

PÚBLICO

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

ECUADOR

PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA-CODO SINCLAIR

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

(EC0123)

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR EL SISMO DEL 5 DE MARZO SOBRE EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA-CODO SINCLAIR

MARZO 1987



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

Lo-701/SF-EE

CC-606
Futbol Ref. ant.



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA - CODO SINCLAIR

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

ANALISIS DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR EL SISMO
DEL 5 DE MARZO SOBRE EL
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR

Marzo de 1987

ESTUDIOS REALIZADOS POR INECEL Y LA ASOCIACION DE FIRMAS CONSULTORAS

ELECTROCONSULT - TRACTIONEL - RODIO

ASTEC - INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES

FINANCIAMIENTO: INECEL — BID — FONAPRE

ANALISIS DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR EL SISMO
DEL 5 DE MARZO SOBRE EL
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR

ANALISIS DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR EL SISMO DEL 5 DE MARZO
SOBRE EL PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR

Indice

	Página
OBJETIVO Y ESTRUCTURA DEL INFORME	1
1. ACONTECIMIENTOS ANTERIORES AL EVENTO DEL 5 DE MARZO	2
1.1 Estudios sísmicos anteriores	2
1.2 Eventos hidrometeorológicos anteriores al evento sísmico del 5 de marzo	2
1.3 Condiciones de inestabilidad potencial de los taludes	3
2. EVENTO SISMICO DEL 5 DE MARZO	4
3. EFECTOS DEL EVENTO SISMICO EN EL AREA DEL PROYECTO	6
3.1 Generalidades	6
3.2 Sector obras de captación/acumulación	6
3.3 Sector túnel de aducción	7
3.4 Sector Compensador Codo Sinclair	7
3.5 Sector Reventador	7
4. ACTUALIZACION DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DEL PROYECTO A CONSECUENCIA DE LO ACONTECIDO	9
4.1 Generalidades	9
4.2 Sismo de diseño	9
4.3 Obras de captación/acumulación	10
4.4 Otras obras	10
4.5 Efectos sobre el interés económico del Proyecto	11
5. DOCUMENTACION FOTOGRAFICA	

OBJETIVO Y ESTRUCTURA DEL INFORME

Objetivo

El objetivo del presente informe es el de examinar los efectos del evento sísmico del 5 de marzo de 1987 sobre el área del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair, de analizar y plantear criterios actualizados de diseño para la continuación de los estudios del Proyecto mismo a consecuencia de lo acontecido.

Estructura del Informe

El informe se estructura en 4 capítulos que tratan respectivamente de:

- acontecimientos anteriores al evento del 5 de marzo,
- el evento mismo,
- los efectos del evento sobre el área del Proyecto,
- la actualización de los criterios de diseño como consecuencia de lo acontecido.

Se anexa al final del informe una documentación fotográfica basada en el sobrevuelo del área del Proyecto efectuado el 10 de marzo de 1987.

1. ACONTECIMIENTOS ANTERIORES AL EVENTO DEL 5 DE MARZO

Este capítulo hace referencia a los estudios sísmicos del área en estudio, a los eventos hidrometeorológicos del mes de febrero de 1987 y a las condiciones de inestabilidad potencial de los taludes de los valles del área afectada antes del sismo del 5 de marzo.

1.1 Estudios sísmicos anteriores

El área del Proyecto Coca-Codo Sinclair, según los estudios sísmicos realizados en 1981 en el marco de los estudios anteriores de Factibilidad del aprovechamiento del Salado, fue considerada por los Especialistas de Woodward and Clyde como un área de sismicidad medio-baja (ver Informe de Investigaciones para los Estudios de Evaluación del Riesgo Sísmico del sitio de la Presa Salado).

Esto en base a observaciones directas obtenidas con una red de sismógrafos portátiles instalados en la zona de los estudios durante algunos meses y a elaboraciones estadísticas de datos históricos.

En realidad pocos son los eventos seleccionados y catalogados en los últimos ochenta años que se localizan en el frente oriental de los Andes. Trátase de sismos con profundidades focales mayores de 35 Km y cuya magnitud varía de 5 a 7.

En base al modelo sismotectónico propuesto en los estudios anteriores para la evaluación del riesgo sísmico en el sector de la presa Salado y a la revisión de la tectónica regional, se consideró como posiblemente activa solamente la falla de Borja. Los períodos de retorno para sismos con aceleración 0,1 g resultaron ser del orden de cien años y pluriseculares para sismos con aceleraciones mayores. Sin embargo cabe considerar que una baja sismicidad histórica puede no ser representativa de una tendencia de actividad sísmica a largo plazo, medida en una escala geológica cuaternaria.

1.2 Eventos hidrometeorológicos anteriores al evento del 5 de marzo

Durante el mes de febrero de 1987 el área del Proyecto fue caracterizada por fenómenos hidrometeorológicos que se pueden definir excepcionales y atípicos.

El día 3 de febrero se registró en la estación hidrométrica del río Coca en San Rafael un caudal superior a 2.600 m³/s, que se estima tener un tiempo de retorno de 5 años.

En el día 20 de febrero en la misma estación se registró un caudal aún mayor de unos 3.400 m³/s, que se estima tener un tiempo de retorno de 20 años.

Las precipitaciones acumuladas en este mes en la estación de "Murallas del Medio", a unos 15 Km de los sitios de presa, alcanzaron casi los 600 mm, lo que representa la máxima precipitación mensual registrada en la estación, siendo el segundo valor de máxima precipitación anteriormente registrada inferior a los 400 mm.

El último registro de caudal medido en la estación del río Coca en San Rafael dio a las 17h00 del 5 de marzo un valor de unos 450 m³/s y se estima que el valor subió a las 21h00 a unos 600 m³/s, el doble del caudal promedio del río.

1.3 Condiciones de inestabilidad potencial de las laderas

Las laderas de los valles principales y de los afluentes en la región del Proyecto afectada por el sismo presentan en general, una morfología abrupta en la parte baja e intermedia hasta evidenciar paredes verticales en la parte más alta.

En todos los taludes de la parte intermedia y baja los fenómenos de disgregación, alteración y de deposición que actuaron en épocas geológicas recientes sobre las rocas del substrato han venido formando capas de depósitos coluviales de varios metros de espesor. La matriz arcilloso-arenosa de estos depósitos y el grado de saturación que los caracteriza (que llega en temporadas de lluvias fuertes y continuas a la sobresaturación) generan condiciones permanentes de inestabilidad potencial que en una región volcánica y de tectonismo reciente pueden ocasionar efectos de deslizamientos y derrumbes en una escala más o menos amplia, dependiendo de la intensidad de los fenómenos dinámicos.

Sin embargo, la presencia sobre todas las laderas del área del Proyecto de extensos depósitos coluviales de fuerte espesor y relativamente estables, indicaba que, en épocas recientes (centenares de años) o históricas, no habían ocurrido en esta zona eventos de una magnitud tan grande como para activar la inestabilidad potencial de estos taludes en escala regional.

