27	3	0	10	14
2007	Trasporte de sedimentos	248	29	1	3	20	5
	Inundaciones	272	23	0	4	11	8
2008	Trasporte de sedimentos	251	40	0	2	30	8
	Inundaciones	242	33	1	6	4	22
2009	Trasporte de sedimentos	285	30	10	0	15	5
	Inundaciones	219	8	3	1	4	0
2010	Trasporte de sedimentos	258	44	7	1	33	3
	Inundaciones	229	4	3	0	0	1

Las celdas en blanco no hay información

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



Areas

	Km2
Reservoirio Poechos	61.13
Reservoirio San Lorenzo	12.71
Area Cuenca	10605.07
Area Total de la Cuenca	10678.91

Leyenda

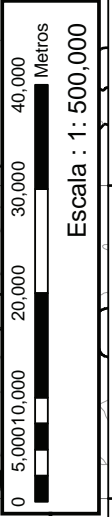
Cuenca del Río Chira		Red Vial	
	Cuenca del Río Chira		Asfaltado
	Reservorios		Sin Asfaltar
	Población Urbana		Trocha y Camino
	Ríos		

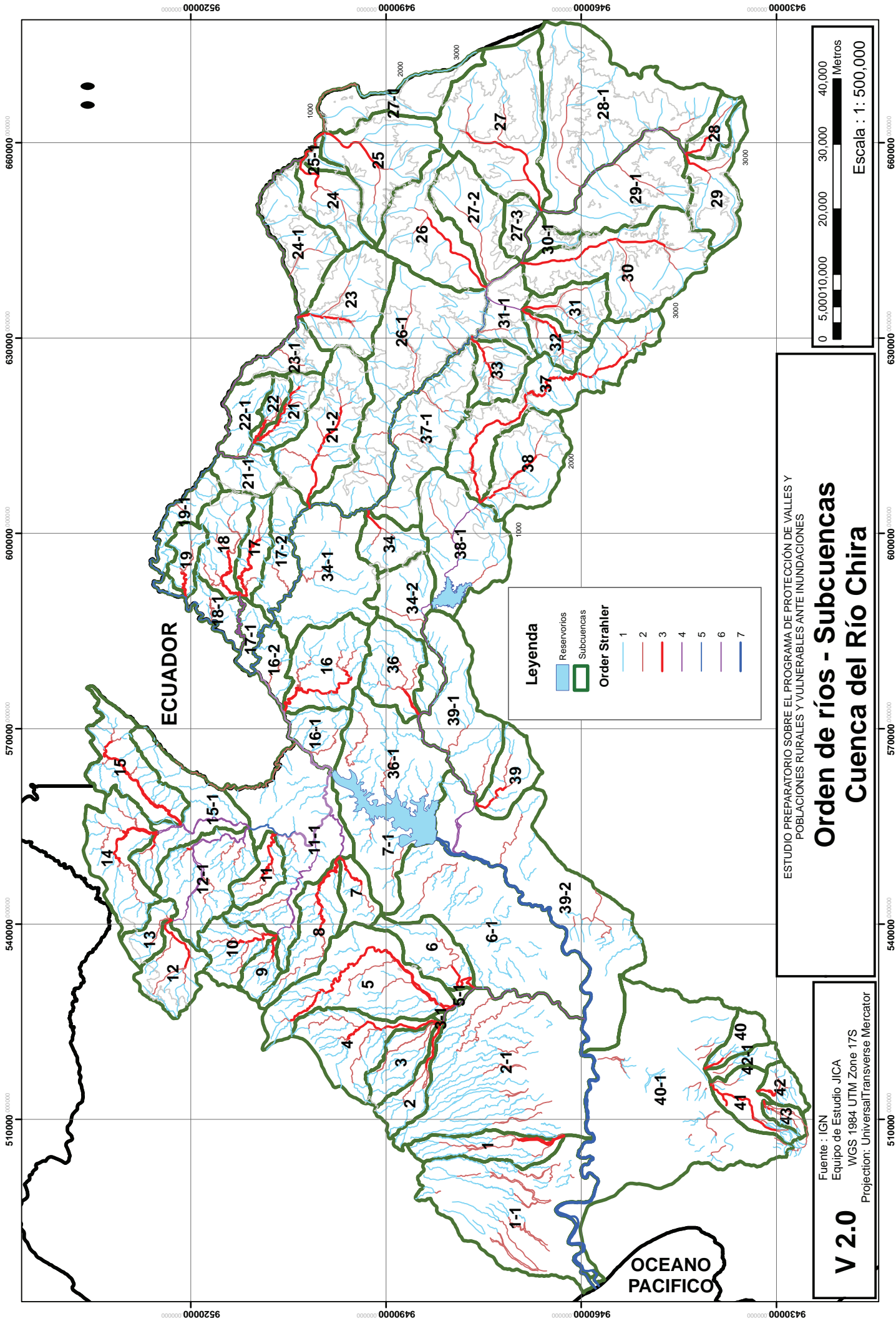
ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES

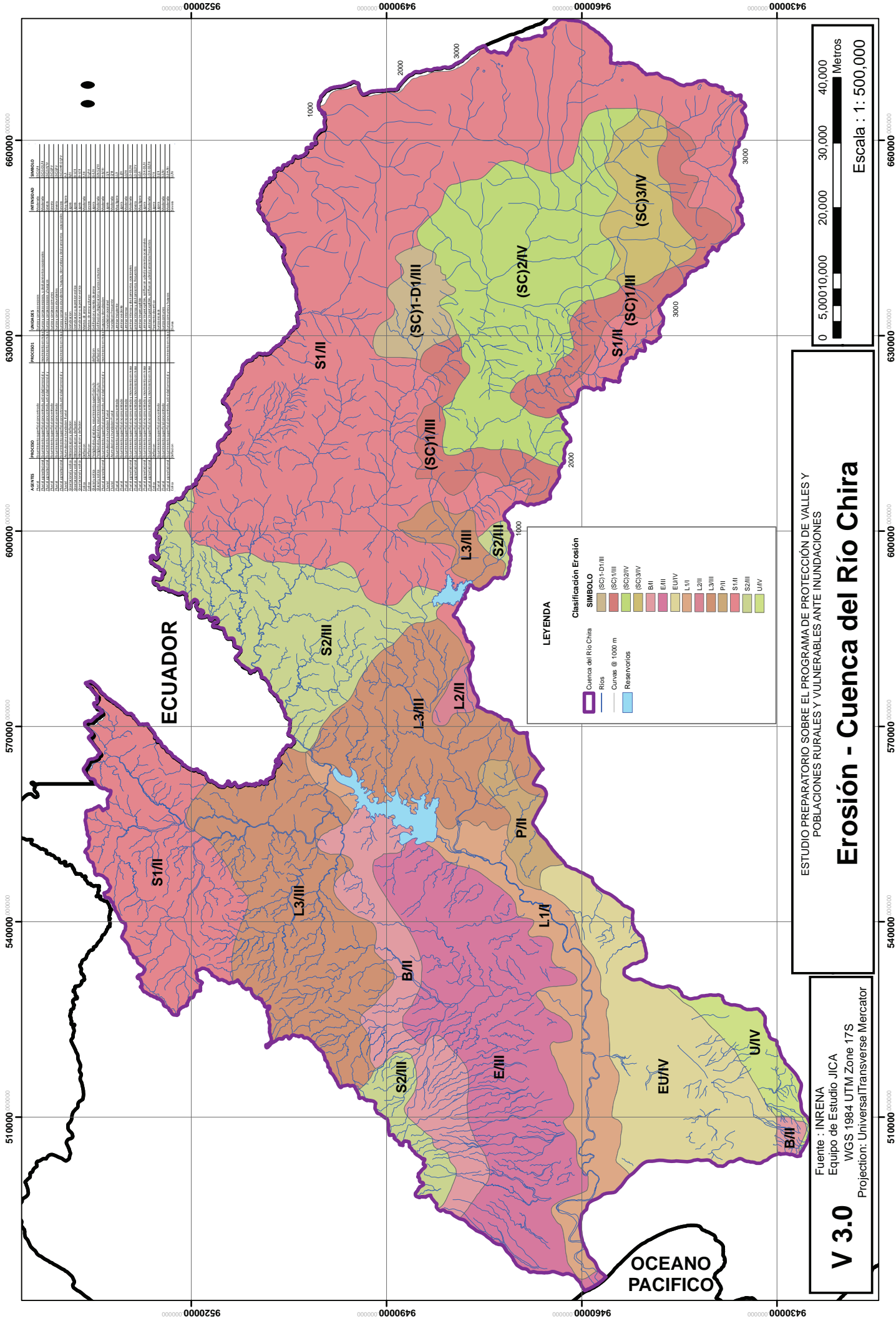
Mapa Base - Cuenca del Río Chira

V 1.0

Fuente : IGN, MTC
 Equipo de Estudio JICA
 WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Universal Transverse Mercator