2. EVENTO SISMICO DEL 5 DE MARZO

El evento del 5 de marzo de 1987 fue caracterizado por una serie de sismos de origen tectónico: el primero a las 20h55 de intensidad IV-V de la escala Mercalli que alcanza los XII grados y el segundo a las 23h20 con intensidad VII-VIII de la misma escala; otros sismos de menor intensidad se registraron en los días siguientes.

El epicentro del sismo de mayor intensidad, según la red de sismógrafos del Proyecto Mica-Tambo centralizados en la Escuela Politécnica Nacional, estuvo ubicado en los 0°08'S y 77°80'W aproximadamente entre el Cerro Saraurco y el volcán El Reventador a unos 75 Km al este de Quito.

Según los expertos de la Misión Técnica de la Defensa Civil Italiana el epicentro puede estar ubicado un poco más al este entre las partes altas de las cuencas del río Malo y de los ríos Dué inmediatamente al noroeste del volcán El Reventador.

En general la zona afectada por estos fenómenos sísmicos corresponde al flanco oriental de la Cordillera Real y la franja de los cabalgamientos de dicha cordillera sobre la plataforma amazónica. Se trata, según los expertos tectónicos, de una zona estructuralmente compleja que se caracteriza por la coexistencia en un espacio restringido de rasgos tectónicos compresivos, transcurrentes y distensivos.

La secuencia de estos sismos de origen tectónico provocó sobre un área bastante extensa grandes movimientos gravitacionales de las laderas montañosas constituidas por suelo vegetal, material coluvial y material laharítico.

Los materiales deslizados han estado, por lo tanto, constituidos casi exclusivamente por una mezcla muy fluida de arcilla, arena y bloques de las formaciones rocosas subyacentes descompuestas y alteradas, que, al alcanzar el fondo del valle, han formado amplios conos de deyección dirigiéndose aguas abajo.

La movilización de los deslizamientos ha tenido los siguientes componentes determinantes:

- taludes con fuerte pendiente,
- frecuente presencia de cambio brusco de pendiente (de inclinada a vertical) en la parte intermedia y alta de los taludes que favorece la formación de nichos de desgaje,

- cobertura casi continua de depósitos coluviales con matriz arcillosa,
- elevadísimo grado de humedad natural de estos materiales por el régimen normal de lluvias de la región aumentado últimamente por los eventos hidrometeorológicos antes mencionados,
- presencia continua de una espesa vegetación con raíces poco profundas que, en caso de sacudidas violentas, se movilizan en conjunto con las masas detríticas.

La parte de los materiales deslizados que alcanzó el fondo de los valles se mezcló al agua de los ríos aumentando notablemente el caudal sólido y creando frentes de agua, lodo, bloques y árboles que arrastraron todo lo que encontraron a lo largo de su camino.

Represamientos temporales deben haber ocurrido en el río Coca y en sus tributarios Malo y Salado, así como en el río Dué tributario del río Aguarico; estos represamientos efímeros fueron producidos por derrumbes que acarrearón árboles y bloques. Las olas producidas por el destaponamiento de estos represamientos fueron las causas de los mayores daños a lo largo de los valles.

Las zonas más afectadas por estos fenómenos son los valles de los siguientes ríos: Coca, aguas abajo de la confluencia del río Salado, Malo, Salado y Dué Grande, este último hasta su confluencia con el río Aguarico.

Pese a que no se han efectuado observaciones detalladas parece que estos fenómenos se extienden a la región situada al NW y oeste del volcán El Reventador.

3. EFECTOS DEL EVENTO SISMICO EN EL AREA DEL PROYECTO

3.1 Generalidades

El área del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair se localiza entre el tramo del río Coca, definido entre la confluencia del río Salado con el río Quijos y el Codo Sinclair unos 25 a 30 Km aguas abajo hacia el este en línea recta; esta área se encuentra por lo tanto de unos 10 a 20 Km al sureste del supuesto epicentro del sismo.

Los fenómenos, anteriormente descritos, de deslizamientos gravitacionales, de arrastre de material y de depósito a lo largo de los valles principales afectan también el área del Proyecto, por lo menos en su parte de aguas arriba relacionada a las alternativas de obras de captación/acumulación sobre el río Coca.

A continuación se describen en detalle los efectos del evento sísmico en los diferentes sectores del Proyecto.

3.2 Sector obras de captación/acumulación

En el valle del río Salado y en la margen izquierda del río Coca los deslizamientos de las laderas son prácticamente continuos, alcanzando alturas de hasta 200 a 300 m respecto a la cota de los ríos.

La cuenca del río Malo ha quedado casi completamente limpia de la espesa cobertura vegetal (con árboles de 30-40 m de altura) y profundamente erosionada, evidenciándose un paisaje totalmente nuevo.

Los deslaves y los conos de deyección, confluyendo en río Coca en el tramo Salado-Cascada San Rafael, han acumulado en el fondo del valle un espesor de lodo, detritos y restos vegetales estimado en unos 10 m sobre todo el ancho del valle sepultando a los asentamientos humanos existentes y al campamento e instalaciones para investigaciones de los Consultores, así como importantes tramos de la carretera y el oleoducto.

Es evidente que el enorme cono de deyección del río Malo aguas abajo de su cascada obstruyó parcialmente el valle del río Coca, embalsando el río hasta la desembocadura del río Salado.

En general la margen derecha del valle del río Coca, presenta fenómenos de intensidad mucho menor de la que se observa en las laderas de la margen izquierda del mismo río.

3.3 Sector del túnel de aducción

El túnel de aducción de una longitud de unos 20 Km está previsto cruzar a la derecha del valle, la meseta delimitada por el curso del río. En esta área los daños debidos al sismo han sido de menor gravedad y hasta despreciables.

Es importante observar que en dicha meseta se estaba ejecutando la perforación ST3 y que al momento del primer sismo se había llegado a una profundidad de 100 m. El operador de la sonda continuó su actividad efectuando dos maniobras más y llegando al momento del segundo sismo a la profundidad de 106 m. La sacudida de este segundo sismo apagó el motor de la máquina, y se perdieron las comunicaciones de radio al campo base, (al día siguiente se comprobó que la antena repetidora se cayó con el sismo). Por estas razones se suspendieron las actividades durante toda la noche. A las 6h00 de la mañana siguiente el operador decidió recuperar el varillaje y pudo efectuar toda la maniobra sin la menor dificultad, sin que se evidencien deformaciones en la tubería.

Cabe observar que la perforación ST3 se encuentra próxima a un lineamiento y a pesar de eso el terremoto no causó la mínima deformación en dicha perforación de 106 m de largo y solamente 75 mm de diámetro (NX).

3.4 Sector Compensador-Codo Sinclair

En este sector se proyecta una presa para embalse compensador, la tubería de presión, la casa de máquinas y el túnel de restitución.

No hay evidencias de deslizamientos mayores sea en el área del compensador ni en las laderas del valle del río Coca en la proximidad de la casa de máquinas.

Las olas producidas por las roturas de los represamientos aguas arriba, no alcanzaron cotas mayores, puesto que los campamentos instalados en las terrazas aluviales al pie del talud de la margen derecha no sufrieron percances, registrándose solamente la destrucción parcial de la tarabita en construcción.

3.5 Sector del volcán El Reventador

A pesar de la proximidad que se encuentra respecto al epicentro del sismo, no se ha observado ningún fenómeno que indique una inminente reactivación eruptiva del volcán El Reventador. Sin embargo, la reactivación tectónica que ha afectado a todo este sector, ha creado condiciones potencialmente favorables para una reanudación de la actividad. Por el momento la falta total de un equipo de monitoreo impide establecer si es que existen fenómenos precursores tales como levantamiento del edificio volcánico y microsismicidad local.

En el interior del anfiteatro no se han observado derrumbes o fenómenos de reactivación de las estructuras que resulten de particular evidencia.

El cono actual del volcán no presenta variaciones importantes respecto a su situación anterior. Unicamente se han observado limitados deslizamientos sobre los flancos externos y pequeños derrumbes en el cráter.

4. ACTUALIZACION DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DEL PROYECTO A CONSECUENCIA DE LO ACONTECIDO

4.1 Generalidades

El evento ocurrido el 5 de marzo, determinado por la combinación de un sismo con tiempo de retorno probablemente de centenares de años y de una alta pluviosidad en la zona, con tiempo de retorno superior a 20 años, que sobresaturó los suelos, se puede considerar como verdaderamente excepcional. Además, una eventual repetición de la combinación del mismo sismo con una saturación similar de los suelos no producirá en la vida útil del Proyecto derrumbes y deslaves de la misma magnitud de los recientemente ocurridos, ya que ahora en varias zonas la roca aflora directamente y no existe la misma cantidad de material potencialmente inestable.

También no se puede desestimar que el evento ocurrido ha aportado información valiosísima sobre el comportamiento del río Coca en el evento que sucedan importantes flujos de lodo provenientes del río Malo, de aportes sólidos originados por el derrumbe de los taludes de la cuenca. Igualmente se tiene mejor conocimiento sobre la sismicidad de la zona.

En consecuencia las obras del Proyecto tendrán que ser reestudiadas tomándose en cuenta estos acontecimientos.

Las principales consecuencias del evento sobre los criterios de diseño del Proyecto son las siguientes:

- sismo de diseño más conservador de lo que se hubiera previsto sin el evento del 5 de marzo,
- reanálisis integral de las obras de captación/acumulación para que un eventual fenómeno similar pueda ocurrir sin perjudicar las obras.

Cabe anotar que, durante el actual desarrollo del estudio, los Consultores sugirieron la eliminación del eje de presa inmediatamente aguas abajo de la confluencia del río Malo en el río Coca (eje M0 identificado en los estudios anteriores), por inestabilidades potenciales de las laderas de la cuenca del río Malo (ver Informes 0209-A-103 y 0209-A-109/1). Esta sugerencia, compartida por INECCEL, resultó totalmente justificada a la luz de lo ocurrido.

4.2 Sismo de diseño

El sismo de diseño para la fase A del Proyecto será determinado a la luz de todos los datos históricos registrados incluyendo este

último evento. Particular atención será dedicada a la interpretación de los últimos registros sismográficos.

La instalación prevista de sismógrafos a corto plazo en la zona del Proyecto permitirá para las etapas posteriores del estudio una definición más precisa del sismo de diseño.

No hay que olvidar que el Ecuador es un país de alta sismicidad y por consiguiente hay que convivir con este hecho, pero tomando las debidas y adecuadas medidas de seguridad, que se traducen en la adopción de un sismo de diseño para el cálculo de cualesquiera estructuras, para que puedan soportar las sollicitaciones sísmicas sin sufrir daños irreparables.

4.3 Obras de captación y/o acumulación

Las obras de captación a filo de agua serán reestudiadas pensando en una estructura de cierre en hormigón, constituida por un vertedero libre que permita descargar sin obstáculos no solamente la creciente de diseño sino también avalanchas de lodo y árboles similares a las ocurridas.

Una eventual repetición de los fenómenos recientemente observados afectaría la operación de la central solamente por el tiempo necesario para la limpieza de la obra de toma (estimado en unas semanas).

Las eventuales presas de acumulación tendrán que ser estudiadas bajo condiciones dinámicas más conservadoras y estar asociadas a obras hidráulicas anexas más seguras y flexibles.

- El vertedero tendrá que ser totalmente o en buena parte libre (sin compuertas).
- Las obras de descarga de fondo tendrán que ser de gran capacidad.
- La obra de toma tendrá que ser diseñada para operar a altura variable, con el fin de estar protegida de un llenado repentino del embalse que, como caso límite, deberá prevérsele un poco más abajo del nivel máximo de operación (caso de embalse completamente lleno de sedimentos).

De todas maneras, para las presas de acumulación el problema técnico principal a ser estudiado será el de una posible licuación de las cimentaciones bajo fuertes fenómenos sísmicos de la magnitud de los recientemente ocurridos.

4.4 Otras obras

Las otras obras del Proyecto se sitúan en su gran mayoría en subterráneo a lo largo de la margen derecha del río Coca poco afectada por los eventos sísmicos recientes. No se piensa para estas obras hacer modificaciones apreciables de diseño respecto a

lo anteriormente previsto, ya que las obras en subterráneo resultan mucho menos afectadas por eventos sísmicos.

La presa compensadora evidentemente tendrá que ser estudiada con un sismo de diseño resultante de los análisis de los últimos registros sismográficos.