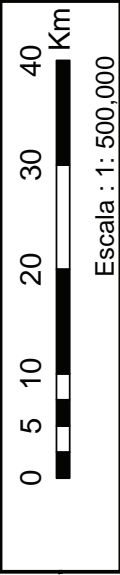
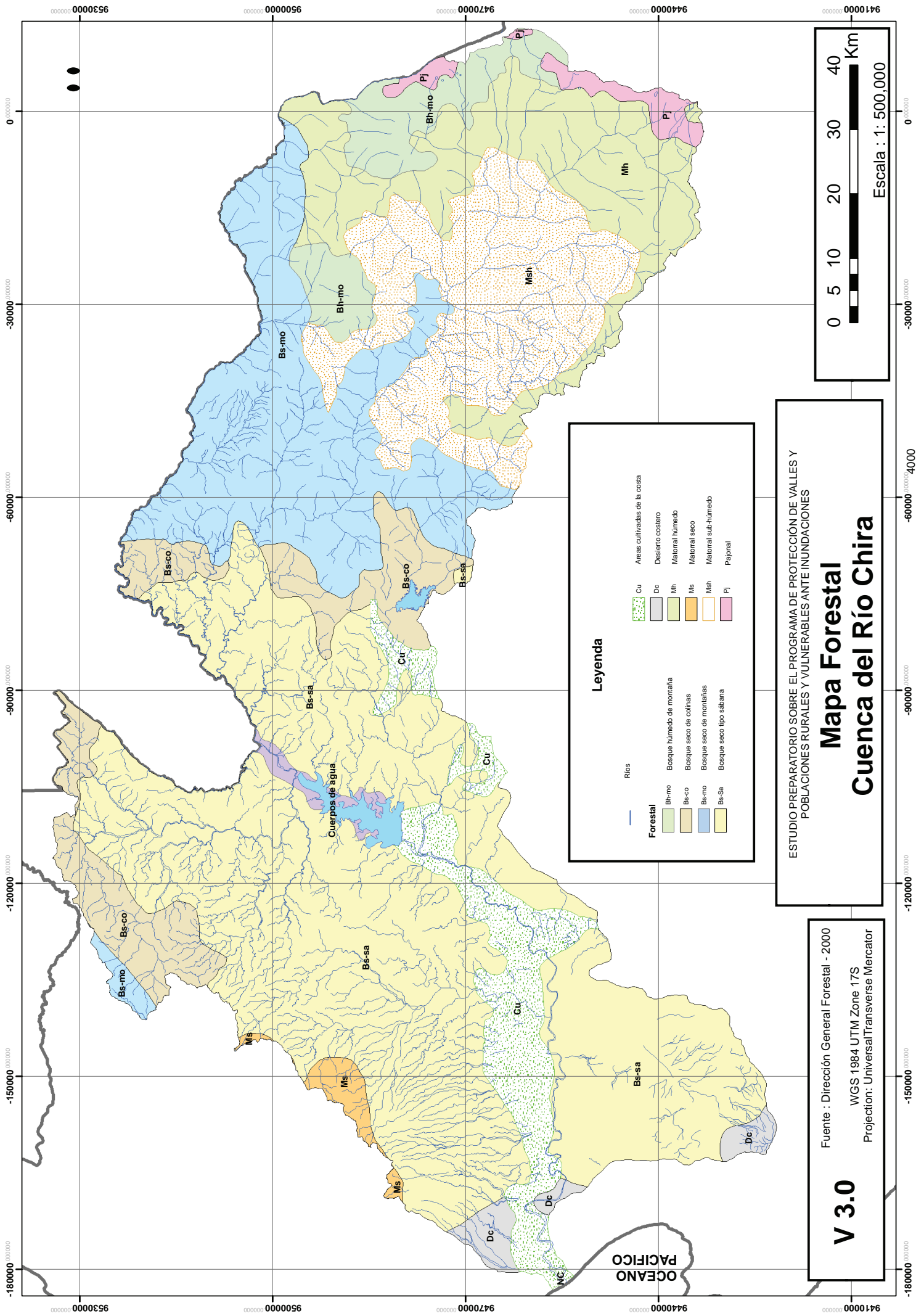


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES

Erosión - Cuenca del Río Chira

V 3.0

Fuente : INRENA
 Equipo de Estudio JICA
 WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Universal Transverse Mercator



Legenda

	Rios		Areas cultivadas de la costa
	Bs-mo		Desierto costero
	Bs-co		Monta#al h#umedo
	Bs-mo		Monta#al seco
	Bs-sa		Monta#al sub-h#umedo
	Cu		Pajonal
	Dc		
	Mh		
	Ms		
	Mesh		

**Mapa Forestal
Cuenca del R#o Chira**

ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCI#N DE VALLES Y
POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES

V 3.0

Fuente : Direcci#n General Forestal - 2000
WGS 1984 UTM Zone 17S
Projection: UniversalTransverse Mercator