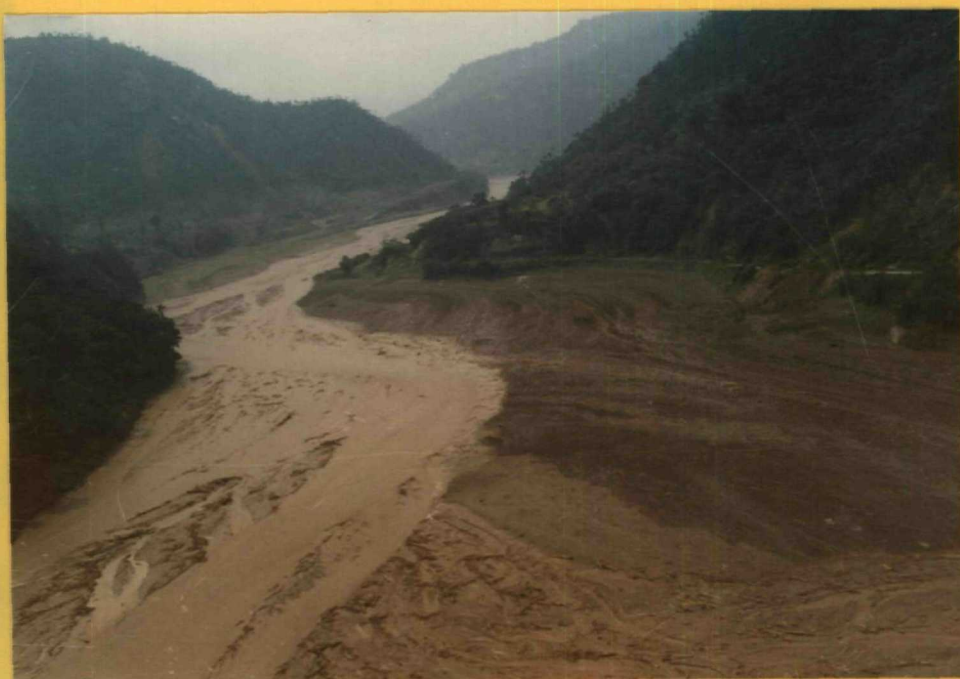
4.5 Efectos sobre la atraktividad económica del Proyecto

Las alternativas preseleccionadas durante los estudios en curso presentaban parámetros económicos muy atractivos (relación B/C superior a 2,5 y tasa interna de retorno entre 20 y 25 por ciento).

El efecto en término de costos de la aplicación de los criterios de diseño arriba ilustrados, reducirá un poco el valor de estos índices, pero manteniendo siempre el Proyecto en una franja de alto interés económico.

5. DOCUMENTACION FOTOGRAFICA

2.15.E
Localidad Tres cruces
Oleoducto y carretera

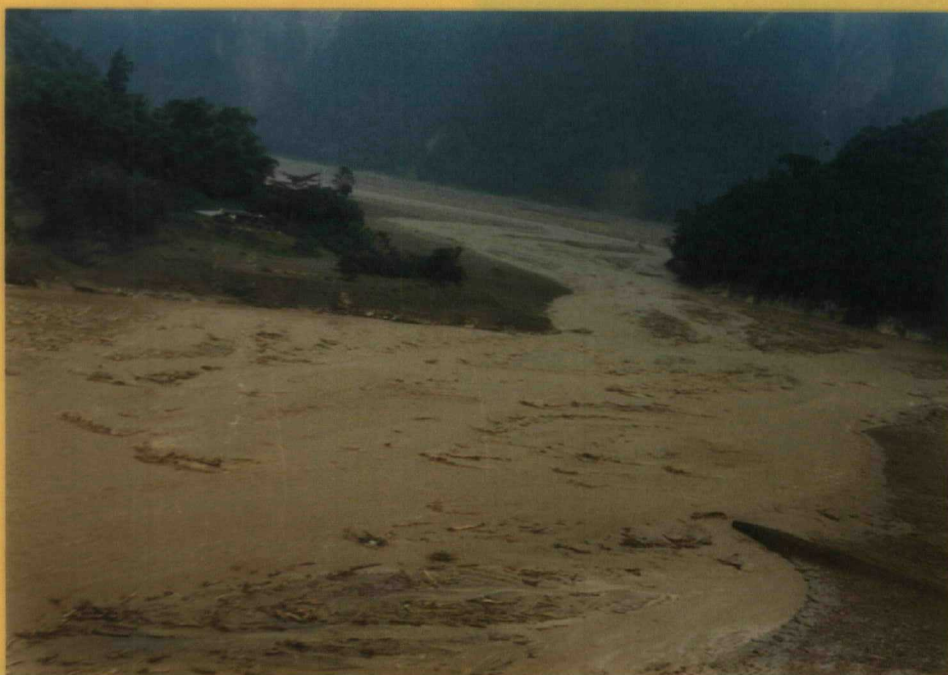


2.37.S
Río Salado un poco aguas
arriba del puente destruido.
En ambos lados. Tramos de
carretera

1.3.E
Río Salado 2 Km
aguas arriba del
puente destruido



1.4.E
Río Salado Sitio
del puente destruido



2.33.S
Estación de bombeo
Salado parcialmente
dañada

2.34.S
Estación de bombeo
Salado



1.8.E

Inmediatamente aguas
abajo del eje Salado
Margen izquierda



2.30.S

Zona eje M2 desde aguas
abajo. Carretera/Oleo-
ducto bajo lodo

1.23.S

Zona eje M2 y M1
desde aguas arriba





1.11.E

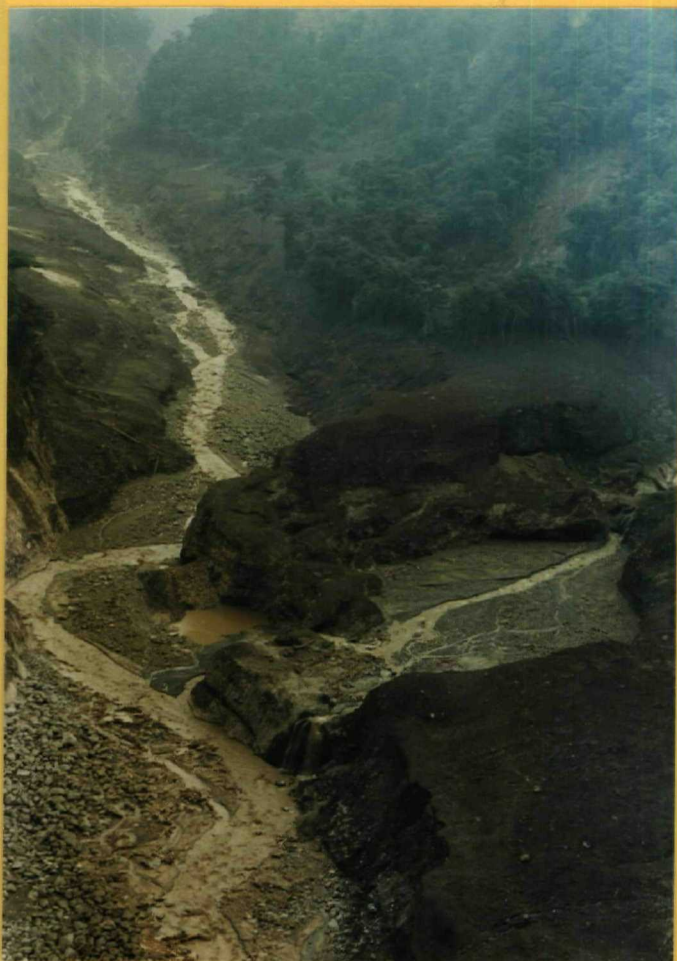
Margen izquierda río Coca entre Salado y Malo. Pronunciada erosión de un riachuelo no identificado con la topografía anterior



2.29.S

Zona eje M2 margen izquierda. Carretera/oleoducto bajo agua y lodo

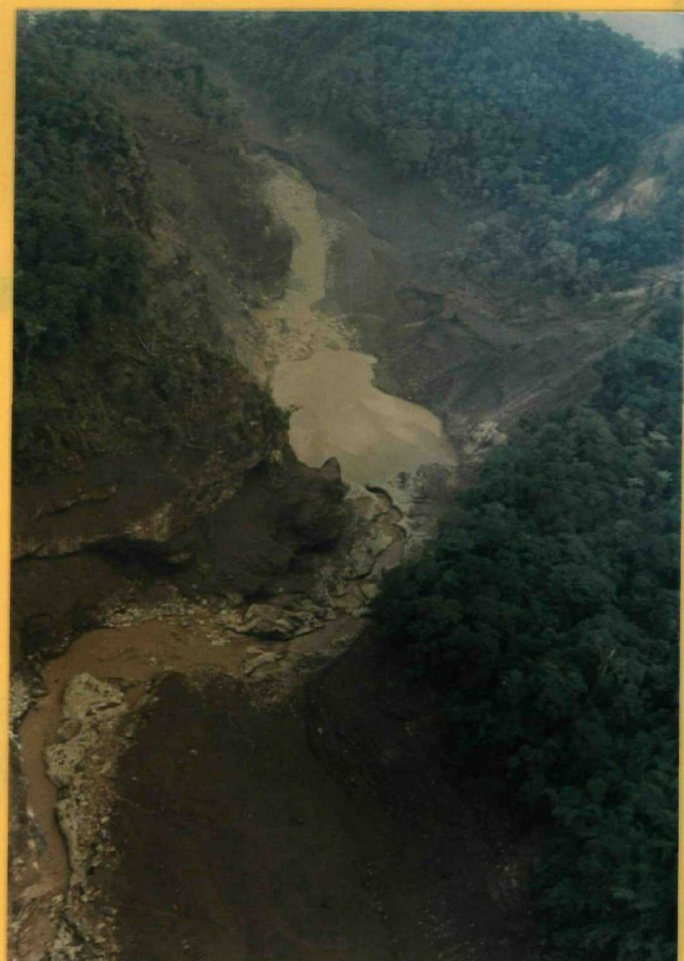
1.17.E
Cascada del río Malo



1.18.E
Río Malo un poco aguas arriba de la cascada



1.25.E
Río Malo desde aguas arriba
Cascada/pozo de erosión/barras/al fondo a la derecha
eje M1 y río Coca



2.21.S

Río Malo desde el río
Coca. Barra/cono de
deyección



Río Coca

2.20.S

Apoyo izquierdo de la
presa de acumulación M1

Río Malo

1.16.E

Cono de deyección del río
Malo que obstruye el flujo
del río Coca. Eje M1



Río Malito

2.18.S

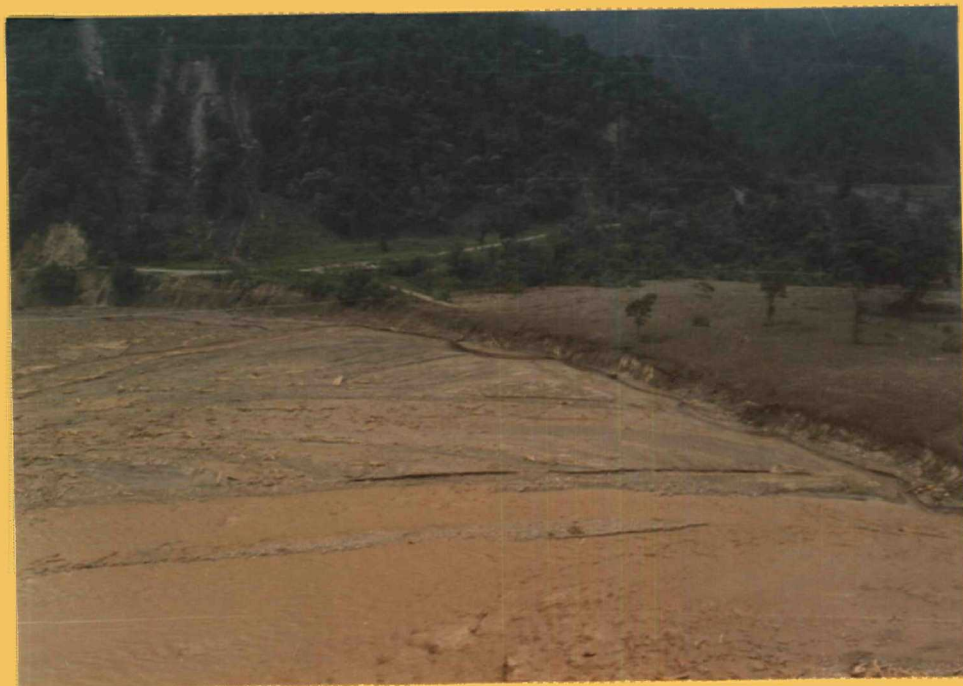
Eje M0 margen izquierda

Río Coca



2.16.S

Río Coca margen izquierda
Carretera Quito-Lago Agrio
y tramo de carretera de
acceso al campo Rodio



1.27.E

Sitio de campo Rodio don-
de pasa el río. Loma don-
de se salvó parte del per-
sonal de Rodio

Río Coca





1.33.E
Cascada San Rafael desde aguas arriba



1.36.E
Cascada San Rafael desde aguas abajo

Jo- 701/5F- EC
CC



INECEL

REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA - CODO SINCLAIR
ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

DOCUMENTACION FOTOGRAFICA ANTES Y DESPUES DEL EVENTO

DEL 5 DE MARZO DE 1.987

ESTUDIOS REALIZADOS POR INECEL Y LA ASOCIACION DE FIRMAS CONSULTORAS

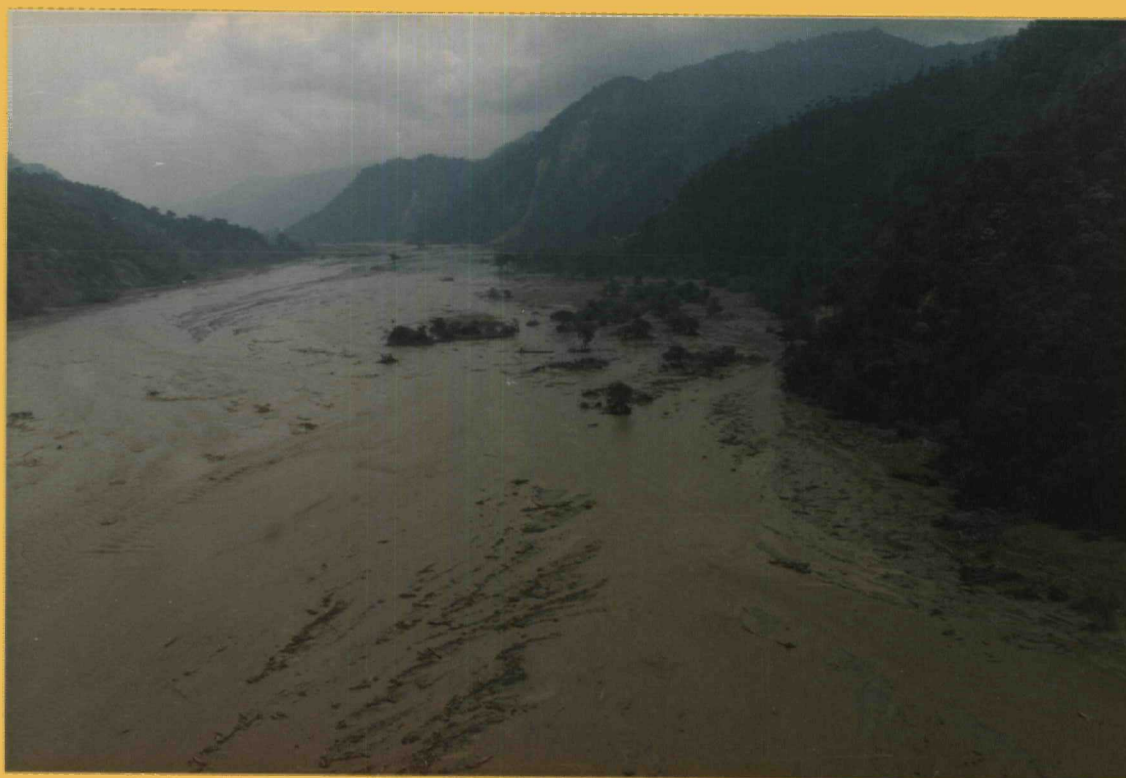
ELECTROCONSULT - TRACTIONEL - RODIO

ASTEC - INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES

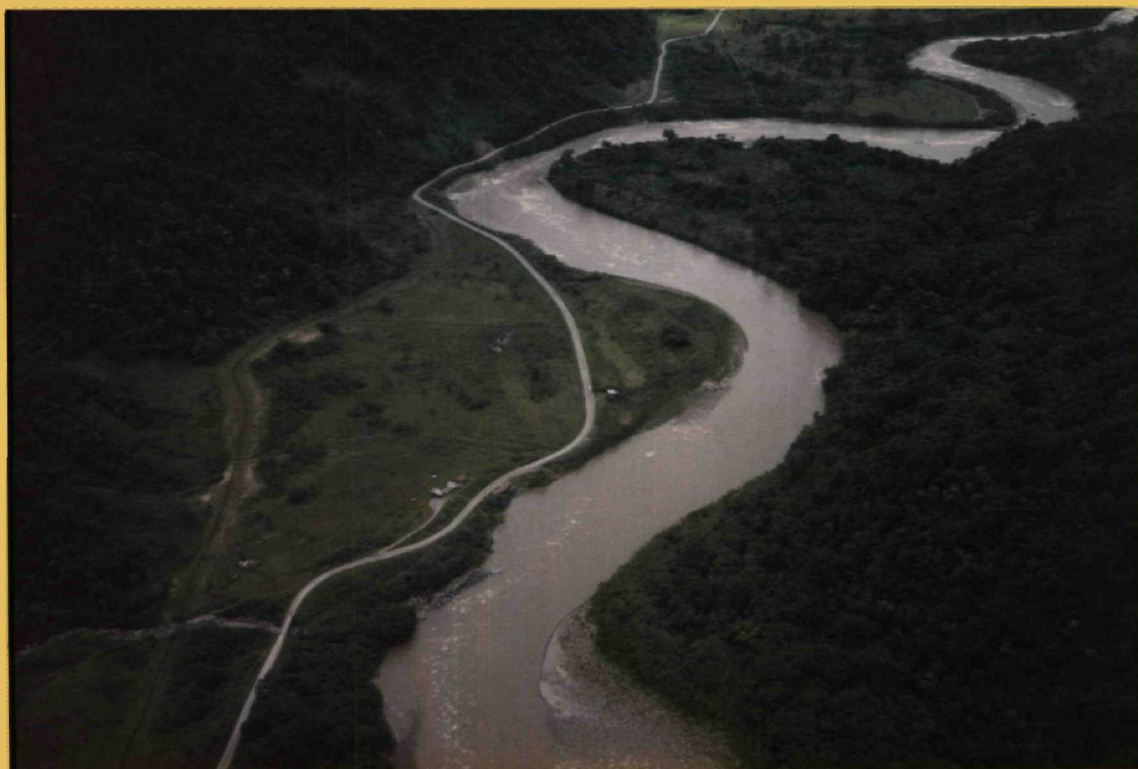
FINANCIAMIENTO: INECEL — BID — FONAPRE



Valle del Río Coca - Confluencia con el Río Malo -
Vista hacia aguas arriba se notan las zonas de cie
rre Malo M-1 y Malo M-2. (Julio 1986)



Valle del Río Coca.
Vista hacia aguas abajo abarca los sitios Malo M-2 y
Malo M-1. (Marzo 1987)



Valle del Río Coca - Confluencia con el Río Loco Larriva.
Vista hacia aguas abajo se nota el sitio Malo M-0.
(Julio 1986)



Confluencia entre el Río Malo y el Río Coca.
Después del sismo, el concho de deyección que se formó en
la desembocadura del río Malo, desvió el curso del Río
Coca hacia la margen derecha. (Marzo 1987)

Cauce del Río Malo. Salto de agua 3 Km. aguas arriba de
la confluencia con el Río Coca. (antes del sismo)

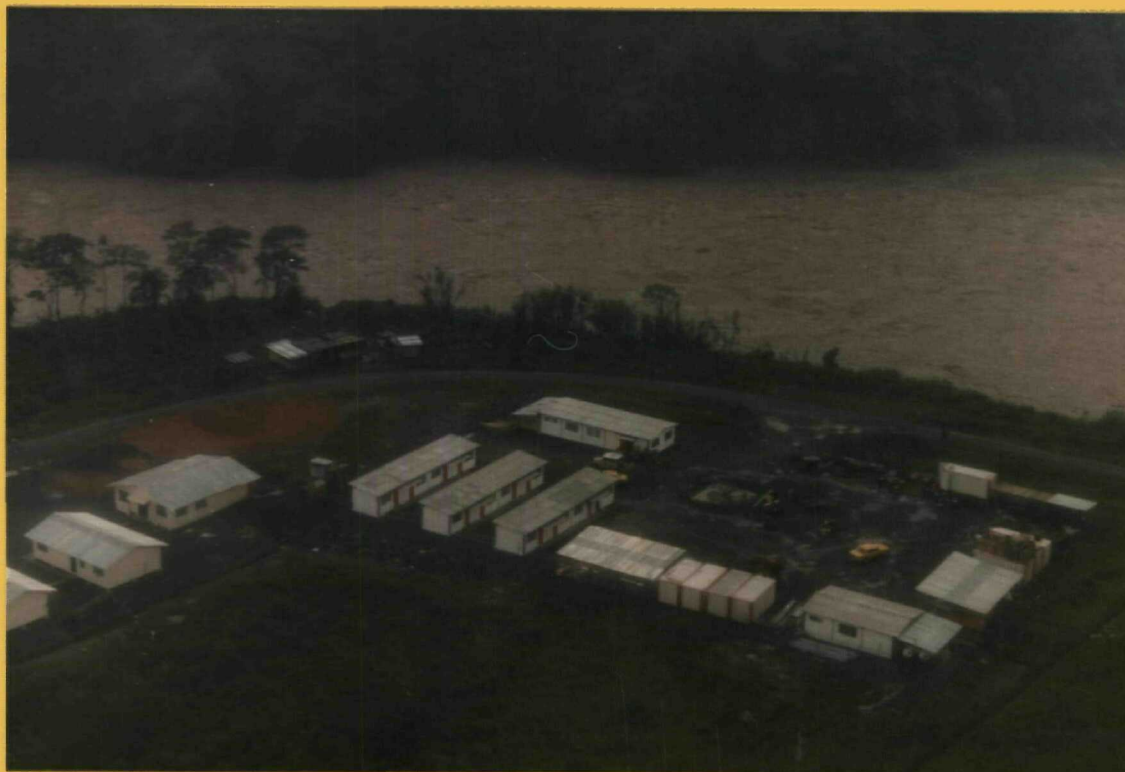
Cauce del Río Malo. Denudación total de sus flancos en la zona del salto de agua. (Marzo 1987)



Campamento de Investigaciones en la margen izquierda del Río Coca aguas abajo de la confluencia con el Río Malo. (Febrero 1987).



Deslaves en el valle del Río Coca aguas arriba de la confluencia con el Río Malo. (Marzo 1987)



Campamento de Investigaciones . (Febrero 1987)



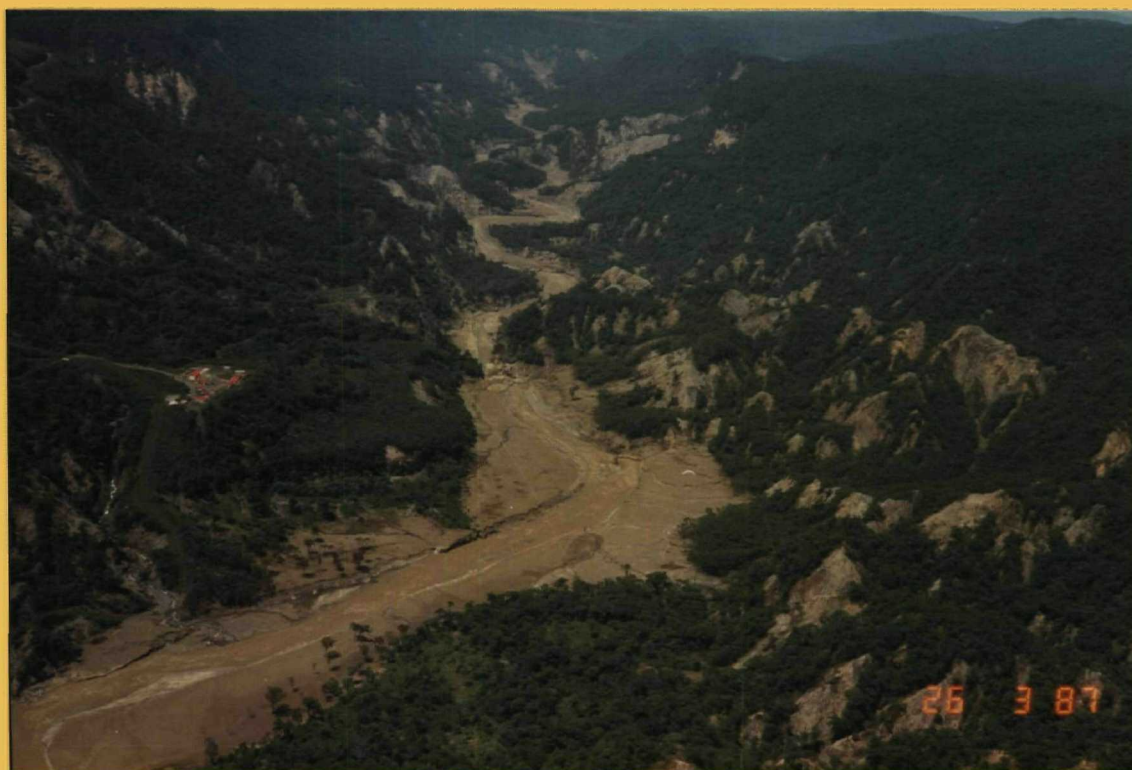
Sitio del Campamento de Investigaciones arrasado por los deslaves. (Marzo 1987)



Puente colgante en construcción aguas abajo del sitio Malo M-1, durante la visita del Grupo Consultivo de - INECCEL. (Febrero 1987)



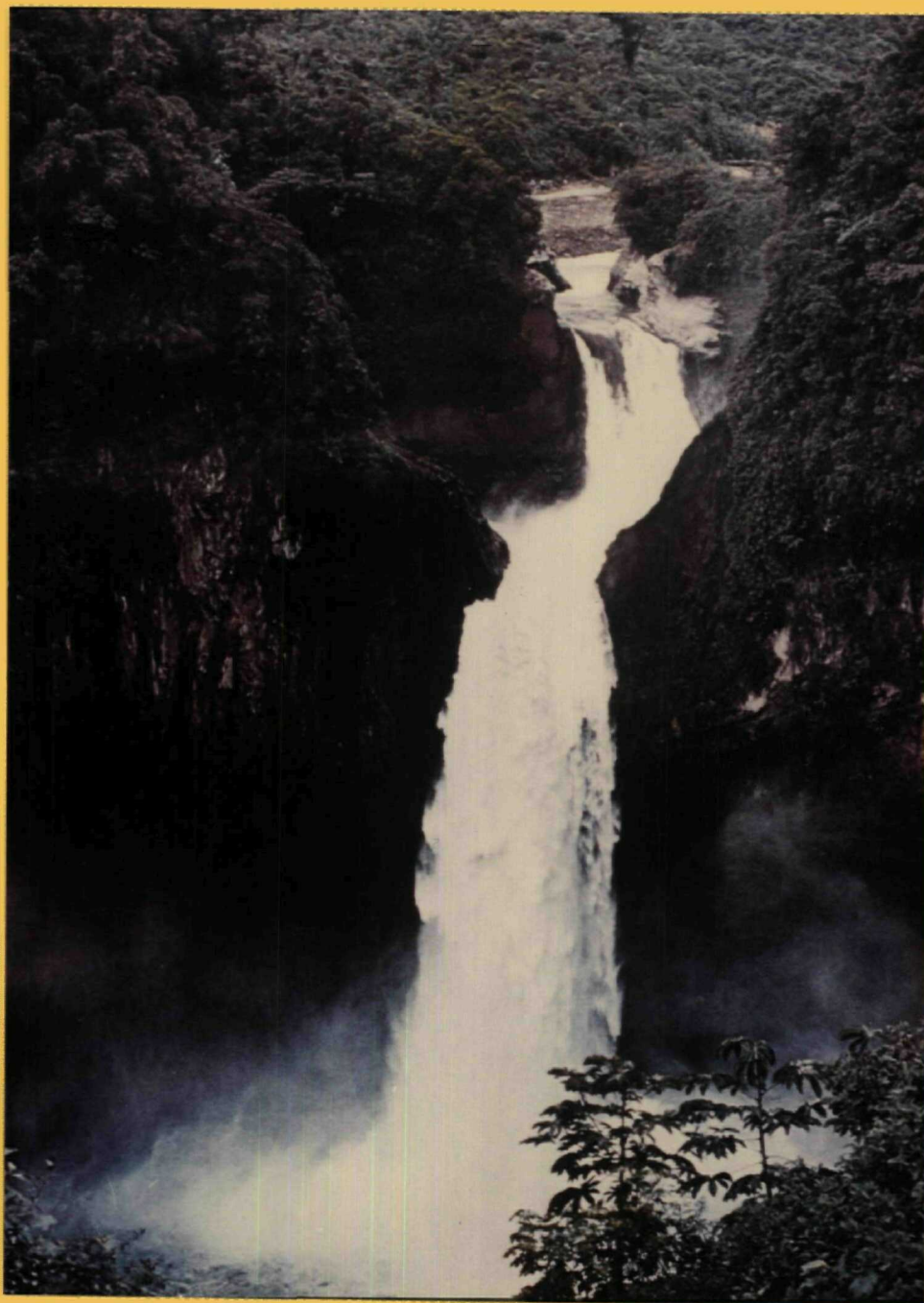
Río Coca durante la creciente del 20 de Febrero de 1987 (Caudal $3.120 \text{ m}^3/\text{s}$) en la zona del Campamento de Investigaciones. Esta creciente destruyó el puente de la fotografía anterior.



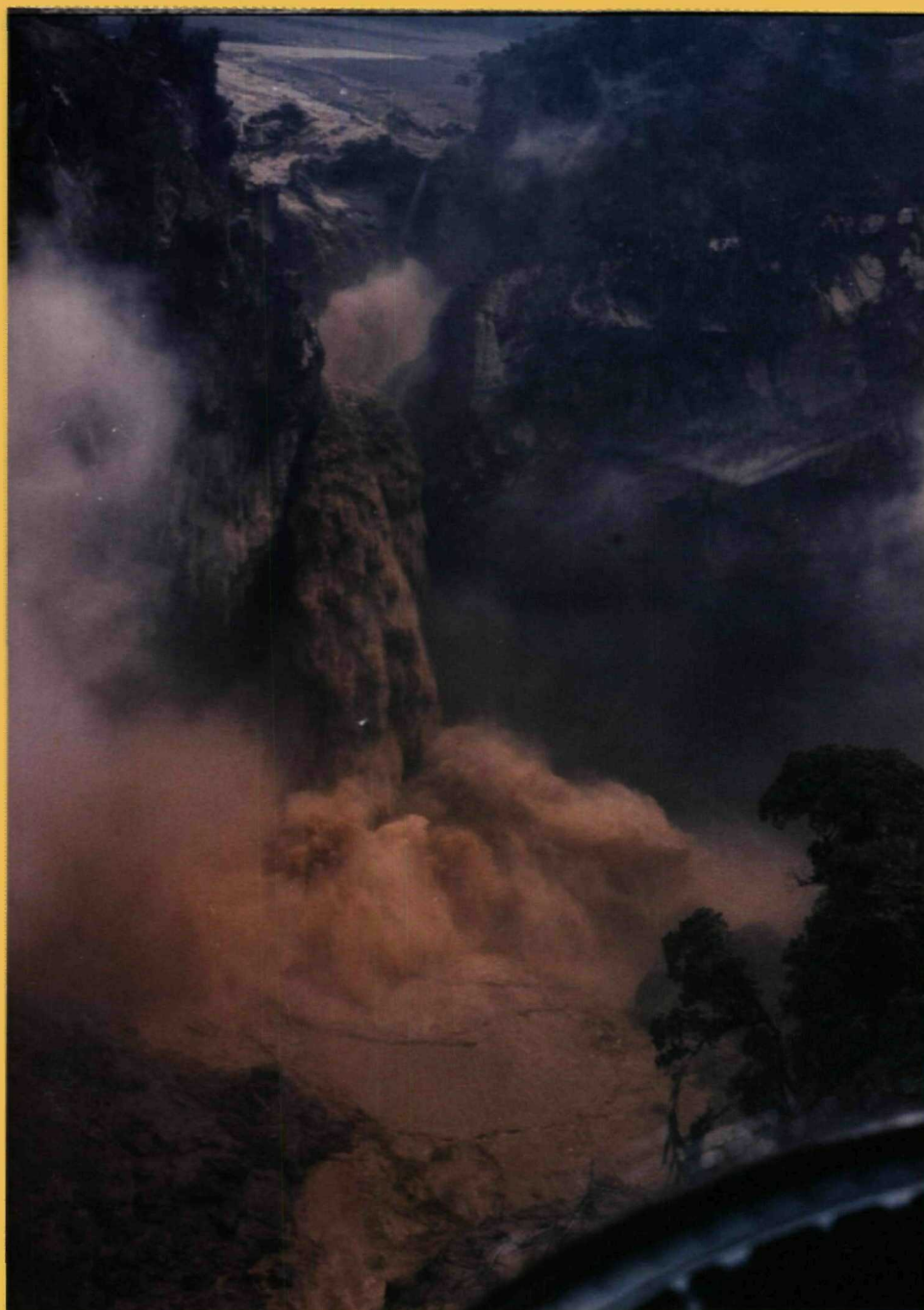
Deslizamiento en ambas márgenes del Río Coca, aguas arriba de la cascada San Rafael en el lado izquierdo se nota el campamento de INECEL . (Marzo 1987)



Aguas arriba de la Cascada San Rafael donde se produjo un represamiento temporal del Río Coca. (Marzo 1987)



Cascada San Rafael
(antes del sismo)



Cascada San Rafael
(Marzo 1987)

Volcán El Reven-
tador. Cono ac-
tual borde del
anfiteatro,
cuenca del Río
Salado y, al -
fondo, el Vol-
cán Cayambe.
(antes del sis-
mo)



Volcán El Reventador. Cráter del cono actual (antes del sismo)